

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



TESIS:

**Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3
en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema
de vainilla (*Vanilla planifolia*)**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Bach. Kierlin Keirov VALENZUELA BERROCAL
Bach. Arturo ROJAS QUISPE

ASESOR:

Dr. Juan Carlos PONCE RAMÍREZ

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo con todo nuestro cariño y gratitud a nuestras familias, quienes han sido nuestro pilar fundamental a lo largo de esta etapa. A nuestros padres, por su apoyo incondicional, paciencia y enseñanzas, que nos han guiado con amor y constancia; y a nuestras hermanas, por su comprensión y aliento constante, motivándonos a superar cada desafío.

Asimismo, extendemos nuestra más sincera gratitud a nuestro asesor, Juan Carlos Ponce Ramírez, por su guía, paciencia y profesionalismo durante el desarrollo de esta investigación. Sus conocimientos, consejos y valiosa orientación han sido esenciales para la realización de este trabajo y para nuestro crecimiento académico y personal.

Finalmente, dedicamos este esfuerzo a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a que este proyecto se hiciera realidad, reconociendo su apoyo y acompañamiento constante en este camino de aprendizaje y descubrimiento.

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta investigación.

En primer lugar, extendemos nuestra profunda gratitud a nuestro asesor, Juan Carlos Ponce Ramírez, por su valiosa guía, paciencia, apoyo constante y por compartir su experiencia y conocimientos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación exitosa de este trabajo.

Agradecemos también a los encargados de cada ambiente y laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química y de Metalurgia, así como del Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por brindarnos las facilidades, por instruirnos en el uso de cada equipo, y por su apoyo durante los análisis morfológicos de las microcápsulas, asimismo agradeceos a cada panelista por el apoyo en las evaluaciones de las pruebas sensoriales.

De igual manera, agradecemos al personal de la oficina administrativa, por su atención y colaboración en los procesos de coordinación y documentación, asegurando que el desarrollo de la investigación se realizara de manera organizada y eficiente.

Finalmente, expresamos nuestra gratitud a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo, tiempo y esfuerzo para la realización de este proyecto, haciendo posible que este trabajo académico se concretara satisfactoriamente.

RESUMEN

La investigación fue ejecutada en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, con el objetivo de determinar el efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*). En la metodología se determinó la solubilidad de Omega-3 encapsulado, en ella se utilizó alginato al 1,2,3 y 4%, así como se determinó la calidad nutricional a través de la concentración de Omega-3 y la calidad sensorial a través de la aceptabilidad. Asimismo, se determinó las características físico químicas del helado de crema de vainilla con omega-3 encapsulado y se realizó el porcentaje de Overrum y a un análisis microbiológico.

En los resultados se determinó la solubilidad de los tratamientos con encapsulante alginato, determinándose que el tratamiento T3 resultó con 0.046% de solubilidad. En la calidad nutricional del helado, se determinó que el tratamiento T2 resultó con mayor concentración de Omega-3 representado el 30% de las necesidades diarias de omega-3 en adultos. En términos sensoriales, la incorporación de microcápsulas no afectó significativamente los atributos evaluados, ya que las pruebas estadísticas (DCA) no mostraron diferencias significativas entre las formulaciones. Sin embargo, el análisis de medias evidenció que el tratamiento T2 obtuvo los mayores puntajes en olor, color, sabor, textura y consistencia, lo que confirma su superior aceptabilidad por parte de los panelistas semi entrenados. El producto final elaborado con el tratamiento T2 cumplió con los estándares microbiológicos establecidos para helados, incluyendo la ausencia de *Listeria monocytogenes*, lo cual confirma que las condiciones de procesamiento y manejo fueron adecuadas y que el producto es inocuo para el consumo humano.

Palabras claves: Overrum, Omega-3 encapsulado, helado de vainilla.

ABSTRACT

The research was carried out at the National University of San Cristóbal de Huamanga, with the aim of determining the effect of incorporating omega-3 microcapsules on the nutritional and sensory quality of vanilla ice cream (*Vanilla Planifolia*). The methodology determined the solubility of encapsulated omega-3, using 1.2, 3, and 4% alginate, and determined nutritional quality through omega-3 concentration and sensory quality through acceptability.

Likewise, the physical and chemical characteristics of vanilla ice cream with encapsulated omega-3 were determined, and the Overum percentage and microbiological analysis were performed.

The results determined the solubility of the treatments with alginate encapsulant, finding that treatment T3 had a solubility of 0.046%. In terms of the nutritional quality of the ice cream, treatment T2 was found to have the highest concentration of omega-3, representing 30% of the daily omega-3 requirements for adults.

In sensory terms, the incorporation of microcapsules did not significantly affect the attributes evaluated, as statistical tests (DCA) showed no significant differences between the formulations. However, the analysis of means showed that treatment T2 obtained the highest scores for odor, color, taste, texture, and consistency, confirming its superior acceptability by the semi-trained panelists.

The final product made with the T2 treatment met the microbiological standards established for ice cream, including the absence of *Listeria monocytogenes*, confirming that the processing and handling conditions were adequate and that the product is safe for human consumption.

Keywords: Overoum, encapsulated omega-3, vanilla ice cream.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Dedicatoria | II |
| Agradecimiento | III |
| Resumen | IV |
| Abstract | V |
| Índice | |
| VI | |
| Índice de tablas | IX |
| Lista de figuras | X |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I. GENERALIDADES | 2 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 2 |
| 1.2. Formulación del problema | 3 |
| 1.2.1. Problema principal | 3 |
| 1.2.2. Problema específico | 3 |
| 1.3. Objetivos | 4 |
| 1.3.1. Objetivo general | 4 |
| 1.3.2. Objetivo específico | 4 |
| 1.4. Hipótesis | 4 |
| 1.4.1. Hipótesis principal | 4 |
| 1.4.2. Hipótesis secundarias | 4 |
| 1.5. Variables e indicadores | 4 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. Antecedentes de estudio | 6 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 6 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 9 |
| 2.2. Marco teórico | 10 |
| 2.2.1. Helado de crema | 10 |
| 2.2.2. Producción | 11 |
| 2.2.3. Componentes | 11 |
| 2.2.4. Calidad nutricional | 13 |
| 2.2.5. Composición fisicoquímica | 14 |
| 2.2.6. Calidad sensorial | 14 |
| 2.3. Compuestos nutricionales y bioactivos en helados | 15 |
| 2.3.1. Aceite de pescado | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.2. Omega 3 | 15 |
| 2.4. Microencapsulación | 18 |
| 2.4.1. Métodos de microencapsulación | 19 |
| 2.4.2. Características morfológicas de una microencapsulación | 19 |
| 2.5. Análisis fisicoquímicos del helado de crema | 19 |
| 2.6. Análisis microbiológico del helado de crema | 20 |
| CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS | 21 |
| 3.1. Lugar de ejecución | 21 |
| 3.2. Población y muestra | 21 |
| 3.2.1. Población | 21 |
| 3.2.2. Muestra | 21 |
| 3.3. Materiales, equipos y reactivos | 21 |
| 3.3.1. Materiales | 21 |
| 3.3.2. Reactivos | 22 |
| 3.3.3. Equipos | 22 |
| 3.4. Diseño metodológico | 23 |
| 3.4.1. Tipo de investigación | 23 |
| 3.4.2. Nivel de investigación | 23 |
| 3.4.3. Diseño de la investigación | 23 |
| 3.5. Diseño estadístico de la investigación | 30 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 31 |
| 3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 31 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 32 |
| 4.1. Evaluación de la solubilidad en omega 3 encapsulada | 32 |
| 4.2. Análisis morfológico de las microcápsulas | 33 |
| 4.3. Evaluación del efecto de las microcápsulas de omega 3 en la calidad sensorial del helado | 34 |
| 4.4. Atributo olor | 34 |
| 4.5. Atributo color | 36 |
| 4.6. Atributo sabor | 38 |
| 4.7. Atributo textura | 40 |
| 4.8. Atributo consistencia | 41 |
| 4.9. Evaluación del efecto de las microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional del helado | 43 |
| 4.9.1. Análisis fisicoquímico del helado de vainilla con microcápsulas de omega 3. | 43 |
| 4.10. Análisis microbiológico del helado de vainilla con microcápsulas de omega 3. | 45 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 4.11. Análisis de overrum | 47 |
| CONCLUSIONES | 49 |
| RECOMENDACIONES | 50 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | 51 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Operacionalización de las variables en estudio. | 5 |
| Tabla 2 Composición del helado tipo crema. | 12 |
| Tabla 3 Composición nutricional del helado tipo crema por 100 g. | 13 |
| Tabla 4 Características evaluadas en el helado. | 14 |
| Tabla 5 Características morfológicas de una microcápsula. | 19 |
| Tabla 6 Requisitos fisicoquímicos del helado. | 20 |
| Tabla 7 Requisitos microbiológicos del helado. | 20 |
| Tabla 8 Tratamientos para determinar la solubilidad en el encapsulado de Omega-3. | 25 |
| Tabla 9 Formulación de helados de crema con Omega-3 encapsuladas. | 28 |
| Tabla 10 Valores de solubilidad alcanzadas por los tratamientos en estudio. | 32 |
| Tabla 11 Análisis de variancia del atributo olor. | 35 |
| Tabla 12 Comparaciones por parejas de Tukey al 95%: Tratamientos. | 35 |
| Tabla 13 Análisis de Varianza el atributo color. | 36 |
| Tabla 14 Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos. | 37 |
| Tabla 15 Análisis de Varianza del atributo sabor. | 49 |
| Tabla 16 Análisis de Varianza del atributo textura. | 40 |
| Tabla 17 Análisis de Varianza del atributo consistencia. | 41 |
| Tabla 18 Resultados fisicoquímicos del helado de crema con Omega 3 encapsulado | 44 |
| Tabla 19 Resultados microbiológicos del helado de crema con omega-3 encapsulado. | 59 |
| Tabla 20 Porcentaje de overrum en cada mezcla formulada del helado de crema de vainilla. | 47 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Figura 1 | Diseño experimental de la investigación. | 24 |
| Figura 2 | Flujograma de elaboración del helado con microcápsulas de omega 3. | 27 |
| Figura 3 | Solubilidad porcentual alcanzada por los tratamientos en estudio. | 33 |
| Figura 4 | Microcápsulas observadas en el microscopio óptico y el estereoscopio. | 33 |
| Figura 5 | Gráficas de residuos para el atributo olor | 366 |
| Figura 6 | Gráficas de residuos para el atributo color. | 37 |
| Figura 7 | Gráficas de residuos para el atributo sabor. | 39 |
| Figura 8 | Gráficas de residuos para el atributo textura. | 413 |
| Figura 9 | Gráficas de residuos para el atributo consistencia. | 42 |
| Figura 10 | Porcentaje de overrum de cada formulación según tratamiento. | 48 |

INTRODUCCIÓN

En el último tiempo la nutrición se ha enfocado en la prevención de las enfermedades no transmisibles, como la obesidad, diabetes y cáncer, y a su vez, los consumidores se preocupan cada vez más por su salud, alimentación y bienestar. (OPS/OMS, 2025). La respuesta por parte de la industria a esta preocupación es el desarrollo de alimentos funcionales. En el año 1980 surgió el concepto de Alimento Funcional, que se refiere a aquellos alimentos procesados que contienen ingredientes que ayudan en funciones corporales específicas, además de ser nutritivos. (Serra-Vich & Palou, 2000).

En este sentido, parece acertado que los alimentos naturales que cumplen con estas propiedades se llamen alimentos saludables, y precisar el uso del término funcional a aquellos que han experimentado algún cambio por el procesamiento, que conlleve un aumento de sus propiedades saludables.

Se ha sostenido que la incorporación de ácidos grasos poliinsaturados esenciales como los ácidos grasos omega 3 y omega 6 en sistemas alimentarios, convierten a los productos en alimentos funcionales, debido a que estos compuestos pueden mejorar la salud de las personas, ya que actúan como agentes antiinflamatorios, antiaritmogénicos y protectores a nivel cardiovascular. (Ortega et al., 2013). Sin embargo, se debe tener en cuenta que los ácidos grasos poliinsaturados son muy susceptibles a las reacciones de deterioro en las que se destaca la oxidación, reacción que corresponde a la degradación de lípidos lo que provoca la formación de aldehídos.

La microencapsulación permite enmascarar parcialmente el sabor de un compuesto recubriéndola con una membrana polimérica altamente digerible. Los ácidos grasos como el omega 3 son muy reactivos y, en presencia de oxígeno, luz, calor o restos de metales (hierro, cobre) se oxidan fácilmente. (Hernández-Torres et al., 2016).

El proyecto de investigación propone como objetivo elaborar un helado optimizando sus parámetros, variando su composición en la concentración de omega 3, el cual será adicionado en microcápsulas, % materia grasa y % sólidos no grasos. El omega 3 adicionado será proveniente del aceite de pescado. Se evaluará el efecto que tiene la adición de omega 3 en la composición nutricional y sensorial del helado de vainilla, además se realizará el análisis de su composición fisicoquímica y microbiológica.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

Existen personas que quieren mejorar su calidad de vida (deportistas, personas mayores, etc), en nuestro país no existe una gran gama de alimentos funcionales y nutracéuticos que puedan acceder, especialmente alimentos ricos en fibras, ácidos grasos esenciales, vitaminas.

Actualmente existe un aumento de las enfermedades cardiovasculares en Perú, siendo una de las causas de mortalidad, ocupando el tercer puesto en índice de mortalidad, según cifras del INEI. Asimismo, la Organización Panamericana de la Salud. (OPS/OMS, 2022), indica que el 16% de las personas con 20 años ya padecen una complicación cardiaca.

Otro problema, que existe son el déficit de atención y la hiperactividad en los niños, a causa de encontrar valores bajos de DHA (ácido docosahexaenoico) y EPA (ácido eicosapentaenoico) en la sangre, por lo cual se promueve el consumo de alimentos que incluyan ácidos grasos como el Omega 3.

En Perú, el helado es uno de los postres más consumidos, siendo el país latinoamericano con un consumo per cápita de helados por persona con 2 litros/año (EL COMERCIO, 2022). La composición de este producto, rico en grasas y azúcares, lo convierte en un alimento muy apetecido por su sabor y textura, pero a la vez se debe tener en cuenta que las grasas y azúcares refinados deben consumirse en pequeñas cantidades, debido a que un exceso en la ingesta diaria puede ocasionar enfermedades como la obesidad y enfermedades cardiovasculares.

Los ácidos grasos poliinsaturados son esenciales porque el cuerpo humano no los puede sintetizar y los requiere para determinadas funciones metabólicas y también estructurales, usándolos como precursores para formar ácidos grasos poliinsaturados con un mayor número de átomos de carbono. A través el ácido alfa linolénico (omega 3) se origina el ácido eicosapentaenoico o EPA y el ácido docosahexaenoico o DHA. (Nasiff-Hadad & Meriño-Ibarra, 2003). Las autoridades sanitarias han recomendado el aumento del consumo de ácidos grasos poliinsaturados. Según reporta la Organización Mundial de la Salud. (OPS/OMS, 2025), se recomienda el consumo regular de pescado, para proporcionar aproximadamente 200 a 500 (mg/semana) de EPA y DHA.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los ácidos grasos poliinsaturados son muy susceptibles a las reacciones de deterioro en las que se destaca la oxidación, reacción que corresponde a la degradación de lípidos lo que provoca la formación de aldehídos.(García-Martínez, 2018).

La microencapsulación permite enmascarar parcialmente el sabor de un compuesto recubriéndola con una membrana polimérica altamente digerible. Los ácidos grasos como el omega 3 son muy reactivos y, en presencia de oxígeno, luz, calor o restos de metales (hierro, cobre) se oxidan fácilmente.

La supresión del oxígeno, la protección contra la luz, la refrigeración, la supresión de los iones metálicos son algunas de las medidas preventivas utilizadas para evitar la oxidación. Las consecuencias de esta oxidación son irreversibles y se traducen especialmente en una pérdida de valor nutricional, un deterioro de la textura y el color, así como una alteración del gusto del producto debido a la rancidez. Por lo cual se propone usar el micro encapsulado para que el consumidor final logre aprovechar las propiedades del Omega 3 sin ningún impedimento.

El proyecto de investigación propone elaborar un helado variando su composición disminuyendo la cantidad de azúcares y grasas, adicionando ácidos grasos omega 3 provenientes del aceite de pescado, en forma de microcápsulas, buscando caracterizar su composición fisicoquímica, tomando en cuenta los requerimientos nutricionales, permitiendo obtener mejores resultados en el proceso de reducir las enfermedades cardiovasculares y el déficit en el desarrollo del niño.

Sin embargo, todavía existen pocos estudios con respecto a la evaluación de la calidad y seguridad de los productos lácteos enriquecidos con aceite de pescado.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

¿Cuál es el efecto de la incorporación de las microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*)?

1.2.2. Problema específico

- ¿Cuál será la concentración del encapsulante que permite obtener la menor solubilidad del omega-3 encapsulado?
- ¿Cuál es el efecto de las microcápsulas de omega 3 de origen animal en la calidad nutricional del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*)?
- ¿Cuál es el efecto de las microcápsulas de omega 3 de origen animal en la calidad sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*)

1.3.2. Objetivo específico

- Determinar la concentración del encapsulante que permite obtener la menor solubilidad del omega-3 encapsulado.
- Evaluar el efecto de las microcápsulas de omega 3 de origen animal en la calidad nutricional del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*).
- Establecer el efecto de las microcápsulas de omega 3 de origen animal en la calidad sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*).

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis principal

HP: La incorporación de microcápsulas de omega 3 tiene efecto en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*).

1.4.2. Hipótesis secundarias

HS 1: Se obtiene la concentración que permite obtener la menor solubilidad del omega-3 encapsulado para la incorporación en el helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*).

HS 2: Las microcápsulas de omega 3 de origen animal tiene efecto en la calidad nutricional del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*).

HS 3: Las microcápsulas de omega 3 de origen animal tiene efecto en la calidad sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*).

1.5. Variables e indicadores

En la tabla 1, se observa las variables e indicadores utilizados en la tesis.

Tabla 1
Operacionalización de las variables en estudio.

| Variable independiente | Definición | Indicador | Instrumento de medición |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Y1 = % Materia grasa | Son los componentes lipídicos, representados en relación a su peso total, expresados como un porcentaje | Cantidad de grasa/peso total | Butirómetro |
| Y2 = % Sólidos no grasos | Da la estructura, sabor, propiedades nutricionales ya que incluyen variedad de sustancias (proteínas, azúcares, minerales) | Sólidos totales – (% de materia grasa + % agua) | Calculo a partir del contenido de sólidos totales y materia grasa |
| Y3 = Omega 3 | Ácido graso poliinsaturado, fundamental en las funciones biológicas para un equilibrio nutricional. | 0.25 – 1.0 g/día | Espectrofotometría |
| Variable dependiente | Definición | Indicador | Instrumento de medición |
| X ₁ = Calidad Nutricional | Capacidad de contener los nutrientes esenciales de forma equilibrada favoreciendo la salud, minimizando riesgos de enfermedades | [Omega 3] | Análisis Físicoquímico |
| X ₂ = Calidad Sensorial | Características de un producto alimentario percibidas por los sentidos y es crucial para la elección y preferencia de los consumidores. | Aceptabilidad | Ficha de Evaluación sensorial |

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Chicaiza Vilca & Toapanta Guasgua (2019), en el estudio titulado “Estandarización de una fórmula para la elaboración de un helado a base de leche de soya”, desarrollado en la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente en la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, se planteó como finalidad estandarizar una formulación adecuada para la producción de helado a partir de leche de soya, proponiéndolo como alternativa viable para su elaboración y comercialización en Ecuador.

La soya en grano fue empleada como materia prima para la obtención de la leche vegetal, la cual constituyó la base del helado. El proceso productivo se realizó con el equipamiento correspondiente y bajo un diseño experimental factorial AxB en bloques completamente al azar, estableciéndose nueve tratamientos con una repetición cada uno.

En la formulación fue necesaria la incorporación de aditivos para lograr características similares a un helado de crema tradicional, empleándose 1 % de Cremodan como emulsificante y 0,50 % de CMC como estabilizante, en relación con el peso total de la mezcla (3 kg).

Los análisis fisicoquímicos efectuados tanto a la leche de soya como al helado determinaron un pH de 6,45 y una densidad de 1,03, valores que se ajustan a los estándares de calidad establecidos por la Norma INEN-ISO 6579. Asimismo, mediante el proceso de batido se obtuvo un rendimiento adicional del 26,66 % de producto final. En la evaluación sensorial se analizaron los atributos de color (4,64/5), sabor (4,86/5), aroma (4,01/5), textura (4,42/5) y aceptabilidad general (4,80/5), resultando el tratamiento T9 como el de mejor desempeño, evidenciándose diferencias significativas entre tratamientos en las características organolépticas.

En cuanto al análisis nutricional, la leche de soya presentó 16,00 g de proteína frente a los 18,00 g estimados teóricamente. Por su parte, el helado registró 11,00 g de proteína por cada 100 g, valor cercano al cálculo teórico de 11,77 g, lo que demuestra concordancia con las proyecciones formuladas antes de la evaluación experimental.

Según Paredes Yugse (2012), en el estudio titulado “Formulación, elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de helado enriquecido con fitoesteroles y omega ácidos”, se planteó como objetivo desarrollar un helado de mora con propiedades

funcionales, enriquecido con fitoesteroles y ácidos omega, orientado a contribuir en la prevención de enfermedades cardiovasculares y a la disminución del colesterol sanguíneo.

Para ello, se diseñaron tres formulaciones con distintas concentraciones de los compuestos bioactivos. La aceptabilidad se determinó mediante pruebas de degustación aplicadas a estudiantes de Bioquímica y Farmacia, quienes evaluaron los atributos de calidad utilizando una escala hedónica. A partir de estos resultados se seleccionó la formulación con mayor preferencia para efectuar análisis físicos, químicos y microbiológicos, conforme a los parámetros establecidos en la Norma NTE INEN 706:2005.

En el desarrollo experimental se empleó cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), además de material de laboratorio como pipetas, probetas y matraces, junto con reactivos químicos (ácidos, bases y sales). La formulación con mejor aceptación fue F1 (50/50). Sus resultados fisicoquímicos mostraron 10,30 % de grasa, 3,20 % de proteína, 39 % de sólidos totales, 0,46 % de acidez y 31,5 mg de colesterol. Asimismo, se cuantificaron 16,89 mg de fitoesteroles, 0,27 g de omega 3, 5,29 g de omega 6 y 1,33 g de omega 9. Se evidenció una adecuada relación peso/volumen y una consistencia favorable; además, el tratamiento térmico aplicado fue eficiente, verificándose mediante una prueba de fosfatasa negativa.

Finalmente, el análisis nutricional y nutracéutico de la formulación F1 confirmó 3,20 % de proteína, 13,50 % de grasa, 16 mg de fitoesteroles y 13,15 % de ácidos omega totales, cumpliendo con los requisitos normativos y superando los valores mínimos exigidos. En consecuencia, se concluyó que el producto no solo satisface criterios de calidad, sino que también aporta beneficios potenciales para la salud.

Según Antequera y Jiménez (2016), en el estudio titulado Elaboración de microcápsulas de ácidos grasos omega-3 para mejorar el perfil lipídico de productos cárnicos, se abordó la necesidad creciente de desarrollar alimentos con un perfil nutricional más saludable. En este contexto, el grupo TECAL orientó su trabajo a la formulación de nuggets de pollo enriquecidos con microcápsulas de aceite de pescado, con el propósito de optimizar la composición de ácidos grasos en productos cárnicos.

Para ello, se seleccionó aceite de hígado de bacalao debido a su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega-3. A partir de esta materia prima se prepararon diversas emulsiones, que posteriormente fueron sometidas a la técnica de secado por aspersión (spray-drying), con el fin de obtener y perfeccionar microcápsulas ricas en omega-3, destinadas a mejorar el perfil lipídico del producto final.

Según Tamjidi et al. (2012), la microencapsulación de aceite marino rico en omega-3 mediante coacervación compleja constituye una de las estrategias más eficaces para disminuir su oxidación y prolongar la vida útil de alimentos fortificados con estos ácidos grasos. En este estudio, el aceite de pescado con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga fue encapsulado en coacervados formados por gelatina y goma arábica, con el propósito de emplearlo en la elaboración de yogur enriquecido. Posteriormente, las microcápsulas fueron deshidratadas y se eliminó el aceite superficial. El yogur se elaboró a partir de leche suplementada con el polvo microencapsulado y se evaluaron sus características fisicoquímicas y sensoriales durante 21 días de almacenamiento. Los resultados evidenciaron que las muestras enriquecidas presentaron mayor acidez, viscosidad aparente y capacidad de retención de agua, así como menor fuerza de gel y menor sinéresis en comparación con el yogur control. Asimismo, se observó una coloración ligeramente más amarillenta en los tratamientos con microcápsulas.

En relación con la estabilidad oxidativa, el índice de peróxidos del aceite libre y del encapsulado aumentó tras 22 días de almacenamiento en 72 % y 260 %, respectivamente. Sin embargo, el análisis por cromatografía de gases no evidenció liberación de aceite de pescado desde las microcápsulas en el yogur enriquecido. Finalmente, la evaluación sensorial realizada por panelistas no entrenados indicó que la aceptabilidad global del producto, tratado con jugo de lima, se ubicó en la categoría “ni agradable ni desagradable” a “ligeramente agradable”, mostrando una aceptación moderada del alimento fortificado.

Según Nawas et al. (2017), los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) son reconocidos como componentes funcionales con efectos favorables para la salud; sin embargo, su incorporación en alimentos de consumo habitual representa un desafío tecnológico para la industria. En este contexto, el helado, por su amplia aceptación, fue considerado un vehículo potencial para la incorporación de AGPI.

El estudio tuvo como propósito formular helados lácteos funcionales, en sabores vainilla y chocolate, enriquecidos con aceite de carpa plateada, una fuente accesible y rica en AGPI, y evaluar sus características fisicoquímicas y sensoriales en comparación con un producto control. Antes de su incorporación a la mezcla, el aceite fue microencapsulado utilizando almidón modificado y maltodextrina, con el fin de atenuar el sabor residual a pescado.

Se analizaron parámetros como contenido de grasa, sólidos no grasos (SNF), proteína, viscosidad, gravedad específica, pH y acidez en la mezcla; además de microestructura, escurrimiento y comportamiento de fusión en el helado congelado. También se evaluaron atributos sensoriales como color, apariencia, cuerpo, textura, sabor y aceptabilidad global.

Los resultados mostraron que la adición de microcápsulas no generó cambios significativos en la mayoría de las propiedades fisicoquímicas, excepto en el contenido de grasa y de SNF ($p < 0,05$). El porcentaje de grasa varió entre 11,41 % y 11,83 %, registrándose el valor más alto en el helado fortificado sabor chocolate. Asimismo, los tratamientos enriquecidos presentaron mayor contenido de sólidos no grasos respecto a sus controles.

En cuanto a la evaluación sensorial, los panelistas identificaron el sabor a aceite de pescado únicamente en el helado de vainilla, lo que redujo su aceptabilidad (67,92 %). En contraste, el helado sabor chocolate obtuvo un nivel de aceptación más favorable (82,17 %). En conclusión, los autores señalaron que la incorporación de aceite de carpa plateada microencapsulado constituye una alternativa viable para incrementar el aporte de AGPI y potenciar el valor nutricional y funcional del helado sin afectar significativamente su calidad.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Macedo y Ramírez & Vélez-Ruíz (2015), en su investigación sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un yogur enriquecido con ácidos grasos poliinsaturados omega-3 microencapsulados, se evaluaron dos niveles de concentración del ingrediente funcional durante un periodo de almacenamiento de tres semanas bajo refrigeración. Las muestras fueron analizadas semanalmente para determinar los cambios asociados a la concentración y al tiempo.

En relación con el nivel de adición de microcápsulas, se observó una disminución de la sinéresis y un incremento en los grados Brix. Respecto al almacenamiento, el pH mostró una tendencia descendente, mientras que la humedad y la densidad se mantuvieron relativamente constantes. El color presentó una ligera variación hacia tonalidades más amarillas, con una leve pérdida de luminosidad.

Desde el punto de vista reológico, el yogur evidenció un comportamiento no newtoniano de tipo pseudoplástico. Los resultados experimentales se ajustaron adecuadamente a los modelos de Herschel-Bulkley y Ley de Potencia, lo que permitió establecer la relación entre los parámetros de flujo y las variables evaluadas. En conjunto, se concluyó que la incorporación de omega-3 microencapsulado mejora la funcionalidad del yogur y

favorece determinadas propiedades fisicoquímicas, como la consistencia, viscosidad y color, sin afectar negativamente su estabilidad durante el almacenamiento.

Según Alarcón Rivera et al. (2019), los aceites de sachá inchi provenientes de los ecotipos *Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis* fueron sometidos a un proceso de microencapsulación con el propósito de resguardarlos frente a agentes externos como oxígeno, luz, humedad y a las condiciones propias del procesamiento industrial. La determinación de la vida útil del ingrediente microencapsulado resulta fundamental cuando se destina como insumo en el desarrollo de alimentos funcionales. El objetivo del estudio fue evaluar la estabilidad y vida útil de dichos aceites microencapsulados empleando distintos materiales de pared: goma arábica (GA), Hi-Cap, maltodextrina (MD) y proteína de suero de leche (WPI), tanto de manera individual como en combinaciones. La estimación se realizó mediante el método Rancimat®, aplicando temperaturas de 70, 80, 90 y 100 °C.

Los resultados indicaron que la vida útil extrapolada a 25 °C de los aceites microencapsulados fue considerablemente superior en comparación con los aceites sin encapsular. Asimismo, los valores de estabilidad oxidativa y el periodo de inducción confirmaron una mayor resistencia a la oxidación en las microcápsulas obtenidas, destacándose el material de pared Hi-Cap como el más eficaz en la protección del aceite.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Helado de crema

Son preparaciones alimenticias que han sido llevadas al estado sólido, semisólido o pastoso por una congelación simultánea o posterior a la mezcla de las materias primas puestas en producción y que han de mantener el grado de plasticidad y congelación suficiente hasta el momento de su venta al consumidor (DAVID & Rigey, 2009).

Son los productos alimenticios llevados al estado sólido o pastoso por medio de la congelación, elaborados con dos o más de los ingredientes siguientes: Leche o productos lácteos en sus diferentes formas, grasa de leche, grasas vegetales desodorizadas; edulcorantes permitidos, huevos, agua, jugos y pulpa de frutas, frutas, chocolate, nueces y/o productos similares, aditivos permitidos y otros. (NTP 202.057, 2006)

El helado de crema esta compuestos de 7 a 10% de grasa, 6 a 8% de sólidos no grasos, 20 a 32% de sólidos totales de leche y una incorporación de aire de alrededor del 100% del volumen de la mezcla. (Eras Lopez, 2013)

El helado de crema es un producto alimenticio congelado elaborado principalmente a base de leche, crema de leche, azúcares y otros ingredientes que confieren sabor, textura y estabilidad al producto final. De acuerdo con la normativa del Codex Alimentarius (Commission, 2011), el helado de crema se clasifica dentro de los productos lácteos congelados que contienen grasa láctea y sólidos no grasos de la leche. En el contexto de nuestra tesis, el helado de crema constituye la matriz alimentaria base en la cual se incorporarán microcápsulas de omega 3, con el fin de enriquecer su valor nutricional sin alterar sus propiedades sensoriales.

2.2.2. Producción

La producción del helado de crema comprende una serie de etapas tecnológicas que incluyen la formulación, mezcla, pasteurización, homogeneización, maduración, congelación y endurecimiento. Cada fase tiene como objetivo garantizar la inocuidad, la textura adecuada y la estabilidad del producto durante su almacenamiento y distribución (Muse & Hartel, 2004). En este estudio, el proceso de producción se mantendrá estándar, modificándose únicamente la fase de formulación, en la cual se adicionarán microcápsulas de omega 3 antes de la homogeneización, para asegurar una distribución homogénea y evitar la oxidación del aceite de pescado.

2.2.3. Componentes

Los principales componentes del helado de crema son la grasa láctea, proteínas de la leche, azúcares, estabilizantes, emulsionantes, aire incorporado (overrun) y saborizantes. La grasa proporciona cremosidad y palatabilidad, mientras que las proteínas actúan como agentes estabilizadores y estructurantes de la mezcla (Mohan et al., 2014)

a) Azúcar

Sirve para influir sobre la disminución del punto de congelación, la suavidad del producto, la resistencia de descongelación, en la sensación del derretimiento y el sabor del helado (Morales, 2011). Los azúcares dan al helado el sabor dulce que esperan los consumidores. Cuando su concentración es la óptima, generalmente del 14 al 16% contribuyen al rico y delicado sabor que presenta un buen producto. En excesiva cantidad, enmascaran el sabor, descienden

considerablemente el punto de congelación y hacen al helado pegajoso y pesado (Clarke, 2004).

b) Leche en polvo

Nos proporciona principalmente proteínas lácteas y lactosa. Las proteínas lácteas nos van a proporcionar nutrientes, y la lactosa va a absorber agua libre que tenemos en el helado; consecuentemente, vamos a tener menos agua. Con lo cual vamos a tener menos cristalización del agua. Tendremos un helado con más cuerpo (Arellanos Occ, 2019).

c) Grasa

Se saca de la leche entera, le da textura al helado y mejor sabor, este producto es generado por otra empresa. Otras opciones son: grasa vegetal y grasa láctea anhidra (Arellanos Occ, 2019).

La grasa de origen lácteo es la grasa más utilizada por tener el perfil adecuado para derretirse en la boca, proporciona al helado la textura suave y cremosa además de dar el sabor lácteo (Clarke, 2004).

En gran parte son las responsables de la textura cremosa del helado, ayudan a dar una mejor consistencia (cuerpo), disminuyen la velocidad con la cual el helado se derrite debido a que las partículas de grasa sólida aumentan la viscosidad de la matriz, mejoran apreciablemente el sabor, aportan energía y son necesarias para liberar las moléculas de sabor que son solubles en grasa (Clarke, 2004)

Según INDECOPI (NTP 202.057, 2006) la composición para helados de crema se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2

Composición del helado tipo crema.

| Componentes | Contenido min (%) |
|--------------------|--------------------------|
| Grasas | 6 |
| Proteínas | 8 |
| Carbohidratos | 12 |
| Sólidos totales | 32 |

Nota. Obtenido de (NTP 202.057, 2006)

En esta investigación, la mezcla del helado será parcialmente complementada con microcápsulas de omega 3, las cuales contienen ácidos grasos poliinsaturados EPA y

DHA provenientes del aceite de pescado. Estas microcápsulas actúan como ingredientes funcionales, transformando el helado en un alimento con propiedades benéficas para la salud cardiovascular y cognitiva (Calder, 2012).

2.2.4. Calidad nutricional

La calidad nutricional del helado depende del contenido de macronutrientes y del perfil de ácidos grasos presentes. En los últimos años, la tendencia hacia alimentos funcionales ha impulsado la incorporación de ingredientes bioactivos como los ácidos grasos omega-3, fibras o probióticos (Akalin et al., 2018).

Los helados están considerados como una fuente de proteínas de alto valor biológico, vitaminas de todos los tipos, energía calórica proveniente de los carbohidratos, lípidos, sales minerales diversas (Clarke, 2004).

La composición nutricional del helado de crema se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Composición nutricional del helado tipo crema por 100 g.

| Componentes | Contenido |
|--------------------|------------------|
| Energía (Kcal) | 180 – 329 |
| Proteínas (g) | 2.3 – 5.0 |
| Glúcidos (g) | 23 – 35 |
| Lactosa (g) | 2.7 – 6.0 |
| Grasa (g) | 7.8 - 21.7 |
| AGS (g) | 5.4 - 10.6 |
| AGI (g) | 2.4 - 8.8 |
| Calcio (mg) | 67 - 144 |
| Fósforo (mg) | 30 - 59 |
| Magnesio (mg) | 5.5 - 21.3 |
| Sodio (mg) | 26 - 70 |
| Potasio (mg) | 84.3 - 213 |
| Vitamina A (ug) | Ago-21 |
| Vitamina B2 (ug) | 80 - 120 |
| Vitamina B6 (ug) | 20 - 40 |

Nota. Obtenido de (Vidal, 2015)

La incorporación de omega 3 microencapsulado tiene el objetivo de mejorar el perfil lipídico del producto, aumentando la proporción de ácidos grasos poliinsaturados beneficiosos (EPA y DHA) y reduciendo la relación n-6/n-3, aspecto clave para la salud humana (Kris-Etherton et al., 2002)

Además, la microencapsulación protege estos lípidos de la oxidación, preservando su biodisponibilidad y estabilidad durante el almacenamiento.

2.2.5. Composición fisicoquímica

La composición fisicoquímica del helado incluye parámetros como humedad, contenido graso, proteínas, azúcares totales, pH y acidez. Estos factores determinan la estabilidad del producto y su comportamiento durante el congelamiento (Muse y Hartel, 2004).

La adición de microcápsulas podría modificar levemente la densidad, viscosidad y distribución de grasa, por lo que se evaluó (Tamjidi et al., 2012) parámetros fisicoquímicos para verificar la compatibilidad de las microcápsulas con la matriz láctea.

2.2.6. Calidad sensorial

La calidad sensorial del helado está asociada con su sabor, aroma, textura, color y apariencia general. La aceptación del consumidor depende de la percepción combinada de estos atributos (Soukoulis et al., 2009).

Las características sensoriales que debe tener un helado de crema son:

Tabla 4
Características evaluadas en el helado.

| Características | Cualidades |
|-----------------|--|
| Aroma | El aroma que presenta debe ser característico del producto. |
| Color | Deben presentar un color característico que se detallan dentro de los aditivos |
| Sabor | El sabor se caracteriza dependiendo a los insumos utilizados |
| Textura | Debe tener una característica de un helado cremoso y suave de consistencia. |

Nota. Obtenido de (Huanca et al., 2023).

Con respecto a la textura, la microestructura de los cristales de hielo, de los glóbulos de grasa y de la matriz es fundamental para las características sensoriales del helado (Clarke, 2004). Una de las características a tener en cuenta para definir la calidad. La incorporación de aceite de pescado sin protección puede generar sabores y olores indeseables debido a la oxidación lipídica. Por ello, en este trabajo se utiliza microencapsulación, una tecnología que encierra el aceite de pescado en una matriz protectora (por ejemplo, maltodextrina o goma arábica), evitando el impacto

negativo sobre el sabor y aroma, y manteniendo la aceptabilidad sensorial del helado de vainilla.

2.3. Compuestos nutricionales y bioactivos en helados

2.3.1. Aceite de pescado

El aceite de pescado es una fuente rica en ácidos grasos omega-3 de cadena larga, principalmente EPA (ácido eicosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico). Estos compuestos se extraen de especies marinas como anchoveta, caballa o sardina. En esta investigación, el aceite de pescado actúa como fuente primaria de omega 3, pero su incorporación directa en alimentos presenta desventajas sensoriales y de estabilidad. Por ello, se utiliza la microencapsulación como método de protección contra la oxidación, mejorando su incorporación en la matriz del helado (Shahidi & Wanasundara, 1998).

2.3.2. Omega 3

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPICL) son componentes dietarios que participan en múltiples procesos fisiológicos, donde cumplen un rol estructural en los fosfolípidos de las membranas celulares y son sustratos para la síntesis de diversos mediadores fisiológicos. Dentro de los AGPICL encontramos dos grupos principales; los ácidos grasos omega-3 (ω -3) y omega-6 (ω -6), los cuales son ácidos grasos esenciales (AGE) para el ser humano debido a que carecemos de la maquinaria enzimática necesaria para biosintetizarlos (Simopoulos, 2010).

El primer exponente de los ácidos grasos omega-3 es el ácido α -linolénico (C18:3) el cual vía de saturasas y elongasas se puede transformar en el ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA) y posteriormente en el ácido docosahexaenoico (C22:6, DHA) (Valenzuela et al., 2011)

Los ácidos grasos omega-3 son esenciales para el ser humano y desempeñan funciones fundamentales en el metabolismo lipídico, la inflamación, la función cognitiva y la salud cardiovascular (Calder, 2012). Los principales representantes son el ALA, EPA y DHA. En nuestra tesis, se busca enriquecer el helado de crema con EPA y DHA microencapsulados, transformándolo en un alimento funcional.

a. Síntesis del EPA y DHA

El ácido alfa-linolénico (ALA) es precursor de EPA y DHA, pero la conversión metabólica en humanos es limitada (menos del 10%) (Burdge & Calder, 2005). Por ello, se justifica

la incorporación directa de EPA y DHA en alimentos funcionales, garantizando su aporte biológico efectivo.

b. Fuentes de omega-3

Las fuentes más ricas en omega 3 son los pescados grasos, aceites de pescado y algunas microalgas. Sin embargo, debido a la susceptibilidad a la oxidación, se desarrollan tecnologías como la microencapsulación, que permiten su inclusión en matrices alimentarias sensibles, como el helado, sin alterar sus propiedades sensoriales (Kris-Etherton et al., 2002).

Los omega-3 se encuentran naturalmente en algunos alimentos y se agregan a los alimentos fortificados. Se puede consumir cantidades adecuadas de omega-3 con una variedad de alimentos, entre otros:

- Pescado y mariscos (en especial, pescados grasos de agua fría, como salmón, caballa, atún, arenques, y sardinas)
- Nueces y semillas (como semillas de linaza, de chía y nueces negras)
- Aceites de plantas (como aceite de linaza, aceite de soja (soya) y aceite de canola) (Simopoulos, 2010).

Los pescados son la mayor fuente de EPA y DHA, mientras que los aceites vegetales lo son del ácido α -linolénico (conocido como ALA). La variación en el contenido de los ácidos grasos de omega 3 de los alimentos marinos dependerá de la especie de pescado, el lugar y época de captura, así como del proceso industrial al que se someta. (Gonzales, 2016)

c. Importancia y beneficios

Durante la gestación, los AG Ω -3 son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto. Se ha estimado que aproximadamente 600 mg de los AGE son transferidos de la madre al feto durante una gestación a término, en una madre sana. La dieta de la madre antes de la concepción es de gran importancia, ya que determina en parte el tipo de grasas que se acumularán en los tejidos del feto. La placenta transporta selectivamente ácidos araquidónico (AA) y docosahexaenoico (DHA) de la madre al feto. Esto produce un enriquecimiento de estos AG en los lípidos circulantes del feto, lo cual es vital durante el tercer trimestre de gestación, que es cuando el desarrollo del sistema nervioso es mayor. Se ha observado un incremento notable en el contenido de DHA en el tejido cerebral durante el tercer trimestre y después del nacimiento (Karageorgou et al., 2023).

Durante el crecimiento, en niños amamantados o alimentados con fórmulas que contienen DHA se ha observado una mejor agudeza visual y una mejor capacidad para responder a la luz, lo cual está asociado con una mejor habilidad cognitiva para integrar información. Se ha observado en ellos un mejor coeficiente intelectual. (Saleh et al., 2019)

Sobre el sistema cardiovascular, los AG Ω -3 tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la aterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol en plasma, son útiles en pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen la concentración de TG en plasma, disminuyen el colesterol total y el VLDL-C. (Saleh et al., 2019)

Sobre el sistema nervioso, los AG Ω -3 son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso. Se concentran en la retina y la corteza cerebral, y tienen la capacidad de corregir problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje, memoria, función retinal se ven favorecidos con el consumo de los AG Ω -3 (Simopoulos, 2010).

Otros efectos benéficos de los ácidos grasos Ω -3, tenemos en la diabetes tipo 2, cáncer, colitis ulcerativa, enfermedad de Crohn, obstrucción pulmonar crónica, enfermedades renales, psoriasis, artritis reumatoide (Karageorgou et al., 2023).

El consumo adecuado de EPA y DHA se asocia con reducción del riesgo cardiovascular, mejor desarrollo neurológico y efectos antiinflamatorios (Calder, 2012). En el contexto de tu investigación, el objetivo es convertir un postre tradicional en un alimento funcional, capaz de ofrecer beneficios fisiológicos adicionales mediante la ingesta cotidiana.

d. Dosis recomendada

En niños, adolescentes y adultos se recomiendan dosis de 250 mg al día de EPA y DHA para la buena función cerebral, visual, mantenimiento de niveles normales en triglicéridos en la sangre, también contribuye en el funcionamiento normal del corazón (FAO, 2008).

Prevención cardiovascular secundaria (mujeres que ya han padecido enfermedad coronaria): aumentar la suplementación a 1 g/día de AGO3 (EPA+DHA) (Palacios et al., 2014)

Prevención cardiovascular primaria (mujeres posmenopáusicas, en que el riesgo cardiovascular se iguala al de los hombres): la recomendación genérica, 500 mg/día de omega-3 (Mataix, 2004)

Pacientes con hipertrigliceridemia: en este caso, se recomienda el tratamiento con 2-3 g de omega-3/día (EPA+DHA) como tratamiento de base. (Palacios et al., 2014)

Durante la totalidad del embarazo, se recomienda la suplementación para alcanzar una ingesta mínima diaria de 300 mg de DHA. (Mataix, 2004)

Prematuridad, alergia infantil y depresión posparto: la suplementación necesaria, queda cubierta con los 300 mg de DHA/días requeridos durante el embarazo. (Palacios et al., 2014).

La European Food Safety Authority (EFSA Panel on Dietetic Products, 2010), recomienda una ingesta diaria de 250 mg de EPA + DHA para adultos sanos. El diseño del helado enriquecido en este estudio buscará que una porción de 100 g proporcione aproximadamente esa cantidad, contribuyendo al cumplimiento de los requerimientos diarios de omega 3.

2.4. Microencapsulación

La microencapsulación se ha definido como la tecnología de envasado de sólidos, líquidos y materiales gaseosos en pequeñas cápsulas que liberan su contenido a velocidades controladas en períodos de tiempo prolongados (Champagne & Fustier, 2007)

El objetivo principal es construir una barrera entre el componente de la partícula y el medio ambiente (Fuchs et al., 2006). La pared protege el núcleo contra el deterioro, que puede conducir a la pérdida del valor nutricional y el desarrollo de sabores desagradables (Velasco et al., 2000). La microencapsulación también se utiliza para transformar líquidos en polvos secos, mejorar las propiedades de manipulación, limitar las pérdidas de materiales volátiles, y controlar la liberación de material activo (Champagne & Fustier, 2007)

La microencapsulación es un ejemplo de tecnología que tiene el potencial para enfrentar el reto de incorporar con éxito ingredientes funcionales en diversos tipos de alimentos.

2.4.1. Métodos de microencapsulación

El método de microencapsulación de Omega-3 utilizando alginato de sodio y cloruro de calcio consiste en la formación de microcápsulas mediante la técnica de ionogel, donde el aceite de Omega-3 se encapsula en una matriz de alginato de sodio. La solución de alginato se emulsiona con el aceite de Omega-3, y posteriormente, mediante la inmersión en una solución de cloruro de calcio, se produce la gelificación electrostática que forma las microcápsulas, promoviendo la protección del contenido bioactivo, controlando su liberación y mejorando su estabilidad frente a condiciones ambientales adversas (Lin et al., 2021)

2.4.2. Características morfológicas de una microencapsulación

Las características morfológicas se refieren a la forma, superficie y estructura interna de las microcápsulas, y suelen analizarse mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía óptica, o microscopía confocal.

Tabla 5

Características morfológicas de una microcápsula.

| Característica morfológica | Descripción / Observaciones típicas |
|----------------------------|--|
| Forma de partícula | Puede ser esférica, elipsoidal o irregular, dependiendo del método de secado o gelificación. |
| Superficie | Lisa, rugosa o porosa; una superficie lisa suele asociarse con mayor protección del núcleo. |
| Estructura interna | Núcleo simple, múltiple o matriz uniforme; influye en la liberación controlada. |
| Integridad de la pared | Determina la protección contra la oxidación y la pérdida del activo. |
| Porosidad | Relacionada con la permeabilidad del sistema y la velocidad de difusión del activo. |

Nota. Obtenido de (Torres et al., 2019).

2.5. Análisis fisicoquímicos del helado de crema

El análisis fisicoquímico de un helado de crema permite evaluar la calidad, estabilidad y características estructurales del producto, determinando su aceptabilidad sensorial y cumplimiento con normas técnicas.

Estos análisis se centran en medir parámetros como humedad, grasa, proteínas, azúcares, pH, acidez, densidad y sobre batido, que influyen directamente en la textura, el sabor y la estabilidad del helado.

Tabla 6*Requisitos fisicoquímicos del helado.*

| Requisitos | Helado de crema | Métodos de ensayo |
|---------------------|-----------------|--|
| Grasa total (%) | Min 6.0 | FIL-IDF 16C:1987 FIL-IDF 125 A:1988 |
| Solidos totales (%) | Min 32.0 | FIL-IDF 070:2004/ISO 3728 |

Nota. Obtenido de (NTP 202.057, 2006).**2.6. Análisis microbiológico del helado de crema**

El helado, por su composición rica en nutrientes (grasas, proteínas y azúcares) y su manipulación durante la elaboración, es un medio propicio para el crecimiento microbiano, especialmente de bacterias mesófilas, coliformes, mohos, levaduras y patógenos como Salmonella o Staphylococcus aureus.

Tabla 7*Requisitos microbiológicos del helado.*

| Requisitos | n | m | M | c | Método de ensayo |
|-----------------------------|---|----------|---------|---|------------------------------|
| Aerobios mesófilos/g | 5 | 100 000 | 500 000 | 2 | FIL-IDF 100B:1991 |
| Coliformes a 30°C/g | 5 | 10 | 100 | 2 | FIL-IDF 073B:1998 |
| Salmonella sp/25 g | 5 | Ausencia | | 0 | FIL-IDF 093:2001/ISO 6785 |
| Listeria monocytogenes/25 g | 5 | Ausencia | | 0 | FDA/BAM: 1995 |
| Straphylococcus aureus/g | 5 | 10 | 100 | 2 | FIL-IDF 145A:1997 |

Nota. Obtenido de (NTP 202.057, 2006)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en diversas instalaciones especializadas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con el propósito de garantizar el control y la precisión en cada una de las etapas experimentales.

Las actividades principales de elaboración de las microcápsulas y del helado de crema se llevaron a cabo en la Planta Piloto de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Química y de Metalurgia. En este ambiente se realizaron los procesos de formulación, producción, control de calidad y análisis de los productos.

Asimismo, los análisis de solubilidad de las microcápsulas se efectuaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la misma facultad, el cual cuenta con el equipamiento instrumental necesario para la evaluación.

Finalmente, las observaciones morfológicas, biomoleculares y estructurales de las microcápsulas se realizaron en el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, utilizando un microscopio óptico y un estereoscopio. Estos equipos permitieron obtener imágenes detalladas que contribuyeron a la precisión y validez de los resultados obtenidos en la investigación.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Como población de estudio se tiene 5 kg de helado de vainilla, donde se incluye cada formulación con diferentes niveles de adición en [omega 3], %materia grasa y % sólidos no grasa.

3.2.2. Muestra

Como muestra se tomará 1 kg de helado de vainilla con omega 3 tomadas de cada una de las formulaciones experimentadas en las que se valorarán los diferentes atributos físicos y sensoriales.

3.3. Materiales, equipos y reactivos

3.3.1. Materiales

- Termómetro de 0-100 °C
- Probetas de 250 mL
- Pipetas de 2,5 mL, 5,0 mL y 10 mL.

- Varilla de vidrio
- Plástico Film
- Papel aluminio
- Baño maría (30° a 90°C)
- Luna de reloj
- Jarras de plástico 1 L
- Cubre objetos
- Recipientes de metal de 500 mL
- Erlenmeyer de 250 mL
- Matraz de, 100 mL y 50 mL
- Placas petri
- Vasos de precipitado de 50 mL y 100mL.
- Embudos de vidrio
- Pinzas
- Espátula
- Pissetas

3.3.2. Reactivos

- Agua destilada
- Alginato de sodio
- Solución de ácido clorhídrico (HCl) 0,1 N.
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 40 %.
- Hidróxido de sodio (NaOH) 1,25 %.
- Indicador de fenolftaleína
- Catalizador (sulfato de potasio (15 g) + sulfato de cobre (0,5g)).
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1,25 %.
- N-hexano
- Alcohol etílico 96%
- Ácido clorhídrico concentrado
- Cloruro de calcio

3.3.3. Equipos

- Balanza gramera
- Baño maría con termostato, con control graduable de temperatura 0-100°C, marca MLM, Serie N° 03, USA.
- Batidora de helado Hercul Capacidad 5 L.
- Centrífuga HW, KESSEL S.A. serie N°155544, RPM 0 -10000.

- Estufa marca BIONET modelo ESTBN20 temperatura hasta 300 °C.
- Equipo Kjeldahl de digestión, marca LABCONCO, modelo 600-11.
- Horno de incineración marca FSC, modelo MD2-106, T° máx. 1200 °C.
- Balanza analítica marca OHAUS, modelo AS200, sensibilidad 0.001 g, capacidad máx. 220 g.
- Agitador magnético, IKAMAG LABORTECHNICK, tipo RCT, serie 300764.
- Refractómetro, graduado de 0-100% de Sacarosa, marca CARLZEISS JENA modelo 11, USA.
- Espectrofotómetro, marca Jasco, modelo: V-630.
- Potenciómetro digital rango de 0-14, marca HACH, modelo EC-10.
- Cocina semi industrial a gas.

3.4. Diseño metodológico

3.4.1. Tipo de investigación

La presente investigación se considera experimental

3.4.2. Nivel de investigación

Los niveles de la investigación utilizado fue el *descriptivo*, ya que la investigación se centra en describir y recopilar información existente. Utilizando fuentes de información secundarias, como libros, artículos, informes y otras tesis previas. El otro nivel fue explicativo por que busca identificar las causas, mecanismos o razones por las que ocurre un fenómeno.

En esta investigación se pretende elaborar un helado variando su composición adicionando ácidos grasos omega 3 provenientes del aceite de pescado, en forma de microcápsulas, buscando optimizar la elaboración del helado y a su vez caracterizar su composición fisicoquímica, tomando en cuenta los requerimientos nutricionales, permitiendo obtener un alimento funcional deseado.

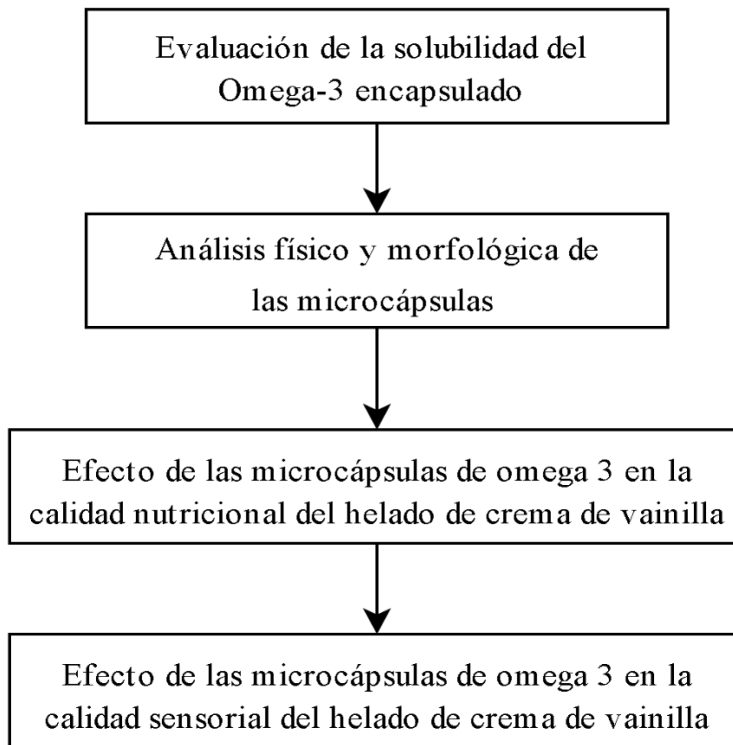
Los resultados de esta investigación podrán servir de apoyo en el proceso de elaboración de otros productos, a su vez será una iniciativa en la elaboración y consumo de alimentos funcionales.

3.4.3. Diseño de la investigación

El diseño experimental para la elaboración y análisis del helado se observa en la siguiente figura 1.

Figura 1

Diseño experimental de la investigación.



a) Evaluación de la solubilidad en omega 3 encapsulada

Se realizó un encapsulado empleando el método de gelificación iónica que consistió en el siguiente procedimiento:

- Se pesó el omega -3 (Marca Sunvit life) y se encapsuló empleando alginato de sodio y como reticulante cloruro de calcio (CaCl_2), según las concentraciones descritas en la tabla 8, una frecuencia de pulverización de 126 Kherz.
- Las microcápsulas se secaron con flujo de aire caliente a 60°C por un periodo de 3 horas.
- Finalmente se determinó la solubilidad en las muestras según tratamientos de la tabla 8.

Tabla 8

Tratamientos para determinar la solubilidad en el encapsulado de Omega-3.

| Tratamientos | Alginato (% w/v) | CaCl ₂ (% w/v) | Peso de Omega 3 |
|--------------|------------------|---------------------------|-----------------|
| T1 | 1.0 g / 100 mL | 1.0 g / 100 mL | 10 g |
| T2 | 2.0 g / 100 mL | 1.0 g / 100 mL | 10 g |
| T3 | 3.0 g / 100 mL | 1.0 g / 100 mL | 10 g |
| T4 | 4.0 g / 100 mL | 1.0 g / 100 mL | 10 g |

- **Solubilidad**

De acuerdo a lo que menciona (Jarrín, 2021; Serna-Cock et al., 2015), la prueba de solubilidad nos indica que cuando el encapsulado es amorfo la solubilidad es mayor y por lo tanto la disolución es más rápida, pero cuando es en forma cristalina la solubilidad es menor. La prueba de solubilidad de las microcápsulas se realizó con el objetivo de evaluar la capacidad de disolución y liberación del material encapsulado en un medio acuoso, así como determinar la estabilidad estructural del recubrimiento formado por alginato de sodio y cloruro de calcio.

Procedimiento:

- Se pesó 0.5 g de muestra de material encapsulado empleando una balanza analítica, registrando con precisión la cantidad utilizada para el análisis.
- Posteriormente, se midieron 100 mL de agua destilada a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) y se añadieron a la muestra en un vaso de precipitados limpio.
- La mezcla obtenida se sometió a agitación constante en un agitador magnético durante 5 minutos, con el propósito de obtener una dispersión homogénea del material encapsulado en el medio acuoso, la suspensión se transfirió cuidadosamente a tubos debidamente identificados para cada muestra.
- Luego, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 minutos, con el fin de separar la fracción soluble del residuo insoluble y asegurar una clarificación adecuada del sobrenadante.
- Transcurrido el tiempo de centrifugación, se recuperó el sobrenadante con precaución, evitando alterar el sedimento, y se extrajo una alícuota de 25 mL.

- Dicha alícuota se trasvasó a una placa Petri previamente tarado, registrando su masa inicial para el cálculo posterior de sólidos disueltos.
- Luego la placa con la alícuota se introdujo en un horno a 105 °C, donde se secó hasta alcanzar peso constante, con el fin de eliminar completamente la humedad y cuantificar únicamente los sólidos solubles presentes.
- Finalmente, se registró la masa de la placa Petri con el residuo seco, y mediante la diferencia de peso se determinó la cantidad de sólidos disueltos en la muestra.
- La solubilidad del material encapsulado se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de solubilidad} = \frac{W \text{ sobrenadante seco}}{W \text{ muestra húmeda}} \times 100$$

b) Evaluación física y morfológica de las microcápsulas

La evaluación morfológica de las microcápsulas obtenidas se realizó con el propósito de observar su forma, tamaño, estructura superficial y uniformidad. Para ello, se emplearon equipos de análisis óptico disponibles en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El procedimiento empleado fue el siguiente:

- Las microcápsulas obtenidas mediante el proceso de gelificación iónica con alginato de sodio y cloruro de calcio según tratamientos de la tabla 8, fueron observadas utilizando un microscopio óptico y un estereoscopio.
- Las muestras se colocaron en portaobjetos limpios, y se examinaron a diferentes aumentos para determinar la morfología general, la integridad de la superficie de las microcápsulas.
- Durante la observación se registró imágenes representativas, las cuales permitieron identificar la forma predominantemente de las microcápsulas, así como la influencia de la concentración de alginato de sodio sobre la textura y la uniformidad de la superficie, obteniendo una captura fotográfica de cada tratamiento en estudio.

c) Evaluación del efecto de las microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional del helado

Teniendo en cuenta que la variable independiente es la concentración de Omega-3 encapsulado y la variable dependiente calidad nutricional, se formuló los helados según el flujograma de elaboración del helado con microcápsulas de omega 3 de la figura 2 y la tabla 9.

Figura 2

Flujograma de elaboración del helado con microcápsulas de omega 3.

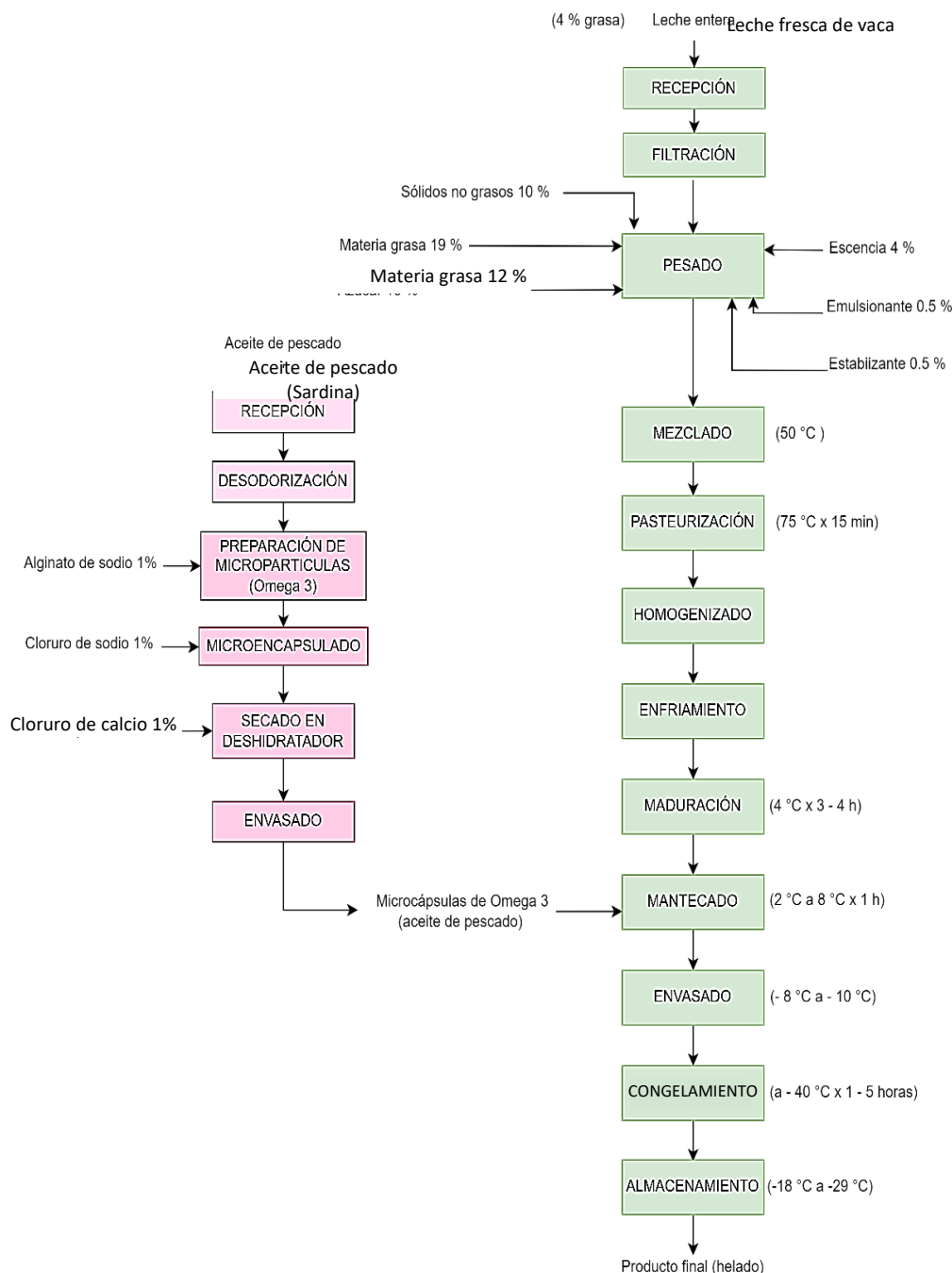


Tabla 9*Formulación de helados de crema con Omega-3 encapsuladas.*

| Insumos | T0 | T1 | T2 | T3 |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Leche entera | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| Solidos no grasos (leche descremada en polvo) | 10.00% | 9.00% | 12.00% | 14.00% |
| Materia grasa (aceite de soya) | 12.00% | 10.00% | 15.00% | 20.00% |
| Azúcar | 10.00% | 10.00% | 10.00% | 10.00% |
| Esencia (extracto de vainilla) | 4.00% | 4.00% | 4.00% | 4.00% |
| Estabilizante (CMC) | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% |
| Emulsionante | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% |
| Omega 3 (microcápsulas de aceite de pescado) | 0.00% | 0.07% | 0.10% | 0.15% |

Para establecer el mejor tratamiento se determinó la concentración de Omega según el siguiente procedimiento:

- ***Determinación de Omega-3 (Método ISO 12966-1:2014)***

Los ácidos grasos omega-3 más comunes que se analizan son el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), que se encuentran principalmente en pescados y mariscos. Para los helados en estudio se empleó el método de cromatografía de gases (ISO 12966-1, 2014).

d) Evaluación del efecto de las microcápsulas de omega 3 en la calidad sensorial del helado

En el análisis sensorial se evaluó la aceptabilidad del helado de crema elaborado con microcápsulas obtenidas por gelificación iónica utilizando alginato de sodio (2 % p/v). Esta evaluación tuvo como objetivo determinar el efecto de la microcápsula sobre las propiedades organolépticas del producto final.

Los resultados obtenidos mediante la escala hedónica tipo Likert de cinco puntos (1 = me disgusta mucho; 5 = me gusta mucho) permitieron comparar los atributos de olor, textura, sabor, color, consistencia (dura, suave, granulada, cremosa, esponjosa) y aceptabilidad general entre las diferentes formulaciones de helado, cuya ficha de evaluación sensorial se observa en el anexo 04.

e) Análisis fisicoquímico del helado de crema

Posteriormente a la evaluación sensorial, se seleccionó la formulación de helado de crema con mejor nivel de aceptación por parte de los panelistas, correspondiente a la muestra elaborada con microcápsulas de alginato de sodio al 2 %.

A partir de esta formulación seleccionada, se procedió a realizar la evaluación fisicoquímica con el propósito de determinar las principales propiedades de calidad del producto final, garantizando su conformidad con los estándares establecidos para helados de crema.

Los análisis se efectuaron en un laboratorio especializado Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. (SAT), el cual cuenta con equipamiento técnico certificado y personal capacitado para la realización de ensayos fisicoquímicos.

Las determinaciones incluyeron la medición de ácidos grasos (omega 3), carbohidratos, ceniza, energía total, grasa, proteína, sólidos totales, siguiendo los métodos oficiales recomendados por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2016) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP) aplicables.

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar las propiedades fisicoquímicas del helado formulado con microcápsulas, y sirvieron como base para correlacionar dichas propiedades con la estabilidad, textura y aceptabilidad sensorial del producto final.

f) Evaluación microbiológica del helado de crema

Con el fin de garantizar la inocuidad y calidad sanitaria del helado de crema elaborado con microcápsulas, se realizó una evaluación microbiológica de la formulación seleccionada tras la prueba sensorial, correspondiente a la muestra elaborada con microcápsulas de alginato de sodio al 2 %.

El análisis se efectuó en un laboratorio especializado Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. (SAT), el cual cuenta con infraestructura y equipos adecuados para la ejecución de pruebas microbiológicas bajo condiciones controladas de asepsia.

Las determinaciones microbiológicas se realizaron conforme a los procedimientos descritos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y los métodos oficiales de la AOAC (2016), con el propósito de verificar el cumplimiento de los límites microbiológicos establecidos para productos lácteos congelados.

Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

- Aerobios mesófilos / g: Método FIL-IDF 100B:1991
- Coliformes a 30 °C / g: Método FIL-IDF 073B:1998
- Salmonella sp./ 25 g: Método FIL-IDF 093:2001/ISO 6785
- Listeria monocytogenes / 25 g: Método FDA / BAM:1995

- Staphylococcus aureus / g: Método FIL-IDF 145A:1997

Para cada ensayo, se tomaron muestras representativas del helado recién elaborado y se mantuvieron bajo cadena de frío (4 ± 1 °C) hasta su análisis.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites permisibles establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 202.088:2005 (Helados de crema. Requisitos microbiológicos).

g) Análisis de overrum en el helado de crema

El overrum o sobre espumado es un parámetro fisicoquímico que indica el aumento de volumen del helado durante el proceso de batido y congelación, producto de la incorporación de aire en la mezcla. Su determinación permite evaluar la calidad, textura y rendimiento del producto final.

La evaluación del overrum se realizó sobre las 03 formulaciones del helado de crema elaborada con microcápsulas de alginato de sodio al 2 %.

El ensayo se llevó a cabo en la planta piloto de la escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Para el procedimiento, se pesaron volúmenes iguales de mezcla líquida antes del batido (W_1) y de helado congelado (W_2), utilizando vasos medidores de igual capacidad (100 mL). Las muestras se mantuvieron a temperatura controlada durante el pesaje para evitar pérdidas por fusión.

3.5. Diseño estadístico de la investigación

3.5.1. Diseño estadístico para la calidad nutricional helado de crema

El diseño estadístico experimental que se utilizó es el Diseño Completamente (DCA) con arreglo factorial se compararon los resultados de 4 concentraciones de omega-3 encapsulado, el Modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Es el valor nutricional (Conc. de Omega-3)

μ = Efecto de la Media general.

A_i = Efecto de la concentración del encapsulado (0.00, 0.07, 0.10 y 0.15 %)

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental

3.5.2. Diseño estadístico para la calidad sensorial helado de crema

Se realizó la evaluación sensorial a través una prueba de nivel de agrado o hedónica , y se estudiaron las características de color, olor, sabor y textura.(Zare et al., 2011). Con ello se identificará la variable respuesta cual es el tratamiento con adición de omega 3 al helado, que mejor respuesta alcanzó aceptabilidad, permitiendo así una evaluación más precisa de los efectos de los tratamientos.

Modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Efecto sensorial

μ = Efecto de la Media general.

t_i = Efecto entre tratamientos

β_i = Efecto de los bloques (panelistas)

ε_{ijk} = Efecto del error experimental

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnicas empleadas en la investigación, se tiene todas las técnicas de análisis físico – químico y microbiológico, los cuales se basaron en los métodos oficiales de análisis empleados según (AOAC, 2007)

En relación a los instrumentos se la usó el formato de la escala de Likert de cinco puntos para realizar el análisis sensorial al producto elaborado. La escala de Likert la definen (Hernandez & Fernandez, 2014) “Consiste en un conjunto de ítem presentados en formas de afirmaciones con las cuales se pide la reacción de los participantes”. Asimismo, los instrumentos de los laboratorios utilizados para determinar [omega 3], proteínas, grasa y otros que se consideraron para tal fin.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos de la variable de estudio serán sometidos a un análisis a través de la estadística descriptiva siendo tabulados y representados en tablas y figuras de acuerdo a las variables y dimensiones de estudio, además de analizar medidas de tendencia central como media, mediana y moda.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evaluación de la solubilidad en omega 3 encapsulada

En la tabla 10, observamos los resultados obtenidos de las pruebas de solubilidad realizados a los 4 tratamientos evaluados que permitió determinar el mejor tratamiento de microencapsulación del omega-3.

Tabla 10

Valores de solubilidad alcanzadas por los tratamientos en estudio.

| Muestra | Tratamiento de alginato de sodio | % Solubilidad |
|---------|----------------------------------|---------------|
| F1 | 1.0 g / 100 mL | 0.091 % |
| F2 | 2.0 g / 100 mL | 0.061 % |
| F3 | 3.0 g / 100 mL | 0.046 % |
| F4 | 4.0 g / 100 mL | 0.052 % |

Los resultados obtenidos en la prueba de solubilidad evidenciaron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos evaluados (F1, F2, F3 y F4). Entre ellos, la formulación F3 presentó el menor porcentaje de solubilidad, con un valor de 0.046%, lo que indica una mayor estabilidad estructural frente al medio acuoso. Este comportamiento sugiere que la concentración intermedia de alginato utilizada en F3 favoreció la formación de una red polimérica más compacta y homogénea, lo que redujo la liberación de los componentes encapsulados.

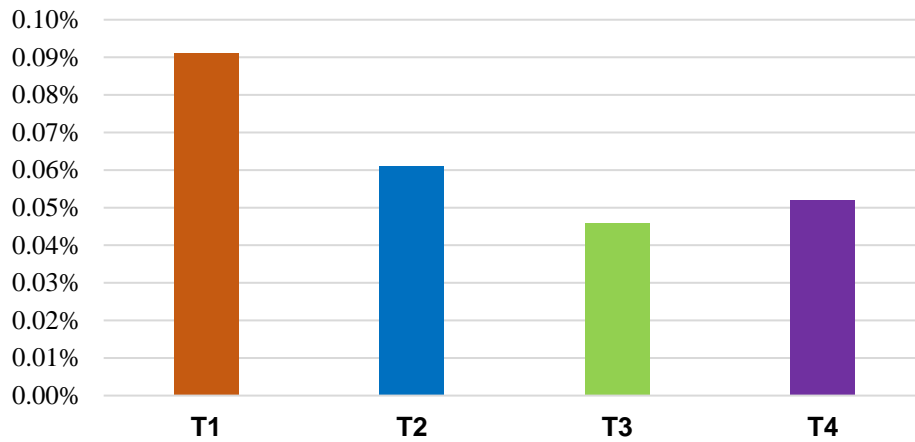
La menor solubilidad observada en la formulación F3 resulta especialmente relevante para el objetivo de esta investigación, ya que un gel menos soluble contribuye a reducir la liberación prematura del aceite de omega 3. Esto es un aspecto crítico en matrices alimentarias como el helado de crema, donde se busca mantener la integridad de las microcápsulas para evitar fenómenos de oxidación, pérdida de funcionalidad o aparición de sabores indeseables.

De acuerdo a estos resultados (Solis-García, 2021), afirma que el alginato crea una barrera física alrededor del ácido graso, lo que limita el contacto del lípido con el agua, así como disminuye la velocidad de disolución y sobre todo reduce la liberación inmediata del aceite. Este comportamiento del alginato concuerda con los resultados obtenidos en el estudio.

Asimismo la presencia de azúcares, almidones o proteínas en la mezcla del helado, reduce la proporción de hidratación (González, 2009).

Figura 3

Solubilidad porcentual alcanzada por los tratamientos en estudio.



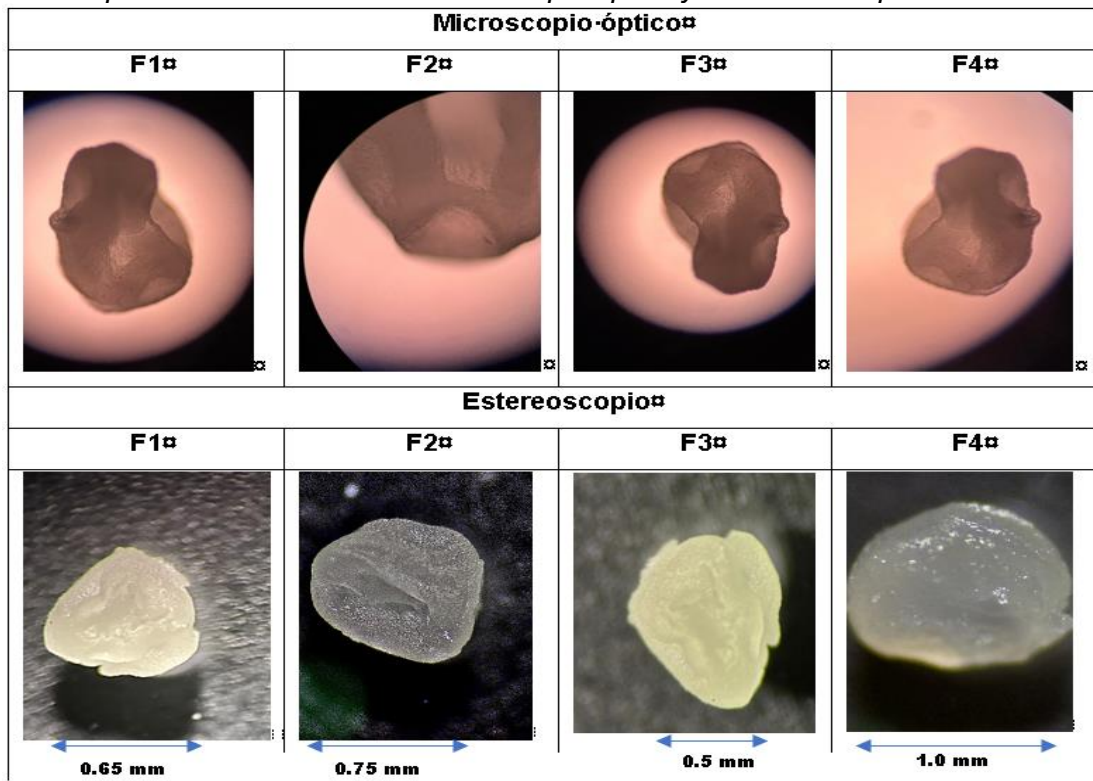
En la figura 2, se aprecia que el tratamiento T3 (3 g/100mL) fue el que alcanzó la menor solubilidad del Omega-3 encapsulado.

4.2. Análisis morfológico de las microcápsulas

Los resultados obtenidos se observan en la figura 4.

Figura 4

Microcápsulas observadas en el microscopio óptico y el estereoscopio.



A partir de las imágenes obtenidas mediante microscopía óptica y estereoscopía, se observó que las microcápsulas elaboradas en todas las formulaciones presentaron

formas irregulares, característica común en sistemas de gelificación iónica debido a la naturaleza del reticulado entre el alginato de sodio y los iones calcio. Sin embargo, al comparar visualmente las micrografías, se evidenciaron diferencias notorias en el grado de irregularidad entre formulaciones.

No obstante, los resultados muestran claramente que la morfología superficial de las microcápsulas varía en función de la concentración del alginato, observándose cambios progresivos en la superficie y en el grado de irregularidad conforme aumenta dicha concentración. A concentraciones bajas, las microcápsulas presentaron estructuras más frágiles y deformables, con superficies poco definidas, mientras que a concentraciones elevadas se evidenció un incremento en la irregularidad superficial, asociado a un aumento de la viscosidad del sistema que dificultó la formación de gotas estables y uniformes.

Los resultados morfológicos obtenidos en las microcápsulas elaboradas mediante gelificación iónica coinciden con lo descrito por (Calero et al., 2008) y (Durán Díaz, 2023), quienes señalan que concentraciones intermedias de alginato permiten la formación de microcápsulas con mejor definición superficial y menor deformación, lo cual resulta favorable para su aplicación en matrices alimentarias como el helado de crema, donde la estabilidad estructural es un factor determinante.

El análisis morfológico de microcápsulas es una de las evaluaciones más importantes para caracterizar sistemas encapsulados, porque permite comprender cómo la estructura física influye en la liberación, solubilidad, estabilidad y funcionalidad del ingrediente activo (como omega-3 o minerales).

4.3. Evaluación del efecto de las microcápsulas de omega 3 en la calidad sensorial del helado

Para determinar la característica sensorial de aceptabilidad del helado de crema de vainilla con microcápsulas de omega 3, se sometió a un proceso de evaluación sensorial considerando a los tratamientos T0, T1, T2 y T3.

Los resultados obtenidos en este proceso de evaluación sensorial se pueden observar en la Tabla 11, 13, 15, 16, 17 y el anexo 06.

4.4. Atributo olor

Los resultados de la evaluación sensorial del atributo olor se muestra en el anexo 05 y los resultados del análisis de variancia se muestran en la tabla 11.

Tabla 11*Análisis de variancia del atributo olor.*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Panelistas | 19 | 57.200 | 3.0105 | 6.19 | 0.000 |
| Tratamientos | 3 | 1.300 | 0.4333 | 0.89 | 0.451 |
| Error | 57 | 27.700 | 0.4860 | | |
| Total | 79 | 86.200 | | | |

El análisis sensorial del atributo olor se realizó utilizando una escala de Likert, aplicada a un panel de jueces semi entrenados. Los datos obtenidos fueron sometidos posteriormente a un Análisis de Varianza (ANOVA) de un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con el propósito de determinar si existían diferencias significativas entre las cuatro formulaciones evaluadas.

Los resultados estadísticos mostraron que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las formulaciones Patrón, F1, F2, F3, respecto al atributo olor. Esto indica que la incorporación de microcápsulas en diferentes porcentajes no produjo cambios perceptibles por el panel en este atributo específico, y que todas las formulaciones presentaron un perfil aromático similar dentro del rango de aceptación esperado.

En la prueba de comparación de tuckey los resultados se muestran en la tabla 13.

Tabla 12*Comparaciones por parejas de Tukey al 95%: Tratamientos.*

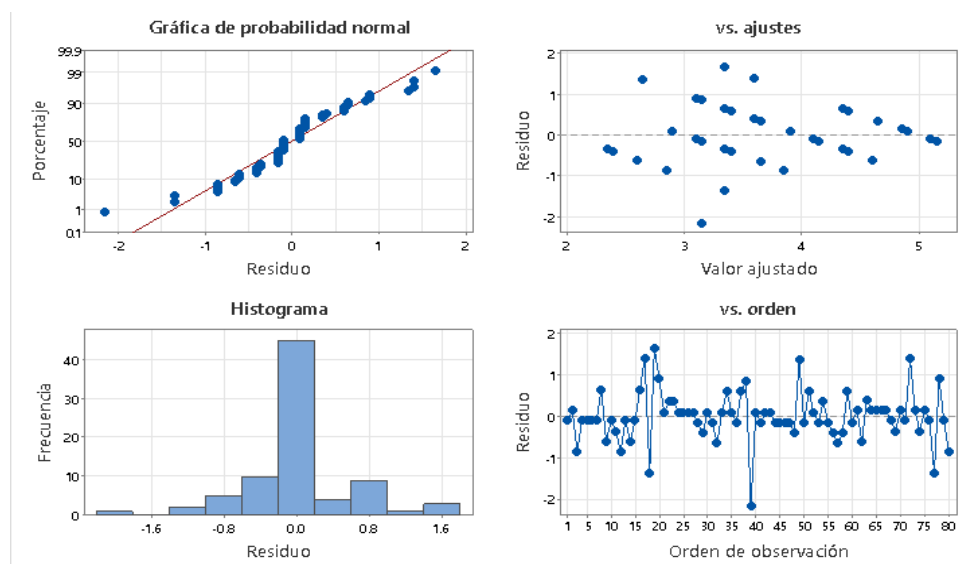
| Tratamientos | N | Formulación | Media | Agrupación |
|---------------------|----------|--------------------|--------------|-------------------|
| T615 | 20 | T2 | 4.30 | A |
| T759 | 20 | T0 | 4.25 | A |
| T954 | 20 | T1 | 4.05 | A |
| T861 | 20 | T3 | 4.00 | A |

No obstante, el análisis descriptivo de medias reveló que la formulación T2 obtuvo el puntaje promedio más alto, lo que sugiere que, aunque estadísticamente las diferencias no fueron significativas, sensorialmente esta formulación fue ligeramente mejor valorada por los panelistas. Este comportamiento puede asociarse a la estabilidad de la microcápsula y a su adecuada integración en la matriz del helado de crema, permitiendo mantener un aroma más uniforme y agradable.

En conjunto, los resultados permiten concluir que, si bien el atributo olor no presentó

variaciones significativas entre tratamientos, la formulación T2 mostró una tendencia positiva en la preferencia sensorial, reafirmando su buen desempeño dentro del producto final.

Figura 5
Gráficas de residuos para el atributo olor



4.5. Atributo color

El atributo color fue evaluado mediante una escala sensorial de Likert, aplicada a un panel de jueces semi entrenados para valorar la apariencia del helado de crema elaborado con las diferentes formulaciones de microcápsulas. Los resultados de la evaluación sensorial del atributo color se muestra en el anexo 06 y los resultados del análisis de variancia se muestran en la tabla 13.

Tabla 13
Análisis de Varianza el atributo color.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Panelistas | 19 | 57.2 | 3.01050 | 6.19 | 0.00 |
| Tratamientos | 3 | 1.3 | 0.43330 | 0.89 | 0.451 |
| Error | 57 | 27.7 | 0.48600 | | |
| Total | 79 | 86.2 | | | |

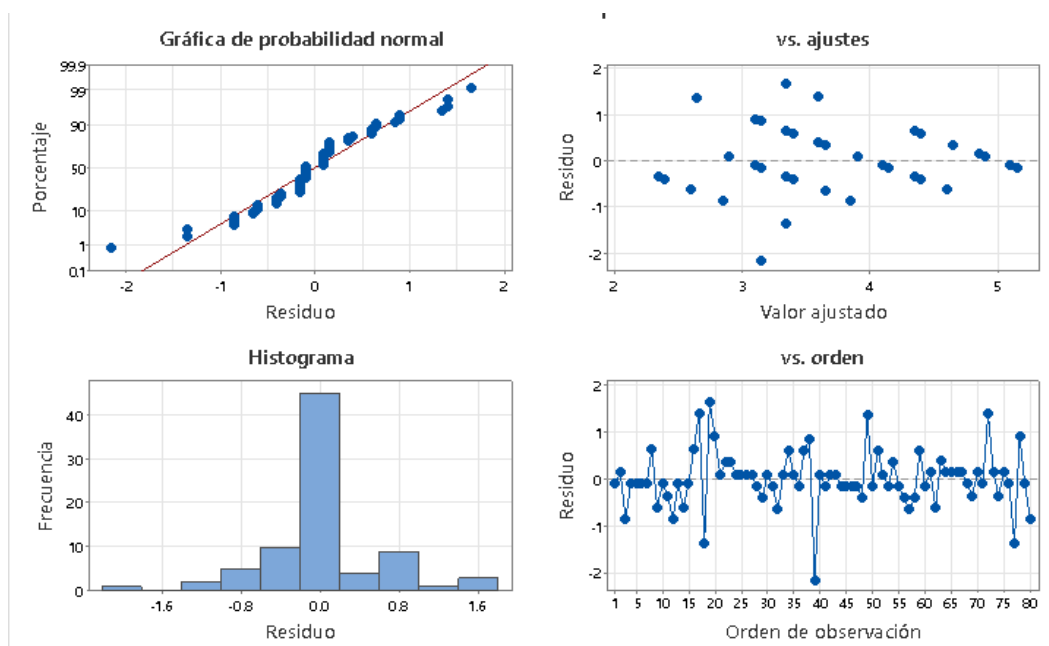
De acuerdo a los resultados obtenidos, y no existiendo diferencias entre tratamientos se sometió a la prueba de comparación de tuckey determinándose que son estadísticamente iguales, es decir el omega-2 encapsulados no influyo en el color del helado.

Tabla 14*Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos.*

| Tratamientos | N | Formulación | Media | Agrupación |
|--------------|----|-------------|-------|------------|
| T615 | 20 | T2 | 4.30 | A |
| T759 | 20 | T0 | 4.25 | A |
| T954 | 20 | T1 | 4.05 | A |
| T861 | 20 | T3 | 4.00 | A |

En conjunto, los resultados permiten concluir que, si bien el atributo color no presentó variaciones significativas entre tratamientos, la formulación T2 mostró una tendencia positiva en la preferencia sensorial, reafirmando su buen desempeño dentro del producto final.

Los resultados del análisis estadístico indicaron que no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las formulaciones evaluadas (T0, T1, T2, T3) para el atributo color. Esto sugiere que la variación en la concentración de microcápsulas no generó un impacto perceptible sobre la tonalidad o la homogeneidad visual del producto, manteniéndose un aspecto similar entre los tratamientos. La microencapsulación, al ser realizada con alginato de sodio y cloruro de calcio, no introdujo pigmentos ni alteraciones visuales relevantes, lo que permitió conservar la apariencia tradicional del helado de crema.

Figura 6*Gráficas de residuos para el atributo color.*

A pesar de la ausencia de diferencias significativas, el análisis de medias mostró que la formulación T2 obtuvo el valor promedio más alto en la evaluación sensorial del color. Esto evidencia que, desde la percepción subjetiva del panel, el helado elaborado con la microcápsula en esta formulación presentó una apariencia ligeramente más atractiva y uniforme. Esta preferencia podría estar asociada a la adecuada distribución y estabilidad de las microcápsulas dentro de la matriz del helado, lo cual contribuye a mantener una coloración más homogénea y sin irregularidades visibles.

En términos generales, los resultados permiten deducir que el atributo color se mantuvo estable entre todas las formulaciones; sin embargo, la tendencia observada en la fórmula T2 refuerza su desempeño favorable, convirtiéndose nuevamente en la opción más aceptada sensorialmente, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

4.6. Atributo sabor

El atributo sabor fue evaluado utilizando una escala sensorial de Likert, aplicada a un panel conformado por jueces semi entrenados. Las cuatro formulaciones evaluadas correspondieron al patrón (sin microcápsulas) y a las formulaciones T0, T1, T2 y T3 con diferentes concentraciones de microcápsulas de la formulación óptima previamente seleccionada.

Los resultados de la evaluación sensorial del atributo sabor se muestra en el anexo 05 y los resultados del análisis de variancia se muestran en la tabla 15.

Tabla 15
Análisis de Varianza del atributo sabor.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Panelistas | 19 | 22.7375 | 1.1967 | 1.36 | 0.184 |
| Tratamientos | 3 | 0.6375 | 0.2125 | 0.24 | 0.867 |
| Error | 57 | 50.1125 | 0.8792 | | |
| Total | 79 | 73.4875 | | | |

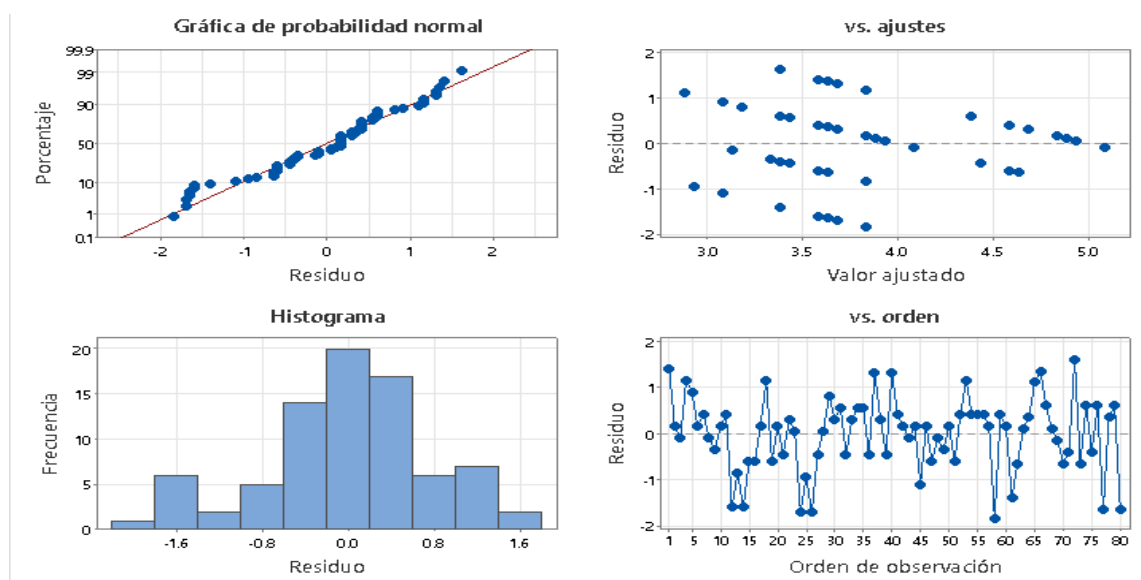
El atributo sabor fue evaluado utilizando una escala sensorial de Likert, aplicada a un panel conformado por jueces semi entrenados. Las cuatro formulaciones evaluadas correspondieron al patrón (sin microcápsulas) y a las formulaciones T1, T2 y T3 con diferentes concentraciones de microcápsulas de la formulación óptima previamente seleccionada.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico mediante un Diseño Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) para determinar si existían diferencias

significativas entre los tratamientos respecto al atributo sabor. Los resultados del ANOVA indicaron que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las formulaciones evaluadas. Esto demuestra que la incorporación de microcápsulas, independientemente de su concentración, no generó una alteración perceptible en el sabor inherente del helado de crema. En otras palabras, la microencapsulación del compuesto lipídico mediante alginato de sodio y cloruro de calcio permitió mantener un perfil gustativo estable, sin generar notas extrañas ni sabores residuales que afectaran la aceptabilidad del producto.

Aunque el análisis inferencial no evidenció diferencias estadísticamente significativas, el análisis descriptivo de medias reveló que la formulación T2 obtuvo el puntaje promedio más alto dentro de las muestras evaluadas. Este resultado sugiere que, desde la percepción del panel semi entrenado, la T2 presentó un sabor más equilibrado y agradable, posiblemente asociado a una mejor integración de las microcápsulas en la matriz del helado. La estabilidad estructural de las microcápsulas podría haber evitado la liberación del núcleo lipídico, evitando concentraciones localizadas de sabor o sensaciones desagradables durante el consumo.

Figura 7
Gráficas de residuos para el atributo sabor.



Asimismo, la comparación con el patrón permitió corroborar que las microcápsulas no alteraron el carácter sensorial base del helado, lo que es un aspecto relevante en el desarrollo de alimentos funcionales, ya que la incorporación de compuestos encapsulados debe realizarse sin comprometer la aceptabilidad del consumidor.

De modo general, estos resultados permiten deducir que, aunque las diferencias no

fueron significativas desde el punto de vista estadístico, el tratamiento T2 mostró una tendencia positiva en la preferencia sensorial, posicionándose como la opción con mejor aceptación gustativa dentro del conjunto evaluado.

4.7. Atributo textura

Los resultados de la evaluación sensorial del atributo sabor se muestra en el anexo 05 y los resultados del análisis de variancia se muestran en la tabla 16.

Tabla 16

Análisis de Varianza del atributo textura.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Panelistas | 19 | 17.05 | 0.8974 | 1.03 | 0.448 |
| Tratamientos | 3 | 0.65 | 0.2167 | 0.25 | 0.863 |
| Error | 57 | 49.85 | 0.8746 | | |
| Total | 79 | 67.55 | | | |

De acuerdo a los resultados obtenidos, no existiendo diferencias entre tratamientos, es decir los tratamientos no afectaron la textura del helado de crema de vainilla, por lo que no se sometió a la prueba de comparación de tuckey determinándose que son estadísticamente iguales, es decir el omega-2 encapsulados no influyo en la textura del helado.

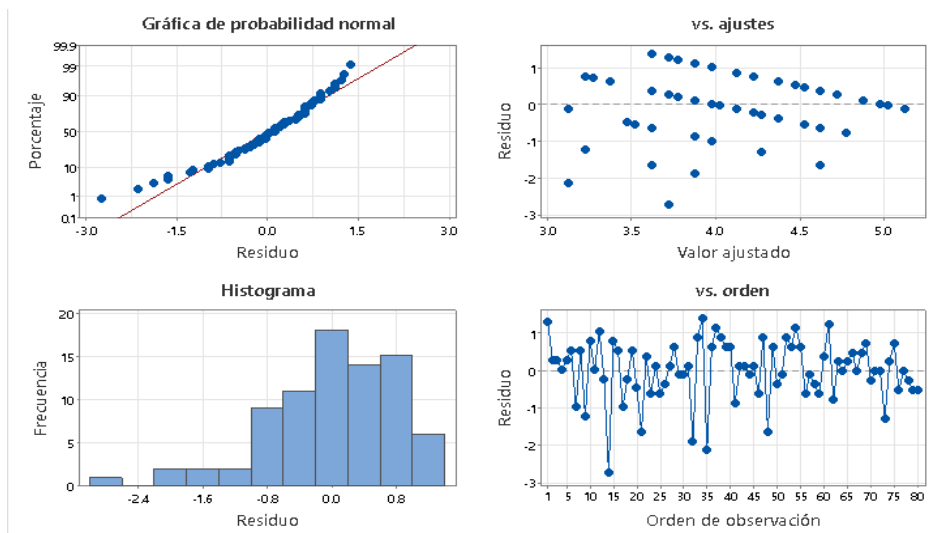
El atributo textura del helado de crema fue evaluado mediante una escala de Likert, aplicando un panel de jueces semi entrenados. Las formulaciones evaluadas incluyeron el patrón (sin microcápsulas) y las microcápsulas incorporadas en T1, T2 y T3, con el objetivo de determinar la influencia de la concentración de microcápsulas sobre las propiedades texturales percibidas por los consumidores.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un Análisis de Varianza (ANOVA) bajo un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con el fin de identificar posibles diferencias significativas entre las formulaciones. Los datos indicaron que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para el atributo textura, lo que sugiere que la adición de microcápsulas, en las concentraciones evaluadas, no modificó de manera perceptible la consistencia, cremosidad ni la sensación en boca del helado de crema. Esto refleja que las microcápsulas se integraron de manera correcta en la matriz del helado, sin comprometer la estructura física de la microcápsula.

No obstante, el análisis descriptivo de medias evidenció que el tratamiento T2 obtuvo el puntaje promedio más alto respecto a textura. Este resultado indica que, aunque

estadísticamente no existan diferencias significativas, la percepción del panel semi entrenado favorece ligeramente a T2, destacando su equilibrio en firmeza y suavidad, así como una distribución homogénea de las microcápsulas dentro de la mezcla congelada. Esto sugiere que la formulación T2 permite mantener una sensación cremosa y agradable al paladar, asegurando la calidad sensorial típica del helado de crema.

Figura 8
Gráficas de residuos para el atributo textura.



4.8. Atributo consistencia

El atributo consistencia del helado de crema fue evaluado mediante una escala sensorial de Likert, aplicada a un panel de jueces semi entrenados. En esta evaluación se consideraron subatributos específicos de consistencia: dura, suave, granulada, cremosa y esponjosa, con el fin de analizar de manera detallada la percepción sensorial y la calidad de la textura en función de la incorporación de microcápsulas en distintas formulaciones. Los resultados del atributo consistencia se muestra en el anexo 06 y los resultados del análisis de varianza se muestran en la tabla 17.

Tabla 17
Análisis de Varianza del atributo consistencia.

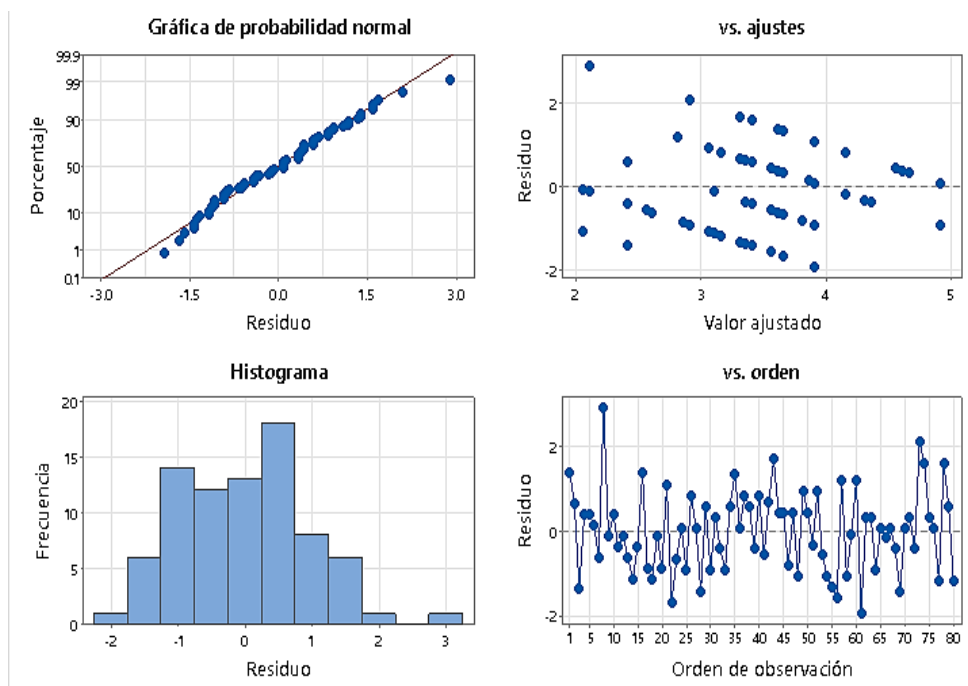
| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Panelistas | 19 | 29.938 | 1.5757 | 1.25 | 0.250 |
| Tratamientos | 3 | 2.138 | 0.7125 | 0.57 | 0.639 |
| Error | 57 | 71.612 | 1.2564 | | |
| Total | 79 | 103.688 | | | |

De acuerdo a los resultados obtenidos, no existiendo diferencias entre tratamientos, es decir los tratamientos no afectaron la textura del helado de crema de vainilla, por lo que no se sometió a la prueba de comparación de tuckey determinándose que son estadísticamente iguales, es decir el omega-2 encapsulados no influyo en la consistencia del helado.

El análisis estadístico mediante un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) y ANOVA indicó que no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las formulaciones evaluadas, lo que sugiere que la variación en la concentración de microcápsulas no produjo cambios perceptibles en la consistencia general del helado de crema según la percepción de los panelistas.

Los resultados mostraron que la formulación T1 obtuvo los valores promedio más altos en los subatributos granulada y cremosa, indicando que los panelistas percibieron esta formulación como la que mejor combinaba una textura ligeramente granulada con una sensación cremosa agradable al paladar. En segundo lugar, el tratamiento T3 también presentó percepción de granulosidad y cremosidad, aunque con puntajes ligeramente menores que T1, reflejando una experiencia sensorial similar, pero con menor intensidad en la apreciación de la cremosidad, lo cual podría atribuirse a la correcta incorporación de las microcápsulas en la matriz del helado y a una adecuada integración de aire durante el proceso de batido y congelación.

Figura 9
Gráficas de residuos para el atributo consistencia.



En síntesis, la evaluación detallada de los subatributos de consistencia evidencia que todos los tratamientos presentan características aceptables y agradables al consumo, siendo T1 la que destacó levemente en la percepción cremosidad, mientras que T3 se posiciona como una alternativa sensorialmente cercana. Estos resultados confirman que la incorporación de microcápsulas no compromete la calidad de textura en el helado de crema.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, que incluyó la valoración de atributos como olor, color, sabor, textura y consistencia, el tratamiento T2 fue identificada como la más adecuada, presentando el mejor desempeño global según las medias obtenidas, especialmente en los atributos de cremosidad, uniformidad y aceptabilidad general.

Con base en esta selección, el tratamiento T2 fue utilizada para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, con el objetivo de caracterizar sus propiedades de calidad nutricional y seguridad alimentaria. Estos estudios permitieron evaluar parámetros como pH, acidez, contenido de grasa, sólidos no grasos, concentración de omega 3 y recuentos microbiológicos, garantizando que la formulación elegida cumpla con los estándares requeridos para su aplicación en helados de crema y otros productos congelados.

4.9. Evaluación del efecto de las microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional del helado

Teniendo en cuenta la variable independiente, se evaluó el valor nutricional del tratamiento T2, con las variaciones de contenido de omega 3, cantidad de materia grasa y sólidos no grasos, mostrados en la tabla 09. Para obtener estos datos se realizó el análisis fisicoquímico del helado de crema de vainilla incorporados con microcápsulas de omega 3.

4.9.1. Análisis fisicoquímico del helado de vainilla con microcápsulas de omega 3.

El análisis fisicoquímico se realizó exclusivamente sobre el tratamiento T2, seleccionado previamente por presentar la mayor aceptabilidad sensorial entre todas los tratamientos evaluados. Esta selección se fundamentó en los mayores puntajes obtenidos en atributos clave como sabor, color, olor, textura y consistencia, lo que permitió considerar a T2 como la opción más representativa y apta para su caracterización integral. Los resultados fisicoquímicos se muestran en la siguiente tabla 18.

Tabla 18*Resultados fisicoquímicos del helado de crema con Omega 3 encapsulado*

| Análisis | Resultado | Métodos de ensayo |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Ácidos grasos | EPA = 0.3/100 g DHA = 0.3/ 100 g | ISO 12966-1:2014 |
| Carbohidratos (g/100g) | 15.99 | Por cálculo |
| Ceniza (g/100g) | 1.13 | NTP 202.172:1998 |
| Energía total (kcal/100 g) | 229.62 | Por cálculo |
| Grasa (g/100 g) | 16.14 | AOAC 952.06:2023 |
| Proteína (Nx6,38 g/100 g) | 5,10 | AOAC 930.33:2023 |
| Solidos totales (g/100 g) | 38.36 | AOAC 941.08:2023 |

Los parámetros fisicoquímicos evaluados incluyeron contenido de ácidos grasos (omega 3 EPA Y DHA), contenido de grasa, sólidos no grasos (SNG), carbohidratos, ceniza, proteína y energía total, siguiendo métodos estandarizados para productos lácteos congelados, por medio del laboratorio autorizado por el INACAL.

Al comparar los resultados obtenidos con los valores establecidos en la Norma Técnica Peruana para Helados (NTP 202.057, 2006), se observó que el tratamiento T2 cumplió con los rangos exigidos para helados de crema en el contenido de grasa, siendo el mínimo 6 g / 100 g, y en el caso de solidos totales un mínimo de 32 g / 100g, estos dos parámetros son considerados por la norma técnica,

Por otro lado (Vidal, 2015) considera datos adicionales siendo el contenido de carbohidratos un rango de 23 - 35 g /100 g, energía total de 180 – 329 Kcal / 100 g, proteína de 2.3 – 5.10 g / 100 g, todos estos resultados se encontraron dentro del rango permitido, lo que garantiza la cremosidad y estabilidad del producto.

Se realizó un análisis específico del contenido de ácidos grasos omega-3, considerando las fracciones de EPA (ácido eicosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico) presentes en la mejor formulación del helado. Los resultados obtenidos mostraron un valor total de 0.6 g de omega-3 por cada 100 g de muestra, lo que corresponde a 0.3 g (300 mg) de omega-3 por porción de 50 g de helado, equivalente al tamaño real de nuestro producto final.

Al comparar estos resultados con los valores de ingesta recomendados por organismos internacionales, se observa que el contenido del producto se encuentra dentro de los parámetros nutricionales adecuados. De acuerdo con la (FAO, 2008), la ingesta recomendada de omega-3 para niños, adolescentes y adultos es de aproximadamente 250 mg diarios de EPA + DHA. Asimismo, diversos estudios, incluido el análisis

realizado por (Palacios et al., 2014), indican que para la prevención cardiovascular se sugiere un consumo de al menos 1 g diario de EPA + DHA.

En este contexto, cada vasito de helado enriquecido aporta 300 mg de omega-3, lo que cubre y supera ligeramente la recomendación mínima diaria general, aportando aproximadamente un 30% del requerimiento sugerido por la FAO para la población en general. Si bien no cubre completamente la recomendación específica para prevención cardiovascular, sí constituye una fuente complementaria importante dentro de la dieta, especialmente considerando que se trata de un alimento de consumo ocasional y no de uso terapéutico.

Por lo tanto, se deduce que el helado desarrollado se encuentra dentro de los niveles seguros y recomendados de ingesta, proporcionando un aporte significativo de EPA y DHA. Esto puede contribuir positivamente a la salud del consumidor al mejorar el perfil de ácidos grasos de la dieta y apoyar funciones relacionadas con el desarrollo neuronal, la salud ocular y la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares.

En conjunto, los resultados fisicoquímicos demuestran que el tratamiento T2 no solo fue la más aceptada sensorialmente, sino que además cumple con los criterios de calidad establecidos por las normas técnicas, confirmando su idoneidad para su aplicación en helados de crema enriquecidos con microcápsulas de omega 3.

4.10. Análisis microbiológico del helado de vainilla con microcápsulas de omega 3.

El análisis microbiológico realizado a la formulación final del helado de crema enriquecido con microcápsulas de omega-3 tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de los estándares de inocuidad establecidos para productos lácteos congelados. Para ello, se efectuaron determinaciones de aerobios mesófilos, coliformes totales, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp. y *Listeria monocytogenes*, siguiendo los procedimientos descritos en la (NTP 202.057, 2006).

Los resultados se muestran en la tabla 19.

Tabla 19*Resultados microbiológicos del helado de crema con omega-3 encapsulado.*

| Requisitos | Resultado | Método de ensayo |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------|
| Aerobios mesófilos/g | 26x10 ⁴ | FIL-IDF 100B:1991 |
| Coliformes a 30°C/g | 0.1 x10 ² | FIL-IDF 073B:1998 |
| Salmonella sp/25 g | Ausencia | FIL-IDF 093:2001/ISO 6785 |
| Listeria monocytogenes/25 g | Ausencia | FDA/BAM: 1995 |
| Staphylococcus aureus/g | <10 | FIL-IDF 145A:1997 |

Los resultados obtenidos demostraron que todos los parámetros microbiológicos se ubicaron dentro de los rangos permisibles establecidos por la normativa vigente, lo cual garantiza la calidad sanitaria del producto final. En el caso del recuento de aerobios mesófilos, los valores encontrados fueron inferiores al límite máximo permitido de 5×10^5 UFC/g, confirmando que no existen cargas microbianas que comprometan la vida útil o generen riesgos para la salud del consumidor. De igual manera, los niveles de coliformes totales se mantuvieron por debajo del límite de 10^2 UFC/g, lo que evidencia buenas prácticas higiénicas durante la producción y una adecuada pasteurización de la mezcla láctea base.

Con respecto a *Staphylococcus aureus*, los resultados mostraron valores por debajo del límite mínimo de 10 UFC/g, indicando ausencia de contaminación por manipuladores o por equipos mal sanitizados. En el caso de *Salmonella* sp., la evaluación confirmó su ausencia en 25 g de muestra, criterio obligatorio según la NTP y el Codex Alimentarius para productos lácteos listos para consumo. Finalmente, el recuento de *Listeria monocytogenes* uno de los patógenos más relevantes en productos lácteos, arrojó un resultado de ausencia en 25 g de muestra, lo cual se considera positivo y dentro de los estándares de inocuidad establecidos por las normas internacionales. La ausencia de este microorganismo indica un adecuado control durante la manipulación, almacenamiento y procesamiento del producto, reduciendo de manera significativa el riesgo de contaminación cruzada y garantizando la seguridad del consumidor.

El cumplimiento pleno de los parámetros microbiológicos establecidos por la normativa peruana demuestra que la formulación final del helado es microbiológicamente segura, reafirmando la eficacia del protocolo de producción, de la pasteurización de la mezcla y del control higiénico en la planta piloto. Esto es coherente con lo indicado por (Sandon, 2023), el cual señala que la inocuidad en helados depende principalmente de la calidad de la leche, la pasteurización, el manejo higiénico y la cadena de frío, ya que las bajas temperaturas solo inhiben el crecimiento, pero no eliminan a microorganismos

patógenos.

De manera similar, (Castro, 2014) destaca que los helados pueden verse expuestos a contaminación cruzada durante su manipulación, especialmente por coliformes y *Staphylococcus*; sin embargo, los resultados obtenidos revelan que las condiciones de producción fueron adecuadas, dado que todas las cargas microbianas permanecieron muy por debajo de los límites establecidos.

Es importante resaltar que la incorporación de microcápsulas ricas en omega-3 no representó un riesgo microbiológico adicional. En este caso, la matriz alginato utilizada demostró ser estable y no alteró negativamente la inocuidad del producto.

En síntesis, los resultados permiten afirmar con solidez que la formulación final del helado enriquecido cumple con la inocuidad exigida por la NTP, por lo que es seguro para el consumo humano y apto para su comercialización. Su estabilidad microbiológica demuestra que la incorporación de microcápsulas de omega-3 no compromete la seguridad del producto y, por el contrario, permite mantener un perfil nutricional mejorado sin afectar su calidad sanitaria.

4.11. Análisis de overrum

El análisis de overrum permitió evaluar la incorporación de aire en las diferentes formulaciones de helado elaboradas con microcápsulas. Este parámetro es fundamental, ya que influye directamente en la textura, volumen, sensación en boca y rendimiento industrial del producto.

Tabla 20

Porcentaje de overrum en cada mezcla formulada del helado de crema de vainilla.

| Formulación | Peso mezcla (g) | Peso helado (g) | % Overrum |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------|
| T0 | 1750 | 1710 | 2.34 % |
| T1 | 1775 | 1730 | 2.60 % |
| T2 | 1875 | 1750 | 7.14 % |
| T3 | 1790 | 1790 | 0 % |

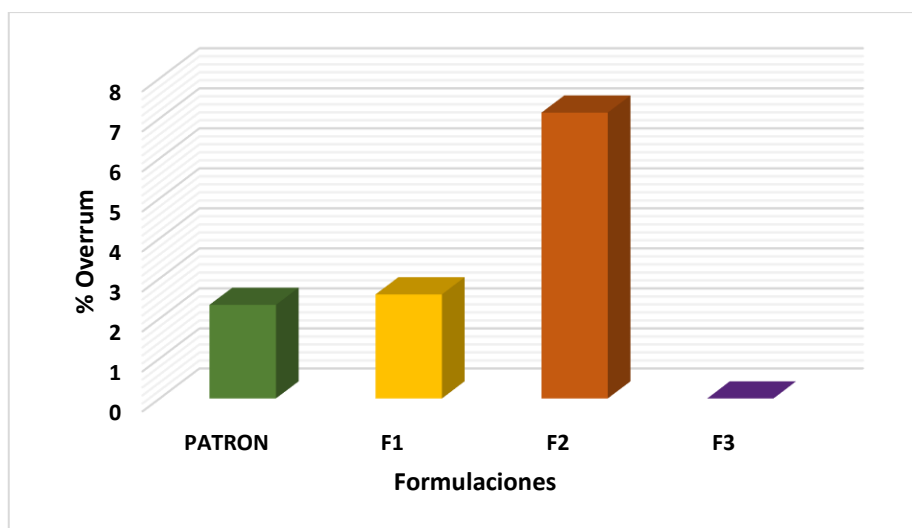
Los resultados obtenidos muestran el tratamiento T2 presentó el mayor porcentaje de overrum en comparación con las demás formulaciones evaluadas.

El mayor valor de overrum registrado en T2 indica que esta formulación posee una mejor capacidad de aireación, lo cual se asocia directamente con un equilibrio adecuado entre materia grasa y sólidos no grasos (SNG). La proporción óptima de estos componentes

favorece la estabilización de las burbujas de aire durante el batido y congelado, generando una estructura más ligera, uniforme y estable en el helado. En este sentido, la presencia de una adecuada concentración de grasa contribuye a la formación de una matriz más cremosa, mientras que los SNG fortalecen el cuerpo del producto, evitando colapsos en la estructura durante su almacenamiento.

Figura 10

Porcentaje de overrum de cada formulación según tratamiento.



Estos resultados corroboran que la formulación F2 no solo fue la más aceptada sensorialmente, sino que también muestra un comportamiento tecnológico superior, dado que su mayor porcentaje de overrum se traduce en un helado con mejor textura, mayor suavidad y un rendimiento más eficiente. Por tanto, el desempeño observado en el overrum reafirma que F2 es la formulación más adecuada para la elaboración de helados enriquecidos con microcápsulas lipídicas.

CONCLUSIONES

- 1) Se determinó el efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 de origen animal en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla planifolia*), el cual tuvo un efecto positivo sobre su calidad nutricional, sin generar alteraciones significativas en sus características sensoriales. La aplicación de la técnica de microencapsulación con alginato favoreció la estabilidad del omega 3 durante el proceso de elaboración, permitiendo la obtención de un producto funcional que cumple con los parámetros fisicoquímicos, nutricionales y microbiológicos, garantizando su inocuidad y aceptabilidad para el consumo humano.
- 2) Se determinó que la concentración del encapsulante que permite obtener la menor solubilidad del omega 3 encapsulado, en este sentido, el tratamiento T3 presentó la menor solubilidad, con un valor de 0,046%, evidenciando que una concentración adecuada de alginato permite una mayor protección del ácido graso frente a la liberación no controlada. Este comportamiento resulta determinante para preservar la estabilidad del omega 3 y optimizar su incorporación en matrices alimentarias como el helado de crema.
- 3) Se evaluó el efecto de las microcápsulas de omega 3 de origen animal en la calidad nutricional del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*), el cual se evidenció un incremento significativo en su contenido de ácidos grasos esenciales. El tratamiento T2 presentó la mayor concentración de omega 3, cubriendo aproximadamente el 30% de los requerimientos diarios recomendados, sin afectar negativamente las características físicoquímicas del producto. Estos resultados confirman la viabilidad del helado como un alimento funcional con valor nutricional añadido.
- 4) Se evaluó el efecto de las microcápsulas de omega 3 de origen animal en la calidad sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*), en la cual se obtuvo que esta incorporación de microcápsulas de omega 3 no afecta de manera significativa los atributos sensoriales del helado de crema de vainilla, ya que las pruebas estadísticas no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. No obstante, el análisis de medias evidenció que la formulación T2 obtuvo los mayores puntajes en olor, color, sabor, textura y consistencia, lo que confirma su mayor nivel de aceptabilidad por parte de los panelistas semi entrenados.

RECOMENDACIONES

- 1) En el presente estudio no se realizó el seguimiento de la estabilidad del omega 3 microencapsulado durante el almacenamiento del helado. Por ello, se recomienda evaluar la variación del contenido de omega 3, así como los cambios sensoriales y fisicoquímicos del producto a lo largo del tiempo, con el fin de determinar su vida útil y el comportamiento del nutriente frente a condiciones reales de conservación.
- 2) El estudio no incluyó análisis específicos de oxidación lipídica, tales como índice de peróxidos o valor anisidina. Se recomienda incorporar estos análisis en futuras investigaciones para evaluar de manera más precisa la eficacia de la microencapsulación en la protección del omega 3 frente a procesos oxidativos.
- 3) No se analizaron las posibles pérdidas de omega 3 durante las diferentes etapas del procesamiento del helado, como la pasteurización, homogenización y congelación. Se recomienda estudiar el efecto de cada etapa sobre la estabilidad del omega 3 encapsulado.
- 4) Se recomienda aplicar la incorporación de microcápsulas de omega 3 en otros tipos de helado o sabores distintos a la vainilla, con el fin de determinar la versatilidad de la microencapsulación y su impacto en diferentes matrices alimentarias.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Akalın, A. S., Kesenkas, 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.
- Alarcón Rivera, R., Pérez Camino, M. del C., & Chasquibol Silva, N. (2019). Evaluación de la vida útil de los aceites de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis*) microencapsulados. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 327-337.
- Arellanos Occ, M. (2019). *Determinación de la concentración óptima de sólidos en la obtención de un helado tipo crema de vainilla en la planta piloto agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*.
- Burdge, G. C., & Calder, P. C. (2005). Conversion of α -linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reproduction Nutrition Development*, 45(5), 581-597.
- Calder, P. C. (2012). Mechanisms of action of (n-3) fatty acids. *The Journal of nutrition*, 142(3), 592S-599S.
- Calero, J., Sanchez, F., Torrez, E., & López, K. (2008). Elaboración y Caracterización de microcápsulas gastrorresistentes de Diclofenac obtenidas por Gelificación Iónica. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*, 1(2), 4.
- Castro, A. (2014). Estudio de la alidad microbiológica de helados que se expenden en la ciudad de Tacna. *Ciencia Y Desarrollo*, 1(17), 42-46.
- Champagne, F., & Fustier, D. (2007). Micro encapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current opinion in biotechnology*, 18, 184-190.
- Chicaiza Vilca, D. J., & Toapanta Guasgua, E. S. (2019). *Estándarización de una fórmula para la elaboración de un helado a base de leche de soya (Glycine Max)*. [Universidad Técnica de Cotopaxi].
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6177/6/PC-000733.pdf>
- Clarke, C. (2004). *The science of ice cream* (Vol. 36). Royal Society of Chemistry.
- Commission, C. A. (2011). Milk and Milk Products (CODEX STAN 243-2003), vol. *World Health Organization (WHO) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, Rome, Italy, 6-16.
- DAVID, L. R. P., & Rigez, L. (2009). Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad y reológicas en mezcla para helado. *Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia*.
- Durán Díaz, G. (2023). *Desarrollo y caracterización de una metodología de microencapsulación por emulsión de aceites vegetales a partir de alginato de sodio* [Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Metalúrgico, Universidad Industrial de Santander].
<https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/2620ddf8-d705-4355-97db-cc040db04c49/content>
- EFSA Panel on Dietetic Products, N. (2010). Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *Efsa Journal*, 8(3), 1461.
- EL COMERCIO. (2022). *Helados: ¿Cómo avanza su consumo en el Perú y quiénes compiten en este mercado?* <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/helados-como-avanza-su-consumo-en-el-peru-y-quienes-compiten-en-este-mercado-noticia/>
- FAO. (2008). *Report of an expert consultation*. Consultation W. E.
- García-Martínez, M. del C. (2018). *Oxidación lipídica en productos lácteos: Influencia de la adición de ácidos grasos funcionales*.
<https://digital.csic.es/handle/10261/196176>
- González, G. G. (2009). *Estabilidad e intercambio de iones calcio en geles de alginato*.

- Hernández-Torres, C., Iliná, A., Ventura, J., Belmares, R., Contreras-Esquivel, J., Michelena, G., & Martínez-Hernández, J. (2016). La microencapsulación de bioactivos para su aplicación en la industria. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 50, 12-19.
- ISO 12966-1. (2014). *Animal and vegetable fats and oils—Gas chromatography of fatty acid methyl esters*.
<https://www.iso.org/es/contents/data/standard/05/22/52294.html>
- Jarrín, K. (2021). *Obtención de microcápsulas de colágeno hidrolizado enriquecido con pulpa de Ananas comusus (piña) mediante el método de secado por atomización para su posterior aplicación en la industria alimentaria*.
<https://repositorio.espe.edu.ec/items/95456f9f-a746-47d3-93cd-02ea4c1ed8f7>
- Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S., & Appel, L. J. (2002). Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *circulation*, 106(21), 2747-2757.
- Lin, D., Kelly, A. L., & Miao, S. (2021). The role of mixing sequence in structuring O/W emulsions and emulsion gels produced by electrostatic protein-polysaccharide interactions between soy protein isolate-coated droplets and alginate molecules. *Food Hydrocolloids*, 113, 106537.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106537>
- Macedo y Ramírez, R. C., & Vélez-Ruíz, J. F. (2015). Propiedades fisicoquímicas y de flujo de un yogur asentado enriquecido con microcápsulas que contienen ácidos grasos omega 3. *Información tecnológica*, 26(5), 87-96.
- Mohan, M. S., Hopkinson, J., & Harte, F. (2014). 17 Milk and Ice Cream Processing. *Principles and Applications*, 383.
- 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.
- Nasiff-Hadad, A., & Meriño-Ibarra, E. (2003). Ácidos grasos omega-3: Pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado. Lo bueno y lo malo. *Revista Cubana de Medicina*, 42(2), 128-133.
- Nawas, T., Yousuf, N. B., Azam, M. S., Ramadhan, A. H., Xu, Y., & Xia, W. (2017). Physicochemical properties and sensory attributes of ice cream fortified with microencapsulated silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) oil. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 4(3), 79-86.
- NTP 202.057. (2006). *Norma Técnica Peruana: Helados: Definiciones, Clasificación y Requisitos*.
- OPS/OMS. (2022). *Enfermedades causantes de muertes en el Perú*. Organización Panamericana de la Salud.
- OPS/OMS. (2025, octubre 16). *Alimentación saludable*.
<https://www.paho.org/es/temas/alimentacion-saludable>
- Ortega, R., Gonzales, L., Villalobos, T., Pérez, J., Aparicio, A., & López, A. (2013). FUENTES ALIMENTARIAS Y ADECUACIÓN DE LA INGESTA DE ÁCIDOS GRASOS. *NUTRICION HOSPITALARIA*, 6, 2236-2245.
<https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6905>
- Palacios, S., Cancelo, M., Garcia, A., & Pinto, X. (2014). Recomendaciones de ingesta de omega-3 en los diferentes periodos de la vida. *El Sevier*, 1(57), 45-51.
- Paredes Yugse, G. S. (2012). *Formulación, elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de helado enriquecido con fitoesteroles y omega ácidos*. [Universidad Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/2469>
- Sandon, L. (2023). *Evaluación de la calidad alimentaria de helados de acuerdo a la normativa vigente* [Tesis para acceder al título de Especialista en Calidad e Inocuidad de Alimentos]. Universidad Nacional del Comahue.
- Serna-Cock, L., Torres-León, C., & Ayala-Aponte, A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente

- de Ingredientes Funcionales. *Información tecnológica*, 26(2), 41-50.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200006>
- Serra-Vich, F., & Palou, A. (2000). Perspectivas europeas sobre los alimentos funcionales. *ANS. Alimentación, nutrición y salud*, 7(3), 76-90.
- Shahidi, F., & Wanasundara, U. N. (1998). Omega-3 fatty acid concentrates: Nutritional aspects and production technologies. *Trends in food science & technology*, 9(6), 230-240.
- Solis-García, M. (2021). *Geles Del Alginato*.
<https://es.scribd.com/document/477392836/GELES-DEL-ALGINATO>
- Soukoulis, C., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115(2), 665-671.
- Tamjidi, F., Nasirpour, A., & Shahedi, M. (2012). Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food science and technology international*, 18(4), 381-390.
- Velasco, L., Dobarganes, J., & Marquez, L. (2000). Oxidación de fracciones de aceite libres y encapsuladas en aceites de pescado microencapsulados. *Grasas y Aceites*, 51, 439-446.
- Vidal, C. (2015). *El libro blanco de los helados*. (Vol. 1). Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria Portaferriosa.
- Zare, F., Boye, J. I., Orsat, V., Champagne, C., & Simpson, B. K. (2011). Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44(8), 2482-2488.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.002>

ANEXOS

Anexo 1

Pruebas fotográficas de la microencapsulación de omega 3 (Sunvit life) para su posterior evaluación.



Anexo 2

Omega 3 (Sunvit life) empleado en la investigación, características de manipulación y conservación.



Tabla Nutricional

Tamaño de la porción: Una (1) cápsula blanda
Porciones por envase: 100

| | Cantidad por porción | % Valor diario* |
|---------------------------------|----------------------|-----------------|
| Calorías | 10 | |
| Calorías de grasas | 10 | |
| Grasas totales | 1 g | 2% |
| Colesterol | 5 mg | 2% |
| Aceite de pescado que contiene: | 1000 mg | ** |
| Ácidos grasos Omega 3: | 300 mg | ** |
| - EPA (ácido eicosapentanoico) | 180 mg | ** |
| - DHA (ácido docosahexaenoico) | 120 mg | ** |

* Porcentaje valor diario esta basado en una dieta de 2000 calorías

** Valor diario no establecido

VÍA DE ADMINISTRACIÓN: Oral

CONDICIÓN DE VENTA: Sin receta médica

No use si el sello de seguridad de la tapa está roto o falta.
Manténgase en lugar fresco y seco a temperatura inferior a 30°C.
MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS

Importado por:
INRETAIL PHARMA S.A.
Av. Defensores del Morro N° 1277 Chorrillos, Lima - Perú
RUC: 20331066703
Teléfono: 315-9000
Director Técnico: Q.F. Cecilia Cribillero Aldana

ADVERTENCIAS

Si está en período de embarazo, lactancia, tomando medicamentos, o si piensa realizar algún procedimiento médico consulte a su doctor antes de usar. Suspenda su uso y consulte a su médico si alguna reacción adversa ocurriera. Contiene pescado (anchoa).

USO RECOMENDADO:

Para adulto, tomar una (1) cápsula blanda tres veces al día, preferentemente con las comidas.

PRECAUCIONES:

No exceder la dosis recomendada. Los pacientes que toman anticoagulantes o con desórdenes en la coagulación sanguínea deben ser monitoreados.

CONTRAINDICACIONES:

Personas alérgicas a los productos marinos.

INTERACCIONES:

Orlistat, fármacos antihipertensivos, vitamina E, anticoagulantes, aspirina.

REACCIONES ADVERSAS:

Malestar estomacal, hinchazón, distensión abdominal, náuseas, heces sueltas.

USO TRADICIONAL:

Ayuda a disminuir el colesterol y triglicéridos. Así como el riesgo de enfermedades al corazón.

Anexo 3

Pruebas fotográficas 2 del secado de microcápsulas y evaluación morfológica en las instalaciones del laboratorio de la escuela profesional de Biología



Anexo 4

Pruebas fotográficas 3 de los ensayos realizados para la determinación de solubilidad de las microcápsulas en las instalaciones del laboratorio de análisis de alimentos.



Anexo 5

Pruebas fotográficas 4 de la elaboración del helado de crema para su posterior evaluación sensorial, fisicoquímica y microbiológica..



Anexo 6

Pruebas fotográficas 5 de las pruebas sensoriales realizadas en los ambientes del laboratorio de la facultad de Ingeniería Química y envío para el análisis en el laboratorio SAT.



Anexo 7

Formato de encuesta para evaluación sensorial.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



PROYECTO: Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla Planifolia*)

PANELISTA N°

Apellidos y Nombres:

FECHA:

Un previo cordial saludo, se realizará la evaluación sensorial del helado de vainilla con microcápsulas de omega 3, de tal manera al probar las muestras indique el nivel de agrado (marcando la calificación respectiva en cada muestra) en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.

Siendo la puntuación:

1: Me disgusta mucho

2: Me disgusta poco

3: No me gusta ni me disgusta

4: Me gusta poco

5: Me gusta mucho

Muestra: T759

| Atributo | Puntuación | | | | |
|--------------|------------|---|---|---|---|
| Olor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Textura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sabor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Color | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Consistencia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Muestra: T861

| Atributo | Puntuación | | | | |
|--------------|------------|---|---|---|---|
| Olor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Textura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sabor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Color | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Consistencia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Muestra: T954

| Atributo | Puntuación | | | | |
|--------------|------------|---|---|---|---|
| Olor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Textura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sabor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Color | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Consistencia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Muestra: T615

| Atributo | Puntuación | | | | |
|--------------|------------|---|---|---|---|
| Olor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Textura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sabor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Color | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Consistencia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Observaciones adicionales:

.....
.....

“MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN”

Anexo 8

Resultado de los ensayos fisicoquímicos del helado de crema.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUSSE N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-02591-01-2025

PRODUCTO : Helado de crema.
SOLICITADO POR : Valenzuela Berrocal Kierlin Kelrov
DIRECCIÓN : Asoc. Los Olivos Mz B Lte 14 - Ayacucho - Ayacucho
FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-05-02
FECHA DE ANÁLISIS : 2025-05-05
FECHA DE INFORME : 2025-05-13
SOLICITUD N° : SDT-05144-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Ninguna
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en molde / Congelado
PRESENTACIÓN : Taper de plástico cerrado con tapa, sin etiqueta.
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

| Servicio | Vía / Resultado |
|--------------------------------|--|
| (*) Ácidos grasos (-) | EPA (ácido eicosapentanoico) = 0,3 g /100g; Límite de cuantificación = 0,01 g/100g; DHA (ácido docosahexaenoico) = 0,3 g/100g; Límite de cuantificación = 0,01 g/100g |
| (*) Carbohidratos (g/100g) | 15,99 |
| (*) Ceniza (g/100g) | 1,13 |
| (*) Energía total (kcal/100g) | 229,62 |
| (*) Grasa (g/100g) | 16,14 |
| (*) Proteína ((Nx4,38) g/100g) | 5,10 |
| (*) Sólidos totales (g/100g) | 38,34 |

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Ácidos grasos : ISO 12966-1:2014 Animal and Vegetable fats and oils - Gas chromatography of fatty acid methyl esters - Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids.
(*) Carbohidratos : Por Cálculo
(*) Ceniza : NFP 202.172.1998 (Revisado el 2014) Item 3.1. (Validado) Leche y Productos Lácteos, leche cruda, Determinación de cenizas y alcalinidad de cenizas
(*) Energía total : Por Cálculo
(*) Grasa : AOAC 952.04, 22nd. Ed. (2023), Fat in Ice Cream and Frozen Desserts.
(*) Proteína : AOAC 930.33, 22nd. Ed. (2023), Protein in Ice Cream and Frozen Desserts.
(*) Sólidos totales : AOAC 941.08, 22nd. Ed. (2023), Total solids in ice cream and frozen desserts.

Notas

Contacto: Kierlin Kelrov Valenzuela Berrocal. Contacto: kierlinvalenzuela@gmail.com
Temperatura de recepción de la muestra: 4.0°C
Fecha de inicio de análisis: 2025-05-05
Fecha de término de análisis: 2025-05-13

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P. N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. María Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 14/05/2025 16:35

Anexo 9

Resultado de los ensayos microbiológicos 1 del helado de crema.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUSSE N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-8280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-02592-02-2025

PRODUCTO : Helado de crema,
SOLICITADO POR : Valenzuela Berrocal Kierlin Keirov
DIRECCIÓN : Asoc. Los Olivos Mz B Lte 14 - Ayacucho - Ayacucho
FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-05-02
FECHA DE ANÁLISIS : 2025-05-02
FECHA DE INFORME : 2025-05-08
SOLICITUD N° : SDT-05145-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Ninguna
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en molde / Congelado
PRESENTACIÓN : Taper de plástico cerrado con tapa, sin etiqueta.
CANTIDAD DE MUESTRA : 100 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

| Servicio | Via / Resultado |
|--|-----------------|
| (*) <i>Listeria Monocytogenes</i> Numeración (ufc/g) | Ausencia |

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) *Listeria Monocytogenes* Numeración : ISO 8536 (1992) 8th Ed., Rev. A, 1998, Chapter 10, Rev. April 2002, Excepto Items D.1.4, D.2, F, H.2.1, J, Detection and Enumeration of *Listeria Monocytogenes*, Detection of *Listeria Monocytogenes* in Food and Environmental samples and Enumeration of *Listeria Monocytogenes* in Food.

Notas

Contacto: Keirov Keirov Valenzuela Berrocal, Contacto: keirovvalenzuela@gmail.com
Temperatura de recepción de la muestra: 4.8°C
Fecha de inicio de análisis: 2025-05-02

Fecha de emisión de informe: 2025-05-08

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra preparada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CIOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C. Q. P. N° 294



Firmado digitalmente por:
Quim. María Ciotilde Huapaya Herreros
Fecha: 09/05/2025 10:45

Anexo 10

Resultado de los ensayos microbiológicos 2 del helado de crema.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 LIMA - LIMA - LINCE - TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com ; tecnica@satperu.com www.satperu.com

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-009**



INFORME DE ENSAYO N° DT-02592-01-2025

PRODUCTO : Helado de crema,
SOLICITADO POR : Valenzuela Berrocal Kierlin Keirov
DIRECCIÓN : Asoc. Los Olivos Mz B Lte 14 - Ayacucho - Ayacucho
FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-05-02
FECHA DE ANÁLISIS : 2025-05-02
FECHA DE INFORME : 2025-05-08
SOLICITUD N° : SDT-05145-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Ninguna
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en molde / Congelado
PRESENTACIÓN : Taper de plástico cerrado con tapa, sin etiqueta.
CANTIDAD DE MUESTRA : 400 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

| Servicio | Vía / Resultado |
|--|-------------------|
| Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standar en placa), (ufc/g) | 26×10^4 |
| Coliformes Numeración (ufc/g) | 0.1×10^2 |
| Salmonella Detección (/25g) | Ausencia |
| Staphylococcus aureus Numeración (ufc/g) | <10 |

MÉTODOS

Aerobios Mesófilos Numeración (Recuento Standar en placa) : ICMSF (1983) Vol. I, 2da. Ed., Pág. 120-124, Met. I [Traducción: versión original 1978] | Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acritial) Enumeración de Microorganismos Aerobios Mesófilos - Métodos de Recuentos en Placa, Método I, Recuento Estándar en Placa, Recuento en Placa por Siembra en todo medio o Recuento en Placa de Microorganismos Aerobios.
Coliformes Numeración : ICMSF (1983) Vol. I, 2da Edición, Pág. 127, Met. 4 [Traducción Versión Original 1978] | Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acritial), Bacterias Coliformes, Recuento de Coliformes, Método 4 Recuento Directo en Placa de Agua Bili Lactosa Peto Neutro Cristal Violeta
Salmonella Detección : ICMSF (1983) Microorganismos de los Alimentos, Su significado y métodos de enumeración, Pág. 169-178, Items I, II y III, 2da. Ed. Reimpresión 2000, Salmonellas, Aislamiento de Salmonellas, Exploración Bioquímica para la identificación de Salmonellas, pruebas serológicas para la identificación de Salmonellas, Items I, II y III.
Staphylococcus aureus Numeración : AOAC 975.55, 22nd Ed. (2023), Staphylococcus aureus in foods, Surface plating, Method for isolation and enumeration

Notas

Contacto: Kierlin Keirov Valenzuela Berrocal, Contacto: kierlinvalenzuela@gmail.com

Temperatura de recepción de la muestra: 4,8°C

Fecha de inicio de análisis: 2025-05-02

Fecha de término de análisis: 2025-05-06

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P.N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. María Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 09/05/2025 10:45

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (Vanilla planifolia)**Expositora: Kierlin Keirov Valenzuela Berrocal**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2574380

Resolución Decanal N° 201-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 19-12-2025

En la Sala de Conferencias “Pedro VILLENA HIDALGO” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día lunes veintidós de diciembre del año dos mil veinticinco, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Kierlin Keirov Valenzuela Berrocal**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS (Miembros) y Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (Vanilla planifolia)**, presentado por la Bachiller **Kierlin Keirov Valenzuela Berrocal**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 201-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Kierlin Keirov Valenzuela Berrocal**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (Vanilla planifolia)

Expositora: Kierlin Keirov Valenzuela Berrocal
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2574380 Resolución Decanal N° 201-2025-UNSCH-FIQM/D Fecha: 19-12-2025


Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Kierlin Keirov Valenzuela Berrocal**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente


.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro


.....
Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro


.....
Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ
Miembro-Asesor


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (Vanilla planifolia)**Expositor: Arturo Rojas Quispe**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2574380

Resolución Decanal N° 201-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 19-12-2025

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día lunes veintidós de diciembre del año dos mil veinticinco, se reunieron el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Arturo Rojas Quispe**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS (Miembros) y Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (Vanilla planifolia)**, presentado por el Bachiller **Arturo Rojas Quispe**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 201-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Arturo Rojas Quispe**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERIA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (Vanilla planifolia)

Expositor: Arturo Rojas Quispe
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2574380

Resolución Decanal N° 201-2025-UNSCH-FIQM/D

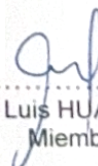
Fecha: 19-12-2025

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Arturo Rojas Quispe**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente


.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro


.....
Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro


.....
Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ
Miembro-Asesor


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, los Sres. Kierlin Keirov VALENZUELA BERROCAL y Arturo ROJAS QUISPE egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor Ing. Juan Carlos Ponce Ramírez, la Tesis: Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*vanilla planifolia*) y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 24% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha abril 27 de 2026 e Identificador de la Entrega N° 2945406154.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, 28 de abril del 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA
E. P. DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Ing° CIP Antonio J. Matos Alejandro
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia N° 077

Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (*Vanilla planifolia*)

por Kierlin Keirov VALENZUELA BERROCAL Arturo ROJAS QUISPE

Fecha de entrega: 27-abr-2026 07:43a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2945406154

Nombre del archivo: TESIS_RECORTADA.pdf (1.05M)

Total de palabras: 14684

Total de caracteres: 82140

Efecto de la incorporación de microcápsulas de omega 3 en la calidad nutricional y sensorial del helado de crema de vainilla (Vanilla planifolia)

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante | 5% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 3% |
| 3 | repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 4 | www.revistas.usach.cl Fuente de Internet | 2% |
| 5 | repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | www.nutranews.org Fuente de Internet | 1% |
| 7 | Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante | 1% |
| 8 | repositorio.unimagdalena.edu.co Fuente de Internet | 1% |
| 9 | farmabonnin.com Fuente de Internet | 1% |
| 10 | repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 11 | www.snccsalvador.com.br | |

Fuente de Internet

1 %

12

dspace-uh-tmp.igniteonline.la

Fuente de Internet

1 %

13

ods.od.nih.gov

Fuente de Internet

<1 %

14

Submitted to KC Distance Learning

Trabajo del estudiante

<1 %

15

www.clubensayos.com

Fuente de Internet

<1 %

16

fr.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

17

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

18

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

19

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

<1 %

20

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

21

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1 %

22

Submitted to Universitat Oberta de Catalunya

Trabajo del estudiante

<1 %

23

gastronomiaycia.republica.com

Fuente de Internet

<1 %

24

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

25

rinconforero.mforos.com

Fuente de Internet

<1 %

26 revistas.sena.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

27 Submitted to Universidad Nacional
Intercultural de la Amazonía

Trabajo del estudiante

<1 %

28 vdocuments.mx

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo