

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**DISMINUCIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO DE HELADO
DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON ADICIÓN DE INULINA Y
ERITRITOL**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autores: Bach. Jhoirany Cubas Mundaca
Bach. Carlos Manuel Olano Mires

Asesor: Dr. Juan Dario Rios Mera

Línea de investigación: Desarrollo y Caracterización de Productos (LI_HIA_02)

JAÉN – PERÚ, OCTUBRE, 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

DISMINUCIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO DE HELADO DE CAFÉ (Coffea arabica) CON ADICIÓN DE INULINA Y ERITR

AUTOR

Jhoirany Cubas Mundaca y Carlos Manuel Olano Mires

RECUENTO DE PALABRAS

18102 Words

RECUENTO DE CARACTERES

99833 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

81 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 19, 2024 11:11 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 19, 2024 11:12 AM GMT-5

● 3% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2019-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 04 de octubre del año 2024, siendo las 11:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano

Secretario: Mg. Andrea Fioreli Velarde Santoyo (secretario)

Vocal: Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce (Vocal)

() Trabajo de Investigación

() Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: “Disminución del contenido calórico de helado de Café (*Coffea arabica*) con adición de inulina y eritritol” presentado por **Bach. Jhoirany Cubas Mundaca y Carlos Manuel Olano Mires**, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:


- | | | |
|----------------|------------|---|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | (<input checked="" type="checkbox"/>) |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 13:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Jaén, 04 de octubre de 2024



Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano
Presidente



Mg. Andrea Fioreli Velarde Santoyo
Secretario



Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce
Vocal

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| ÍNDICE..... | 2 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 3 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 4 |
| RESUMEN..... | 5 |
| ABSTRACT..... | 6 |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| II. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 11 |
| 2.1 Lugar de ejecución..... | 11 |
| 2.2 Material..... | 11 |
| 2.3 Métodos..... | 11 |
| 2.3.1 Producción del helado..... | 11 |
| 2.3.2 Métodos de análisis..... | 16 |
| 2.3.3 Análisis de datos..... | 25 |
| III. RESULTADOS..... | 26 |
| 3.1 Parámetros fisicoquímicos..... | 26 |
| 3.2 Parámetros funcionales..... | 29 |
| 3.3 Análisis Microbiológicos..... | 33 |
| 3.4 Evaluación Sensorial..... | 34 |
| IV. DISCUSIÓN..... | 43 |
| 4.1 Parámetros fisicoquímicos..... | 43 |
| 4.2 Parámetros funcionales..... | 48 |
| 4.3 Evaluación Sensorial..... | 51 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 55 |
| 5.1 Conclusiones..... | 55 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 57 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 58 |
| AGRADECIMIENTO..... | 64 |
| DEDICATORIA..... | 65 |
| ANEXOS..... | 66 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Matriz de formulaciones..... | 12 |
| Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos | 26 |
| Tabla 3. Parámetros funcionales..... | 30 |
| Tabla 4. Recuento de Coliformes UFC/g | 33 |
| Tabla 5. Numeración de Staphylococcus aureus UFC/g | 33 |
| Tabla 6. Detección de Salmonella sp..... | 34 |
| Tabla 7. Preselección de descriptores obtenidos de la ALP | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Flujograma de la elaboración de helado de café | 13 |
| Figura 2. Representación RGB del color de los tratamientos | 27 |
| Figura 3. Contenido energético | 29 |
| Figura 4. Comportamiento de fusión | 31 |
| Figura 5. Proceso de fusión..... | 32 |
| Figura 6. Procedencia de la frecuencia de los descriptores según el estímulo | 37 |
| Figura 7. Aceptabilidad de los tratamientos | 38 |
| Figura 8. Análisis de penalidad del impacto de los atributos sensoriales sobre la aceptabilidad del helado | 39 |
| Figura 9. Análisis de correspondencia de los atributos sensoriales y tratamientos de helado | 40 |
| Figura 10. Aceptabilidad agrupada (clústeres) de los tratamientos | 41 |
| Figura 11. Dendrograma de las preferencias de los consumidores sobre los tratamientos | 42 |
| Figura 12. Visualización de la masa de los tratamientos después del proceso de fusión | 51 |
| Figura 13. Estímulos visuales utilizados en la ALP | 66 |
| Figura 14. Recepción e inspección de materias primas e insumos..... | 70 |
| Figura 15. Pesado de materias primas e insumos..... | 70 |
| Figura 16. Preparación de la esencia de café | 71 |
| Figura 17. Mezclado de materia prima e insumos | 71 |
| Figura 18. Pateurizado del mix | 72 |
| Figura 19. Homogenizado del mix | 72 |
| Figura 20. Madurado del mix..... | 73 |
| Figura 21. Glaseado o batido del mix | 73 |
| Figura 22. Envasado del helado | 74 |
| Figura 23. Almacenado del helado | 74 |
| Figura 24. Análisis de perfil de textura en el Texturómetro TVT 6700 | 75 |
| Figura 25. Muestras de helado (60 ml) para la determinación del color instrumental | 75 |
| Figura 26. Determinación de cenizas | 76 |
| Figura 27. Análisis de humedad en el equipo Sartorius™ | 77 |
| Figura 28. Análisis de pH | 77 |
| Figura 29. Medición de la incorporación de aire (overrun)..... | 78 |
| Figura 30. Determinación de los parámetros de fusión | 78 |
| Figura 31. Análisis Microbiológicos..... | 79 |
| Figura 32. Desarrollo de la evaluación sensorial | 80 |

RESUMEN

Los helados tienen altas concentraciones de grasa y azúcar, componentes que aportan el mayor contenido calórico y cuyo elevado consumo se relaciona con enfermedades crónicas no transmisibles. Por ello, se evaluó la viabilidad de sustituir parcialmente la grasa y el azúcar por inulina y eritritol, respectivamente, con el objetivo de reducir las calorías en el helado de café. Se plantearon cinco tratamientos: TS (tratamiento control), T5I (5% de inulina), T10I (10% de inulina), T5E (5% de inulina y 8% eritritol) y T10E (10% de inulina y 8% de eritritol). Se analizaron la textura y color instrumentales, la composición proximal, los parámetros funcionales, el perfil sensorial (CATA: Check-All-That-Apply) y la aceptabilidad. El análisis de color, la tasa de fusión, el porcentaje de masa fundida y el pH no mostraron diferencias estadísticas. Sin embargo, la determinación de textura reveló que el tratamiento T10I fue el más suave. Los mejores porcentajes de overrun se obtuvieron en T5E y T5I, mientras que T10I y T10E mostraron mayor estabilidad. Todos los tratamientos tuvieron buena aceptabilidad, destacando T10I que se asoció con los atributos que la direccionaron positivamente. Se logró reducir el contenido calórico entre un 11.46% (T5I) y un 35.57% (T10E) en comparación con TS.

Palabras Clave: Inulina, eritritol, calorías, helado, sustitución.

ABSTRACT

Ice cream has high concentrations of fat and sugar, components that contribute the highest caloric content and whose high consumption is related to chronic non-communicable diseases. Therefore, the feasibility of partially replacing fat and sugar with inulin and erythritol, respectively, was evaluated with the aim of reducing calories in coffee ice cream. Five treatments were proposed: TS (control treatment), T5I (5% inulin), T10I (10% inulin), T5E (5% inulin and 8% erythritol) and T10E (10% inulin and 8% erythritol). Instrumental texture and color, proximal composition, functional parameters, sensory profile (CATA: Check-All-That-Apply) and liking were analyzed. Color analysis, melting rate, melt mass percentage and pH showed no statistical differences. However, texture determination revealed that the T10I treatment was the smoothest. The best overrun percentages were obtained in T5E and T5I, while T10I and T10E showed higher stability. All treatments had good liking, with T10I standing out as being associated with the attributes that positively addressed it. Caloric content was reduced between 11.46% (T5I) and 35.57% (T10E) compared to TS.

Keywords: Inulin, erythritol, calories, ice cream, substitution

I. INTRODUCCIÓN

Los helados son uno de los postres de mayor consumo a nivel mundial, desde su característico estado, hasta sus diversos atributos sensoriales, hacen de este producto una experiencia completa e individual que trasciende culturas y generaciones. A grandes rasgos y por la enorme variabilidad en técnicas y tecnologías de producción y uso de materias primas e insumos, el helado es el conjunto de burbujas de aire, cristales de hielo y glóbulos de grasa dispersos en un suero espeso o almíbar no congelados compuesto de azúcares, proteínas y agua ligados (Liu et al., 2023).

Si bien es cierto, el helado es un alimento popular en todo el mundo, se desaconseja la ingesta de alimentos ricos en grasas dietéticas ¹ y azúcares; dado que las formulaciones convencionales de helados tienen altas concentraciones de estos componentes (en promedio hasta 20% de grasa y 25% de azúcar), siendo quienes aportan el mayor contenido calórico del producto y se relacionan con diversos problemas de salud. (Samakradhamrongthai et al., 2021). Dentro de ese conjunto, las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) como la diabetes, hipertensión arterial y obesidad, se asocian a factores de riesgo conductuales modificables, destacando fundamentalmente a la ingesta de una dieta adecuada o alimentación balanceada como principal medio de prevención (Barboza Palomino, 2020). Esto evidencia que el nivel de salud es influenciado y condicionado por los estilos y hábitos de vida, y que adoptar prácticas saludables previene un gran número de enfermedades (Blázquez Abellán et al., 2016).

En consecuencia, los consumidores se han concientizado y acrecentado su preocupación por la nutrición y adopción de hábitos saludables; provocado un incremento en el interés por el consumo de productos alimenticios balanceados o en su defecto, con una menor contribución de calorías. Impulsando de este modo, los mercados de productos reducidos en grasas y bajos en calorías, ya que su ingesta disminuye el riesgo de padecer ECNT (Akalın et al., 2018).

Por su composición y preferencia de consumo, los helados son reformulados constantemente, incidiendo en estos cambios la tecnología disponible, nuevos y prometedores insumos, tendencias actuales, entre muchos otros factores. Siendo la reducción de los contenidos de grasa y azúcar la opción predilecta para promover cambios en la formulación de estos productos alimenticios.

¹ todas las grasas y aceites comestibles ya sean de origen animal o vegetal. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

La grasa y azúcar en los helados puede reducirse mediante su reemplazo total o parcial por ingredientes de menor energía; es precisamente por ello que, la industria emplea muchos sustitutos de grasa y azúcares en su manufactura, pero el problema radica en utilizar un sustituto que pueda mitigar los defectos propiciados por reducir o sustituir los componentes anteriormente mencionados. Entendiendo que cada uno de estos ingredientes tienen su propia función, por ejemplo, el azúcar aporta sabor y dulzor al helado y, por lo tanto, tiene un efecto regulador crucial en la sensación general del sabor, asimismo, repercute en el proceso de congelación (Yeboah et al., 2022). Por otro lado, en comparación con los helados tradicionales, los helados reducidos en grasa presentan importantes defectos texturales y sensoriales. La textura juega un papel importante en la calidad sensorial y la aceptabilidad del helado por parte del consumidor. La reducción de grasa o en específico, de crema de leche puede implicar problemas como, aspereza y rigidez, cuerpo quebradizo y defectos de contracción (McGhee et al., 2015).

Según Rodríguez-Ordóñez et al. (2019) la inulina, al igual que otros fructooligosacáridos, son una excelente alternativa para sustituir ingredientes de alto valor calórico en la reformulación de alimentos; ya que, tiene un sabor neutro a ligeramente dulce, es estable en rangos de pH de 4 a 7, ayuda en el balance de las dietas por aportar compuestos que se comportan como fibra y carbohidratos no asimilables y cuenta con un poder edulcorante que alcanza entre el 10% y 30% respecto a la sacarosa. La inulina también se destaca por su capacidad para cambiar el comportamiento reológico, la densidad y la dureza de los productos en los que se añade, permitiendo cambios en otros atributos como la cremosidad o la tersura (da Silva Faresin et al., 2022).

Jackson et al. (2022) señala que la biodisponibilidad de un componente como la inulina varía de una matriz alimentaria a otra, por lo que su adicción, incluso en dosis por encima de las recomendadas, no impacta del mismo modo en la elaboración de los productos que la incluyan y de las personas que los consumen. En matrices alimentarias como los helados su implicancia, básicamente tecnológica, no va más allá de lo concerniente a fungir de sustituto de grasa y en muchísimo menor proporción y frecuencia de azúcar, connotando la seguridad de la inulina como agente sustituto mientras se disminuye, interfiere o entorpece su acción exclusiva como fibra dietética, lo cual incide directamente en los problemas gastrointestinales que pudiera desencadenar.

Con la medida adecuada de inulina para sustituir parte de la grasa en los helados se obtiene un sabor limpio, se mejora la sensación en el paladar, se gana una mayor estabilidad y se mantiene la aceptabilidad del producto; a la vez que este compuesto tiene la capacidad única para formar una red similar a un gel al retener agua para mejorar la textura del helado (Narala et al., 2022).

Tolve et al. (2024) precisa que la inulina es un óptimo sustituto de grasas dietéticas en helados y predomina frente a otros sustitutos de similares características y composición, destacando su mínima injerencia en los atributos sensoriales del helado al que se la añade, puesto que, su perfil sensorial era comparable casi en su totalidad al del helado de contenido completo de grasa.

La inulina es un sustituto prácticamente exclusivo de la grasa en los helados, aunque ostenta cierto poder edulcorante, en respuesta a esta característica es que surge la necesidad de mitigar ese extra de dulzor y a la vez, disminuir las calorías que el azúcar otorga; sin complicar en demasía la matriz alimentaria. Poniendo de manifiesto que, al abordarse la reformulación de productos alimenticios con el propósito de reducir grasa y azúcar surgen muchos efectos colaterales que no tienen una consideración inicial u obvia, pero representan un enorme detrimento en la calidad del producto obtenido o en el mensaje que pretende transmitir o representar; por ejemplo, muchos edulcorantes como el aspartamo, el acesulfamo de potasio, el advantamo, los ciclamatos, el neotamo, la sacarina, la sucralosa, la estevia, entre muchos otros (OMS, 2023), han sido recientemente cuestionados respecto a su seguridad, tocándose aspectos tan delicados como su potencial cancerígeno y relación con enfermedades metabólicas y cardiovasculares (Ahmed et al., 2023).

La controversia que se ha suscitado no reduce la necesidad de emplear edulcorantes para mitigar los efectos adversos del consumo excesivo de azúcares, lo que ha puesto en evidencia la enorme gama de opciones disponibles. Destaca particularmente el eritritol, que, con sus inherentes características y una ingesta admisible, según la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, de entre 0.5 - 1 g por kg de peso, es uno de los polioles más seguros de los que se tiene registro en contraste con sus pares. Al ingerirlo, la mayor parte es absorbida, otro tanto se excreta sin metabolizarse en la orina y una muy pequeña cantidad llega al colon, por lo que los efectos gastrointestinales adversos van de mínimos a nulos (Mazi y Stanhope, 2023).

El eritritol se encuentra en mínimas proporciones en verduras, frutas, hongos y alimentos fermentados. Es un polialcohol natural que tiene un poder edulcorante de aproximadamente el 70% en contraste a la sacarosa, valor de cero calorías, índice glucémico cero, alta estabilidad frente a la temperatura y pH extremos. Presume de propiedades no cariogénicas; posterior a su ingesta desencadena una sensación fría y refrescante en la boca, se utiliza como un medio (agente de cuerpo) para entregar edulcorantes de alta intensidad, no causa efectos secundarios metabólicos y tiene una apariencia similar al azúcar (Moriano y Alamprese, 2017).

Por las particulares propiedades del eritritol, se optó por incluirlo como alternativa para reducir de manera más efectiva las calorías de algunos de los tratamientos al sustituir parte del azúcar en su formulación; principalmente por su cualidad de desempeñarse como agente de cuerpo, ya que, en productos como el helado, es esencial mantener cierta cantidad de sólidos no grasos en su composición; adicionalmente, el hecho de no exceder en poder edulcorante a la sacarosa se complementa con el de la inulina.

En esta investigación se formularon distintos tratamientos de helado de café, sustituyendo parte del contenido de grasa y azúcar mediante la adición de inulina y eritritol, a fin de proporcionar una experiencia agradable al consumidor. Esta experiencia se relaciona directamente con las características inherentes del helado y con otras propiedades evaluadas en este estudio, las cuales complementan la percepción del consumidor, logrando así un producto con características aceptables y una considerable reducción de calorías. El objetivo general de la investigación fue disminuir el contenido calórico del helado de café con la adición de inulina y eritritol, alcanzando características fisicoquímicas y sensoriales aceptables, mientras que los objetivos específicos fueron: ^(a)Determinar parámetros fisicoquímicos como: textura instrumental, composición proximal, pH y color instrumental de los tratamientos de helado. ^(b)Determinar parámetros funcionales (overrun, tasa de fusión, tiempo de caída de primera gota y porcentaje de masa fundida) de los tratamientos de helado. ^(c)Efectuar un análisis microbiológico para garantizar la inocuidad de los tratamientos de helado. ^(d)Evaluar el perfil sensorial y la aceptabilidad de los tratamientos de helado. ^(e)Determinar el contenido calórico de los tratamientos de helado.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Lugar de ejecución

La elaboración de las distintas formulaciones de helado de café se llevó a cabo en el centro de producción de la heladería "Copa Amazon", situado en el jirón Mesones Muro de la ciudad de Bagua Grande. La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Jaén, específicamente en los laboratorios de Tecnología de Alimentos e Ingeniería de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, así como en el laboratorio de Tecnología Médica de la Escuela Profesional de Tecnología Médica. El análisis proximal, que incluye la determinación del contenido de proteínas, grasas y fibra, fueron realizados por el laboratorio certificado (Certificadora y Laboratorios S.A.C. Lima, Perú) "Certilab".

2.2 Material

Para la elaboración del helado se emplearon: café tostado y molido "Tesoro perdido" adquirido de la cooperativa CENFROCAFE (Jaén, Perú), leche descremada en polvo "La Serenísima", leche descremada UHT "Sbelt - Laive", crema de leche "Gloria" (36% de grasa), agua de mesa purificada "San Carlos" y azúcar blanca refinada "Dulфина" obtenidos en el supermercado Plaza Vea (Jaén, Perú); Goma Xantana E – 415 (Estabilizante) "Vivir", Inulina (Grado de Polimerización promedio de 15) "Vivir" y Eritritol E – 968 "Vivir" adquiridos de la empresa Green & Low Carb Market (Lima, Perú).

2.3 Métodos

2.3.1 Producción del helado

El helado se elaboró al estilo Philadelphia y bajo las restricciones del contenido mínimo de grasa total (6%) y sólidos totales (32%) para denominarse "helado de crema" según la NTP 202.057:2006 (revisada el 2018). Se desarrollaron 5 formulaciones, en 4 de ellas se realizaron

modificaciones respecto al contenido de grasa o grasa y azúcar con la adición de inulina y eritritol; los tratamientos abarcan concentraciones de inulina al 5% y 10% y eritritol al 8%. La formulación restante se preparó como tratamiento control que consistió en helado de contenido graso estándar (aproximadamente 14% de grasa total). La matriz de formulaciones se muestra y detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Matriz de formulaciones

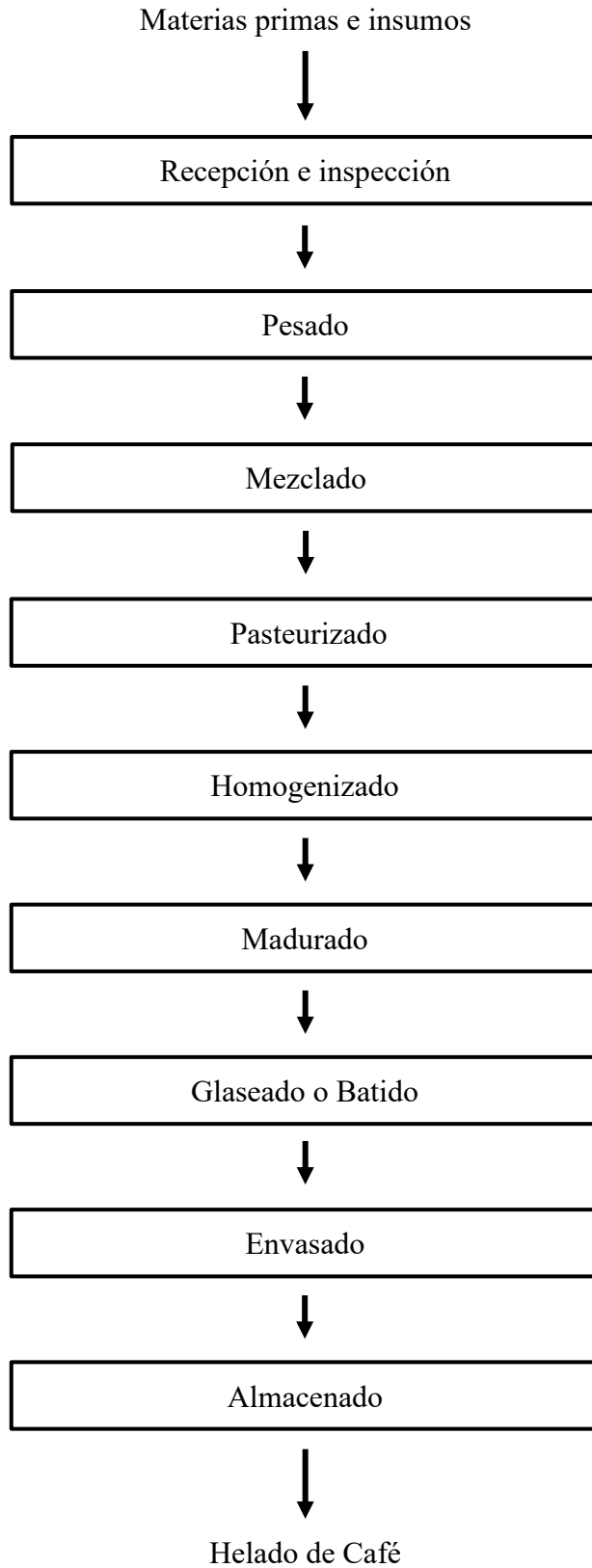
| Ingredientes | Tratamientos | | | | |
|---------------------------|---------------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | TS | T5I | T10I | T5E | T10E |
| Leche descremada en polvo | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Esencia de café | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% |
| Leche descremada UHT | 25.5% | 25.5% | 25.5% | 25.5% | 25.5% |
| Crema de leche | 40% | 29% | 18% | 29% | 18% |
| Agua | 0.3% | 6.3% | 12.3% | 6.3% | 12.3% |
| Azúcar blanca refinada | 17% | 17% | 17% | 9% | 9% |
| Inulina | 0% | 5% | 10% | 5% | 10% |
| Eritritol E – 968* | 0% | 0% | 0% | 8% | 8% |
| Goma Xantana E – 415* | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.2% |

Nota. *Sistema de codificación de aditivos alimentarios de la Unión Europea – EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria).

El proceso de producción de todas las formulaciones de helado se plasma en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 1

Flujograma de la elaboración de helado de café



Recepción e inspección: En esta fase, se recibió la materia prima y los insumos necesarios para la elaboración del helado. Se verificó la integridad del embalaje, la fecha de vencimiento, el aspecto físico y otras características importantes. Tras la inspección, los ingredientes se almacenaron temporalmente en espacios designados que cumplieran con las recomendaciones de almacenamiento de los productos, prestando especial atención a la crema de leche, que debía mantenerse en un rango de temperatura de entre 2 °C y 6 °C.

Pesado: Cada ingrediente se pesó meticulosamente utilizando una balanza digital de precisión, según la proporción requerida para cada formulación ([Tabla 1](#)) y el volumen de producción.

Mezclado: Se procedió a mezclar en un bol grande con un batidor de globo los ingredientes sólidos como, leche descremada en polvo, azúcar blanca, goma xantana, inulina y eritritol. En otro recipiente los ingredientes líquidos como, leche descremada UHT, crema de leche, agua y esencia de café*, se mezclaron con ayuda de una batidora de inmersión. Para concluir, se vertieron los líquidos sobre la mezcla de sólidos y se agitó la mezcla durante 10 minutos a velocidad media con la batidora de inmersión.

*Para la obtención de la esencia de café, en primer lugar, se colocó el café molido en el cestillo de la cafetera y se añadió el agua considerando la proporción café - agua de 1 a 6 determinada en pruebas preliminares.

Pasteurizado: Se aplicó el método de pasteurización HTST “*High Temperature Short Time*”, según Aguiar et al. (2012) este es uno de los métodos físicos más utilizados para la conservación de alimentos líquidos, se lleva a cabo mediante un proceso de calentamiento rápido, a altas temperaturas durante un período corto, la mezcla se mantuvo a 70 °C durante 30 segundos. Este método tiene como principal objetivo la destrucción de bacterias patógenas viables e inactivar las enzimas responsables de causar cambios no deseables en el color y sabor.

Homogeneizado: Esta operación es crucial para asegurar una distribución uniforme de la grasa en toda la mezcla y lograr una emulsión con mayor estabilidad. Se llevó a cabo utilizando una batidora de inmersión a velocidad máxima a una temperatura de 65 °C durante 5 minutos. Posteriormente, se redujo la temperatura de la mezcla hasta 5 °C.

Madurado: Esta etapa se realizó con el objetivo de hidratar las proteínas y polisacáridos. Para ello, el mix se almacenó en recipientes plásticos herméticos a 4 °C durante 24 horas.

Glaseado o batido: Se empleó una máquina para helado duro (NEVISCA, NV26, China), con una capacidad de 5 litros, con un rango de temperatura de trabajo de -10 °C a -25 °C, equipada con un batidor de acero inoxidable con cuchillas plásticas que se ajustan al cilindro horizontal. El proceso de batido se realizó durante 35 minutos y el helado se obtuvo con una temperatura de en promedio -5 °C.

Envasado: El helado se vertió directamente de la máquina a recipientes de plástico previamente congelados a -16 °C y etiquetados según cada tratamiento.

Almacenado: El helado, en sus respectivos envases, se almacenó a -30 °C en un congelador.

2.3.2 Métodos de análisis

2.3.2.1 Análisis de perfil de textura

Mediante el análisis de perfil de textura se determinaron dos atributos, *hardness* (dureza) y *cohesiveness* (cohesión) a través de pruebas de compresión de dos ciclos, utilizando el Texturómetro (Perkin Elmer, TVT 6700, Australia), equipado con una celda de carga de 50 kg y una sonda cilíndrica de acero inoxidable modelo 67303, de 45 mm de altura y 35 mm de diámetro. Previo al análisis el helado se vertió en moldes de silicona de 20 mm x 30 mm x 20 mm y se colocaron en un congelador (Coldex, CH40, Perú) a -30 ± 2 °C durante 24 horas. Posteriormente, las muestras se desmoldaron y transfirieron a otro equipo de frío para ajustar la temperatura a -15 °C. Las pruebas se realizaron bajo los siguientes parámetros: 45% de deformación por compresión, 5 mm/s de velocidad inicial y durante la compresión y 2 mm/s de velocidad de retracción antes de la segunda compresión. La temperatura del ambiente donde se ejecutó el análisis fue de 28 ± 1 °C.

2.3.2.2 Color instrumental

Para este análisis, las muestras de helado (60 ml) se dispusieron en placas Petri de plástico de 90 mm de diámetro y se almacenaron a -30 ± 2 °C. El análisis se llevó a cabo mediante la captura de imágenes utilizando un sistema de visión computacional (Arteaga et al., 2021). Para ello, cada muestra se colocó sobre una base aislante de poliestireno expandido y se introdujo en una caja de luz. Tras eso, se posicionaron una a una las muestras perpendicularmente y a una distancia de 44 cm de la lente de la cámara del smartphone (Samsung, Galaxy Note 10 Plus, Corea del Sur), que se utilizó para capturar las imágenes. La temperatura ambiente se mantuvo en torno a los 28 ± 1 °C. Posteriormente, las imágenes se procesaron utilizando el algoritmo IP – WEBCAM - COLOR FOOD PROCESSING implementado en MatLab® R2016a (MathWorks®,

Natick, MA, USA), a partir del cual se obtuvieron los parámetros de color L^* (luminosidad), a^* (intensidad de rojo) y b^* (intensidad de amarillo).

Además, con los datos obtenidos, se decidió medir la diferencia de color entre el tratamiento control (valor de referencia) y las formulaciones reducidas en grasa y azúcar, utilizando la fórmula ΔE (CIE76) del *Technical Report – Colorimetry CIE 15:2004*.

$$\Delta E \text{ (CIE76)} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta E \text{ (CIE76)} = \sqrt{(L^*_0 - L^*_1)^2 + (a^*_0 - a^*_1)^2 + (b^*_0 - b^*_1)^2}$$

Donde:

L^*_0 = Valor de referencia del parámetro L^* .

L^*_1 = Valor del parámetro L^* .

a^*_0 = Valor de referencia del parámetro a^* .

a^*_1 = Valor del parámetro a^* .

b^*_0 = Valor de referencia del parámetro b^* .

b^*_1 = Valor del parámetro b^* .

Según la ISO 12647-2 (2007) un ΔE superior a 4 o una tolerancia de ΔL^* (± 3), Δa^* (± 2) y Δb^* (± 2) implican una diferencia de color apreciable a simple vista.

2.3.2.3 Análisis fisicoquímico de las formulaciones de helado

Las cenizas se determinaron adaptando el método AOAC 923.03, Cap. 32.C32-2, 22^a Ed.: 2023; para tal propósito, se emplearon cinco crisoles que fueron secados en una mufla (JSB, Digital, India) a una temperatura de 400 °C durante 30 minutos. Luego de enfriarse dentro del equipo hasta una temperatura de 80 °C, se trasladaron uno a uno a la balanza analítica (A&D, HR-250AZ, Japón) para ser pesados. Posteriormente, se les añadió aproximadamente 1 g de helado. Una vez registrados los pesos exactos de los crisoles y las muestras, se llevaron a la estufa (USAMED, DHG-9053A, EE. UU.) programada a 70 °C y se mantuvieron en su interior por un lapso de 20 horas. Transcurrido ese periodo, los crisoles

fueron retirados de la estufa y rápidamente introducidos en la mufla, donde la temperatura se incrementó gradualmente hasta alcanzar los 600 °C. Desde ese punto, se cronometraron 5 horas y se dejó enfriar hasta los 80 °C. Tras este proceso, los crisoles se colocaron en un desecador de vidrio con gel de sílice para resguardarlos de la humedad y partículas del ambiente. Finalmente, se pesó cada crisol con las cenizas obtenidas y se calculó el porcentaje de cenizas utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_c - P_0}{P_m} \times 100$$

Donde:

P_c = Peso del crisol con las cenizas obtenidas.

P_0 = Peso del crisol vacío.

P_m = Peso de la muestra de helado.

La humedad del helado se determinó utilizando un analizador de humedad (Sartorius™, MA35M-000230V1, Alemania). El equipo se configuró con los parámetros de temperatura (105 °C) y tiempo (20 minutos) establecidos por pruebas preliminares para optimizar el procedimiento y la fidelidad de los datos obtenidos. La muestra analizada consistió en 3 g de helado, que se colocaron en una bandeja de aluminio dentro del equipo para que registrara el peso. Se esperó a que la muestra se derritiera para distribuirla uniformemente por toda el área de la bandeja. Luego, se devolvió la bandeja al interior del equipo y se inició el análisis. Finalmente, se procedió a la lectura del resultado arrojado por el dispositivo.

El contenido de grasa se determinó con el método AOAC 952.06, Cap. 33.8.05, 22nd Ed.: 2023 *Fat in Ice Cream and Frozen Desserts*.

Las proteínas se determinaron con el método AOAC 930.33, Cap. 33.8.04, 22nd Ed.: 2023 *Protein in Ice Cream and Frozen Desserts*.

Una vez obtenidos los contenidos de cenizas, humedad, proteína y grasa, se uniformizó y estableció su unidad a gramos por cada 100 gramos de

producto, para una mejor expresión de los resultados y facilitar el cálculo del contenido de carbohidratos totales por diferencia, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\text{cenizas} + \text{humedad} + \text{grasa} + \text{proteína})$$

Los valores de pH se midieron empleando un pH-metro de mesa (Metrohm, CH-9100, Suiza), previamente calibrado. En un vaso de precipitado de 50 ml, se dejaron fundir alrededor de 40 ml de helado para que la sonda del equipo funcionara adecuadamente. Todas las mediciones se realizaron a una temperatura de 25 °C.

Para el cálculo del contenido calórico de los diferentes tratamientos, se determinó el contenido de fibra cruda (FAO *FOOD AND NUTRITION PAPER* Vol. 14/7, Page 230: 1986 *Crude fiber*) y se utilizaron los factores de conversión dados en el anexo XIV del Reglamento (UE) N°1169/2011. carbohidratos (4 kcal/g), proteínas (4 kcal/g), grasas (9 kcal/g), fibra alimentaria (2 kcal/g) y eritritol (0 kcal/g); según la ecuación:

$$\text{Contenido calórico} = (G \times 9) + (P \times 4) + (F \times 2) + (E \times 0) + (CN \times 4)$$

Donde:

G = Grasa

P = Proteínas

F = Fibra = Inulina + Goma Xantana + Fibra cruda

E = Eritritol

CN = Carbohidratos Netos = Carbohidratos totales – ($F + E$)

2.3.2.4 Incorporación de aire - overrun

El porcentaje de incorporación de aire se calculó comparando el peso del helado y del mix (mezcla líquida antes de batir) en un volumen predefinido (40 ml) según la siguiente ecuación:

$$Overrun = \frac{mM - mH}{mM} \times 100$$

Donde:

mM = masa del mix.

mH = masa de helado.

2.3.2.5 Tasa de fusión

Las pruebas se realizaron adaptando lo descrito por Narala et al. (2022) y da Silva Faresin et al. (2022). Los parámetros de tasa de fusión, tiempo de caída de primera gota y porcentaje de masa fundida se determinaron prácticamente de manera simultánea bajo el mismo procedimiento. Para ello, fue necesario preparar las muestras, lo que consistió en verter el helado en envases de plástico de 4 oz (118 ml) y almacenarlos en el congelador a una temperatura de -30 ± 2 °C por un periodo no menor a 24 horas. El procedimiento comenzó retirando la muestra endurecida del envase para pesarla en una balanza de precisión, luego se volvió a almacenar en congelación por un lapso de 20 minutos. Transcurrido ese tiempo, la muestra se colocó sobre una malla de acero inoxidable (con una apertura 1.4 mm) dispuesta por encima de una balanza y se procedió a cronometrar el tiempo (en minutos) hasta que la primera gota de helado derretido atravesara la malla. Posteriormente, se anotaron cada 5 minutos durante una hora los pesos que la balanza mostraba. Todo el helado fundido se recolectó en una placa Petri. La temperatura del ambiente donde se ejecutó el análisis fue de 28 ± 1 °C.

A partir de los datos obtenidos, se construyó un gráfico de la evolución temporal del volumen fundido de todos los tratamientos. Además, se tomaron fotografías cada 5 minutos para dar seguimiento al proceso de fusión.

El porcentaje de masa fundida se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%MF = \left(\frac{\text{masa de helado fundido}}{\text{masa total de helado}} \right) \times 100$$

Para determinar la tasa de fusión se fijó como “masa de iniciación” el 10% de la masa total del helado y se aplicó regresión lineal para calcular el “tiempo de iniciación”. Finalmente, se utilizó la siguiente fórmula:

$$TdF = \frac{\text{masa de helado fundido} - \text{masa de iniciación}}{\text{tiempo final} - \text{tiempo de iniciación}}$$

2.3.2.6 Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos aplicados garantizaron la inocuidad y seguridad del helado durante la evaluación sensorial. Los diagnósticos se realizaron conforme a la NTP 202.057:2006 (revisada el 2018) y se analizaron Coliformes, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* sp. Se seleccionaron al azar dos muestras de entre las 150 que se prepararon por cada tratamiento, y el resto se empleó en la evaluación sensorial. Dichas muestras estuvieron envasadas en frascos de plástico transparente con tapa, de 1 oz de capacidad, que contenían 15 gramos de helado a 4 °C. Para manipular las muestras y preparar las diluciones se necesitó de material de vidrio (matraces, tubos de ensayo, etc.) y utensilios de metal (cucharas), todos ellos se esterilizaron mediante calor seco a una temperatura de 180 °C durante una hora, contabilizada desde que se alcanzó dicha temperatura.

La determinación del recuento de coliformes se realizó con el método del Número Más Probable (NMP). El procedimiento depende de una prueba presuntiva que, en caso de ser positiva (presencia de sedimentos, partículas en suspensión y/o burbujas de gas), requiere un procesamiento posterior para su diferenciación y cuantificación. Para la prueba presuntiva se utilizó el Caldo Lauril Sulfato (Caldo Lauril Triptosa – LTB), el cual se preparó según las indicaciones del fabricante. Una vez listo, se llenaron tubos de ensayo con 9 ml de este caldo y se les

introdujeron las campanas Durham, se los tapó y llevó a esterilizar. En paralelo, y utilizando jeringas estériles y suero fisiológico como diluyente, se procesaron las muestras para obtener tres diluciones seriadas (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}). Posteriormente, se inocularon por triplicado los tubos de ensayo previamente rotulados, obteniendo un total de nueve tubos por cada tratamiento. Luego, los tubos inoculados se incubaron a una temperatura de 37 °C durante un periodo de 48 horas. Tras las primeras 24 horas y al concluir el periodo de incubación, se examinaron los tubos en busca de cualquier indicio de crecimiento bacteriano.

La numeración de *Staphylococcus aureus* se llevó a cabo mediante un recuento en placa, utilizando el medio de cultivo agar manitol salado, ya que sus propiedades diferenciales y selectivas permiten identificar este microorganismo al observar la presencia de colonias de tonos amarillentos. Su preparación fue sencilla y requirió esterilización en un autoclave. Se alistaron tres placas Petri por tratamiento, se vertió el medio de cultivo y se esperó a que solidificara. Las muestras se diluyeron hasta obtener tres diluciones seriadas (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}). La siembra fue directa y se necesitó un asa de Drigalsky estéril para esparcir el inóculo sobre la superficie del medio de cultivo. La lectura se realizó luego de incubar las placas por 48 horas a una temperatura de 37 °C.

La detección de *Salmonella* sp. Se efectuó empleando el método de ensayo de presencia/ausencia - recuento en placa. Este análisis solo requirió de una dilución (10^{-1}) y se utilizó el medio de cultivo agar MacConkey, que por sus características selectivas y diferenciales permite observar la presencia de este microorganismo como colonias incoloras. Después de preparar el medio, se esterilizó en un autoclave y se vertió en placas Petri estériles hasta alcanzar los 2/3 de su capacidad. Luego, se dejó enfriar y se procedió a sembrar por duplicado el inóculo sobre la superficie del medio, distribuyéndolo uniformemente con un asa de Drigalsky estéril. Las placas se incubaron a 37 °C durante 48 horas. Finalmente, se observaron las placas buscando colonias con características atribuidas al microorganismo.

2.3.2.7 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se desarrolló en dos fases. En la primera, se utilizó la técnica de Asociación Libre de Palabras (ALP). Participaron 108 individuos, de ellos, el 62% tenía entre 20 y 24 años, el 28% entre 25 y 33 años y el 10% entre 34 y 64 años. En cuanto al consumo de helado, el 42% afirmó consumirlo de 1 a 3 veces por semana, el 22% cada 15 días, el 13% una vez al mes, el 12% entre 4 y 6 veces por semana, el 11% raramente, y el 3% diariamente. Además, el 63% de los participantes residía en la ciudad de Jaén, mientras que el resto se distribuía en ciudades como Chota (8%), Chachapoyas (7%), Moyobamba (7%), Lima (5%) y otras localidades (15%). La participación mayoritaria fue de 56 mujeres, seguida por 50 hombres y dos personas que prefirieron no declarar su género. A los participantes se les mostraron dos estímulos visuales: ambas imágenes eran de bolas de helado servidas en un recipiente de cristal transparente y se acompañaron de texto. Una de ellas, con la palabra “Helado” mientras que la otra con la frase “Helado de Café” ([Anexo 1](#)). Tras observar las imágenes se les pidió que escribieran cuatro palabras que les surgieran espontáneamente al verlas. Luego, tuvieron que puntuar cada palabra en una escala del uno al siete, siendo uno “Poco importante” y siete “Muy importante”. Posteriormente, y de acuerdo con Jaeger et al. (2015) se recopilaron las 20 palabras más frecuentes y con los promedios más altos de importancia puntuados por los participantes. El valor de esta fase radicó en proporcionarnos los atributos o descriptores necesarios para determinar el perfil sensorial de las distintas formulaciones con el método *Check-All-That-Apply* – CATA. Cabe señalar que, después de la primera selección de palabras, se descartaron dos términos hedónicos, quedando una lista de solo 18 atributos o descriptores. El procedimiento se llevó a cabo mediante un formulario online (*Google forms* – [“https://forms.gle/wu9nNPgCCHUQfWfn8”](https://forms.gle/wu9nNPgCCHUQfWfn8)).

En la segunda fase, se realizó la caracterización sensorial de los tratamientos utilizando dos métodos sensoriales (CATA y

Aceptabilidad). Para ello, las muestras se dispusieron en envases desechables de plástico de 1 oz que contenían 15 g de helado a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las muestras, correctamente codificadas con números de tres cifras, se sirvieron monádicamente sobre una base aislante de poliestireno expandido. Se utilizó un diseño cuadrado latino de Williams para variar el orden en el que se expendieron las muestras a cada participante (Aceptabilidad) y de los descriptores (CATA) entre muestras y participantes (Saavedra et al., 2022), con el objetivo de minimizar la influencia del sesgo de primacía (Ares et al., 2015).

El ambiente en el que se desarrolló la evaluación contaba con iluminación natural y artificial neutra, aire acondicionado y mínimas perturbaciones sonoras. Se adaptaron ocho cabinas ([Figura 32](#)) con un área aproximada de 0.26 m^2 cada una, utilizando cartón blanco de 250 g para dividir los espacios sobre dos mesas de acero inoxidable.

Los potenciales participantes fueron debidamente informados y otorgaron o negaron su consentimiento a través del documento “CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO” ([Anexo 2](#)); en el cual se detallaron los criterios de exclusión que impedían la participación de algunos individuos. A fin de garantizar la privacidad, seguridad y voluntariedad de los participantes, se obtuvo previamente la aprobación del protocolo de evaluación sensorial por parte del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Nacional de Jaén, según Oficio N° 05-2023/VPI-UNJ/CE ([Anexo 3](#)).

Se logró la participación de 137 personas de la comunidad universitaria (57% mujeres y 43% hombres) con edades entre 18 y 55 años. El 33% afirmó consumir helado cada 15 días, el 26% de 1 a 3 veces por semana, el 20% raramente, el 10% una vez por mes, el 7% de 4 a 6 veces por semana, el 4% diariamente y el 1% dos veces cada 15 días. En primera instancia, los participantes evaluaron la aceptabilidad mediante una escala hedónica estructurada de nueve puntos, que varió de: “Me disgustó extremadamente” (1) y “Me gustó extremadamente” (9) (Wichchukit et

al., 2022). Inmediatamente después y utilizando el método Marque Todo lo que se Aplica (CATA) en la plataforma online Compusense, los participantes seleccionaron los términos o atributos que consideraron que describían cada muestra evaluada. Entre muestra y muestra se indicó al participante que comiera un trozo de galleta de soda y bebiera agua para limpiar su paladar.

2.3.3 Análisis de datos

Se aplicó un diseño en bloques completos aleatorizados teniendo como factores de estudio los tratamientos y bloque (3 días distintos de procesamiento). Las variables respuesta fueron los parámetros fisicoquímicos y funcionales del helado. Los resultados de las variables fisicoquímicas y funcionales fueron analizados a través de ANOVA a un nivel de significancia de 5%. Al encontrarse diferencias significativas entre tratamientos, fue aplicado la prueba Tukey al mismo nivel de significancia.

Se realizó un ANOVA mixto para analizar la aceptabilidad, con el tratamiento como factor fijo y el consumidor y el orden de presentación como factores aleatorios. Para la comparación por pares de los tratamientos se aplicó la prueba Tukey con un nivel de significancia de 5%. Se creó un dendrograma para agrupar (clústeres) las preferencias de los consumidores.

Los datos CATA se analizaron calculando las frecuencias de elicitación de cada muestra, construyendo la denominada tabla de contingencia. Posteriormente, se realizó un análisis de correspondencia basado en la tabla de contingencia para representar los tratamientos y atributos de manera multivariada. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de penalidad para determinar el impacto de las características sensoriales en la aceptabilidad del helado.

Los softwares utilizados para el análisis de datos fueron R en su versión 4.3.1 y XLSTAT 2015 (Addinsoft, New York, NY, USA).

III. RESULTADOS

3.1 Parámetros fisicoquímicos

En la [Tabla 2](#) se muestran los resultados de los análisis de textura, color instrumental, diferencia de color, composición proximal y pH.

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos

| Parámetros | Tratamientos | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | TS | T5I | T10I | T5E | T10E |
| Perfil de textura instrumental | | | | | |
| <i>Hardness</i> (dureza) N | 47.74 ± 4.48 ^b | 36.00 ± 1.12 ^c | 23.44 ± 1.88 ^d | 36.76 ± 3.93 ^c | 62.78 ± 2.54 ^a |
| <i>Cohesiveness</i> (cohesión) | 0.014 ± 0.008 ^a | 0.013 ± 0.006 ^a | 0.017 ± 0.003 ^a | 0.011 ± 0.005 ^a | 0.008 ± 0.004 ^a |
| Color instrumental | | | | | |
| L* | 86.28 ± 0.43 ^a | 86.70 ± 0.19 ^a | 86.90 ± 0.54 ^a | 86.60 ± 0.48 ^a | 86.40 ± 0.36 ^a |
| a* | 4.22 ± 1.70 ^a | 4.13 ± 1.71 ^a | 3.97 ± 1.46 ^a | 4.12 ± 1.56 ^a | 4.16 ± 1.69 ^a |
| b* | 21.30 ± 1.14 ^a | 21.19 ± 1.48 ^a | 20.08 ± 1.06 ^a | 21.48 ± 2.12 ^a | 21.11 ± 1.79 ^a |
| ΔE (CIE76) | - | 1.00 ± 0.62 ^{ab} | 1.57 ± 0.35 ^a | 1.09 ± 0.54 ^a | 1.02 ± 0.07 ^{ab} |
| Composición proximal (g/100g) | | | | | |
| Humedad | 54.19 ± 0.45 ^a | 53.98 ± 0.72 ^a | 53.08 ± 0.13 ^a | 54.01 ± 0.23 ^a | 53.56 ± 0.58 ^a |
| Cenizas | 1.177 ± 0.063 ^a | 0.987 ± 0.050 ^b | 0.941 ± 0.026 ^b | 1.004 ± 0.019 ^b | 0.959 ± 0.065 ^b |
| Grasa | 14.97 ± 0.06 ^a | 10.78 ± 0.02 ^b | 6.72 ± 0.07 ^c | 10.59 ± 0.54 ^b | 6.85 ± 0.05 ^c |
| Proteínas | 4.84 ± 0.35 | 4.50 ± 0.01 | 4.39 ± 0.03 | 4.39 ± 0.00 | 4.32 ± 0.04 |
| Carbohidratos totales | 24.55 ± 0.32 | 30.05 ± 0.63 | 34.82 ± 0.19 | 30.05 ± 0.87 | 34.45 ± 0.63 |
| pH | 6.37 ± 0.10 ^a | 6.35 ± 0.12 ^a | 6.35 ± 0.09 ^a | 6.40 ± 0.10 ^a | 6.38 ± 0.10 ^a |

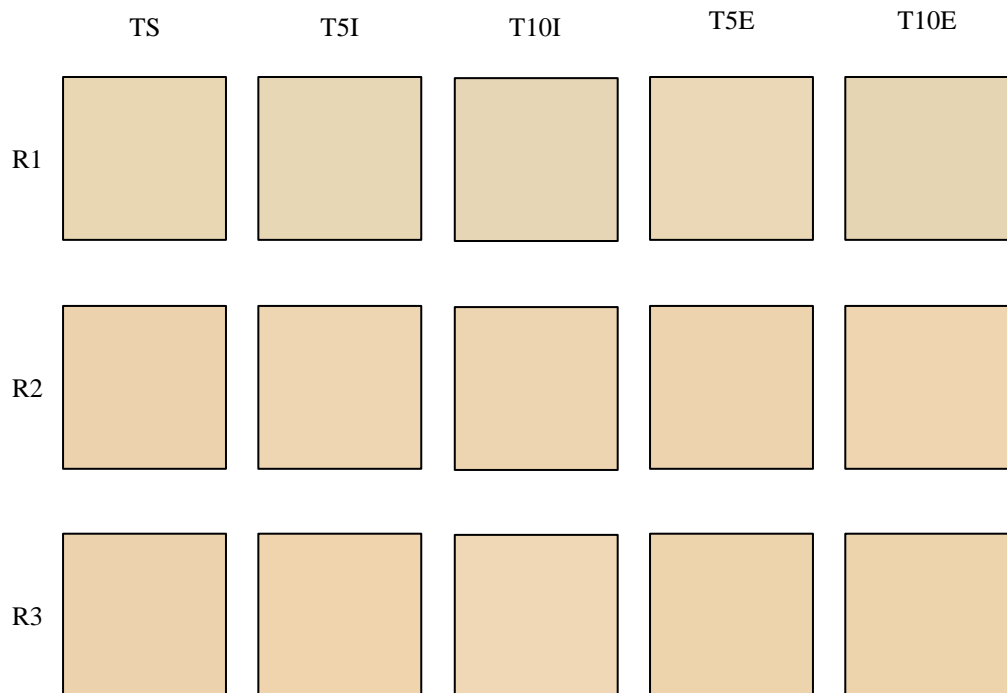
Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. ΔE (CIE76): Diferencia de Color. Letras iguales en superíndice en la misma fila indican que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos según la prueba de Tukey.

Los resultados de dureza muestran diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento T10E resultó ser el más duro (62.78 ± 2.54 N) y es significativamente diferente de todos los demás, seguido por el tratamiento TS (47.74 ± 4.48 N). Los tratamientos T5I y T5E presentan una dureza media y son estadísticamente iguales entre sí. Finalmente, el tratamiento T10I (23.44 ± 1.88 N) resultó ser el menos duro y es significativamente diferente de todos los demás.

No se encontraron diferencias significativas en la cohesión entre los tratamientos, lo que indica que los tratamientos muestran una cohesión similar, variando ligeramente entre 0.017 ± 0.00 y 0.008 ± 0.00 .

Figura 2

Representación RGB del color de los tratamientos



Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. R1: Primer bloque de procesamiento, R2: Segundo bloque de procesamiento y R3: Tercer bloque de procesamiento. Esta representación es válida únicamente en la versión digital del informe.

Los valores de las coordenadas a^* , b^* y L^* fueron similares entre todos los tratamientos ([Figura 2](#)) y no mostraron diferencias significativas. Aunque la coordenada L^* presentó resultados ligeramente más altos en todos los tratamientos con reducción de grasa o de grasa y azúcar, lo que sugiere un leve aumento en la luminosidad en comparación con el tratamiento control (TS), este incremento no fue lo suficientemente diferencial como para considerarse estadísticamente significativo.

La Diferencia de Color ΔE (CIE76) entre los tratamientos y la referencia (TS) osciló entre 1.00 ± 0.62 y 1.57 ± 0.35 , estando aún por debajo del valor que indica la ISO 12647-2 (2007) para una diferencia de color apreciable a simple vista.

Todos los tratamientos mostraron valores similares de humedad, con el valor más alto registrado en TS (54.19 ± 0.45 g/100g) y el más bajo en T10I (53.08 ± 0.13 g/100g). El contenido de cenizas se mantuvo relativamente constante entre los diferentes tratamientos con inulina o inulina y eritritol, diferenciándose estadísticamente el tratamiento control con el contenido más alto (1.177 ± 0.063 g/100g). No se observaron diferencias significativas en el contenido de proteínas en ninguno de los tratamientos.

Los tratamientos con inulina presentaron una reducción significativa en el contenido de grasa en comparación con el control, con un máximo de un 55.11% en el tratamiento T10I (6.72 ± 0.07 g/100g). La adición de eritritol no tuvo efecto adicional en este apartado. Los valores son muy cercanos a los esperados según la formulación de los tratamientos.

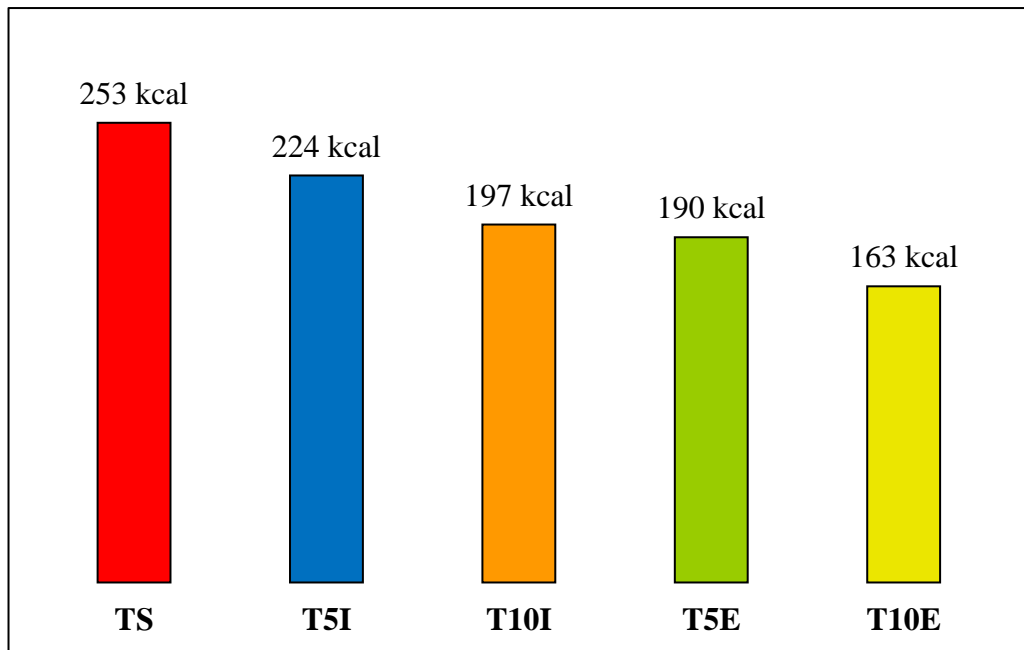
Los carbohidratos aumentaron notablemente conforme se incrementó la incorporación de inulina, esto se debe a que la inulina es un carbohidrato complejo. El eritritol no tuvo mayor implicancia porque sustituyó directamente al azúcar, que también se incluye en esta sección.

El pH se mantuvo prácticamente intacto, lo que indica que la adición de inulina y eritritol no tuvo un impacto significativo. El mayor valor observado fue en el tratamiento T5E, con un pH de 6.40 ± 0.10 .

En la [Figura 3](#) se muestran los contenidos calóricos de las diferentes formulaciones. Los tratamientos presentan una reducción del 11.46% (T5I), 22.13% (T10I), 24.90% (T5E) y 35.57% (T10E) en el contenido calórico en comparación con el tratamiento control. La disminución general de las calorías es altamente influenciada por la adición de eritritol.

Figura 3

Contenido energético



Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%.

3.2 Parámetros funcionales

En la [Tabla 3](#), los resultados del porcentaje de overrun muestran diferencias significativas entre los tratamientos. Los tratamientos T5E ($31.68 \pm 1.57\%$) y T5I ($30.55 \pm 0.36\%$) presentaron un porcentaje de overrun significativamente mayor en comparación con los tratamientos TS, T10I y T10E, los cuales muestran similitud entre sí.

Tabla 3*Parámetros funcionales*

| Parámetro | Tratamientos | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | TS | T5I | T10I | T5E | T10E |
| % Overrun | 24.70 ± 0.38 ^b | 30.55 ± 0.36 ^a | 23.02 ± 0.49 ^b | 31.68 ± 1.57 ^a | 22.09 ± 0.72 ^b |
| % Masa Fundida | 92.59 ± 0.76 ^a | 93.33 ± 1.27 ^a | 90.32 ± 1.79 ^a | 93.27 ± 0.75 ^a | 91.19 ± 0.57 ^a |
| Tiempo de caída de 1^o gota (min) | 17.6 ± 0.78 ^b | 18.2 ± 0.22 ^b | 20.0 ± 0.51 ^a | 15.2 ± 0.61 ^c | 20.0 ± 0.62 ^a |
| Tasa de fusión g/min | 1.56 ± 0.04 ^a | 1.53 ± 0.04 ^a | 1.57 ± 0.05 ^a | 1.49 ± 0.06 ^a | 1.60 ± 0.02 ^a |

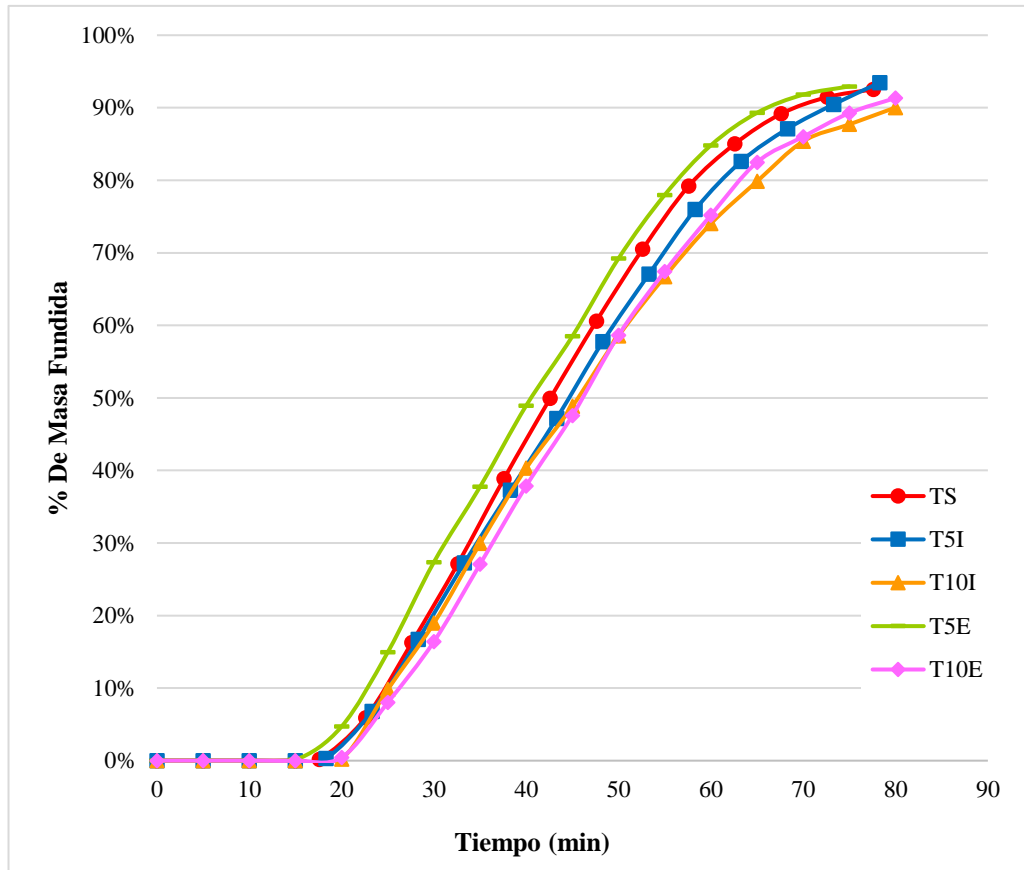
Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. Letras diferentes en la misma fila representan una diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos según la prueba de Tukey.

En el porcentaje de masa fundida, todos los tratamientos son estadísticamente iguales y presentan valores que oscilan entre $90.32 \pm 1.79\%$ y $93.33 \pm 1.27\%$. El tiempo de caída de primera gota presenta diferencia significativa entre los tratamientos. Los tratamientos T10I y T10E mostraron mayor estabilidad, con tiempos de primer goteo significativamente mayores (más de 20 min en promedio), sin diferencias estadísticas importantes entre sí. Los tratamientos T5I y TS ofrecieron una estabilidad moderada y muestran similitud entre sí. El tratamiento T5E fue el menos estable, con un tiempo de primer goteo significativamente menor (15.2 ± 0.61 min) que los otros tratamientos.

La tasa de fusión de cada tratamiento es estadísticamente igual, y se encuentran en el rango de 1.49 ± 0.06 g/min a 1.60 ± 0.02 g/min. En la [Figura 4](#) se presenta el comportamiento de la fusión de todos los tratamientos respecto al porcentaje de masa fundida a través del tiempo (minutos que tardó en caer la primera gota más los 60 minutos que se mantuvo derritiendo la muestra).

Figura 4

Comportamiento de fusión



Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%.

En la [Figura 5](#) se exhiben las fotografías que representan la evolución temporal del proceso de fusión en intervalos de 10 minutos. La primera fotografía, denominada "I", se tomó en cuanto se puso la muestra sobre la malla, mientras que "T1° G" representa el tiempo transcurrido hasta que cayó la primera gota.

Figura 5

Proceso de fusión



3.3 Análisis Microbiológicos

Los resultados detallados en las tablas se encuentran en conformidad a lo precisado en la NTP 202.057:2006 (revisada el 2018).

Tabla 4

Recuento de Coliformes UFC/g

| Tratamiento | n | m | M | Lectura |
|--------------------|----------|----------|----------|------------------------------------|
| TS | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T5I | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T10I | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T5E | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T10E | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |

Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. n: número de muestras analizadas, m: valor límite microbiológico y M: valor máximo tolerable.

Tabla 5

Numeración de Staphylococcus aureus UFC/g

| Tratamiento | n | m | M | Lectura |
|--------------------|----------|----------|----------|------------------------------------|
| TS | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T5I | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T10I | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T5E | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T10E | 2 | 10 | 100 | Ausencia de crecimiento microbiano |

Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. n: número de muestras analizadas, m: valor límite microbiológico y M: valor máximo tolerable.

Tabla 6*Detección de Salmonella sp.*

| Tratamiento | n | m | Lectura |
|--------------------|----------|----------|------------------------------------|
| TS | 2 | Ausencia | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T5I | 2 | Ausencia | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T10I | 2 | Ausencia | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T5E | 2 | Ausencia | Ausencia de crecimiento microbiano |
| T10E | 2 | Ausencia | Ausencia de crecimiento microbiano |

Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. n: número de muestras analizadas, m: valor límite microbiológico.

3.4 Evaluación Sensorial

Asociación Libre de Palabras - ALP

Se generaron 864 palabras a través de 108 formularios válidos. Los participantes lograron asociar los estímulos a una amplia variedad de descriptores o atributos que abarcan propiedades mecánicas, geométricas, de cuerpo y de superficie, así como su afinidad con diversas sensaciones químicas o térmicas en la boca. Tras analizar los resultados, se realizó una preselección basada principalmente en la frecuencia de los términos y en los criterios de inclusión o exclusión establecidos por los investigadores. Estos criterios corresponden a la existencia de palabras estrechamente relacionadas, uso de sinónimos y manifestaciones implícitas que los participantes plasmaron en cada uno de los formularios. Luego de ello, únicamente 528 términos (61.11%) componen las frecuencias de los 20 descriptores seleccionados bajo esas condiciones. En la [Tabla 7](#) se muestran las palabras o términos preseleccionados que tuvieron mayor frecuencia y el promedio de importancia dado por los participantes.

Tabla 7*Preselección de descriptores obtenidos de la ALP*

| Orden | Atributo | Frecuencia | Promedio del nivel de importancia |
|--------------|--------------------|-------------------|--|
| 1 | Cre moso | 74 | 7 |
| 2 | Dulce | 70 | 7 |
| 3 | Frio | 56 | 6.7 |
| 4 | Agradable | 37 | 6.8 |
| 5 | Suave | 31 | 6.7 |
| 6 | Apetitoso | 30 | 6.7 |
| 7 | Grasoso | 28 | 6.7 |
| 8 | Refrescante | 27 | 6.5 |
| 9 | Duro | 26 | 6.5 |
| 10 | Empalagoso | 24 | 6.4 |
| 11 | Amargo | 23 | 6.4 |
| 12 | Aromático | 16 | 6.2 |
| 13 | Insípido | 15 | 6.2 |
| 14 | Pastoso | 13 | 6.1 |
| 15 | Aguado | 12 | 6.1 |
| 16 | Arenoso | 11 | 6.1 |
| 17 | Ligero | 10 | 6.1 |
| 18 | Energético | 9 | 6 |
| 19 | Denso | 8 | 6 |
| 20 | Gomoso | 8 | 5.9 |

Nota. El orden se fijó respecto a la frecuencia de cada atributo.

Para el atributo “Cre moso” se contabilizaron también los términos “crema”, “cremosidad” y “crema de coco”, sin descartar ninguna palabra. En el caso del descriptor “Dulce”, se excluyeron las frases “muy dulce” y “mucho dulce” por tener una connotación implícita que las relaciona con el atributo “Empalagoso”; en su frecuencia también se incluyeron los términos “azúcar” y “endulzado”. El atributo “Frío” incluyó el término "escalofríos", mientras que se descartaron palabras relacionadas como “hielo” y “resfrío”. El término “Agradable” incluyó palabras como “alegría” y “felicidad” y se descartaron algunas palabras

relacionadas como “tranquilidad”, “dopamina”, “salud”, “saludable” y “nutritivo”, ya que, aunque se relacionan con el término “Agradable”, lo hacen a un nivel mucho más individual y personal de placer y bienestar.

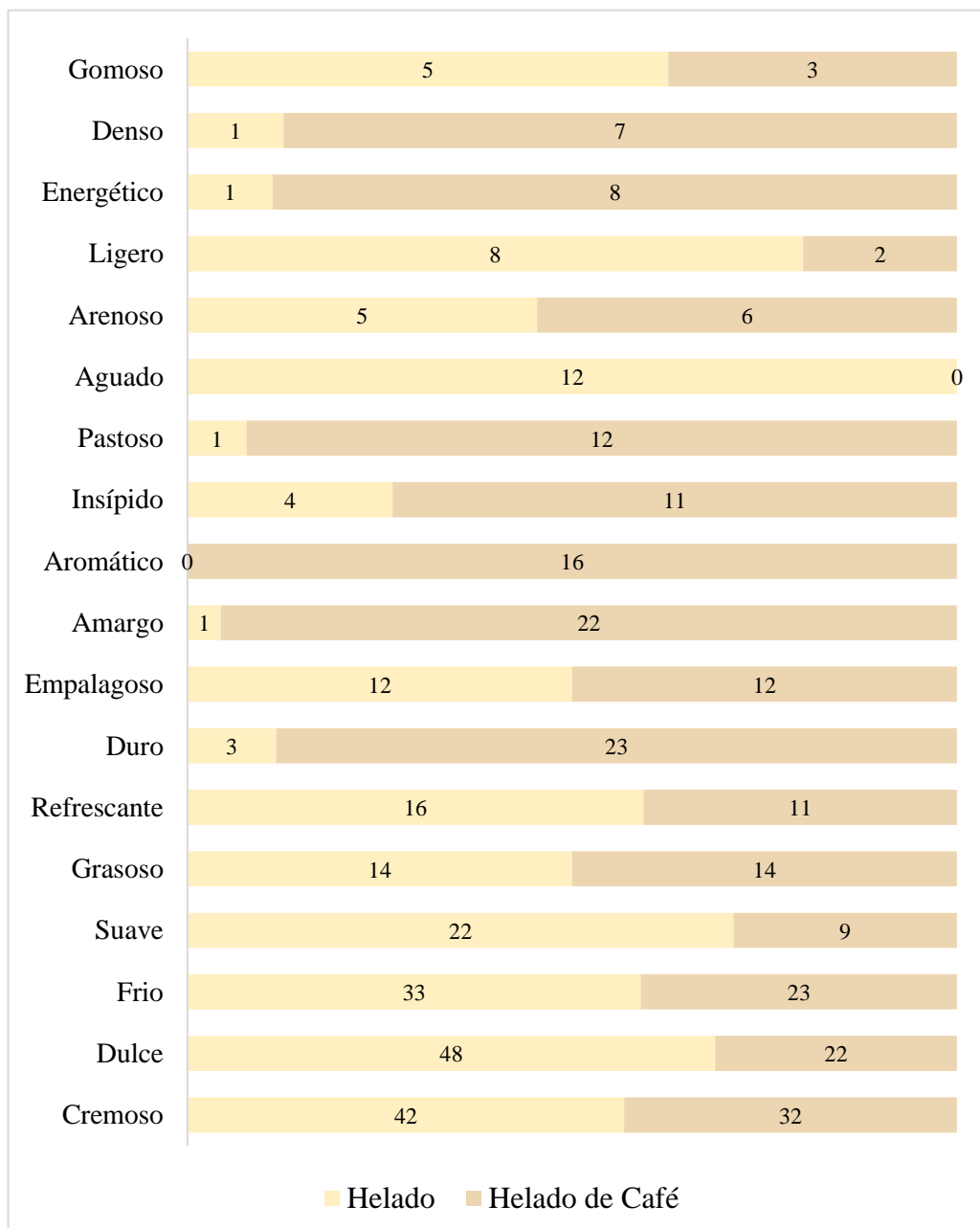
Respecto al descriptor “Suave” únicamente se descartó la palabra “tersura” por estar más relacionada con la apariencia y el tacto. Para el término “Apetitoso” se contabilizaron indistintamente los términos “apetitoso” y “apetecible”, descartándose palabras relacionadas como “comer”, “deseo” y “antojo”. En el atributo “Grasoso” se registraron sin distinción las palabras “grasoso” y “grasa”; se excluyó una palabra por contener errores ortográficos y pertenecer al mismo formulario que ya había aportado con el término “grasoso”. La frecuencia del atributo “Refrescante” incluyó indistintamente los términos “refrescante”, “fresco” y “frescura”. En el descriptor “Duro” se consideraron equivalentemente para su frecuencia los términos “duro” y “firmeza”. En estos dos últimos descriptores no se descartó ninguna palabra.

En la frecuencia del descriptor “Empalagoso” también se incluyó el término “hostigante” y se excluyó la palabra “hostiga” por describir una acción y no una sensación o percepción. En el atributo “Amargo” se excluyó la frase “muy amargo” por tener una connotación hedónica; en su frecuencia se contabilizaron indistintamente las palabras “amargo” y “amargoso”. En el atributo “Aromático” se englobaron las palabras “aromático”, “aroma” y la frase “buen aroma”. En la frecuencia del descriptor “Insípido” también se tomaron las frases “sin sabor” y “sabor sutil” y no se descartó ninguna palabra. Para los descriptores “Pastoso”, “Aguado” y “Arenoso” no se incluyeron ni excluyeron palabras relacionadas. En cuanto al atributo “Ligero”, también se contabilizó la palabra “espuma” porque, coloquialmente, hace referencia a una textura ligera. En la frecuencia del atributo “Energético” se consideraron indistintamente las palabras “energético” y “energía”. En estos dos atributos no se descartó ningún término. Respecto a los atributos “Denso” y “Gomoso”, no se añadió ninguna palabra relacionada a sus frecuencias y se descartaron los términos “pesado”, “contundente” y “espeso” para el primero y las palabras “goma” y “gomos” para el segundo, por hacer referencia al material en sí y no a la calidad.

Posteriormente, los términos “Agradable” y “Apetitoso” fueron descartados por ser términos hedónicos; bajo esa misma premisa, se excluyeron previamente los términos “rico”, “delicioso”, “sabroso”, “exquisito” y “atractivo”. Solo 18 palabras fueron utilizadas para caracterizar los tratamientos. En la [Figura 6](#) se presentan los 18 descriptores usados en el método sensorial CATA y la procedencia de su frecuencia según el estímulo.

Figura 6

Procedencia de la frecuencia de los descriptores según el estímulo



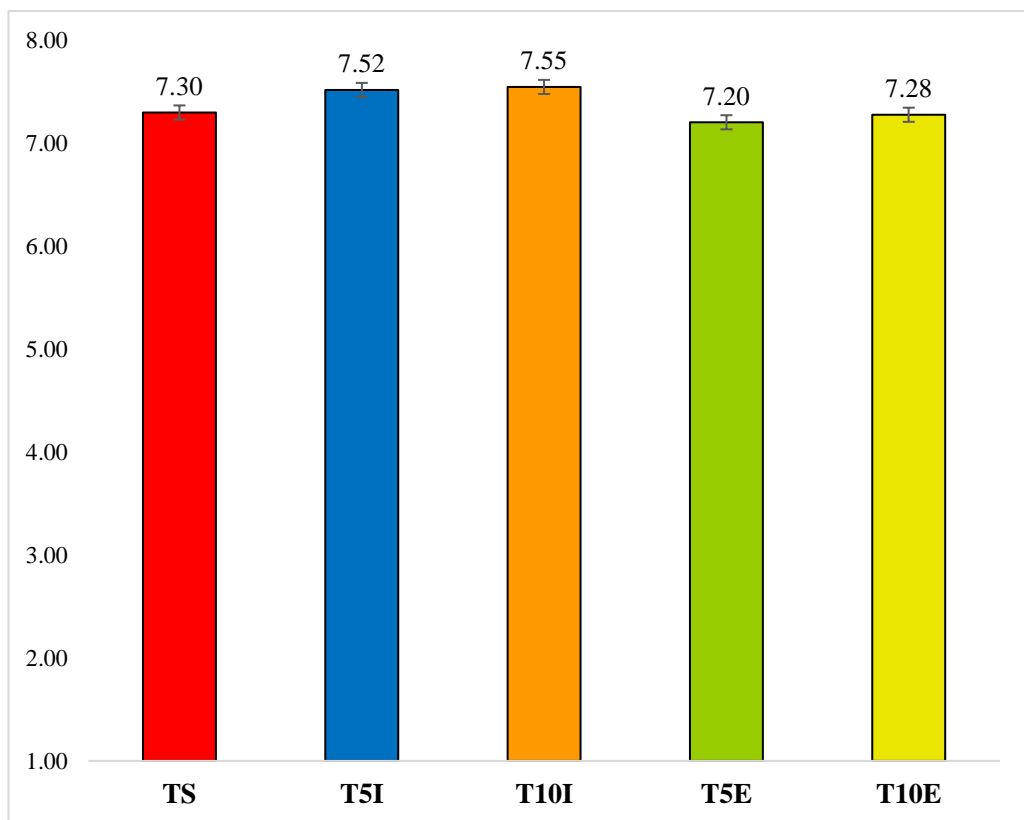
Es importante destacar que los descriptores “Aromático” y “Aguado” deben su frecuencia total a un solo estímulo, siendo “Helado de Café” y “Helado”, respectivamente. Otros atributos, como “Amargo”, “Pastoso”, “Energético” y “Denso”, son mencionados únicamente una vez en el estímulo “Helado”.

Aceptabilidad y CATA

La aceptabilidad general ([Figura 7](#)) varió de 7.20 a 7.55 para todos los tratamientos, sin presentar diferencias significativas, observándose una ligerísima superioridad de las formulaciones que solamente contienen inulina (T5I y T10I).

Figura 7

Aceptabilidad de los tratamientos



Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%.

El análisis de penalidad (Figura 8) reveló que los atributos “Suave”, “Cremoso” y “Aromático” influyeron positivamente en la aceptabilidad del helado. Según el análisis de correspondencia (AC), explicado por el 82.60% de la variabilidad de los datos en las dos primeras dimensiones (Figura 9), el atributo “Suave” tiene una mayor relación con el tratamiento T10I, “Cremoso” con los tratamientos T10I y T5I, y “Dulce”, “Aromático” y “Empalagoso” fueron atributos centrales en el AC. Por otro lado, como se observa en el gráfico (Figura 8), los atributos que direccionaron negativamente la aceptabilidad fueron “Empalagoso”, relacionado sutilmente con todos los tratamientos, y “Duro”, asociado principalmente con T5E.

Figura 8

Análisis de penalidad del impacto de los atributos sensoriales sobre la aceptabilidad del helado

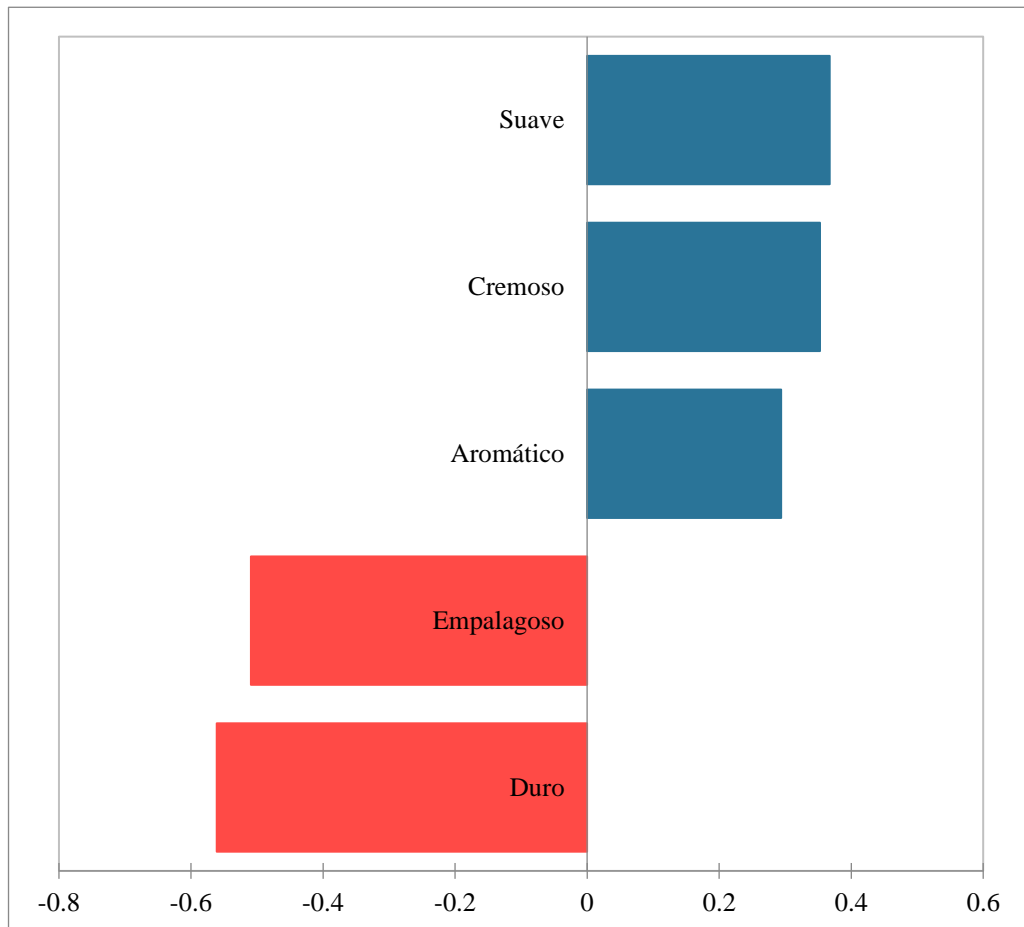
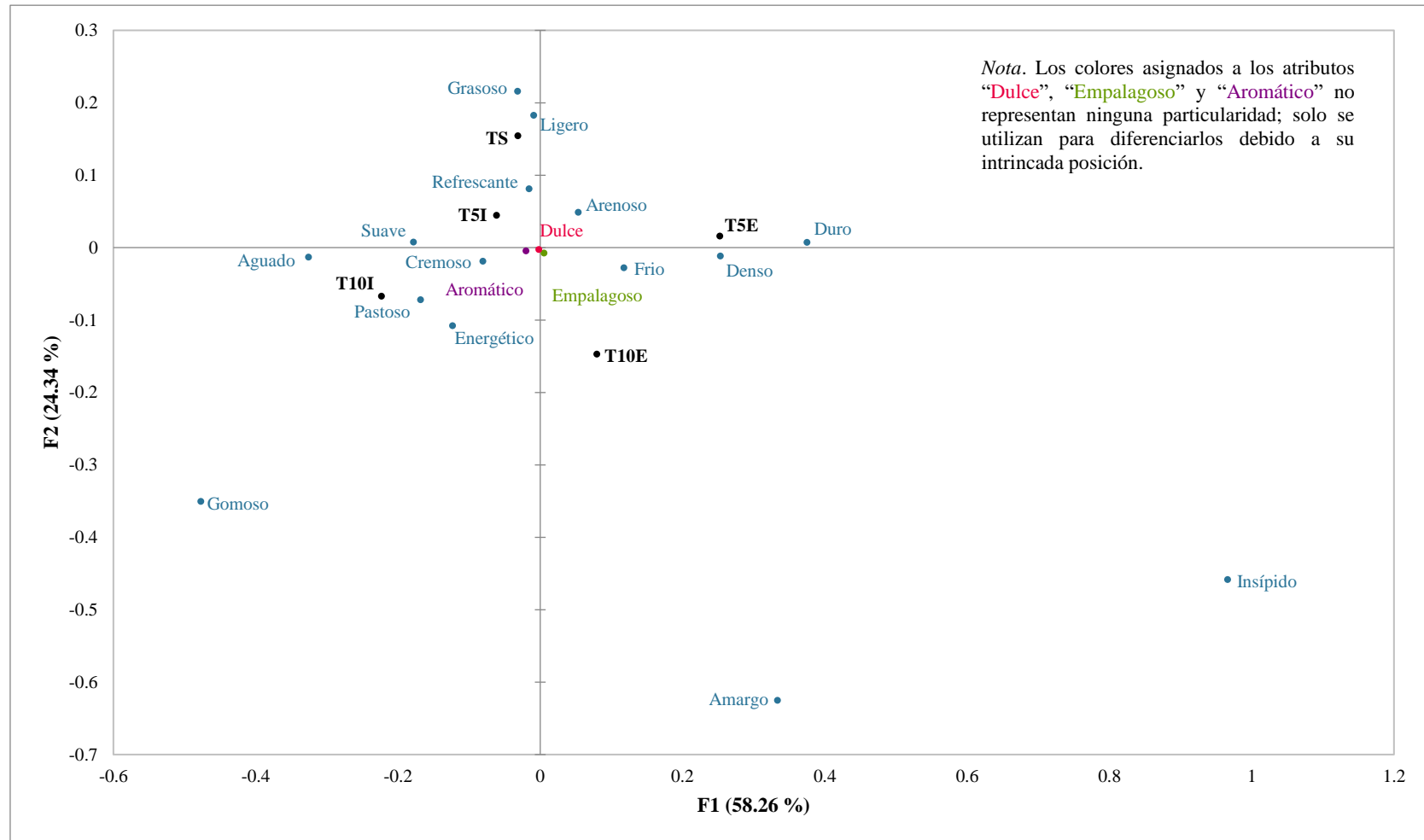


Figura 9

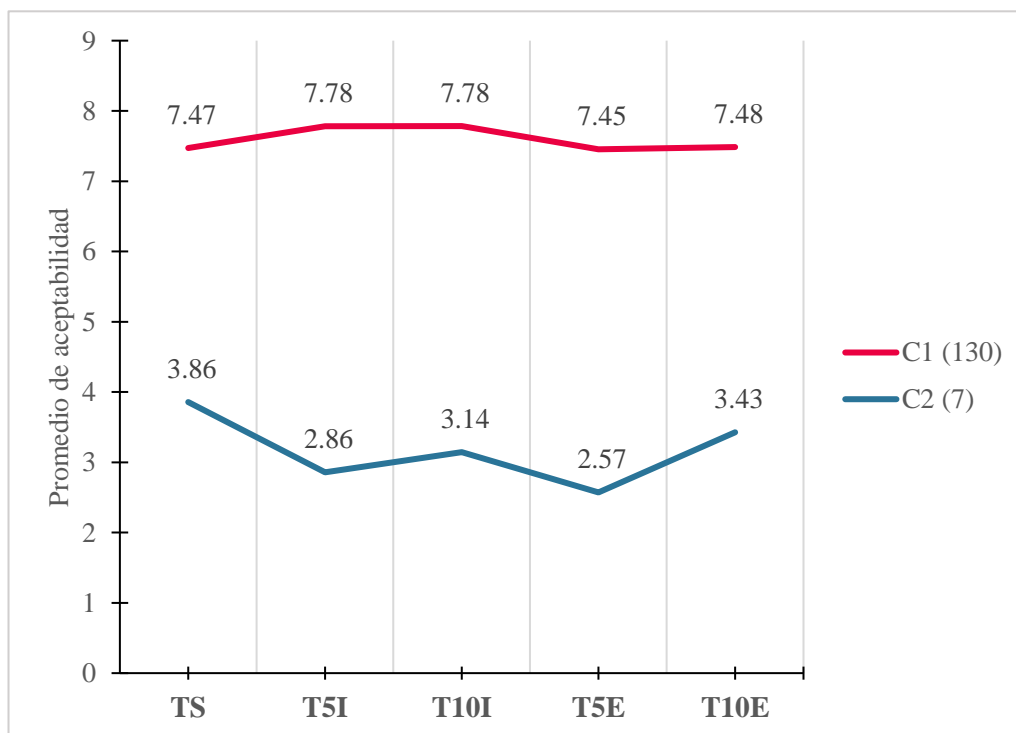
Análisis de correspondencia de los atributos sensoriales y tratamientos de helado



En el dendrograma ([Figura 11](#)) se muestra cómo se agrupan las preferencias de los consumidores según la similitud en la calificación de la aceptabilidad de los tratamientos de helado, generando dos grupos de fácil diferenciación. El primer clúster está formado por 130 consumidores a quienes les gustó el helado, obteniendo altos promedios de aceptabilidad para cada formulación dentro de esta agrupación. En contraste, el segundo grupo, una minoría conformada por 7 consumidores, no mostró preferencia especial por ninguno de los tratamientos, reflejándolo con bajos promedios de aceptabilidad que van desde 2.57 en el tratamiento T5E hasta 3.86 en el tratamiento control ([Figura 10](#)). Estos dos grupos representaron el 94.89% y el 5.11% de los consumidores, respectivamente, revelando cómo se pueden establecer generalizaciones a partir de los datos particulares de cada consumidor respecto a la aceptabilidad general del helado.

Figura 10

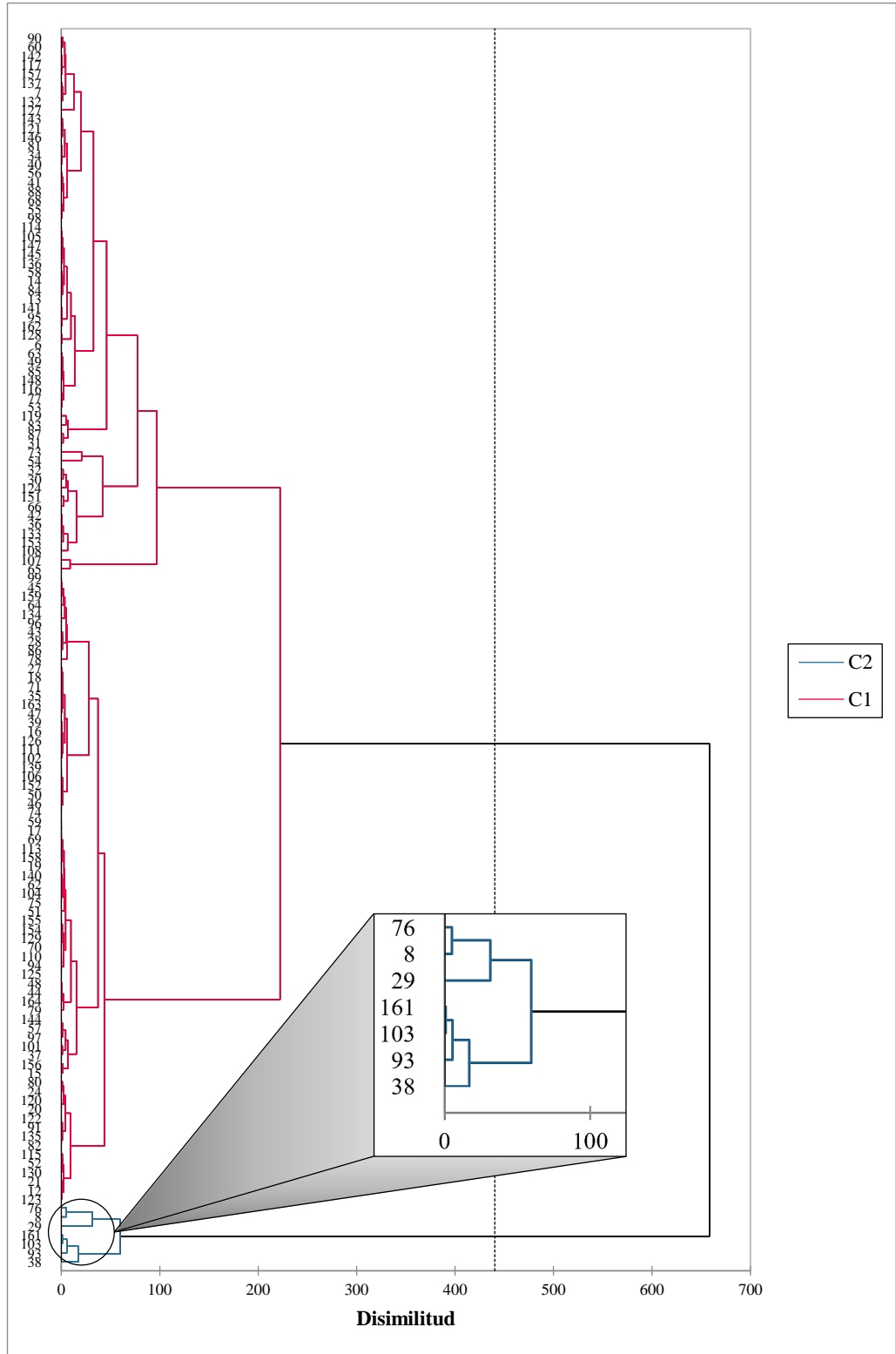
Aceptabilidad agrupada (clústeres) de los tratamientos



Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. C1: Primer Clúster. C2: Segundo Clúster.

Figura 11

Dendrograma de las preferencias de los consumidores sobre los tratamientos



Nota. C1: Primer Clúster, C2: Segundo Clúster.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Parámetros fisicoquímicos

De acuerdo con la investigación de McGhee et al. (2015), la textura desempeña un papel vital en la calidad sensorial y la aceptación del helado por parte del consumidor. Según Ramírez-Navas et al. (2015), la textura del helado está directamente relacionada con su formulación y los ingredientes utilizados en su elaboración, resultando en una estructura tridimensional compleja compuesta por burbujas de aire, glóbulos de grasa y cristales de hielo, que en conjunto proporcionan la sensación cremosa característica del helado. Un atributo físico fundamental en esta estructura es la dureza, que, depende de la cantidad y el tamaño de los cristales de hielo, los cuales impactan en la experiencia sensorial. Los cristales de mayor tamaño pueden generar una textura granulosa y menos agradable para el consumidor. Además, la dureza influye en el manejo del producto, siendo crucial en procesos como el envasado y porcionado, donde se busca optimizar la manipulación y presentación del helado.

La prueba de doble compresión utilizada en este estudio simula la deformación del helado entre el paladar y la lengua durante su ingesta (Pintor et al., 2017). Nuestros resultados revelan que la dureza disminuye a medida que aumenta el contenido de inulina. Por ejemplo, el tratamiento T10I fue el menos duro, seguido por T5I y T5E. Esto coincide con los hallazgos de Narala et al. (2022), que también observaron esta tendencia y la atribuyeron a la capacidad de la inulina para adsorber las moléculas de agua libres en la fase líquida del helado, lo cual reduce la formación de cristales de hielo, logrando así un helado más suave.

En contraste, el tratamiento T10E resultó ser el más duro. Este hecho se atribuye a la presencia del eritritol, que según Moriano y Alamprese (2017) tiene la capacidad de reducir el punto de congelación del helado. Aunque esto normalmente se asocia con una textura más suave, se cree que el mayor grado de congelación puede aumentar la rigidez del producto final a temperaturas típicas de almacenamiento. Los autores también identificaron un aumento de la

firmeza al incrementar los niveles de sustitución de sacarosa por eritritol (50% y 100%) y atribuyen este hecho a posibles cambios en la solubilidad del eritritol y plantean la hipótesis de que, a $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura de su análisis), las muestras contienen mayor cantidad de agua congelada en comparación con las que contenían solo sacarosa. Además, la interacción entre el eritritol y la inulina, en las cantidades utilizadas (10% de inulina y 8% de eritritol), incrementa notablemente los sólidos en la mezcla. Esto, sumado a la capacidad de la inulina para formar geles, puede resultar en una matriz más rígida y menos flexible, lo que produce una textura mucho más firme. Estas observaciones coinciden con Abbas et al. (2022), que señala que las diferencias en la dureza pueden estar relacionadas también con cambios en los puntos de congelación debido a mayores concentraciones de solutos. Entonces se corroboró que la incorporación de inulina es una estrategia efectiva para mejorar la calidad textural del helado, pero su proporción debe ser ajustada cuidadosamente y se debe evaluar su asociación con el eritritol para evitar una textura excesivamente firme.

La incorporación tanto de inulina como la combinación de inulina y eritritol en la elaboración de los tratamientos de helado no trajo consigo importantes modificaciones en las componentes del color ([Figura 2](#)). Al respecto, existen dos perspectivas principales para abordar este tema, por un lado, se comprende que la sustitución o reemplazo de un ingrediente o insumo puede alterar sustancialmente este apartado, en función de las características inherentes del sustituto empleado (Tolve et al., 2024). Por otro lado, se encuentra la incidencia de aplicar pretratamientos alternativos a las mezclas y las técnicas y tecnologías de fabricación del helado (Sert et al., 2021). Considerando los resultados reportados por Kowalczyk et al. (2021), que indican que la incorporación exclusiva de inulina (4%) mantiene los niveles de luminosidad (L^*), a diferencia de los tratamientos que incluían la combinación de inulina y fibra de manzana, se respaldan los hallazgos y alusiones de Tolve et al. (2024). Estos últimos también reportan como no significativas las variaciones de color entre el tratamiento que añade inulina (3%) y el tratamiento control, siendo imperceptible la diferencia de color frente a la fibra de acacia ($\Delta E = 1.56$) y notablemente diferentes los tratamientos con otros sustitutos como las fibras de

avena ($\Delta E = 7.02$) y manzana ($\Delta E = 28.56$). En la investigación de Samakradhamrongthai et al. (2021) también se consideraron no significativos los cambios en los valores de las componentes de color de los tratamientos que añaden hasta un 5% de inulina para sustituir la crema. Todos estos hallazgos corroboran la poca incidencia de la inulina en este parámetro, incluso con su adición en altos porcentajes (10%) como en este estudio, principalmente por su apariencia de polvo blanco (Khetto et al., 2023), que influye levemente en la componente L^* . Así, el color del producto no se ve afectado más que por una tenue pérdida de saturación, siendo mucho menos evidente en la realidad y en helados de color atribuidos a los sabores como vainilla, coco y otros en los que los colorantes naturales o sintéticos camuflan variaciones mucho más evidentes.

La participación del eritritol no tuvo mayor impacto, esto puede deberse a que sustituye parcialmente a un elemento de características prácticamente idénticas (47.06% del azúcar) y a su nula participación en reacciones de pardeamiento tipo Maillard (Grembecka, 2015).

El análisis proximal de los tratamientos reveló que la sustitución parcial de la grasa o la grasa y el azúcar ocasionó cambios significativos en algunos componentes nutricionales de los tratamientos, mientras que, en otros, la adición de inulina o inulina y eritritol no tuvo relevancia alguna. Los valores de humedad se mantuvieron muy similares en todos los tratamientos, esto se debe a que el remplazo de parte de la crema de leche por inulina también requirió la adición de agua, ya que la inulina reemplaza directamente al contenido graso de la crema, que en su composición tiene un alto contenido de agua. Por lo tanto, la combinación de inulina y agua mantiene estable el contenido general de humedad de los tratamientos. Esto es importante para no sobresaturar de sólidos solubles la matriz alimentaria y ocasionar cambios estructurales graves en el helado (Liu et al., 2023). Basándonos en nuestra matriz de formulaciones ([Tabla 1](#)) los valores de humedad debían oscilar entre los 53 – 54 g/100g de helado, por lo que los resultados son congruentes con lo esperado. Lo mismo ocurre en la investigación de da Silva Faresin et al. (2022) que, partiendo desde sus formulaciones, obtuvieron valores de humedad similares a los esperados, la

adición de inulina no tuvo injerencia en este apartado. El eritritol al reemplazar a otro sólido no altera el contenido de humedad.

El análisis del contenido de cenizas indica que el tratamiento control tiene el valor más alto, mientras que los demás tratamientos presentan valores similares entre sí. Esto contrasta ligeramente con lo reportado por Kant et al. (2024) y Abdou et al. (2021), cuyos tratamientos que añadían inulina no presentaron diferencias notables con sus tratamientos control. Esta diferencia se puede explicar porque partían de formulaciones con bajos contenidos de grasa, alrededor del 10% y 6% respectivamente, mientras que nuestro tratamiento control se sitúa en torno a los 14.97% de grasa, proveniente de la crema de leche. La crema de leche es un ingrediente con un elevado contenido de cenizas (Pacheco et al., 2008), por lo que al reducirla es esperable que el contenido de cenizas disminuya, pero se mantenga o estabilice en cierto rango debido al aporte de las leches descremada en polvo y descremada UHT. En consecuencia, y basándonos en la evidencia, la inulina no produce fluctuaciones significativas en el contenido de cenizas del producto al que se la añade, de igual modo que el eritritol (Mazi y Stanhope, 2023).

La grasa es un eje angular en los helados; sus funciones no se limitan solo a las estructurales y texturales, sino que es fundamental en el proceso de fusión y, aún más importante, para la experiencia sensorial general del producto (Zhao et al., 2023). El contenido graso de los tratamientos depende totalmente de su formulación. Los resultados observados son conformes a lo esperando, lo cual se debe a que la única fuente de grasa en los tratamientos es la crema de leche. Además, para su reducción y posterior sustitución parcial por inulina, se establecieron criterios claros bajo la denominación de helado de crema, como el contenido mínimo de grasa total del 6% y sólidos totales del 32% según la NTP 202.057:2006 (revisada el 2018).

Las proteínas en todos los tratamientos se mantuvieron similares, por lo que la incorporación de inulina y eritritol no afectan este parámetro. Esto también es reportado por Kowalczyk et al. (2021) y Abdou et al. (2021), quienes no observaron diferencias significativas en el contenido de proteínas de sus

tratamientos reducidos en grasa con inulina comparados con sus tratamientos control. En esta investigación, podemos atribuir la consistencia de los resultados al aporte contundente de proteínas por parte de las leches descremadas en polvo y UHT, ya que se aprecia una ligera disminución en los tratamientos con inulina e inulina y eritritol en contraste con el tratamiento control, que presenta el valor más elevado de proteínas debido a su mayor contenido de crema de leche.

El contenido de carbohidratos totales se calcula por diferencia e incluye azúcares, inulina, eritritol y goma xantana (Zhang et al., 2024). Esto explica el incremento observado en relación con la sustitución de grasa por inulina. Por lo tanto, el contenido de carbohidratos depende en gran medida de la formulación de los tratamientos y la naturaleza del sustituto empleado. Además, como se explicó anteriormente, se eligió el eritritol porque reemplaza el azúcar en iguales proporciones. Esto es imprescindible porque los azúcares en el helado permiten formar una estructura adecuada, ya que forman parte integral del suero o almíbar y no únicamente tienen la función de edulcorar el producto (Di Monaco et al., 2018). En la investigación de Abdou et al. (2021), la adición de inulina y otros carbohidratos complejos también incrementó el contenido de carbohidratos, mientras que el tratamiento que usaba un concentrado proteico como sustituto de grasa mantuvo un contenido similar al tratamiento control.

Respecto al pH, los valores responden a la complejidad de la matriz alimentaria, a la naturaleza ácida o alcalina de los componentes y a la interacción entre estos. En esta investigación, los valores de pH no presentaron diferencias significativas, hallazgos similares a los reportados por da Silva Faresin et al. (2022) y Abdou et al. (2021), cuyos tratamientos incorporados con inulina no mostraron diferencias con sus tratamientos control. Kowalczyk et al. (2021) también indica que los tratamientos con inulina mantuvieron valores similares. Esto sugiere que la inulina no modifica el pH del helado al que se añade. Por otro lado, el eritritol es un edulcorante altamente estable, por lo que su adición en matrices alimentarias lácteas no influye directamente en el pH (McCain et al., 2018).

El contenido calórico de los tratamientos estuvo acorde a lo esperado según su formulación. Para comparar, se calcularon las calorías de los tratamientos según el etiquetado nutricional de los ingredientes utilizados. Los distintos tratamientos difieren en un máximo de ± 4 kcal respecto a lo calculado en base al análisis proximal y las equivalencias energéticas del anexo XIV del Reglamento (UE) N°1169/2011. También se debe considerar que, en algunos estudios, la inulina tiene una equivalencia energética de entre 1 y 1.6 kcal/g (Akbari et al., 2019), mientras que el Reglamento (UE) N°1169/2011 le atribuye 2 kcal/g como a cualquier otra fibra. Esta reconsideración del valor energético de la inulina puede reducir entre un 2% y un 4% el contenido calórico de los tratamientos T10I y T10E. En su investigación, Rodríguez-Ordóñez et al. (2019) sustentan que puede disminuirse el 16% del contenido calórico al reemplazar el 48.6% de grasa láctea por inulina. Nuestra investigación sostiene una reducción del 22.13% de calorías en el tratamiento T10I, lo que conlleva una reducción de grasa del 55.11%. Por otro lado, el tratamiento T10E reduce el contenido calórico hasta en un 35.57%. Esto indica que, independientemente del contenido graso inicial, la inulina puede sustituir buena parte del contenido graso del helado (alrededor del 50%), mientras que el eritritol contribuye significativamente a la reducción general del contenido calórico. Es importante recalcar que el rol que desempeña la formulación de los tratamientos es vital, ya que orienta y define muchos de los valores obtenidos del análisis proximal. Además, en ella se plasman las pretensiones iniciales del estudio, como en esta investigación.

4.2 Parámetros funcionales

El término "overrun," según Ramírez-Navas et al. (2015), se refiere a la cantidad de aire que se incorpora en la mezcla de helado durante el proceso de batido e indica que una mayor incorporación de aire produce un helado más ligero y esponjoso, mientras que un menor overrun resulta en un helado más denso y compacto. Según Campuzano-Cárdenas et al. (2019), la grasa desempeña un papel importante durante la aireación, ya que estabiliza las burbujas de aire. Esto se evidencia en nuestros resultados, especialmente en los tratamientos con un 10% de inulina (T10I y T10E), quienes sufrieron una mayor reducción de grasa

y presentaron porcentajes de overrun más bajos, incluso inferiores al del tratamiento control (TS). Mientras que los tratamientos con un 5% de inulina (T5E y T5I) presentaron un overrun más alto. Esto se atribuye a que la inulina en esta proporción compensa la reducción de grasa, aumenta ligeramente la viscosidad y mejora la estabilidad de la mezcla, facilitando la incorporación y retención de burbujas de aire (Samakradhamrongthai et al., 2021). Esta tendencia también fue observada en la investigación de Narala et al. (2022), donde el uso de inulina entre 2% y 4% resultó en valores de overrun más altos en comparación con formulaciones con 6% y 8% de inulina. Por lo que, se destaca el hecho de usar una concentración óptima de este ingrediente para maximizar la incorporación de aire sin aumentar excesivamente la densidad. En resumen, se puede afirmar que, mientras un 5% de inulina puede mejorar la incorporación de aire, un 10% puede reducirla debido al aumento de densidad y consecuentemente la viscosidad del mix, lo que dificulta la incorporación de aire durante el batido. Por otro lado, Tolve et al. (2024) identificaron una fuerte correlación negativa entre el porcentaje de overrun y la dureza del helado, sugiriendo que una mayor cantidad de aire atrapado conduce a una textura más suave, estos resultados difieren de nuestros hallazgos.

Existen posturas contradictorias sobre los factores que afectan los parámetros de fusión del helado. Algunos investigadores, Liu et al. (2023) y Muse y Hartel (2004) han argumentado que el porcentaje de overrun, el tamaño de los cristales de hielo y el grado de desestabilización de la grasa son factores claves que influyen en la fusión del helado. Por ejemplo, Abbas et al. (2022) y Bekiroglu et al. (2022) informaron que una mayor incorporación de aire aumenta la viscosidad y da como resultado una menor velocidad de fusión. Por otro lado, Liu et al. (2023) en su investigación reveló que el impacto de la red de grasa sobre el comportamiento de fusión fue más significativo que el efecto del overrun y que los parámetros de fusión fueron determinados por el grado de desestabilización de la grasa. Sin embargo, nuestros hallazgos no muestran esta tendencia. En nuestra investigación, descubrimos que los parámetros de fusión están más influenciados por la concentración de inulina, la cual tiene la capacidad de formar una red similar a un gel al retener agua, impactando

significativamente en la textura y estabilidad del helado (Narala et al., 2022). Nuestros resultados demostraron que, al aumentar la concentración de inulina, se observó una mayor resistencia a la fusión, lo que indica que este componente actúa como un estabilizador importante en el helado. También se observó que el overrun y la reducción de grasa tuvieron un papel limitado en los parámetros de fusión. Por lo tanto, se resalta la necesidad de evaluar y conocer la microestructura del helado, que incluye la distribución y tamaño de las partículas de grasa, los cristales de hielo y las burbujas de aire, quienes juegan un papel crucial en su comportamiento durante la fusión.

Según Campuzano-Cárdenas et al. (2019), los tiempos de caída de la primera gota dependen de la formulación del helado y, por lo general, se espera que estos tiempos sean superiores a 15 minutos. En esta investigación, observamos que los tiempos están comprendidos entre 15.2 y 20 minutos, cumpliendo así el rango esperado. También podemos apreciar que las formulaciones con una mayor concentración de inulina (T10I y T10E) presentaron tiempos más largos, lo que indica mayor estabilidad en estos tratamientos. Este suceso también se reflejó en el estudio de Pintor et al. (2017), quienes atribuyen este comportamiento a las propiedades de la inulina, a su capacidad de actuar como un agente espesante y ligante eficaz, contribuyendo de esta manera a mantener la textura y consistencia deseadas durante más tiempo.

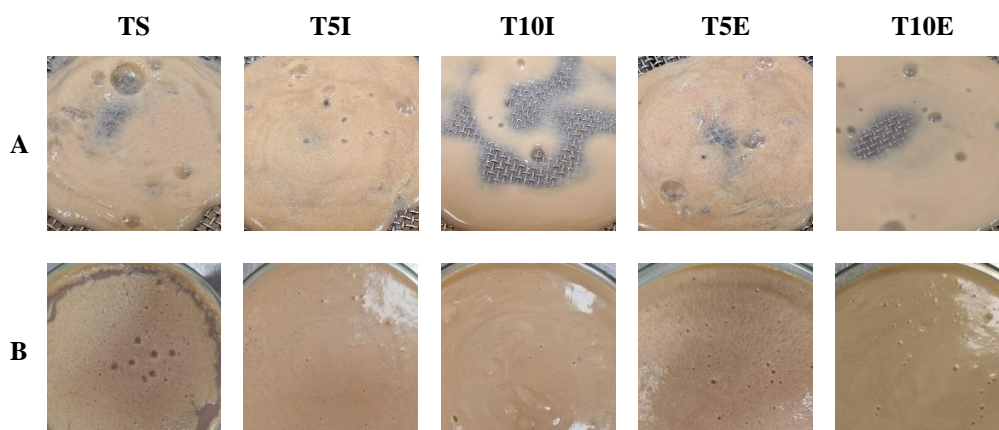
El porcentaje de masa fundida es inversamente proporcional al tiempo de caída de primera gota según nuestros resultados. Durante el proceso de fusión, se observó que las formulaciones TS, T5I y T5E goteaban de forma constante, lo que aparentaba un derretimiento más rápido. Sin embargo, en las formulaciones con mayor porcentaje de inulina (T10E y T10I) la masa fundida que traspasaba la malla no se desprendía en un goteo frecuente, esto debido a su alta viscosidad y adherencia; por el contrario, la masa se desligaba en grandes volúmenes. Este fenómeno se puede explicar por la capacidad de la inulina para formar una estructura tridimensional que atrapa el agua y otros componentes, creando un gel pegajoso (da Silva Faresin et al., 2022). Por lo tanto, este suceso puede dar la falsa percepción de un derretimiento más lento, pero a lo largo del proceso de

fusión (60 minutos) y a pesar de que el goteo ocurría en intervalos mucho más amplios, la masa fundida final se equiparó a la de los otros tratamientos.

En la masa del helado fundido y en la que quedó sobre la malla, se observó que los tratamientos con mayor concentración de inulina, es decir, T10I y T10E, mantuvieron la emulsión y presentaron una apariencia más tersa y cremosa que los otros tratamientos (TS, T5E, T5I), como se muestra en la (Figura 12). Esto concuerda con la percepción de Abbas et al. (2022), quienes señalan que los sustitutos y miméticos de grasa mejoran la suavidad y la textura; sin embargo, su uso excesivo puede causar pegajosidad y disminuir la capacidad de trituración.

Figura 12

Visualización de la masa de los tratamientos después del proceso de fusión



Nota. TS: Tratamiento control; T5I: Tratamiento con inulina al 5%; T10I: Tratamiento con inulina al 10%; T5E: Tratamiento con inulina al 5% y eritritol al 8% y T10E: Tratamiento con inulina al 10% y eritritol al 8%. A: Helado que no atravesó la malla después de los 60 minutos de la caída de la primera gota, B: Masa fundida recolectada en placas Petri.

4.3 Evaluación Sensorial

Asociación Libre de Palabras - ALP

Una parte de los resultados obtenidos de la ALP nos revela la naturaleza subjetiva y espontánea de esta técnica. Esto no es sinónimo de detrimento de la

calidad de la información recabada; por el contrario, enriquece el contexto en el que se aplica y revela, sutil o ampliamente, la idiosincrasia de los participantes (Rojas-Rivas et al., 2022). Con base en ello, se pueden marcar claros lineamientos y correlaciones para incluir o excluir los términos recolectados.

Los estímulos, dos en nuestro caso ([Anexo 1](#)), fueron ideados con cierto grado de complementariedad, esperando obtener algunos términos exclusivos de cada imagen, es decir, términos que solo se mencionaran en un estímulo específico ([Figura 6](#)). Sin embargo, al analizar los datos, se observó que estos términos trascienden a meras obviedades, ya que se establecieron algunos atributos opuestos, como “Suave” y “Duro” y “Ligero” y “Denso”. Los términos suave y ligero se relacionaron en mayor medida con el estímulo “Helado”, mientras que duro y denso se asociaron con el estímulo “Helado de Café”.

Aceptabilidad y CATA

Los promedios de aceptabilidad obtenidos para todas las formulaciones evaluadas superaron los 7 puntos, bajo la denominación de "me gusta moderadamente," y no mostraron diferencias significativas. Esto indica que todos los tratamientos tienen una buena aceptabilidad, demostrando que ni el eritritol ni la inulina afectaron el sabor del helado; lo que se explica por lo descrito por Rodríguez-Ordóñez et al. (2019) quienes indican que la inulina tiene un sabor neutro a ligeramente dulce y el eritritol se caracteriza por un sabor “dulce limpio” (Grembecka, 2015). Esto coincide con lo encontrado por Tolve et al. (2024), quienes determinaron que la adición de inulina no altera las propiedades sensoriales del helado, al obtener un perfil sensorial comparable al del helado entero en prácticamente todos los atributos, pero difiere de los hallazgos de Akbari et al. (2019), quienes indicaron en su investigación que la incorporación de inulina puede mejorar la percepción del sabor del helado y de Samakradhamrongthai et al. (2021), quienes respaldan esta afirmación.

Los principales atributos que direccionaron la aceptabilidad del helado se relacionan directamente con la textura, aquellos que impactaron de manera

positiva son "suave" y "cremoso" y de manera negativa tenemos "duro". Estos términos coinciden con los atributos más mencionados en la investigación de da Silva Faresin et al. (2022) para señalar que la textura y apariencia de las formulaciones de helado, en general, fueron del agrado o desagrado de los panelistas. Con ello corroboramos lo afirmado por Devereux et al. (2003), que indica que la textura es el factor más importante en la aceptabilidad general de este producto.

Observando los resultados de nuestro análisis de textura, podemos apreciar que el tratamiento T10I resultó ser el menos duro, seguido por el tratamiento T5I. Estos resultados se reflejaron en la evaluación sensorial, donde los participantes caracterizaron estos tratamientos como suaves y cremosos. Sin embargo, existe una discrepancia entre los resultados de dureza y la percepción sensorial de los tratamientos, ya que los panelistas asociaron como "Duro" principalmente al tratamiento T5E, siendo que el tratamiento más duro según la determinación de textura instrumental fue el T10E. Atribuimos este hallazgo a que el incremento de inulina afectó la percepción de dureza. Es decir, el eritritol contribuyó a una mayor dureza en términos instrumentales al disminuir el punto de congelación y posiblemente incrementar la cantidad de cristales de hielo (Moriano y Alamprese, 2017), pero la forma en que se integró con la inulina pudo hacer que no se percibiera tan duro en el paladar. Por otro lado, también pudieron influir en esta percepción el overrun y el tiempo de caída de la primera gota, ya que estos parámetros son diametralmente opuestos entre sí en estos tratamientos. El tratamiento T5E tuvo el porcentaje de overrun más alto pero el valor más bajo de tiempo de caída de la primera gota, mientras que T10E tuvo los valores contrarios. Todo ello causó una percepción distinta de las características del cuerpo del helado. El tratamiento T10E, gracias a su mayor estabilidad, prolongó la sensación de cremosidad en el paladar de los consumidores al tener un cuerpo más denso y de mayor cobertura. En cambio, el tratamiento T5E se percibió menos cremoso y más rígido al ingerirlo, asociándolo al atributo "Duro". Además, puede existir cierta desinformación por parte de los consumidores al desconocer que lo opuesto a "Cremoso" o la ausencia de esa percepción es el atributo "Aguado" o en menor medida "Arenoso" y "Pastoso".

Otro detalle particular que destacar es la muy buena relación y complementación entre la inulina y el eritritol para mantener estable la percepción del sabor dulce en los tratamientos con menos aporte calórico producto de la sustitución del 47.06% de azúcar (T5E y T10E), ya que, según el análisis de correspondencia ([Figura 9](#)), “Dulce” es uno de los atributos más centrales y con la frecuencia de elicitación más alta. El atributo “Empalagoso” también se sitúa muy cerca del centro de la gráfica, y aunque direcciona la aceptabilidad negativamente, nos puede indicar que es todavía factible una mayor reducción del azúcar en las formulaciones.

Al comparar la reducción de calorías con la caracterización de los tratamientos, podemos identificar que T10I fue el tratamiento con las mayores frecuencias de elicitación de los atributos que direccionaron positivamente la aceptabilidad ([Figura 8](#)) y el tercero en cuanto a reducción de calorías, con un 22.13%, en contraste con TS. La mayor reducción de calorías (35.57%) se logró en T10E; sin embargo, sensorialmente se caracterizó como el segundo más “Duro”, aunque fue el menos “Empalagoso” de todos, con una aceptabilidad ligeramente inferior al tratamiento control. T5E redujo las calorías en un 24.90% y tuvo las frecuencias de elicitación más bajas en dos de los atributos que direccionan positivamente la aceptabilidad (“Cremoso” y “Suave”), lo que se refleja en el puntaje más bajo en esta medida. El tratamiento T5I mostró la menor reducción de calorías (11.46%), pero sensorialmente fue bastante bien recibido por los consumidores, presentando valores y características similares a los del tratamiento T10I, aunque ligeramente inferiores.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La evaluación instrumental de la textura reveló que la adición de inulina mejoró notablemente la dureza en el helado. Los resultados mostraron que el tratamiento T10I, con 23.44 N, fue el más suave, seguido por T5I con 36 N y T5E con 36.76 N. Entre los tratamientos más duros, el control presentó una dureza de 47.74 N, mientras que el tratamiento T10E alcanzó los 62.78 N. Esta mayor dureza se atribuye a la formación de una matriz más rígida y menos flexible debido a la interacción de estas concentraciones de sustitutos (inulina y eritritol), resultando en una textura más firme. Los resultados de la composición proximal fueron los esperados según lo formulado, logrando una reducción de grasa del 55.11% en el tratamiento T10I y un reemplazo del 47.06% del azúcar en los tratamientos T5E y T10E. El pH no se alteró significativamente en ningún tratamiento, y del mismo modo, las componentes del color se mantuvieron constantes, demostrado por una diferencia de color – ΔE (CIE76) máxima de 1.57 en el tratamiento T10I.
- La evaluación de los parámetros funcionales ha demostrado que, con un nivel de sustitución del 5%, se obtuvieron los mejores porcentajes de incorporación de aire, el tratamiento T5E con un 31.68% y el T5I con un 30.55% de overrun. Este nivel de incorporación de aire fue crucial para mejorar la percepción de calidad en cada uno de los tratamientos. En cuanto a los otros parámetros de fusión, como la tasa de fusión y el porcentaje de masa fundida, los resultados fueron estadísticamente iguales, lo que sugiere una consistencia en la estabilidad de los tratamientos. Por otro lado, los tratamientos con un 10% de inulina (T10I y T10E) presentaron los mejores tiempos de caída de la primera gota, con 20 minutos cada uno, destacando su potencial para mejorar la estabilidad del helado en condiciones habituales de consumo.

- Los análisis microbiológicos realizados a cada tratamiento mostraron la ausencia de microorganismos en todos los conceptos analizados (recuento de coliformes, numeración de *Staphylococcus aureus* y detección de *Salmonella* sp.), cumpliendo con los estándares establecidos por la NTP 202.057:2006 (revisada el 2018). Esto cumple con el propósito de velar y proteger el bienestar y la salud de los participantes de la evaluación sensorial.

- El perfil sensorial indicó que los tratamientos tienen una buena aceptabilidad general, con una calificación superior a los 7 puntos. Esto sugiere que la inulina y el eritritol pueden añadirse en los porcentajes utilizados en este estudio. Los atributos que impulsaron positivamente la aceptabilidad fueron “Suave”, relacionado con el tratamiento T10I y “Cremoso”, asociado con T10I y T5I. Esto demuestra que la adición de inulina al helado de café, especialmente en un 10%, aumenta la percepción de estas características sensoriales clave para garantizar la aceptabilidad del producto. Por otro lado, el atributo “Duro” se relacionó negativamente con el tratamiento T5E. Los atributos “Aromático”, “Empalagoso” y “Dulce” fueron términos comunes en cada tratamiento, demostrando que la sustitución parcial de azúcar por eritritol no afectó negativamente estas características.

- El cálculo del contenido calórico de los tratamientos demuestra que es posible lograr una reducción significativa de calorías mediante la disminución de la grasa en el helado de café. En particular, el tratamiento T10I permitió una disminución del 22.13% de calorías gracias a una reducción del 55.11% de grasa, sustituida por inulina. Por otro lado, el tratamiento T10E logró reducir el contenido calórico en un 35.57% mediante la sustitución conjunta del 54.24% de grasa por inulina y el 47.06% de azúcar por eritritol. Estos hallazgos sugieren que el uso de inulina o inulina y eritritol pueden ser una estrategia efectiva para desarrollar helados más saludables.

5.2 Recomendaciones

- La reformulación del helado en este estudio es conservadora en cuanto a la complejidad de la matriz alimentaria. Es recomendable evaluar la interacción de los sustitutos empleados (inulina y eritritol), pero en una formulación mucho más compleja que incluya el uso combinado de otros edulcorantes para reducir aún más el azúcar, bajo la premisa de mantener constante, o en la medida de lo posible, el contenido de sólidos no grasos del producto.
- El proceso de elaboración del helado requiere de operaciones sencillas; sin embargo, las variaciones en las técnicas, tecnologías o parámetros de estas operaciones pueden traducirse en cambios considerables en el producto final. Recomendamos profundizar más en las operaciones de madurado y homogenizado: en la primera, realizando una comparación entre los tiempos mínimos y máximos plausibles, y en la segunda, explorando el uso de tecnologías de alta presión.
- El helado es un producto en el que muchas de sus cualidades no pueden ser atribuidas a una sola causa. Desde la interacción de sus componentes y la tecnología de producción hasta muchas otras variables, pueden provocar diferencias en las características del producto obtenido. En base a esto, recomendamos realizar un análisis de la microestructura del producto para explicar, desde otro enfoque, algunas peculiaridades que el producto demuestre y establecer nuevas asociaciones de causa y efecto.
- Si bien hemos caracterizado nuestros tratamientos a través de una evaluación del perfil sensorial y la aceptabilidad, recomendamos realizar una evaluación sensorial con especialistas en el producto o, en su defecto, con panelistas entrenados. Esto permitiría obtener un análisis y enfoque distintos de la calidad del producto, basados en argumentos más técnicos, y al mismo tiempo detectar sutiles diferencias en categorías claves como el sabor, la textura y el aroma, que podrían pasar desapercibidas para un consumidor promedio y un paladar no entrenado.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, H. M., El-Dein Farid Hammad, M. N., & El-Sabaa, N. B. (2022). Evaluation Of Low Calories Ice Cream Properties Prepared By Using Fat Replacer And Sweetener. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(4), 591–603.
<https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.85969.4163>
- Abdou, S. M., Nagar, E., Elatif, A., Galal, R., & Sci, D. (2021). *Improving the Quality of Low-Fat Ice Cream Using Some Fat Replacers*.
- Aguiar, H. de F., Yamashita, A. S., & Gut, J. A. W. (2012). Development of enzymic time-temperature integrators with rapid detection for evaluation of continuous HTST pasteurization processes. *LWT*, 47(1), 110–116.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.12.027>
- Ahmed, K. S., Anwarul Hasan, G. M. M., Satter, M. A., & Sikdar, K. (2023). Making ice cream with natural sweetener stevia: Formulation and characteristics. *Applied Food Research*, 3(2). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100309>
- Akalın, A. S., Kesencas, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E., & Kınık, 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>
- Akbari, M., Eskandari, M. H., & Davoudi, Z. (2019). Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 86, pp. 34–40). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.036>
- Ares, G., Reis, F., Oliveira, D., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., Chheang, S. L., Hunter, D. C., Kam, K., Roigard, C. M., Paisley, A. G., Beresford, M. K., Jin, D., & Jaeger, S. R. (2015). Recommendations for use of balanced presentation order of terms in CATA questions. *Food Quality and Preference*, 46, 137–141.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.07.012>
- Arteaga, H., Robleto-Martinez, E., Carolina de Sousa Silva, A., Souto, S., Batista, J., & Xavier Costa, E. J. (2021). Postharvest freezing process assessment of the blueberry

- structure in three acts: Bioimpedance, color, and granulometry analysis. *LWT*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112237>
- Barboza Palomino, E. E. (2020). Prevalencia de factores de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles en Perú. *Revista Cuidarte*, 11(2). <https://doi.org/10.15649/cuidarte.1066>
- Bekiroglu, H., Goktas, H., Karaibrahim, D., Bozkurt, F., & Sagdic, O. (2022). Determination of rheological, melting and sensorial properties and volatile compounds of vegan ice cream produced with fresh and dried walnut milk. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100521>
- Blázquez Abellán, G., López-Torres Hidalgo, J. D., Rabanales Sotos, J., López-Torres López, J., & Val Jiménez, C. L. (2016). Alimentación saludable y autopercepción de salud. *Atencion Primaria*, 48(8), 535–542. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2015.12.001>
- Campuzano-Cárdenas, V., González-Hoyos, V., & Ramirez-Navas, J. S. (2019). *Efecto de la aplicación de mezclas de sustitutos de grasa sobre algunas propiedades funcionales del helado de vainilla*.
- da Silva Faresin, L., Devos, R. J. B., Reinehr, C. O., & Colla, L. M. (2022). Development of ice cream with reduction of sugar and fat by the addition of inulin, *Spirulina platensis* or phycocyanin. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100445>
- Devereux, H. M., Jones, G. P., McCormack, L., & Hunter, W. C. (2003). Consumer Acceptability of Low Fat Foods Containing Inulin and Oligofructose. *Journal of Food Science*, 68(5), 1850–1854. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2003.TB12341.X>
- Di Monaco, R., Miele, N. A., Cabisidan, E. K., & Cavella, S. (2018). Strategies to reduce sugars in food. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 19, pp. 92–97). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.008>

- Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. In *European Food Research and Technology* (Vol. 241, Issue 1). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2437-7>
- Jackson, P. P. J., Wijeyesekera, A., Theis, S., van Harselaar, J., & Rastall, R. A. (2022). Food for thought! Inulin-type fructans: Does the food matrix matter? In *Journal of Functional Foods* (Vol. 90). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104987>
- Jaeger, S. R., Beresford, M. K., Paisley, A. G., Antúnez, L., Vidal, L., Cadena, R. S., Giménez, A., & Ares, G. (2015). Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. *Food Quality and Preference*, 42, 154–164. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.003>
- Kant, R., Chakraborty, C., Rout, P., Roy, T., & Dutta, S. (2024). A comprehensive evaluation of inulin and whey protein concentrate as fat replacers in low-fat paneer: Physicochemical, textural and sensory studies. *Food and Humanity*, 2, 100240. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100240>
- Kheto, A., Bist, Y., Awana, A., Kaur, S., Kumar, Y., & Sehrawat, R. (2023). Utilization of inulin as a functional ingredient in food: Processing, physicochemical characteristics, food applications, and future research directions. In *Food Chemistry Advances* (Vol. 3). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100443>
- Kowalczyk, M., Znamirska, A., & Buniowska, M. (2021). Probiotic sheep milk ice cream with inulin and apple fiber. *Foods*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/foods10030678>
- Liu, X., Sala, G., & Scholten, E. (2023). Structural and functional differences between ice crystal-dominated and fat network-dominated ice cream. *Food Hydrocolloids*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108466>
- Mazi, T. A., & Stanhope, K. L. (2023). Erythritol: An In-Depth Discussion of Its Potential to Be a Beneficial Dietary Component. In *Nutrients* (Vol. 15, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu15010204>

- McCain, H. R., Kaliappan, S., & Drake, M. A. (2018). Invited review: Sugar reduction in dairy products. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 8619–8640.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14347>
- McGhee, C. E., Jones, J. O., & Park, Y. W. (2015). Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream. *Small Ruminant Research*, *123*(2–3), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.12.002>
- Moriano, M. E., & Alamprese, C. (2017). Honey, trehalose and erythritol as sucrose-alternative sweeteners for artisanal ice cream. A pilot study. *LWT*, *75*, 329–334.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.057>
- Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, *87*(1), 1–10.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)
- Narala, V. R., Orlovs, I., Jugbarde, M. A., & Masin, M. (2022). Inulin as a fat replacer in pea protein vegan ice cream and its influence on textural properties and sensory attributes. *Applied Food Research*, *2*(1), 100066.
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100066>
- OMS, O. M. de la S. (2023). *Uso de edulcorantes sin azúcar Resumen de la directriz de la OMS*. www.who.int/es/copyright.
- Pacheco de Delahaye, E., Rojas, A., & Salinas, N. (2008). Caracterización físico-química de cremas de leche. *Revista de La Facultad de Agronomía*, *25*, 303–317.
- Pintor, A., Escalona-Buendía, & Totosa, A. (2017). Effect of inulin on melting and textural properties of low-fat and sugar-reduced ice cream: optimization via a response surface methodology. In *International Food Research Journal* (Vol. 24, Issue 4).
- Ramírez-Navas, J. S., Rengifo Velásquez, C. J., & Rubiano Vargas, A. (2015). *Artículo de Revisión: PARÁMETROS DE CALIDAD EN HELADOS*. <http://revistareciteia.es.tl/>
- Rodríguez-Ordóñez, J. E., Mejía-Giraldo, L. F., & Serna-Cock, L. (2019). Evaluación calórica y sensorial de una mezcla para helado formulado con inulina como sustituto

parcial de grasa. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1294>

Rojas-Rivas, E., Espinoza-Ortega, A., Thomé-Ortiz, H., & Cuffia, F. (2022). More than words! A narrative review of the use of the projective technique of word association in the studies of food consumer behavior: Methodological and theoretical implications. In *Food Research International* (Vol. 156). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111124>

Saavedra, A. R. L., Rios-Mera, J. D., Imán, A., Vásquez, J., Saldaña, E., Siche, R., & Tello, F. (2022). A sequential approach to reduce sodium chloride in freshwater fish burgers considering chemical, texture, and consumer sensory responses. *LWT*, 167.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113854>

Samakradhamrongthai, R. S., Jannu, T., Supawan, T., Khawsud, A., Aumpa, P., & Renaldi, G. (2021). Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 119.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106873>

Sert, D., Mercan, E., & Kılınç, M. (2021). Development of buffalo milk ice-cream by high pressure-homogenisation of mix: Physicochemical, textural and microstructural characterisation. *LWT*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112013>

Tolve, R., Zanoni, M., Ferrentino, G., Gonzalez-Ortega, R., Sportiello, L., Scampicchio, M., & Favati, F. (2024). Dietary fibers effects on physical, thermal, and sensory properties of low-fat ice cream. *LWT*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116094>

Wichchukit, S., & O'Mahony, M. (2022). The 9-point hedonic and unstructured line hedonic scales: An alternative analysis with more relevant effect sizes for preference. *Food Quality and Preference*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104575>

Yeboah, J., Santoro, A. M., Arrieta-Escobar, J. A., Caballero, I. M., Orjuela, A., Novoa, C. F., Fuenmayor, C. A., & Hamdani, F. E. (2022). Heuristic-based computer-aided design of ice creams and validation by using jaggery as refined sugar substitute. *Chemical Engineering Research and Design*, 184, 256–266.
<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.06.018>

Zhang, S., Ren, C., Wang, C., Han, R., & Xie, S. (2024). Effects of hydrocolloids and oleogel on techno-functional properties of dairy foods. In *Food Chemistry: X* (Vol. 21). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101215>

Zhao, Y., Khalesi, H., He, J., & Fang, Y. (2023). Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese. *Food Hydrocolloids*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108493>

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos profundamente a Dios por ser nuestra guía en cada etapa de este camino, permitiéndonos llegar a este punto en nuestra vida académica.

A nuestras queridas familias, quienes, con su amor, apoyo y sacrificio, nos han brindado la fuerza y la motivación necesarias para llegar hasta aquí. Sin su constante aliento, este logro no habría sido posible.

A la Universidad Nacional de Jaén, nuestra alma mater, por ofrecernos un entorno académico enriquecedor, donde hemos podido formarnos y crecer tanto personal como profesionalmente.

Nuestra gratitud se dirige especialmente a nuestro asesor, el Dr. Dario Rios, por su orientación, paciencia y constante apoyo durante todo el proceso de investigación.

A la familia Inga Mallap, en particular al Ing. Khanller, por su generosa hospitalidad y por permitirnos utilizar su centro de producción de la heladería "Copa Amazon".

A los doctores Christian Rivera, Hubert Arteaga, Erick Saldaña y al Mg. Jaime Arévalo, cuyo valioso conocimiento y contribuciones fueron cruciales para la exitosa culminación de este trabajo de investigación.

A la Ing. Juanita, por su disposición y respaldo incondicional, y a Lucía Vargas, por su apoyo en un momento crucial de la investigación.

A todos, nuestro más sincero agradecimiento por haber sido parte esencial de este logro.

DEDICATORIA

Con amor y profunda gratitud:

A Dios, por ser mi inquebrantable fortaleza y fuente de sabiduría en cada paso de este camino académico.

En especial, a mi madre, cuya dedicación y apoyo incondicional han sido la base sobre la que he construido mis sueños. Gracias por ser mi ejemplo de vida, enseñándome siempre el valor del esfuerzo y el sacrificio. A mi hermano y hermanas, quienes son mi constante motivación e inspiración. A mi compañero de vida y mi refugio, cuya compañía ha sido esencial en cada desafío.

A mi padre, mi ángel protector, quien desde el cielo guía cada uno de mis pasos y me envuelve con su amor eterno.

Jhoirany Cubas Mundaca

Dedico este trabajo a mi madre, pilar fundamental de mi vida, cuyo amor incondicional, sacrificio y constante apoyo han sido mi mayor fortaleza a lo largo de este camino. Este logro es tanto tuyo como mío. Tu perseverancia y dedicación me inspiran desde la infancia.

Y con profundo amor y eterna gratitud, a la memoria de mi abuela, la persona que soy es un reflejo de los valores que me inculcaste. Tu bondad y cariño siguen iluminando mi vida.

Carlos Manuel Olano Mires

ANEXOS

Anexo 1: Estímulos visuales utilizados en la ALP

Figura 13

Estímulos visuales utilizados en la ALP



Helado



Helado de Café

Anexo 2: Contenido del “Consentimiento Libre e Informado”

CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO

Título de la investigación: Formulación de helado de café con adición de inulina, bajo en contenido calórico y de características aceptables.

Justificación: La reducción de grasa y azúcar favorece la reformulación de productos tradicionales para adaptarlos al estilo de vida actual, teniendo beneficios nutricionales y efectos similares a los ingredientes habituales en términos de funcionalidad y seguridad. En este sentido, el uso de inulina en helado cumple con los requisitos descritos.

Objetivo: Formular helado de café con adición de inulina, bajo en contenido calórico y de características aceptables.

Material y métodos: Se añadió a las muestras distintas concentraciones de inulina para reducir el contenido de grasa y azúcar. La técnica Marque Todo lo que se Aplica (*Check-All-That-Apply*, CATA) se basa en la caracterización sensorial de las muestras, utilizando una lista preestablecida de atributos sensoriales.

Población participante del estudio: Voluntarios mayores de 18 años que se declaran consumidores habituales de helado.

Riesgo: Las muestras pueden ser perjudiciales para los consumidores intolerantes a la lactosa. Todas las muestras contienen cafeína. Algunas de las muestras tienen un alto contenido de grasas saturadas y azúcar. La investigación no representa ningún tipo de riesgo microbiológico para los consumidores.

Beneficios: El participante no se beneficiará directamente del estudio, sino que los datos generados serán relevantes para caracterizar el producto y comprender el comportamiento del consumidor.

Privacidad: Los resultados obtenidos serán divulgados en congresos y artículos, sin embargo, la identidad de todos los participantes será confidencial, por lo que no se divulgará información personal sensible. Los investigadores garantizan dar respuestas o aclarar cualquier pregunta sobre los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación e incluso entregarán una copia del “CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO” a cada participante. También serán responsables de resolver cualquier problema que surja durante la prueba sensorial.

La participación es voluntaria y puede retirar su consentimiento y dejar de participar en la investigación en cualquier momento sin más consecuencias. El participante no soportará ninguna responsabilidad por colaborar en la investigación.

CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN DE LA PERSONA COMO SUJETO

Yo _____, acepto participar en el estudio: “Formulación de helado de café con adición de inulina, bajo en contenido calórico y de características aceptables”. Fui debidamente informado por el investigador sobre los procedimientos involucrados en el mismo, así como los posibles riesgos y beneficios derivados de mi participación. Se me ha asegurado la confidencialidad de la información e indicado que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento.

Fecha: _____ / 02 / 2024.

Firma del sujeto: _____

Firma del investigador responsable: _____

Si necesita información adicional sobre la investigación, póngase en contacto con los investigadores responsables: Jhoirany Cubas Mundaca (jhoirany.cubas@est.unj.edu.pe - 929 824 149), Carlos Manuel Olano Mires (carlos.olano@est.unj.edu.pe - 931 762 404), Juan Dario Rios Mera (juan.rios@unj.edu.pe - 953 227 588).

Dirección: Carretera Jaén - San Ignacio KM 24 - Sect. Yanuyacu – Jaén.

Anexo 3: Constancia de aprobación emitida por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Nacional de Jaén

| | |
|---|---|
|  UNJ UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN LEY DE CREACIÓN 29304. RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N°002-2018-SUNEDU/CD | VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN COMITÉ DE ÉTICA |
|---|---|

“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

Jaén, 11 de diciembre del 2023

OFICIO N° 05-2023 / VPI-UNJ/ CE

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE PROYECTO

COMITÉ DE ÉTICA-UNJ

El presidente del comité institucional de ética en investigación de la Universidad Nacional de Jaén hace constar que el proyecto titulado:

“FORMULACIÓN DE HELADO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) CON ADICIÓN DE INULINA, BAJO EN CONTENIDO CALÓRICO Y DE CARACTERÍSTICAS ACEPTABLES”

Presentado por los estudiantes Jhoirany Cubas Mundaca y Carlos Manuel Olano Mires, ha sido analizado y aprobado en base al código de ética en investigación científica de la Universidad Nacional de Jaén que cuenta con resolución N° 066-2021-CO-UNJ.



Dr. Nicanor Alvarado Carrasco
Presidente del Comité de Ética en investigación
Universidad Nacional de Jaén

| | | | |
|--|--|--|--|
| SOLIDARIA - SALUDABLE - SOSTENIBLE www.unj.edu.pe |  CONTACTO |  EMAIL comite.etica@unj.edu.pe |  DIRECCIÓN Carretera Jaén-San Ignacio km 24 Sector Yanayacu |
|--|--|--|--|

Anexo 4: Galería fotográfica

Figura 14

Recepción e inspección de materias primas e insumos



Figura 15

Pesado de materias primas e insumos



Figura 16

Preparación de la esencia de café



Figura 17

Mezclado de materia prima e insumos



Figura 18

Pateurizado del mix



Figura 19

Homogenizado del mix



Figura 20

Madurado del mix



Figura 21

Glaseado o batido del mix



Figura 22

Envasado del helado



Figura 23

Almacenado del helado



Figura 24

Análisis de perfil de textura en el Texturómetro TVT 6700

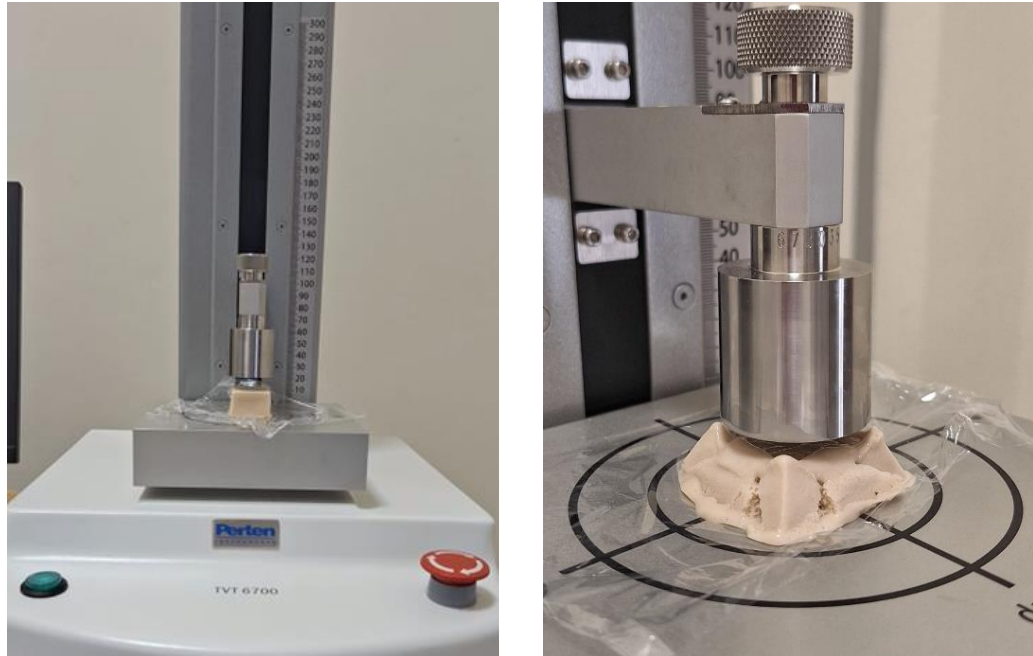


Figura 25

Muestras de helado (60 ml) para la determinación del color instrumental

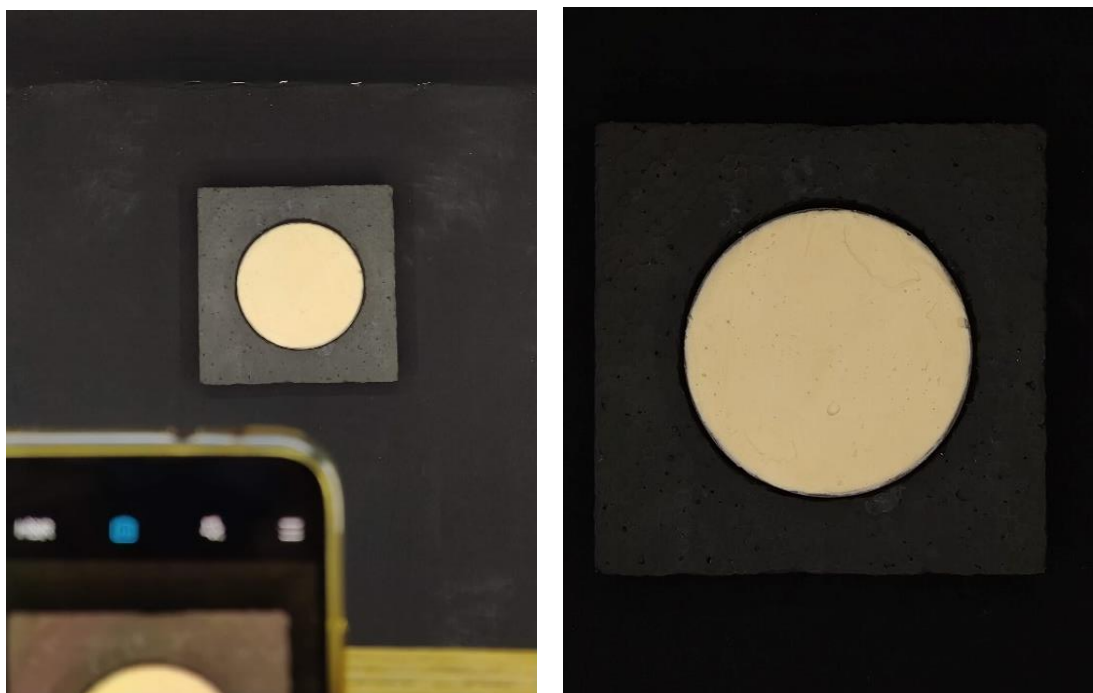


Figura 26

Determinación de cenizas

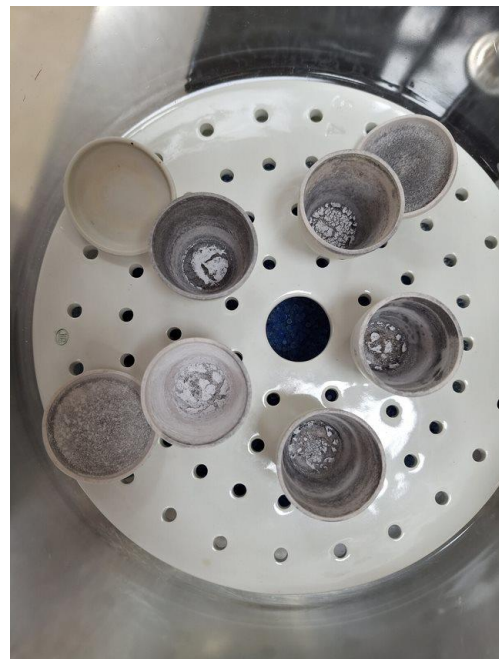


Figura 27

Análisis de humedad en el equipo Sartorius™



Figura 28

Análisis de pH

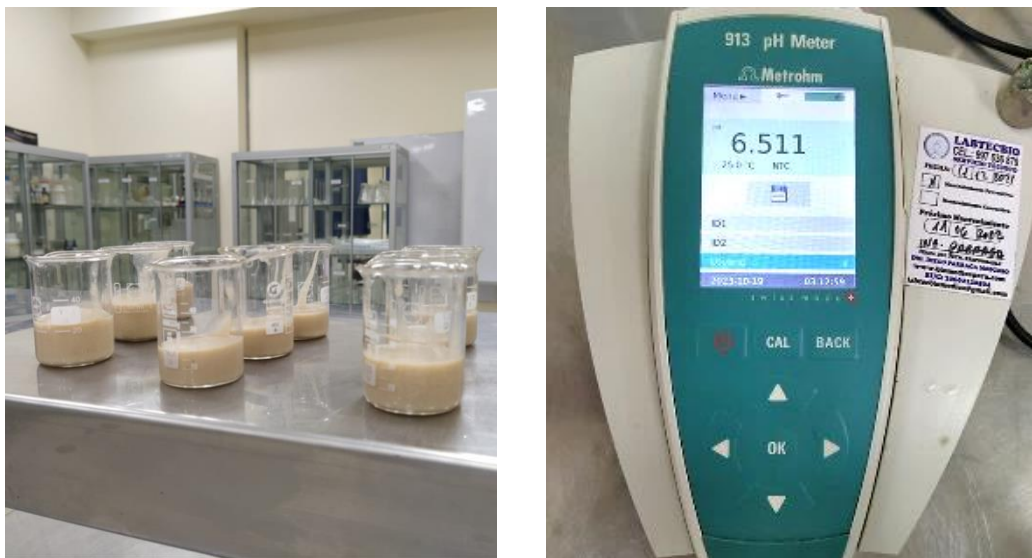


Figura 29

Medición de la incorporación de aire (overrun)



Figura 30

Determinación de los parámetros de fusión

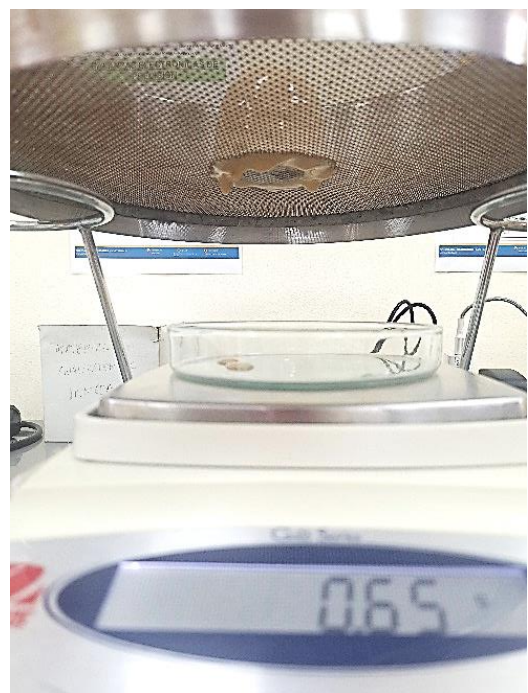


Figura 31

Análisis Microbiológico



Figura 32

Desarrollo de la evaluación sensorial



Anexo 5: Protocolo de la evaluación sensorial aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Nacional de Jaén.

Anexo 6: Resultados Microbiológicos.

Anexo 7: Informes de los ensayos efectuados por el laboratorio Certilab (Certificadora y Laboratorios S.A.C.).

Anexo 8: Galería fotográfica ampliada.

Anexo 9*: Consentimientos entregados por los participantes de la evaluación sensorial

*Solamente el jurado evaluador y asesor tienen acceso a este anexo a través de su correo institucional.

Lo anexos 5, 6, 7, 8 y 9 están disponibles en una carpeta de OneDrive y Google Drive, a la cual se puede acceder mediante el siguiente enlace:

OneDrive: https://1drv.ms/f/s!AugWiR--uF_Ksg9iZT6yKzqMqvOt?e=pW0ytO

Google

Drive:

https://drive.google.com/drive/folders/1UJQaTSujgSqQVIBiL6hscKUgxsZmplNb?usp=drive_link

También se puede acceder escaneando los códigos QR:

OneDrive



Google Drive

