

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Encapsulación de un gel elaborado a base de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*) con edulcorante no calórico y propiedades antioxidantes para la utilización en un yogur griego.”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Alimentos

AUTOR: Benavides Guzmán Mauro Leonardo

TUTOR: MSc. Anchundía Lucas Miguel Angel PhD

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante y Benavides Guzmán Mauro Leonardo con el número de cédula y 0402014096 respectivamente ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: “Encapsulación de un gel elaborado a base de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*) con edulcorante no calórico y propiedades antioxidantes para la utilización en un yogur griego”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

MSc. Anchundía Lucas Miguel Angel PhD

TUTOR

Tulcán, febrero de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de alimentos de la **FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**

Yo, Benavides Guzmán Mauro Leonardo con cédula de identidad número 0402014096 respectivamente declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Benavides Guzmán Mauro Leonardo

AUTOR

Tulcán, febrero de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Benavides Guzmán Mauro Leonardo declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Encapsulación de un gel elaborado a base de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*) con edulcorante no calórico y propiedades antioxidantes para la utilización en un yogur griego." Y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Benavides Guzmán Mauro Leonardo

AUTOR

Tulcán, febrero de 2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco este trabajo especialmente a Dios, por darme vida y salud y por permitirme a ver llegado a este momento tan importante de mi formación profesional, agradezco de manera especial a la poderosísima Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por brindarme la formación académica y los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

De igual manera agradezco a los docentes y compañeros que formaron parte de mi proceso de formación, por compartir sus conocimientos, experiencias y momentos de alegría y diversión que nunca se olvidarán.

Finalmente, agradezco a mi familia, a mi novia y su familia y a todas las personas que, con su apoyo moral y motivación constante, contribuyeron de manera significativa a la culminación de esta etapa académica.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres: A mi padre, Arturo Benavides, quien me apoyó y creyó en mí, inspirándome a mejorar, a nunca darme por vencido y luchar por la vida y por la familia; aunque ya no estás conmigo, tu amor y tu recuerdo vivirán en mi corazón. Te amo papá. A mi madre, Saide Guzmán, por ser el pilar más importante en mi vida y mi mayor motivación para ser el mejor y su gran orgullo, además, por demostrarme su cariño y apoyo incondicional. A mi novia Madelaine Regalado, sus padres Ramiro y Martha, quienes de manera muy amorosa y amable me brindaron su apoyo para poder culminar mis estudios, a mi hermana Mishel Ibujes y padrino Jonathan Imbaquingo, a mis abuelitos y al resto de mi familia que siempre han estado conmigo y me han ayudado en los momentos más difíciles y a todas las personas que de manera directa o indirecta contribuyeron a que este objetivo se haga realidad. Con sus consejos de aliento, impulsaron mi crecimiento personal y profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. EL PROBLEMA	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.4.3. Preguntas de Investigación	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Mora Castilla (<i>Rubus niveus Thunb</i>)	23
2.2.2. Fresa (<i>fragaria x ananassa</i>)	26
2.2.3. Edulcorante.....	27
2.2.4. Jalea	29
2.2.5. Encapsulado	31
2.2.6. Yogur tipo griego	37
III. METODOLOGÍA	38
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	38
3.1.1. Enfoque	38
3.1.2. Tipo de Investigación	38

3.2. HIPÓTESIS	38
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	39
3.3.1 Definición de variables.....	39
3.3.2. Operacionalización de las variables	39
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	43
3.4.1 Métodos.....	43
3.4.2. Características fisicoquímicas	48
3.4.3. Análisis sensorial	50
3.4.4. Análisis microbiológico	51
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
3.6. FORMULACIÓN	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. RESULTADOS	56
4.1.1. Características fisicoquímicas del gel de mora con fresa	56
4.1.2 Características fisicoquímicas de las cápsulas del gel de mora con fresa	56
4.1.3. Análisis fisicoquímicos del yogur tipo griego con las cápsulas.....	57
4.1.4. Análisis sensorial de las cápsulas en el yogur tipo griego.	59
4.1.5. Análisis microbiológico	60
4.2. DISCUSIÓN	60
4.2.1. Elaboración del gel de mora con fresa.....	60
4.2.2. Análisis fisicoquímico de las cápsulas del gel de mora con fresa....	61
4.2.3. Análisis fisicoquímicos del yogur tipo griego con la adición de cápsulas	62
4.2.4. Evaluación sensorial	64
4.2.5. Análisis microbiológico	64
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66

5.1. CONCLUSIONES	66
5.2. RECOMENDACIONES	67
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
VII. ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura y taxonomía de la mora de castilla.....	24
Tabla 2. Nomenclatura y Taxonomía de la fresa.....	26
Tabla 3. Diseño y operacionalización de variables, primera etapa.....	40
Tabla 4. Diseño y operacionalización de variables, segunda etapa.....	41
Tabla 5. Diseño y operacionalización de variables, tercera etapa.....	42
Tabla 6. Escala de valores de aceptabilidad.....	51
Tabla 7. Tratamientos para la elaboración de gel de mora con fresa.....	52
Tabla 8. Tratamiento para la encapsulación	53
Tabla 9. Tratamientos para el yogurt tipo griego con cápsulas.....	54
Tabla 10. Elaboración del gel de mora con fresa	55
Tabla 11. Elaboración del yogur tipo griego.....	55
Tabla 12. Parámetro fisicoquímicos del gel de mora con fres.....	56
Tabla 13. Resistencia de ruptura de las cápsula.....	57
Tabla 14. Parámetro pH del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.....	57
Tabla 15. Parámetro acidez del yogur con cápsulas.....	58
Tabla 16. Parámetro grasa total del yogur tipo griego con cápsulas.....	58
Tabla 17. Parámetro proteína total del yogur tipo griego con cápsula.....	59
Tabla 18. Capacidad antioxidante del yogur tipo griego con cápsulas.....	59
Tabla 19. Análisis sensorial.....	60
Tabla 20. Análisis microbiológico.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Encapsulación directa.....	33
Figura 2. Encapsulación inversa.....	34
Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración del gel de frutas.....	44
Figura 4. Diagrama de flujo de obtención de la esferificación inversa del gel de mora con fresa.....	46
Figura 5. Elaboración del gel de mora con fresa.....	74
Figura 6. Análisis pH del gel de mora con fresa.....	74
Figura 7. Análisis acidez del gel de mora con fresa.....	74
Figura 8. Análisis °Brix del gel de mora con fresa.	75
Figura 9. Capacidad antioxidante.....	75
Figura 10. Medición de absorbancia.....	75
Figura 11. Elaboración de las cápsulas.....	76
Figura 12. Determinación de fuerza de ruptura.	76
Figura 13. Elaboración del yogur tipo griego.	76
Figura 14. Análisis pH del yogur tipo griego con cápsulas.....	77
Figura 15. Análisis acidez del yogur tipo griego con cápsulas.....	77
Figura 16. Análisis proteína del yogur tipo griego con cápsulas.....	77
Figura 17. Análisis materia grasa del yogur tipo griego con cápsulas.....	78
Figura 18. Análisis microbiológico del yogur tipo griego con cápsulas.....	78
Figura 19. Análisis sensorial del yogur tipo griego con cápsulas.....	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del ABSTRACT por parte de idiomas.....	73
Anexo 2. Elaboración del gel de mora con fresa y cápsulas.....	74
Anexo 3. Ficha sensorial.....	78
Anexo 4. Tablas de validación de supuestos de normalidad.....	80

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo elaborar y evaluar cápsulas de gel a base de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*) endulzadas con fruto del monje para su aplicación en un yogur tipo griego, buscando eliminar el consumo excesivo de azúcar. Se formuló un gel frutal con pH de 3,41 y una capacidad antioxidante del 54%, utilizando el DPPH. La obtención de las cápsulas se realizó mediante gelificación iónica inversa empleando gluconolactato de calcio en concentraciones del 4% y 5%, con tiempos de exposición de 60s y 120s en una solución de alginato de sodio 0,75%. Los resultados demostraron que una mayor exposición al agente envolvente incrementó significativamente la resistencia mecánica de las cápsulas. El tratamiento T1 se presentó una resistencia de 14,69 g/F con una concentración de gluconolactato de calcio al 4% y tiempo de exposición de 60 segundos, mientras que el tratamiento T4 obtuvo la mayor resistencias 31,95 g/F con una concentración de gluconolactato de calcio al 5% y tiempo de exposición de 120 segundos. El yogur con cápsulas, mostró parámetros fisicoquímicos dentro del rango establecido por la norma INEN 2395:2013. El contenido de proteína incrementó hasta 7,18% en el tratamiento T1. Sensorialmente, los Tratamientos T1 al T4 del yogur con cápsulas obtuvieron una alta aceptabilidad. Los análisis microbiológicos confirmaron que los mohos, levaduras, coliformes totales y *Escherichia coli* presentaron valores bajos establecidos por la norma INEN. La encapsulación fue eficaz para proteger los antioxidantes del deterioro por oxidación. Al adicionar al yogur tipo griego no afectó significativamente las características fisicoquímicas del yogur. El Tratamiento T4 fue el más adecuado, presentó mayor capacidad antioxidante (35,80%), pH y acidez equilibrada, un sabor entre dulce y ácido, contenido de grasa y proteína en los requisitos de la norma y una mayor resistencia de ruptura, garantizando estabilidad tecnológica.

Palabras Claves: Encapsulación iónica, frutos rojos, capacidad antioxidante, edulcorante no calórico, yogur tipo griego.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop and evaluate gel capsules based on blackberry (*Rubus glaucus*) and strawberry (*Fragaria x ananassa*) sweetened with monk fruit for use in Greek-style yogurt, with the aim of eliminating excessive sugar consumption. A fruit gel with a pH of 3.41 and an antioxidant capacity of 54% was formulated, determined using the DPPH free radical method. The capsules were obtained by reverse ionic gelation using calcium gluconolactate at concentrations of 4% and 5%, with exposure times of 60s and 120s in a sodium alginate solution 0,75%. The results showed that longer exposure to the coating agent significantly increased the hardness and mechanical strength of the capsules. Treatment T1 showed a resistance of 14.69 g/F with a calcium gluconolactone concentration of 4% and an exposure time of 60 seconds, while treatment T4 obtained the highest resistance of 31.95 g/F with a calcium gluconolactone concentration of 5% and an exposure time of 120 seconds. The yogurt with capsules showed physicochemical parameters within the range established by the INEN 2395:2013 standard. The protein content increased to 7.18% in treatment T1. Sensory analysis showed that treatments T1 to T4 of the yogurt with capsules obtained high acceptability (I like it very much, 6 on the hedonic scale). Microbiological analyses confirmed that molds, yeasts, total coliforms, and *Escherichia coli* were below the values established by the INEN 2395:2013 standard. The encapsulation method was effective in protecting antioxidants from oxidation damage, acting as a barrier that prevents direct contact with oxygen and light. Adding it to Greekstyle yogurt did not significantly affect the physicochemical characteristics of the yogurt. Treatment T4 was considered the most suitable, as it had the highest antioxidant capacity (35.80%), pH, and balanced acidity, a balanced sweet and sour taste, fat and protein content within the requirements established by the standard INEN, and greater breaking strength, ensuring technological stability. In conclusion, Treatment T4 achieved a balance between functionality and sensory acceptance.

Keywords: Ionic encapsulation, strawberry y blackberry, antioxidant capacity, noncaloric sweetener, Greek-style yogurt, capsules.

INTRODUCCIÓN

El consumo excesivo de azúcares añadidos en la dieta diaria representa uno de los principales factores de riesgo asociados al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, como la obesidad, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares. Esta problemática de salud ha impulsado a la industria alimentaria a desarrollar alternativas tecnológicas que permitan reducir el contenido de azúcares en los alimentos sin comprometer sus características sensoriales ni su aceptación por parte del consumidor. Los edulcorantes no calóricos de origen natural han adquirido un papel relevante en la formulación de productos más saludables.

Las frutas en particular como la mora (*Rubus glaucus*) y la fresa (*Fragaria x Ananassa*), constituyen a materias primas de alto valor nutricional y funcional, debido a sus compuestos bioactivos, entre los que se destacan las antocianinas y otros polifenoles conocidos por su actividad antioxidante, sin embargo, estos compuestos presentan baja estabilidad frente al deterioro por oxidación y luz, lo que limita su aprovechamiento durante el procesamiento y almacenamiento de productos alimenticios.

La encapsulación se presenta como una alternativa tecnológica, eficaz para la protección de compuestos bioactivos sensibles, permitiendo mejorar su estabilidad, controlar su liberación y preservar sus propiedades funcionales.

El yogur tipo griego es un producto lácteo fermentado ampliamente aceptado por los consumidores, caracterizado por su textura cremosa, su valor nutricional donde se destaca su alto contenido proteico. La incorporación de cápsulas de gel de frutas endulzadas con edulcorantes no calóricos en este tipo de productos representa una alternativa innovadora para el desarrollo de alimentos funcionales que combinen propiedades antioxidantes y reducción del contenido de azúcar.

La presente investigación tuvo la finalidad de encapsular un gel de mora con fresa, endulzada con edulcorante no calórico (fruta del monje), mediante la encapsulación iónica, y evaluar su aplicación en un yogur tipo griego, el estudio se orienta a aprovechar las propiedades antioxidantes de las frutas, ofreciendo una alternativa innovadora para la formulación de productos lácteos con menor contenido de azúcar.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo excesivo de alimentos ricos en azúcares añadidos, como bebidas azucaradas, productos ultraprocesados y golosinas, constituye un factor de riesgo significativo en el desarrollo de enfermedades crónicas como la obesidad, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares. La ingesta elevada de azúcares afecta negativamente el metabolismo energético, contribuyendo al aumento de peso corporal debido al exceso calórico y disfunción hormonal, como la resistencia a la insulina. Además, el consumo constante de estos productos está asociado con la inflamación sistémica, el estrés oxidativo y el deterioro de la salud arterial, lo que incrementa el riesgo de hipertensión y otros problemas cardiovasculares. Esto representa una problemática en salud pública muy alarmante, dado que estas condiciones no solo afectan la calidad de vida de los individuos, sino que también generan una carga económica significativa en los sistemas de salud a nivel mundial (OMS Organización Mundial de la Salud, 2016).

Desde hace décadas, Ecuador ha experimentado un alarmante aumento en las enfermedades crónicas asociadas al alto consumo de azúcar, con una ingesta promedio de 30 kilos por persona al año. Este consumo ha contribuido significativamente al incremento de la obesidad, la diabetes tipo 2 y otras enfermedades. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los azúcares añadidos son un factor crítico en el desarrollo de estas condiciones, lo que ha llevado al gobierno a destinar recursos importantes para abordar esta problemática. Actualmente, el 63,6% de los adultos en Ecuador sufre de sobrepeso u obesidad, y un 10% de la población vive con diabetes tipo 2, ambos estrechamente relacionados con el consumo excesivo de azúcar. En respuesta, el gobierno ha implementado medidas como impuestos sobre bebidas azucaradas y campañas de concienciación para reducir la ingesta de azúcar en la población (Rosales, 2024).

Frutas como la mora, la fresa, el arándano, entre otras, se presentan como materias primas llamativas para la elaboración de productos funcionales como jaleas o

mermeladas reducidas en azúcar. Estas frutas son reconocidas por su riqueza en compuestos bioactivos, especialmente las antocianinas, pigmentos naturales con propiedades antioxidantes que pueden aportar beneficios a la salud del consumidor. No obstante, un problema que se enfrenta en la elaboración es la pérdida de antioxidantes por el deterioro por oxidación y a factores como la luz, el pH y la temperatura, lo cual limita su funcionalidad y efectividad en el producto final (Aguirre et al., 2019).

Las jaleas, mermeladas, bebidas azucaradas y postres son ampliamente aceptados y consumidos por su sabor dulce y fácil acceso en el mercado. Si bien son apreciados por su sabor, representan un riesgo cuando su consumo es frecuente y en grandes cantidades, debido al alto contenido de azúcares añadidos. La ingesta excesiva de azúcar, contribuye a una desregulación metabólica que genera serias consecuencias para la salud a mediano y largo plazo, también su consumo excesivo de azúcar puede tener un impacto negativo en la salud mental y el bienestar general, afectando la calidad de vida de personas de todas las edades (Rojas, 2024).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible mantener estables los principios activos del gel de mora (*Rubus glaucus*) con fresa (*Fragaria x ananassa*), endulzado con fruta del monje (*Siraitia Grosvenorii*) mediante el proceso de encapsulación, con el fin de reducir el consumo excesivo de azúcar?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El uso de aditivos alimentarios, especialmente aquellos empleados para endulzar y modificar la textura de los alimentos, ha experimentado un notable crecimiento, impulsado por la demanda de productos más saludables y sensorialmente más atractivos. Entre estos aditivos, los edulcorantes naturales y artificiales han tenido especial relevancia al permitir la elaboración de alimentos con bajo contenido calórico, sin comprometer el sabor. Esta tendencia ha influido en una amplia gama de productos como refrescos, yogures, leches saborizadas, mermeladas y jaleas, donde los consumidores buscan alternativas más saludables (Sánchez, 2023).

En las industrias alimentarias que se dedican al procesamiento de derivados de frutas, existe una oportunidad para satisfacer la creciente demanda de los consumidores por productos funcionales. Estos consumidores buscan alimentos que vayan más allá de la nutrición básica, ofreciendo beneficios adicionales para la salud a través de su

impacto positivo en procesos fisiológicos y la reducción del riesgo de enfermedades crónicas. Los productos elaborados a base de frutas se posicionan como ingredientes y productos valiosos, ya que concentran nutrientes esenciales y una amplia gama de compuestos bioactivos, antioxidantes, vitaminas y minerales (Vicedo, 2021).

Frutas como las moras, arándanos, fresas, entre otras, son una fuente rica en vitaminas, minerales y antioxidantes, fundamentales para la salud. Los antioxidantes, como antocianinas y flavonoides combaten los radicales libres, mientras que la vitamina C refuerza el sistema inmunológico y la vitamina A (betacarotenos) mejora la salud visual y dérmica. Además, aportan minerales y fibra que favorecen la digestión y la hidratación gracias a su alto contenido de agua (Rosen, 2024).

En el caso de las moras y las fresas, son frutas ricas en antioxidantes que ofrecen varios beneficios para la salud. Ayudan a reducir la inflamación y el estrés oxidativo, protegiendo el corazón y manteniendo niveles saludables. Su contenido de antocianinas mejora la salud cerebral y puede reducir el riesgo de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. Además, protegen la vista, refuerzan el sistema inmunológico y ayudan a cuidar la piel del daño solar, retrasando el envejecimiento (Martins et al., 2023).

La utilización de estas frutas para la elaboración de jaleas representa una forma efectiva de aprovechar el valor nutricional y funcional, al mismo tiempo que se extiende su vida útil. Este proceso permite conservar compuestos bioactivos como vitaminas, minerales y antioxidantes presentes naturalmente en las frutas. Asimismo, las jaleas son productos de alta aceptabilidad por su sabor, textura y aroma.

Además, el uso de edulcorantes naturales como la Stevia (*Stevia rebaudiana*) y la fruta del monje (*Siraitia grosvenorii*) en sustitución del azúcar refinado representa una alternativa saludable y funcional en la elaboración de alimentos. Ambos poseen un alto poder edulcorante sin aportar calorías significativas, lo que los convierte en excelentes opciones para personas con diabetes, sobrepeso o que simplemente buscan reducir su consumo de azúcar. La Stevia contiene compuestos como los esteviósidos y rebaudiósidos que no afectan los niveles de glucosa en sangre, mientras que la fruta del monje posee mogrósidos. A diferencia de los edulcorantes artificiales, estos son de origen vegetal y han demostrado una buena estabilidad térmica, lo que los hace aptos para aplicaciones en productos cocidos o procesados como jaleas, sin alterar significativamente sus propiedades sensoriales (Adisak, 2021).

Existen varios métodos para conservar alimentos una de ellas son las encapsulaciones que se las realizan por medio de secado por aspersión, la liofilización, la gelificación iónica, la encapsulación por liposomas y la extrusión (Albarrán, 2023).

La encapsulación mediante gelificación iónica, especialmente en su método inverso, ofrece múltiples beneficios en la protección y liberación de compuestos bioactivos. Este proceso permite formar cápsulas estables que resguardan sustancias sensibles frente a factores como el pH, la oxidación y la luz. Además, favorece una liberación controlada y dirigida en el tracto digestivo, mejorando la biodisponibilidad de los nutrientes. También contribuye a la mejora de la estabilidad fisicoquímica del producto final. Su capacidad para preservar propiedades funcionales y sensoriales lo convierte en un método altamente eficaz en el desarrollo de alimentos funcionales (Ortiz et al., 2021).

En esta investigación se pretende encapsular el gel que permite obtener compuestos antioxidantes más estables, aprovechando las frutas y dando un valor agregado, extendiendo su vida útil.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Elaborar cápsulas con gel de mora y fresa endulzada con edulcorante no calórico y con propiedades antioxidantes para la aplicación en un yogur tipo griego.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un gel de mora con fresa endulzada con edulcorante no calórico y determinar las características fisicoquímicas.
- Realizar la encapsulación iónica del gel de mora con fresa y evaluar la resistencia de las cápsulas obtenidas.
- Formular y elaborar un yogur tipo griego.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de las cápsulas en el yogur tipo griego.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Qué formulación permite obtener un gel de mora y fresa con bajo contenido calórico?

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del gel de mora con fresa endulzado con edulcorante no calórico elaborado bajo las condiciones del estudio?
- ¿Cómo influye el proceso de encapsulación iónica en la resistencia estructural de las cápsulas elaboradas a partir del gel de mora con fresa?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del yogur tipo griego formulado y elaborado en el estudio?
- ¿Qué efecto tiene la incorporación de cápsulas de gel de mora con fresa sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales del yogur tipo griego?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Memete et al. (2023), en la investigación de "Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Several Blackberry (*Rubus ssp*). Fruits Cultivars Grown in Romania", investigaron las características fisicoquímicas de los compuestos bioactivos como (fenoles totales, flavonoides y antocianinas) y la determinación de la capacidad antioxidante de siete variedades de zarzamora. Emplearon técnicas de extracción en fase sólida (método Soxhlet), un análisis de HPLC-PDA para cuantificar las antocianinas y el método DPPH para determinar la capacidad antioxidante. Los resultados demostraron que los cultivares 'Loch Ness' y 'Thorn Free' presentaron los niveles más altos de fenoles totales y capacidad antioxidante. Asimismo, se identificó que la cianidina-3-glucósido es la antocianina predominante en todas las muestras, concluyendo que estos frutos poseen un alto potencial como alimentos funcionales debido a su alta concentración de compuestos bioactivos.

Alarcón y López (2019), en la investigación de "Estudio del proceso de extracción de antocianinas a partir de frambuesa (*Rubus idaeus l*). Lambayeque 2018", evaluaron las condiciones óptimas para la extracción de antocianinas utilizando como variables el tipo de solvente, temperatura y el tiempo. Emplearon un proceso de extracción sólido líquido (método Soxhelt), mediante un sistema de destilación a reflujo y determinación la concentración de pigmentos a través de espectrometría con la técnica de pH diferencial. Los resultados mostraron que las condiciones más eficientes para obtener la mayor concentración de antocianinas fueron el uso de metanol como solvente, a una temperatura de 70 °C, durante 45 minutos. Se concluyó que la frambuesa es una materia prima viable para la obtención de colorantes naturales debido a su alta concentración de estos compuestos bioactivos.

Tovar et al. (2021), en el estudio sobre la " Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de residuos de mora (*Rubus glaucus Benth*). ", evaluaron el potencial biológico de los subproductos del procesamiento de la mora para su

posible reaprovechamiento industrial. Realizaron una extracción hidrometanólica y aplicaron el método DPPH siguiendo el protocolo de Brand-Williams, preparando el reactivo a una concentración de 10 mg/L, una absorbancia a $0,70 \pm 0,02$ a 517 nm. El análisis incluyó la calibración expresada en equivalentes de Trolox, procesando los datos estadísticos en el software r-3.2.5. Los resultados mostraron que los residuos conservan una alta concentración de compuestos bioactivos, destacando la presencia de cianidina-3-rutinósido y una fuerte actividad inhibitoria frente a bacterias "*S. aureus*". Concluyendo que la mora es una fuente valiosa de antioxidantes y agentes antimicrobianos naturales para la industria.

Lui et al. (2014), en su investigación sobre "Structural analysis and antioxidant activities of polysaccharide isolated from Jingian mushroom", estudiaron la capacidad antioxidante del polisacárido JQPs extraído del hongo Jingian. Emplearon el método de eliminación de radicales libres DPPH, el cual se basó en mezclar 2,0 mL de la solución muestra a diversas concentraciones con 2,5 mL de DPPH 100 μ M en metanol, por un periodo de 30 minutos a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 517 nm. Además, evaluaron la actividad antioxidante mediante otros cinco métodos (eliminación de radicales ABTS, anión superóxido, radical hidroxilo, poder reductor y capacidad de quelación de Fe^{2+}). La estructura del polisacárido la determinaron mediante espectrofotómetro, cromatografía de gases y RMN de ^{13}C . Los resultados mostraron que el JQPs posee una potente actividad antioxidante alcanzando el 89,84% en DPPH, los otros métodos se obtuvo una eliminación hasta el 63,96% una actividad antioxidante moderada.

Adisak (2021), en su investigación sobre "El uso de edulcorantes de Stevia y fruta del monje para sustituir el azúcar en jaleas de agar de té verde." realizó un estudio para determinar el efecto de la sustitución total o parcial de la sacarosa por edulcorantes naturales como la stevia y la fruta del monje. Elaboraron ocho formulaciones de gelatinas de agar de té verde basándose en el dulzor equivalente (45 mg de stevia equivalen a 6 g de azúcar y 35 mg de fruta del monje 4 g de azúcar). El análisis metodológico incluyó la evaluación de factores fisicoquímicos (pH, °Brix, humedad), textura y características sensoriales mediante un panel de consumidores no entrenados. Los resultados mostraron que la reducción de sacarosa disminuyó los grados Brix, no afectó significativamente el pH ni la humedad, además, los panelistas mostraron preferencias por las muestras con un 50% y 75% de reemplazo, mientras que rechazaron la sustitución total (100%). Concluyeron que la combinación de

azúcar con edulcorantes produce una calidad sensorial aceptable con un perfil de sabor único.

Sangama y Kung (2023), en su estudio sobre "Elaboración de jalea dietética a base de piña", tuvieron como finalidad desarrollar la jalea sin adición de azúcares para ofrecer una alternativa de bajo contenido calórico para poblaciones con alta incidencia de diabetes. Se emplearon un diseño experimental donde evaluaron tres formulaciones utilizando edulcorantes naturales (Stevia y sucralosa) y pectina como espesante. El análisis metodológico incluyó la medición de parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles °Brix) y textura, además, de pruebas sensoriales para determinar el grado de aceptabilidad del producto. Los resultados mostraron que el uso de edulcorantes no calóricos permitió obtener un dulzor adecuado sin comprometer la estabilidad ni las propiedades organolépticas, cumpliendo con los estándares de calidad. Concluyeron que la formulación obtenida es una opción viable para la población con restricciones de azúcar (personas con diabetes), logrando un equilibrio entre características fisicoquímicas y la preferencia del consumidor.

Garrido (2020), en su investigación sobre "Elaboración de encapsulados de extracto de fruta milagrosa (*Synsepalum dulcificum*) como agente modificador del sabor" estudió la aplicación de la técnica de esferificación inversa para encapsular extracto de fruta milagrosa con el fin de crear agentes modificadores de sabor en bebidas. Empleó un diseño experimental donde evaluó diferentes concentraciones de lactato de calcio (3%, 4%, 5%) y tiempos de exposición (30s, 60s, 120s) en una solución de alginato de sodio al 0,75%. Además, la incorporación de goma xantana al 0,4% para optimizar la viscosidad de la mezcla asegurando la formación de una matriz de gel adecuada con centro líquido. Los resultados mostraron que la resistencia y estabilidad de las esferas se ven influenciadas directamente por la interacción entre la concentración de calcio y el tiempo de inmersión. Concluyendo que este método permite conservar el extracto en estado líquido dentro de una membrana funcional, manteniendo su capacidad de modificar el sabor de forma eficiente.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Mora Castilla (*Rubus niveus Thunb*)

La mora castilla pertenece al género *Rubus*, se origina en las regiones templadas de Europa, Asia y América. Hay una gran cantidad de especies de moras a nivel mundial,

siendo las más reconocidas en América la *Rubus glaucus* (conocida como mora andina) y la *Rubus fruticosus* (también llamada mora negra o zarzamora). Desde hace siglos, la mora ha sido cultivada y valorada en Europa y Asia, tanto por su uso alimenticio como por sus propiedades medicinales, gracias a su elevado contenido de antioxidantes, vitaminas y minerales. En América Latina, en particular en países andinos como Colombia, Ecuador y Perú, la mora andina es muy valorada y se emplea frecuentemente en la elaboración de mermeladas, jugos, postres y otros productos alimenticios. Esta planta se desarrolla mejor en suelos bien drenados y en ambientes montañosos, adaptándose a climas frescos y moderadamente húmedos. Su capacidad para crecer en estado silvestre y su amplia distribución geográfica han facilitado el desarrollo de una gran diversidad genética y múltiples especies a lo largo del mundo (Santamaría, 2020).

2.2.1.1. Taxonomía

A continuación, en la Tabla 1 se muestra las características de la taxonomía de la mora de castilla (*Rubus niveus* Thunb)

Tabla 1. Nomenclatura y taxonomía de la mora de castilla.

Clasificación	Nombre
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Rosoideae</i>
Tribu	<i>Rubeae</i>
Género	<i>Rubus</i>
Especie	<i>R. niveus</i>

Fuente: (Moreno et al., 2021).

2.2.1.2. Características fisicoquímicas

La mora de castilla, es una auténtica joya de la naturaleza tiene muchos beneficios para la salud. Las antocianinas, potentes antioxidantes que protegen nuestras células del daño y favorecen una piel más sana, son las responsables de su vibrante tono morado. Las moras aportan una gran cantidad de fibra, necesaria para una digestión sana, y son también una gran fuente de vitaminas y minerales, entre ellos potasio y vitamina C. Históricamente se han utilizado para disminuir la inflamación, mejorar la salud bucal y aliviar problemas digestivos. Las moras necesitan unas condiciones de cultivos especiales, como suelos ricos en materia orgánica y podas frecuentes. La

zarzamora silvestre es una fruta versátil y rica en nutrientes que puede consumirse fresca o en mermeladas u otros manjares (Medina et al., 2021).

2.2.1.3. Propiedades físicas

Rubus niveus es un arbusto suberecto que puede alcanzar hasta 5 metros de altura. Sus tallos son glabrosos, cortantes y espinosos, sus espinas estrechas que miden entre 7 y 10 mm, las hojas son imparipinnadas, con hojuelas ovadas que varían en tamaño de 2 a 7.5 cm y presentan márgenes biserrados, las flores, que miden entre 10 y 15 mm de diámetro, se agrupan en inflorescencias de 20 a 50 flores. La mora de castilla (*Rubus niveus Thunb*) su fruto de pequeño a mediano tamaño, tiene un diámetro de 1 a 1,5 cm y su color varía del rojo intenso cuando es joven al negro lustroso cuando está completamente maduro. Este cambio de color indica visualmente el grado de madurez y la concentración de antioxidantes, sobre todo antocianinas, que dan a los tonos oscuros su tonalidad. Con su textura jugosa, pulpa blanda y alto contenido en agua, el *Rubus niveus* tiene un peso específico relativamente bajo y una consistencia que resulta adecuada para mermeladas, zumos y postres. Debido a su propensión a ablandarse rápidamente tras la recolección, la piel fina y delicada de la fruta puede ser sensible a la manipulación y el transporte. Además, tiene un sabor agrídulce bien equilibrado que fluctúa en función del nivel de maduración debido a sus característicos niveles de acidez y azúcar. La fruta contiene semillas diminutas que le dan un tacto arenoso y un alto contenido de fibra dietética en términos de composición física, su característica forma de racimo se debe a la disposición de las diminutas drupas que componen su estructura (Landázuri, 2019).

2.2.1.4. Composición nutricional

La mora de castilla es un fruto altamente nutritivo y refrescante, compuesto por aproximadamente 85% de agua y un 10% de azúcares como glucosa y levulosa. Las moras destacan por su alto contenido de fibra dietética y manganeso, un mineral esencial para la formación de huesos y tejidos conectivos, la coagulación de la sangre y el correcto funcionamiento del sistema endocrino. Además, aportan cobre, el cual, en conjunto con el hierro, facilita la producción de glóbulos rojos y contribuye a la salud de los vasos sanguíneos, los nervios, el sistema inmunológico y los huesos. Al igual que otras bayas, las moras son una excelente fuente de vitamina C (ácido ascórbico), que refuerza el sistema inmunológico y ayuda a proteger al organismo de patógenos dañinos y enfermedades degenerativas. También son ricas en vitamina K,

importante para la prevención de coágulos sanguíneos y contienen pequeñas cantidades de otros nutrientes, como vitamina E, ácido fólico y vitaminas del complejo B, además de minerales como zinc y magnesio (David, 2022).

2.2.2. Fresa (*fragaria x ananassa*)

La fresa o frutilla es la planta rastrera (*Fragaria x ananassa*) cultivada por su pseudofruto rojo, el cual, aunque a menudo se confunde con una baya, es en realidad un receptáculo floral carnoso que soporta los verdaderos frutos (aquenios). El cultivo de la fresa es relativamente joven, aunque las primeras especies se domesticaron hace unos 2.000 años (comparado con los 10.000 años de los cereales), la variedad comercial actual es un híbrido obtenido en el siglo XVIII a partir de especies americanas. Históricamente cultivada en la antigüedad y popularizada en Europa a partir del siglo XIV, su nombre en inglés, strawberry, se asocia a la paja (straw) usada para su transporte o por su maduración en la temporada del heno. Hoy en día, la fresa ha trascendido su valor cultural para convertirse en un gigante económico global, siendo la base de un mercado internacional que mueve casi diez millones de toneladas (Cruz, 2020).

2.2.2.1. Taxonomía

A continuación, la Tabla 2 se muestra las características de la taxonomía de la fresa (*fragaria x ananassa*).

Tabla 2. Nomenclatura y Taxonomía de la fresa.

Clasificación	Nombre
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Rosoideae
Tribu	Potentilleae
Género	Fragaria
Especie	Fragaria x ananassa

Fuente: (Cruz, 2020).

2.2.2.2. Características fisicoquímicas

La fresa (*Fragaria x ananassa*) presenta características fisicoquímicas que varían según la variedad, el tipo de cultivo y el grado de madurez del fruto. Estas propiedades incluyen el peso y tamaño del fruto, el color, la firmeza, el contenido de azúcares medidos en sólidos solubles totales (°Brix), el nivel de acidez total titulable y

el pH del jugo. A medida que la fresa madura, su tamaño y peso suelen aumentar, al igual que su contenido de azúcares, mientras que la acidez disminuye, lo que influye en su sabor y calidad. La firmeza también varía entre variedades, y es un parámetro importante para determinar la calidad y el momento óptimo de consumo. Además, el sistema de cultivo puede afectar estas características, por ejemplo, las fresas cultivadas en sistemas convencionales tienden a ser más grandes y pesadas que las cultivadas hidropónicamente, aunque no siempre hay diferencias significativas en pH o acidez. Estos parámetros son clave para evaluar la calidad de la fruta y definir el mejor punto para su cosecha y consumo según la variedad y las condiciones de cultivo (Jaramillo, 2025).

2.2.2.3. Composición nutricional

La fresa es un fruto delicioso, además, también una fuente de nutrición concentrada, son naturalmente bajas en calorías y carbohidratos, pero ricas en fibra dietética y esenciales para el cuerpo. Destacan como una excelente fuente de Vitamina C, proporcionando hasta el 65% del requerimiento diario por cada 100 gramos, además de aportar todas las vitaminas del Complejo B, especialmente el folato (B9), crucial para la salud de las células sanguíneas y el desarrollo fetal. En cuanto a minerales, las fresas son una buena fuente de manganeso (que apoya la formación de huesos y el metabolismo) y cobre (vital para el transporte de glóbulos rojos, la salud nerviosa y el sistema inmunológico) (Jaramillo, 2025).

2.2.3. Edulcorante

Los edulcorantes, también conocidos como sustitutos del azúcar o endulzantes, son un grupo diverso de sustancias, naturales o sintéticas, cuyo principal objetivo es adquirir un sabor dulce a los alimentos y bebidas. Su uso se ha popularizado significativamente debido a la creciente preocupación por la salud, el control del peso y la prevención de enfermedades relacionadas con el consumo excesivo de azúcares, como la diabetes y la obesidad (EFSA, 2024). Desde una perspectiva química y funcional, los edulcorantes son compuestos capaces de interactuar con los receptores del gusto dulce en la lengua humana, generando una percepción de dulzura. Se diferencian del azúcar (sacarosa) principalmente por su aporte calórico, que puede ser nulo o significativamente menor, y por su diferente impacto en los niveles de glucosa en sangre (Torresani, 2021).

2.2.3.1. Clasificación de los edulcorantes

Los edulcorantes, dada su heterogeneidad en origen, composición y propiedades, se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios fundamentales. Una primera distinción se establece según su origen, diferenciando entre edulcorantes naturales y artificiales. Los edulcorantes naturales son aquellos compuestos extraídos o derivados de fuentes biológicas, principalmente plantas, hongos o frutas. Ejemplos prominentes de esta categoría incluyen los glucósidos de esteviol (comúnmente conocidos como stevia), el eritritol y el xilitol, que son polioles presentes en diversas especies vegetales y que han ganado popularidad por su percepción de ser "más saludables" debido a su procedencia (EFSA, 2024). Mientras, que los edulcorantes artificiales, también denominados sintéticos, son compuestos que no se encuentran de forma natural y son obtenidos mediante procesos químicos en laboratorio. Dentro de este grupo se encuentran algunos de los edulcorantes más antiguos y ampliamente utilizados, como la sacarina, el aspartamo, el ciclamato y la sucralosa, cuya síntesis permite una gran potencia edulcorante con mínimas cantidades de producto (OMS, 2023).

Otra clasificación crucial se basa en su aporte calórico, un factor determinante para su aplicación en productos dietéticos y para el control del peso. En este sentido, se distinguen los edulcorantes calóricos de los no calóricos. Los edulcorantes calóricos, también conocidos como nutritivos, son aquellos que, si bien confieren dulzura, también aportan una cantidad significativa de energía al organismo, aunque generalmente inferior a la sacarosa. Esta categoría incluye azúcares naturales como la fructosa y la glucosa, así como la miel y los jarabes de agave. También abarca a los polioles o alcoholes de azúcar (como el sorbitol, manitol o el propio, xilitol), que, aunque metabolizados parcialmente, contribuyen con calorías y pueden tener un impacto en los niveles de glucosa en la sangre, aunque menor que el azúcar tradicional. Por otro lado, los edulcorantes no calóricos, son aquellos que aportan muy pocas o ninguna caloría, ya que el cuerpo humano los absorbe, metaboliza o utiliza en cantidades insignificantes. La mayoría de los edulcorantes artificiales (sacarina, aspartamo, sucralosa) y algunos naturales de alta intensidad (como la stevia y el eritritol), se enmarcan en esta categoría, siendo la elección preferida para productos "cero" o "light" diseñados para dietas de control de peso o para personas con diabetes (FAO/OMS, 2016).

2.2.3.2. Edulcorante fruta del monje (*Siraitia grosvenorii*)

La fruta del monje (*Siraitia grosvenorii*), es un edulcorante natural que destaca por su dulzura intensa, siendo entre 150 y 300 veces más dulce que el azúcar común, pero sin aportar calorías ni carbohidratos. Su dulzura proviene de unos compuestos antioxidantes llamados mogrósidos, que además le confieren propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Este endulzante es ideal para personas con diabetes, ya que no eleva los niveles de glucosa en sangre, y también puede ayudar en el control de peso al sustituir el azúcar tradicional. Además, se usa desde hace años en la medicina tradicional china para aliviar el dolor de garganta y otras inflamaciones. A pesar de sus beneficios, la fruta del monje es costosa y difícil de cultivar, y algunos productos comerciales pueden contener otros azúcares añadidos, por lo que siempre es importante revisar la composición. En resumen, es una opción saludable y natural para quienes buscan reducir el consumo de azúcar sin renunciar al sabor dulce (Kumar, 2020).

2.2.3.3. Fruta del monje con eritritol

La mezcla de fruta del monje con eritritol es una opción natural y saludable para endulzar sin añadir calorías ni afectar los niveles de azúcar en la sangre. El fruto del monje es muy dulce, mucho más que el azúcar común, mientras que el eritritol tiene un dulzor más suave. Al combinar ambos, se logra un sabor equilibrado que imita al azúcar tradicional, pero sin las desventajas de éste. Esta mezcla es ideal para quienes tienen diabetes, siguen dietas bajas en carbohidratos o buscan evitar las caries dentales. Además, es muy versátil en la cocina, ya que puede usarse en bebidas, postres y productos horneados sin afectar su sabor o textura. También es apto para veganos y personas con intolerancias, y se conserva fácilmente si se almacena adecuadamente en un lugar fresco y seco. Por estas razones, esta combinación se ha vuelto muy popular como alternativa natural y práctica al azúcar refinado (Lakanto, 2024).

2.2.4. Jalea

La jalea es un producto alimenticio que se obtiene a partir de la cocción de zumos de frutas clarificados y filtrados, a los cuales se les añade azúcares y pectina. Su principal característica es su consistencia gelatinosa, transparente y brillante, que la diferencia de otros derivados de frutas que incluyen pulpa (Segovia et al., 2008).

Este proceso de clarificación es esencial para lograr su apariencia límpida y homogénea. La formación de la jalea depende crucialmente de la interacción entre tres componentes clave que son, la pectina, el azúcar y el pH ácido. La pectina, un polisacárido natural de las frutas, actúa como agente gelificante, formando una red tridimensional en presencia de una alta concentración de azúcares (generalmente más del 60%) y un ambiente ácido (pH óptimo entre 2.8 y 3.5). Los azúcares, además de endulzar, son fundamentales para la gelificación y actúan como conservantes al reducir la actividad de agua. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la jalea es apreciada por su sabor frutal puro y su versatilidad culinaria (España, 2020).

2.2.4.1. Jaleas con edulcorante

La jalea sin azúcar es una opción deliciosa y saludable para quienes desean disfrutar del sabor natural de las frutas sin añadir azúcares refinados. En lugar de utilizar azúcar tradicional, estas jaleas se elaboran con edulcorantes naturales o artificiales que aportan dulzura sin sumar calorías, lo que las hace ideales para personas con diabetes o para quienes buscan cuidar su alimentación sin renunciar al placer de un postre frutal. Además, estas jaleas suelen usar ingredientes gelificantes como la pectina, que les brindan la textura característica sin depender del azúcar para la conservación o consistencia. Consumir jaleas sin azúcar permite mantener el aporte nutritivo natural de la fruta y evita los picos de glucosa en sangre, aportando una opción más ligera pero igualmente sabrosa para la dieta diaria. Por tanto, la jalea sin azúcar endulzada con estos sustitutos es una alternativa funcional que combina sabor, salud y practicidad, perfecta para quienes desean reducir el consumo de azúcares sin sacrificar la textura y el disfrute de un producto natural (Santiago, 2023).

2.2.4.2. Pectina

La pectina es una fibra natural que se encuentra en las frutas y plantas, responsable de espesar y dar consistencia a productos como la jalea y la mermelada. Además de su función en la cocina, la pectina trae beneficios para la salud, como ayudar a mejorar la digestión, reducir el colesterol malo y generar una sensación de saciedad que puede contribuir al control del peso. Es un ingrediente muy valioso porque permite obtener jaleas con buena textura sin necesidad de cocinar mucho tiempo ni añadir grandes cantidades de azúcar. En resumen, la pectina es un espesante natural con importantes propiedades saludables que facilitan la preparación de postres frutales más ligeros y nutritivos (Vallejo, 2021).

2.2.4.3. Sorbato de potasio

El sorbato de potasio, también identificado como el aditivo E-202, es una sal derivada de ácidos grasos insaturados que se presenta como un polvo blanco. Su propósito fundamental es actuar como un conservante alimentario, reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la FAO por su alta seguridad y eficacia. Este compuesto funciona como un potente agente antimicrobiano y antimicótico, inhibiendo el crecimiento de organismos perjudiciales como el moho, las levaduras y las bacterias, principalmente al interactuar con la humedad y la acidez del producto, al retrasar o prevenir esta descomposición microbiana, el sorbato de potasio extiende significativamente la vida útil de los alimentos, asegurando que se mantengan inalterados en su sabor, textura, color y valor nutricional (Vallejo, 2021).

2.2.4.4. Ácido cítrico

El ácido cítrico se encuentra de forma natural en numerosas frutas y verduras, concentrándose particularmente en cítricos como los limones y las limas. Este compuesto, clasificado como un ácido orgánico débil con un pH que oscila entre 3 y 6, es valorado en la conservación de alimentos. Sus propiedades antioxidantes ayudan a mantener los productos comestibles frescos durante períodos más largos (Vallejo, 2021).

2.2.5. Encapsulado

La encapsulación alimentaria es una técnica avanzada que se emplea para resguardar y liberar ingredientes activos en productos alimenticios y bebidas. Esta metodología implica recubrir los ingredientes con una matriz encapsulante, que puede ser de origen natural o sintético, formando así partículas o microcápsulas. Estas esferas funcionan como contenedores que protegen los ingredientes de elementos externos como la luz, el oxígeno, la humedad y el calor, garantizando su estabilidad y actividad hasta que se liberen de manera controlada en el momento oportuno (Albarrán et al., 2023).

2.2.5.1. Técnicas de encapsulación

La encapsulación es una técnica que permite el empaquetamiento de alimentos o materiales, cada uno con sus propias características y aplicaciones. Existen diversas técnicas de encapsulación mecánicas, fisicoquímicas y químicas las mismas pueden ser utilizadas de distintas maneras en la industria alimentaria. THE FOOD TECH, (2023)

Estas diversas técnicas de encapsulación que se utilizan según los objetivos y características del compuesto. El secado por aspersión es una de las más comunes, ideal para encapsular aromas y sabores en polvo. Métodos como la gelificación iónica permiten crear esferas o cápsulas de gel para liberaciones controladas. Asimismo, técnicas avanzadas como la nanotecnología proporcionan encapsulación a nivel nanométrico, mejorando la biodisponibilidad y absorción de nutrientes. La encapsulación es una herramienta innovadora para desarrollar alimentos funcionales y suplementos, así como para mejorar la sostenibilidad y seguridad en la producción alimentaria (López et al., 2020).

Estas técnicas permiten lograr una liberación controlada o gradual de los compuestos funcionales de alimentos, enmascarar sabores y olores indeseables, y proteger o aislar compuestos sensibles a factores ambientales como la luz, el aire y el calor. Además, contribuyen a aumentar la bioactividad, reducir la toxicidad y prolongar la vida útil del agente activo al ralentizar su interacción con el entorno, encapsular partículas sólidas, núcleos gaseosos y sustancias líquidas, como componentes bioactivos, tocoferoles, enzimas y aromas (Contreras et al., 2022).

2.2.5.2. Encapsulación iónica

Esta técnica de encapsulación, recomendada también para agentes hidrofóbicos, se fundamenta en interacciones iónicas entre un polímero y un polianión de bajo peso molecular o un polication, lo que resulta en un gel insoluble que atrapa una sustancia activa. Así, la sustancia que se desea encapsular queda inmovilizada en la matriz de un polisacárido, y su posterior liberación ocurre a través de cambios en la fase del gel. La gelificación iónica es un método de encapsulación que se puede llevar a cabo mediante técnicas como atomización, extrusión, coextrusión o pulverización electrostática (Mosquera et al., 2023)

Las cápsulas generadas mediante gelificación iónica se forman a través de un proceso de reticulación. En el caso del alginato, el hidrogel se crea mediante una reacción iónica que implica la interacción entre grupos COO^- (carboxilato) y cationes divalentes, como bario (Ba^{2+}), calcio (Ca^{2+}) o estroncio (Sr^{2+}). Los mecanismos de gelificación iónica se dividen en categorías: gelificación externa o directa, interna, inversa, interfacial y de varios pasos. La gelificación externa es la más común para producir cápsulas y se basa en dispersar el agente (como aceites, probióticos, vitaminas, entre otros) en una fase acuosa continua, típicamente una

solución de alginato. Esta mezcla se atomiza en un baño de gelificación. Al comienzo del proceso, se forma una membrana semisólida que envuelve la cápsula, mientras que el núcleo permanece líquido. Gradualmente, el núcleo se solidifica a medida que las gotas contactan un agente recirculante, como una solución de cloruro de calcio (Ca^{2+}), hasta que la cápsula se vuelve completamente sólida (Mosquera et al., 2023).

2.2.5.3. Encapsulación directa

Este proceso ocurre cuando los átomos de calcio se desplazan desde el interior de la esfera hacia su pared, donde se combinan con el alginato presente en el medio o solución. La creación de la membrana o gel comienza en la interfase de los dos líquidos, y se expande hacia el interior a medida que la superficie se satura con iones de calcio, lo que provoca el desplazamiento de otros iones en la estructura molecular del alginato (ver Figura 1). Para llevar a cabo esta gelificación de manera adecuada, es crucial considerar tanto la concentración de los átomos de calcio como la composición del alginato (Tatiana, 2020). Es el método inicial, La base contiene alginato y el baño contiene el calcio. Esto indica que la gelificación se está produciendo hacia adentro de la esfera, lo que significa que acabará gelificándose por completo. Como el gel de alginato no libera bien el sabor, lo ideal es comer las esferas cuando su centro aún está líquido (Duarte, 2022).

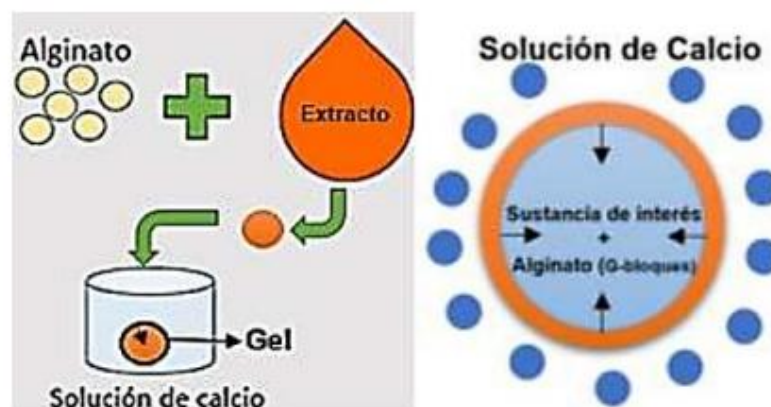


Figura 1. Encapsulación directa.
Fuente: (Camacho, 2017).

2.2.5.4. Encapsulación inversa

Conocida también como esferificación interna, este proceso se caracteriza por la dispersión del ion calcio a través de una mezcla que contiene una sal cálcica y la sustancia de interés, la cual se somete posteriormente a una solución de alginato de

sodio que recubre la sustancia a encapsular para formar un gel (ver Figura 2). Además, la formación del gel encapsulante se realiza de manera gradual hacia el exterior, creando una matriz protectora que permite que la sustancia de interés mantenga su estado. Este fenómeno ocurre porque la fuente de calcio está combinada con la sustancia de interés, y al reaccionar con los G-bloques de la solución envolvente, se inicia la reestructuración de estos bloques, formando un gel a partir de la solución envolvente. La esferificación inversa la base contiene calcio y el baño contiene alginato. La gelificación es "hacia afuera" (Duarte, 2022).

Este fenómeno se produce cuando los átomos de calcio se trasladan desde el exterior de la esfera hacia su interior, es decir, desde la solución de calcio en la que están sumergidas las esferas, hacia el interior de estas, al unirse con el alginato que las rodea. Esta unión provoca un reordenamiento estructural, lo que da lugar a la formación de un gel. Para que esta gelificación se realice de manera adecuada, es importante tener en cuenta la solubilidad y concentración de la sal de calcio, la composición del alginato, así como la acidez del alimento utilizado (Tatiana, 2020).



Figura 2. Encapsulación inversa.
Fuente: (Camacho, 2017).

2.2.5.5 Agentes encapsulantes

El agente encapsulante o material de pared debe poseer características específicas, como facilitar la formación de una película, tener baja viscosidad, baja higroscopicidad y un alto contenido de sólidos, además de ser económico y fácil de obtener. Para lograr un material ideal, se mezclan diferentes componentes, siendo los hidrocoloides como la gelatina, gomas vegetales, almidones modificados y proteínas los más utilizados. Los carbohidratos y sus derivados, como almidones y maltodextrinas, son especialmente efectivos como agentes encapsulantes debido a

su capacidad para enlazar sabores, bajo costo y buena solubilidad. El alginato, un polisacárido derivado de algas pardas, es ampliamente empleado en la microencapsulación por su versatilidad y biocompatibilidad, sus geles con cationes divalentes, como el ion calcio, que es común en la industria alimentaria.

Además, los alginatos de bajo peso molecular ofrecen beneficios prebióticos, lo que los hace ventajosos para el consumo humano (Garnica, 2021).

2.2.5.6. Gluconolactato cálcico

El gluconolactato cálcico es una combinación de dos sales compuestas de calcio (gluconato cálcico E-578 y lactato cálcico E-327), su fórmula química formada por $C_9H_{16}CaO_{10}$, es un aditivo alimentario que se usa mucho en la industria culinaria, con la particularidad de ser altamente soluble en líquidos, caracterizándose por no dejar ese sabor amargo que comúnmente ocasiona otras sales de calcio como el cloruro, este producto es fundamental para la técnica de esferificación inversa, donde se utiliza para gelificar líquidos sin alterar su sabor original, su efecto se logra al sumergirlo en un baño de alginato de sodio y se puede observar que se le forma una fina membrana exterior que encapsula el líquido en su interior, dando origen a una esfera con una textura gelatinosa y su centro líquido (Herrera, 2024).

2.2.5.7. Goma Xantana

La goma xantana es un polisacárido natural es un aditivo alimentario su código es E-415 y su fórmula es $C_{35}H_{48}O_{29}$, se lo obtiene mediante la fermentación de azúcares por la bacteria *Xanthomonas campestris*, comúnmente se lo representa en un polvo blanco caracterizado por su sabor neutro y es soluble en agua, es producto ayuda como espesante, estabilizante o emulsionante, es fundamental en la cocina molecular. La goma xantana es segura para su consumo, su dosificación mayormente utilizable es 0,5% (Meyer, 2021).

2.2.5.8. Agente envolvente

Los agentes envolventes en una esferificación están compuestos por hidrocoloides y ayudan a la formación de geles al interactuar con los iones, comúnmente calcio, el agente más común es el alginato de sodio, se forma geles como en una capsula que contiene un líquido en su interior, este efecto se debe cuando se expone iones de calcio, formando una membrana de gel en la superficie que poco a poco avanza hacia el interior (Garrido Gutiérrez, 2020).

2.2.5.9. Alginato de sodio

Los alginatos son polisacáridos formados por unidades de ácido β -D-manurónico (M) y α -L-gulurónico (G), que se organizan en bloques de tipo M, bloques de tipo G, así como en secuencias alternas (MG). Este polisacárido ofrece varias ventajas, ya que se considera económico, ecológico, biocompatible y no tóxico. Además, el peso molecular del alginato de sodio (216.12 g/mol), lo que permite la creación de cápsulas con mayor dureza y tensión superficial. El ácido algínico es soluble en agua y puede ser reticulado de manera iónica utilizando una solución de cationes divalentes no tóxicos. La afinidad de un catión divalente es más fuerte hacia los isómeros G debido a la disposición esférica de los átomos; dos monómeros G crean una estructura similar a una "caja de huevo", donde el ion de calcio se acomoda y reticula dos cadenas de polímero. El hidrogel resultante se conoce comúnmente como alginato cálcico, y durante este proceso, la relación M/G influye en la capacidad de reticulación y, por ende, en las propiedades físicas del hidrogel (Ortiz y otros, 2021).

2.2.5.10. Cloruro de calcio

El cloruro de calcio tiene un origen natural, encontrándose en depósitos minerales y produciéndose también de manera industrial. Es una sal altamente soluble en agua, lo que facilita su uso en preparaciones culinarias, y se considera seguro para el consumo humano, siendo un aditivo alimentario común (E509). En el proceso de encapsulación, al entrar en contacto con el alginato de sodio, el cloruro de calcio provoca una reacción química que forma un gel, el cual actúa como membrana que envuelve el líquido y crea esferas. La concentración de cloruro de calcio influye en la velocidad de gelificación y en la textura de la esfera final, a mayor concentración, más rápida es la gelificación y mejor es la textura. La dosis óptima de cloruro de calcio varía entre el 1% y el 2% en peso, dependiendo de la receta, y factores como el tipo de alginato, la temperatura, el pH y la agitación pueden afectar el proceso. Además de su uso en esferificación, el cloruro de calcio se utiliza en la industria alimentaria para aumentar la firmeza de quesos y tofu, como estabilizante en helados y otros productos lácteos, y para modificar la textura de productos cárnicos procesados (Vero, 2020).

2.2.6. Yogur tipo griego

El yogur se describe como un producto lácteo coagulante que se obtiene mediante la fermentación láctica provocada por las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Para que un producto pueda denominarse yogur, es esencial que estas bacterias responsables de la fermentación sean viables y estén presentes en una cantidad mínima de 1×10^7 colonias por gramo o mililitro en el producto final. Este alimento se clasifica dentro de la dieta mediterránea y ha sido objeto de diversas investigaciones en los últimos años debido a los posibles beneficios que su consumo puede ofrecer. El yogur es altamente nutritivo, proporcionando una rica fuente de minerales, vitaminas y proteínas de alta calidad, lo que ayuda significativamente a satisfacer las necesidades de varios micronutrientes. Además, hay evidencia que sugiere que el consumo de yogur está vinculado a un patrón alimentario saludable (Babio et al., 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Esta investigación tiene un enfoque mixto, ya que busca combinar elementos cuantitativos como cualitativos, debido a que se recolectarán datos para evaluar las hipótesis planteadas. Estos datos experimentales refieren a la encapsulación de un gel elaborado a base de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*) y a la determinación del mejor tratamiento con características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas adecuadas de un yogur tipo griego formulado.

3.1.2. Tipo de Investigación

El estudio es experimental ya que busca relacionar la causa y efecto entre las variables, además, se realizarán análisis de laboratorio para describir las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y su capacidad antioxidante de las cápsulas del gel de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*), aplicadas en un yogur tipo griego.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (Ho): La adición de un gel de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*) encapsulado, con propiedades antioxidantes y bajo contenido calórico no influye en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas del yogur tipo griego.

Hipótesis alternativa (Ha): La adición de un gel de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*) encapsulado, con propiedades antioxidantes y bajo contenido calórico influye en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas del yogur tipo griego.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1 Definición de variables

Primera etapa (elaboración de un gel con extracto de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*), con edulcorante no calórico Fruta del Monje (*Siraitia grosvenorii*).

Variables independientes

- Concentración de edulcorante

Variables dependientes

- Características fisicoquímicas

Segunda etapa (elaboración de cápsulas del gel de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*))

Variables independientes

- Concentración de gluconolactato de calcio
- Concentración de alginato de sodio

Variables dependientes

- Características fisicoquímicas

Tercera etapa (formulación del yogur tipo griego con cápsulas)

Variables independientes

- Tipos de cápsulas

Variables dependientes

- Características fisicoquímicas
- Características sensoriales
- Características microbiológicas

3.3.2. Operacionalización de las variables

En la Tabla 3, 4 y 5 se muestran las variables con sus respectivas dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos.

Tabla 3. Diseño y operacionalización de variables, primera etapa.

Variables Independientes	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumentos
Concentración de edulcorante	Relación de edulcorante (1:1)	<ul style="list-style-type: none"> • Fruta del monje 60g • Eritritol 60g 	<ul style="list-style-type: none"> • Gravimétrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Adisak, (2021)
Variables dependientes	Fisicoquímicas	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos solubles (°Brix) • Acidez • pH • Actividad antioxidante 	<ul style="list-style-type: none"> • Refractometría • Volumetría • Potenciometría • Espectrofotometría 	<ul style="list-style-type: none"> • AOAC 932.12 • AOAC 942.15 • AOAC 981.12 • Lui et al. (2014)

Tabla 4. Diseño y operacionalización de variables, segunda etapa.

Variables Independientes	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumentos
Encapsulación inversa	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración encapsulante • Concentración envolvente 	<ul style="list-style-type: none"> • Gluconolactato cálcico 4%, 5% + Goma xantana 0,4% + Gel de mora con fresa. • Alginato de sodio (0,75%) por 60s, 120s. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gravimetría 	<ul style="list-style-type: none"> • Garrido, (2020).
Variables dependientes				
	Fisicoquímicas	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza de ruptura 	<ul style="list-style-type: none"> • Texturómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Garrido, (2020).

Tabla 5. Diseño y operacionalización de variables, tercera etapa.

Variables Independientes	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumentos
Tipos de cápsulas	T1 (yogur griego con capsulas, 4% por 60s).	Porcentaje	Gravimetría	Garrido, (2020).
	T2 (yogur griego con capsulas, 4% por 120s).			
	T3 (yogur griego con capsulas, 5% por 60s).			
	T4 (yogur griego con capsulas, 5% por 120s).			
Variables Dependientes				
Calidad del yogur griego con la adición de cápsulas	Fisicoquímicas	<ul style="list-style-type: none"> • Grasa total • Actividad antioxidante • Proteína total • Acidez • pH 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerber • Espectrometría • Kjeldahl • Titulación ácido-base • Potenciometría 	<ul style="list-style-type: none"> • AOAC 989.05 • Lui et al. (2014) • AOAC 991.20 • AOAC 947.05 • AOAC 981.12
	Sensoriales	<ul style="list-style-type: none"> • Sabor • Color • Olor • Textura • Aceptabilidad general 	Pruebas de aceptación con escala hedónica	<ul style="list-style-type: none"> • Benavides, (2025)
	Microbiológico	<ul style="list-style-type: none"> • Mohos y levaduras • Coliformes totales • <i>E. coli</i> 	Recuento microbiológico en superficie en placas Petrifilm	<ul style="list-style-type: none"> • AOAC 997.02 • AOAC 991.14

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Métodos

3.4.1.1. Elaboración del gel de mora con fresa

La elaboración del gel se realizó siguiendo la metodología de Sangama y Kung, (2023), la cual se indica a continuación.:

1. Selección: Se realizó una inspección visual para separar y eliminar frutos con signos de senescencia o daños físicos.
2. Pesado: El proceso de pesado se llevó a cabo utilizando balanzas gramera (marca Metter Toledo).
3. Lavado: Las frutas fueron lavadas con agua potable y desinfectadas mediante una solución de ácido acético 1-2% (vinagre) durante 10 minutos, seguido de enjuague con agua potable.
4. Pulpeado: Extracción mecánica de la pulpa mediante la licuadora marca Oster y su filtrado con un colador para asegurar la ausencia de semillas y resto de cáscaras.
5. Precocción: Tratamiento término a temperatura 85°C durante 15 minutos para facilitar la hidrólisis de la pectina natural.
6. Cocción: La cocción se realizó en una olla a 105°C hasta alcanzar los grados 26 °Brix deseados.
7. Adición del edulcorante: Una vez reducido el volumen en un tercio durante la cocción, se agregó el 50% del edulcorante calculado.
8. Adición de pectina: Se integro la pectina indicada en la formulación con el resto del edulcorante fruta del monje, manteniendo la agitación constante.
9. Envasado: Se realizó a una temperatura de 85°C. utilizando envase de vidrio de 1000 ml.
10. Enfriado: Se debe enfriar de manera rápida.
11. Almacenado: Se almaceno a una temperatura de refrigeración (4°C) en un lugar fresco, limpio.

En la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración del gel de mora con fresa:

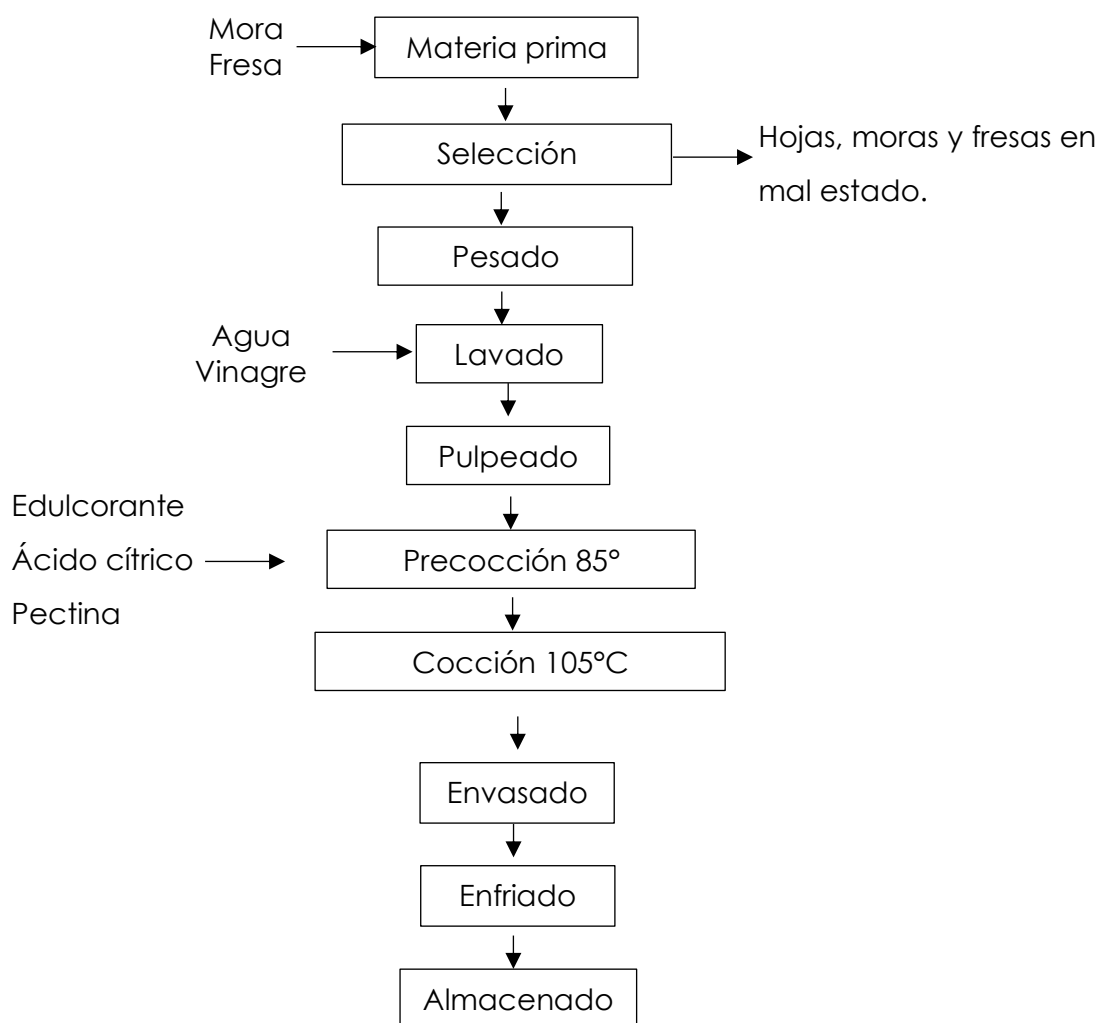


Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración del gel de mora con fresa.
Fuente: Sangama y Kung, (2023).

3.4.1.2. Elaboración de cápsulas de gel de mora por el método inverso

Para realizar la esferificación inversa del gel de mora con fresa, se consideró la metodología de Garrido, (2020). A continuación, se describe paso a paso la elaboración de la esferificación inversa.:

1. Pesado y formulación: Se utilizó una balanza analítica (marca Boeco Germany), para dosificar gluconolactato de calcio (4% - 5%) y goma xantana (0,4%). Para el baño envolvente, se pesó alginato de sodio al 0,75% p/v.
2. Preparación del baño de alginato (Solución Envolvente): Disolución del alginato de sodio (0,75), en agua destilada mediante agitación mecánica.

3. Desaireación y Reposo: La solución se dejó reposar para la eliminación de burbujas de aire atrapadas y la sedimentación de partículas insolubles.
4. Preparación de la matriz (mezcla de encapsulación): Integración del gel de mora y fresa 100 gramos con el gluconolactato de calcio (5%-4%) y la goma xantana (0,4%) mediante agitación constante.
5. Esferificación (inmersión): Goteo controlado de la matriz cargada de calcio sobre el baño de alginato utilizando una jeringa de apertura de 10 mm.
6. Gelificación iónica (tiempo de reacción): Las esferas permanecieron sumergidas entre 60 y 120 segundos, tiempo en el cual los iones de calcio (Ca^{2+}) reaccionan con las cadenas de alginato formando la membrana externa.
7. Lavado: se lavó con de agua destilada para eliminar el exceso de reactivos y detener la polimerización superficial.
8. Almacenamiento: Se almaceno a una temperatura de refrigeración (4°C) hasta su uso.

En la Figura 4, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de cápsulas:

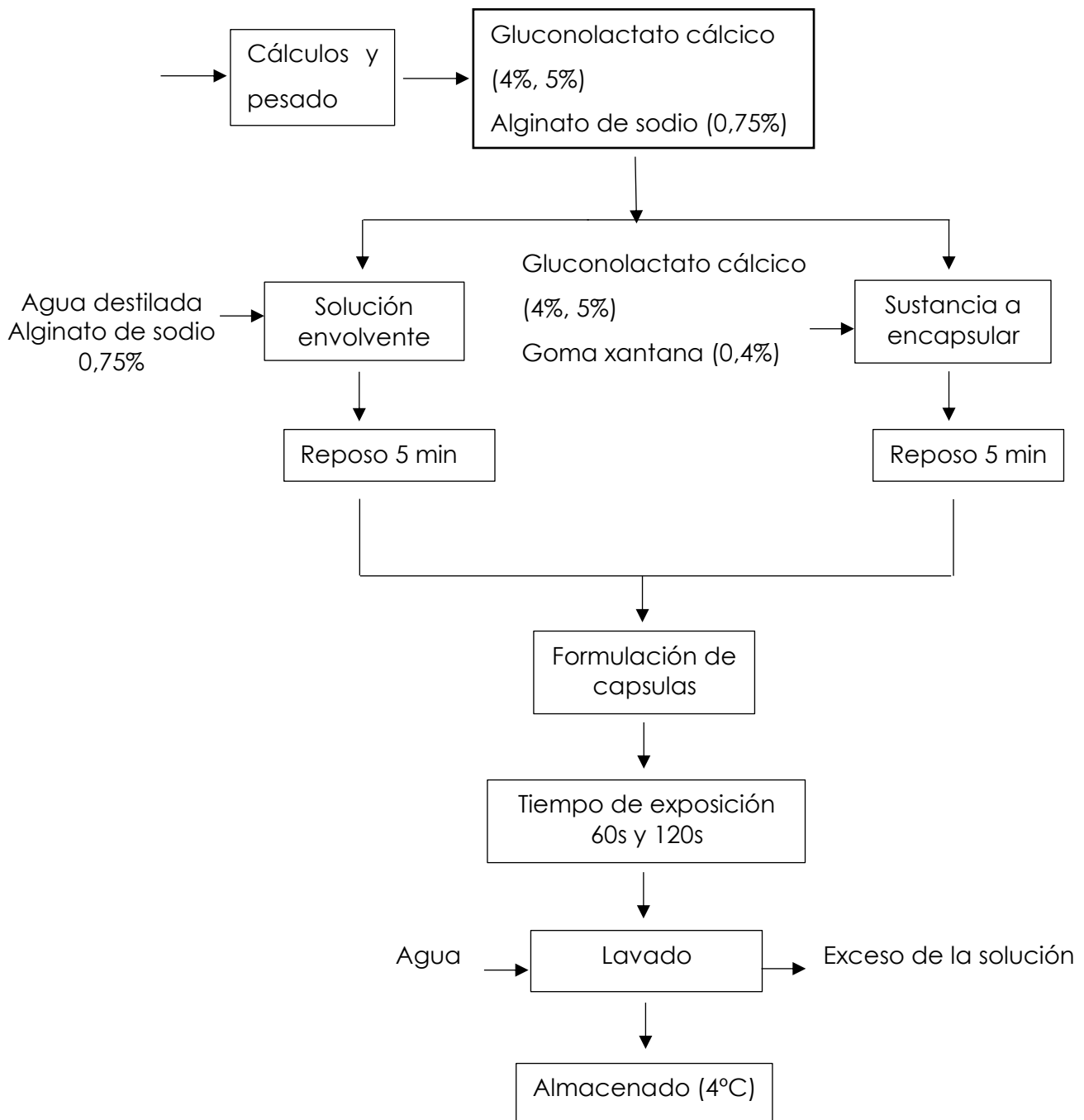


Figura 4. Diagrama de flujo de obtención de la esferificación inversa del gel de mora con fresa.
Fuente: Garrido, (2020).

3.4.1.1 Actividad funcional

Preparación de la muestra

Se utilizaron 5 gramos de muestra pesada en una balanza analítica, (marca Boeco Germany), posteriormente se agregó 25 ml de metanol, se filtró para su uso.

Determinación de la capacidad antioxidante por el método de DPPH

Se realizó la determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH, de acuerdo al protocolo de Lui (2014), lo cual se describe a continuación.:

1. Preparación de la Solución de DPPH:

- Se preparó una solución de DPPH a una concentración de 100 µM utilizando metanol como solvente.

2. Preparación del control y blanco:

- Control (absorbancia control): Se preparó el control 100 µL de metanol con 1000 µL del DPPH.
- Blanco (absorbancia blanca): Se utilizó metanol como estándar de referencia.

3. Determinación de la absorbancia (absorbancia muestra):

- Para cada concentración de muestra evaluada, se mezclan 100 µL de la solución de la muestra con 1000 µL de la solución de DPPH.
- Las mezclas se mantuvieron en reposo y en oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente para alcanzar el equilibrio térmico y químico. Posteriormente, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 517 nm mediante un espectrofotómetro, (marca Lovibond RS232).

Cálculo del porcentaje de actividad antioxidante: El porcentaje de captación de radicales libres se calculó mediante la siguiente ecuación:

Fórmula:

$$RAT = \frac{A_{control} - A_{muestra}}{A_{control}} * 100$$

Donde:

- RAT: Absorbancia
- A blanco: Es la absorbancia (metanol).
- A muestra: Es la absorbancia de la muestra en el sistema reactivo (muestra + DPPH) después de 30 minutos de reacción.
- A control: Es la absorbancia final de la muestra (metanol + DPPH)

3.4.2. Características fisicoquímicas

3.4.2.1. Determinación de sólidos solubles (°Brix)

La determinación de sólidos solubles (°Brix), utilizando un refractómetro, (marca RNBN-90ATC), siguiendo el método oficial AOAC 923,12 AOAC, (2016).

Para llevar a cabo esta medición, se colocó una gota de la muestra sobre el prisma del refractómetro, lo cual contaba con una escala de medición de 0 al 90% y se cerró la tapa del equipo con precaución para asegurar una lectura uniforme. El procedimiento se ejecutó con el fin de cuantificar la concentración de sólidos solubles del producto final.

3.4.2.2. Determinación de acidez

La acidez titulable se determinó mediante titulación ácido-base, siguiendo el método oficial AOAC 942.15 AOAC (2016).

Para ello, se pesaron 10 gramos de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml y se añadieron 10 ml de agua destilada, junto con 3 gotas de fenolftaleína como indicador. La mezcla se agitó hasta su completa homogeneización y se tituló lentamente con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,101 N, gota a gota, hasta observar el color un tono rosa persistente por 30 segundos, indicativo del punto final de la titulación. El procedimiento se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula:

$$\% \text{ Acidez titulable} = \frac{(\text{NaOH consumido} * \text{Normalidad} * \text{Coeficiente láctico})}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Donde:

El coeficiente ácido láctico = 0,09

NaOH consumido de cada muestra ml.

0,101N = Valor de NaOH estandarizado

P.m. = Peso de la muestra en gramos.

3.4.2.3. Determinación de pH

El pH de la muestra se determinó mediante potenciómetro, (marca Mettler Toledo, modelo siete multi), conforme al método oficial AOAC 981.12 AOAC, (2016).

Para la medición, se añadieron 10 gramos de la muestra en un vaso de precipitación de 100 ml junto con 90 ml de agua destilada, agitando la mezcla con una varilla de

vidrio hasta su completa homogeneización. Posteriormente, se filtraron 25 ml de la solución y se introdujo el sensor del potenciómetro, previamente calibrado con la solución buffer, para registrar su valor medido por el equipo. Los datos obtenidos se registraron de forma inmediata tras la estabilización de la lectura en el instrumento.

3.4.2.4. Determinación de grasa total

El contenido de grasa se empleó por el método de Gerber, conforme al método oficial AOAC 989.05 AOAC, (2016), lo cual se detalla a continuación.:

Se colocó 5 ml de muestra a un butirómetro para yogur, al cual se adicionaron 5 ml de agua destilada, 10 ml de ácido sulfúrico al 90% y 1 ml de alcohol isoamílico. La mezcla se agito cuidadosamente y se sometió a un proceso de centrifugación durante 5 minutos, seguido de un tratamiento térmico en baño maría a 65°C por 5 minutos. Finalmente, se cuantifico el porcentaje de grasa mediante la lectura en el butirómetro, observando la separación entre la grasa y ácido.

3.4.2.5. Determinación de proteína total

La determinación de proteína se la realizo mediante el método de Kjeldahl, de acuerdo con el método oficial de la AOAC 991.20 AOAC, (2016).

El procedimiento experimental comenzó con el pesado de la muestra, donde se mide con precisión de 1 a 2 g de yogur griego homogéneo en un matraz Kjeldahl, registrando el peso exacto. Luego, en la etapa de digestión, se añaden 10 - 15 mL de ácido sulfúrico concentrado y 1 pastilla de Kjeldahl a la muestra, que se calienta gradualmente hasta obtener una solución clara y verde, indicando la completa destrucción de la materia orgánica, y se deja enfriar. En la fase de destilación, se añaden lentamente 30 a 40 mL de hidróxido de sodio al 40%, liberando amoníaco (NH₃) que se destila y captura en un frasco con 25 mL de ácido bórico al 4% con indicador Shiro Tashiro y alcanzar un volumen 150 ml. Posteriormente, el destilado se somete a titulación con una solución estándar de HCl o H₂SO₄ 0.1 N hasta que el color del indicador cambia de verde a rosado, registrando el volumen de ácido utilizado para los cálculos. El valor obtenido representa el contenido total de nitrógeno. Este valor se multiplica por el valor 6,38 para obtener el contenido total de la proteína.

Fórmula:

$$\% \text{ nitrógeno} = \frac{N * 1,4 * (V1 - V0)}{P \text{ muestra}}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de nitrogeno calculado} * F$$

Donde:

$N = 0,10139$ estándar

P.m. = Peso de la muestra en gramos

F = Factor de conversión valor 6,38 establecido según la norma INEN 0016 (1984).

V1 = Volumen de HCL consumido

V2 = Volumen de HCL consumido del blanco

3.4.2.6. Determinación de la dureza

La determinación de la fuerza de ruptura de las capsulas se las determinó por la metodología empleada por Garrido, (2020), lo cual se describe a continuación.:

La medición de dureza en las esferas/cápsulas se realizó utilizando un textuometro (marca Brookfield Ametek CTX), se aplicó un pin de fuerza de 1 kg, presión de 5 gramos, velocidad de 2 mm/s y una penetración de 3 mm en la cápsula, para medir la resistencia a la deformación.

3.4.3. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante un panel sensorial no entrenado conformado por 70 personas, seleccionadas de manera aleatoria. La evaluación se llevó a cabo en el laboratorio sensorial bajo condiciones controladas de iluminación blanca y temperatura ambiente, con el fin de minimizar la influencia de factores externos durante la prueba.

Se aplicó una prueba aceptación mediante el uso de una escala hedónica, para evaluar el grado de aceptabilidad del gel de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Frafaria x ananassa*) encapsulado y adicionado a un yogur tipo griego. Se evaluaron cinco tratamientos, los cuales fueron presentados en vasitos de plástico PET tamaño 3 onzas, codificados con números aleatorios de tres dígitos y ordenados de manera aleatoria, las muestras utilizadas fueron de 25 gramos, servidas a temperaturas de 4°C. Se utilizó pan blanco y agua purificada como neutralizadores de sabor.

Durante la evaluación, los panelistas calificaron los atributos sensoriales de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general, utilizando una escala hedónica de siete puntos, donde 1 corresponde a (me disgusta mucho) y 7 a (me gusta mucho). La escala de valores empleada se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Escala de valores de aceptabilidad.

Escala Hedónica	Puntaje
Me gusta mucho	7
Me gusta poco	6
Me gusta	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta	3
Me disgusta poco	2
Me disgusta mucho	1

3.4.4. Análisis microbiológico

Los parámetros microbiológicos realizados al yogur tipo griego con la adición de cápsulas fueron realizadas de acuerdo con la metodología AOAC, mohos y levaduras AOAC 997.02, coliformes totales y *Escherichia coli* AOAC 991.14, de acuerdo al siguiente procedimiento.:

Se preparo agua peptonada, disolviendo 15 gramos en 1000 ml de agua destilada, para la preparación de la muestra madre se agregó 10 gramos de muestra y se mezclaron con 90 ml de agua peptonada, en una funda ziplock de alta densidad. Se homogenizó a 230 revoluciones por 60 segundos en el Stomacher (marca Seward). Para la dilución 10^{-1} se tomó 1 ml de la muestra madre y 9 ml de agua peptonada en un tubo de ensayo, se llevó al vortex para homogeneizar la muestra, posteriormente se tomó 1 ml de la muestra del tubo de ensayo y se sembró en placas Petrifilm. finalmente, las placas se incubaron a condiciones específicas de acuerdo al microorganismo, mohos y levaduras a 25°C durante 120 horas, *E. coli* y coliformes totales a 36°C durante 48 horas.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1. Diseño experimental (gel de mora con fresa)

Se utilizo un diseño de comparación simple, un factor con dos niveles.

Factor

Tipo de edulcorante

Niveles

- Fruta del moje 60g
- Eritritol 60g

En la Tabla 7, se observó el tratamiento su descripción.

Tabla 7. Elaboración de gel de mora y fresa.

Tratamiento	Descripción
Tipo de edulcorante	Fruta del monje 60g Eritritol 60g

3.5.2. Diseño experimental (encapsulación del gel de mora y fresa)

Se utilizó un diseño factorial de 2^2 , correspondiente a la combinación de dos factores, con dos niveles, obteniéndose un total de 4 tratamientos, cada uno con tres repeticiones por tratamiento, lo que dio un lugar a 12 unidades experimentales.

El factor A correspondió a la concentración del agente encapsulante (gluconolactato de calcio) y el factor B al tiempo de exposición en la solución envolvente (alginato de sodio).

Factor A

- Concentración encapsulante

Niveles

- Gluconolactato de calcio 4%, Goma xantana 0,4%, Gel de mora y fresa.
- Gluconolactato de calcio 5%, Goma xantana 0,4%, Gel de mora y fresa.

Factor B

- Concentración envolvente

Niveles

- Alginato de sodio (0,75%) por 60s
- Alginato de sodio (0,75%) por 120s

En la Tabla 8, se observó los tratamientos y su descripción.

Tabla 8. Encapsulación del gel de mora y fresa endulzada con edulcorante no calórico, con propiedades antioxidantes.

Tratamientos	Interacción	Descripción
T0	Control	Gel de mora y fresa 0% + Gluconolactato cálcico al 0%, Goma xantana 0% + alginato de sodio 0% + tiempo de exposición 0s
T1	A1, B1	Gel de mora y fresa + Gluconolactato cálcico al 4%, Goma xantana 0,4% + alginato de sodio 0,75% + tiempo de exposición 60s.
T2	A1, B2	Gel de mora y fresa + Gluconolactato cálcico al 4%, Goma xantana 0,4% + alginato de sodio 0,75% + tiempo de exposición 120s.
T3	A2, B1	Gel de mora y fresa + Gluconolactato cálcico al 5%, Goma xantana 0,4% + alginato de sodio 0,75% + tiempo de exposición 60s.
T4	A2, B2	Gel de mora y fresa + Gluconolactato cálcico 5%, Goma xantana 0,4% + alginato de sodio 0,75% + tiempo de exposición 120s.

Características de los tratamientos

- **Número de tratamientos:** cuatro (4)
- **Número de repetición:** tres (3)
- **Numero de tratamientos totales:** doce (12)

3.5.3. Diseño experimental (formulación del yogur griego con cápsulas)

Se utilizo un diseño de comparación simple, un factor con cuatro niveles.

Factor

Tipos de cápsulas

Niveles

- Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 4% por 60s de exposición.
- Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 4% por 120s de exposición.
- Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 5% por 60s de exposición.
- Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 5% por 120s de exposición.

En la Tabla 9, se observó los tratamientos y la descripción de cada tratamiento.

Tabla 9. Yogur griego con cápsulas

Tratamiento	Descripción
Tipo de cápsula	Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 4% por 60s de exposición
Tipo de cápsula	Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 4% por 120s de exposición
Tipo de cápsula	Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 5% por 60s de exposición
Tipo de cápsula	Yogur griego con cápsulas de gluconolactato calcio 5% por 120s de exposición

Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia, con el fin de determinar la aplicación de pruebas paramétricas o no paramétricas. La normalidad se comprobó utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, la homocedasticidad se verificó por la prueba de Levene y la independencia de los residuos se evaluó a través de Durbin-Watson.

Cuando los datos cumplen con los supuestos estadísticos, se aplicó un análisis de varianza ANOVA para identificar diferencias significativas entre los tratamientos y la comparación de medias se realizó mediante la prueba post hoc de Tukey. En los casos en que los datos no cumplieron con los supuestos establecidos, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se utilizó un nivel de significancia del 95% de confianza y 5% de margen de error. Los resultados se presentaron como la media de 3 determinaciones \pm desviación estándar.

3.6. FORMULACIÓN

En la Tabla 10 y 11, se presentan las formulaciones para la preparación del gel de mora con fresa y para la preparación del yogur tipo griego.

Tabla 10. Elaboración del gel de mora con fresa endulzada con edulcorante no calórico con propiedades antioxidantes.

Formulación base	Gramos	Porcentaje
Pulpa mora	750 gramos	33,40%
Pulpa fresa	600 gramos	26,72%
Agua	750 gramos	33,40%
Pectina cítrica	23 gramos	1,02%
Sorbato de potasio	2 gramos	0,09%
Ácido cítrico	0,5 gramos	0,02%
Edulcorante fruta del monje	120 gramos	5,35%
Total		100%

Formulación previa a la preparación del yogur tipo griego

Tabla 11. Elaboración del yogur tipo griego.

Formulación base	Gramos	Porcentaje
Leche entera	500 gramos	93,4558%
Leche en polvo	15 gramos	2,8037%
Azúcar	20 gramos	3,7382%
Cultivo	0,0123 gramos	0,0023%
Total		100%

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Características fisicoquímicas del gel de mora con fresa

En la Tabla 12, se muestran los valores obtenidos de las características fisicoquímicas del gel de mora con fresa, donde se observa que el pH fue de $3,41 \pm 0,02$ y la capacidad antioxidante de $54 \pm 0,2$ %.

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos del gel de mora con fresa.

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	%	$3,41 \pm 0,02$
°Brix	%	$26 \pm 0,58$
Acidez	%	$0,68 \pm 0,01$
Capacidad antioxidante	%	$54 \pm 0,2$

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones \pm la desviación estándar.

4.1.2 Características fisicoquímicas de las cápsulas del gel de mora con fresa

4.1.1.1. Determinación de dureza de las cápsulas del gel de mora con fresa

En la Tabla 13, se presentan los valores registrados de las medias de la determinación de dureza (ruptura de cápsulas) de los diferentes tratamientos, del yogur tipo griego con la adición de cápsulas. Se evidencia diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), indicando que la formulación de las cápsulas influyo significativamente en la resistencia a la ruptura. El tratamiento (T4) presentó la mayor dureza ($31,95 \pm 0,09$ g/F). El tratamiento (T1), registró el menor valor ($14,69 \pm 0,07$ g/F), mostrando diferencias significativas entre sí.

Se observa una tendencia decreciente de la resistencia a la ruptura desde el tratamiento (T1), hasta el tratamiento (T4).

Tabla 13. Resistencia de ruptura de las cápsulas.

Tratamiento	Resultado	Unidad	Rango
T0	0,0 ± 0,0	g/F	--
T1	14,69 ± 0,05	g/F	D
T2	18,89 ± 0,13	g/F	C
T3	22,58 ± 0,11	g/F	B
T4	31,95 ± 0,09	g/F	A

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones ± la desviación estándar.

4.1.3. Análisis fisicoquímicos del yogur tipo griego con las cápsulas

4.1.3.1. Análisis de pH

En la Tabla 14, se presentan los valores del pH de los diferentes tratamientos, del yogur tipo griego con la adición de cápsulas. Se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, cuando se comparan con el control (T0), ($p < 0,05$), indicando que la adición de cápsulas influyó significativamente en el pH del yogur tipo griego. El tratamiento control (T0) presentó el mayor valor de pH ($4,47 \pm 0,02$). El tratamiento (T3) registró el menor pH ($4,22 \pm 0,02$). Los tratamientos (T2) y (T4) presentaron un pH de ($4,29 \pm 0,02$) y ($4,27 \pm 0,02$), sin diferencias estadísticamente significativas entre sí.

Se observó una tendencia decreciente del pH conforme se incrementa las concentraciones de las cápsulas, ya que el tratamiento control (T0) presentó el pH más alto, mientras que los tratamientos con capsulas mostraron valores progresivamente menores.

Tabla 14. Parámetro pH del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.

pH	Unidad	Resultado	Rango
T0	%	4,47 ± 0,02	A
T1	%	4,25 ± 0,01	BC
T2	%	4,29 ± 0,03	B
T3	%	4,22 ± 0,02	C
T4	%	4,27 ± 0,01	B

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones ± la desviación estándar.

4.1.3.2. Análisis de acidez

En la Tabla 15, se presentan los valores promedios de la acidez de los diferentes tratamientos, del yogur tipo griego con la adición de cápsulas. Se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), indicando que la adición de cápsulas influyó significativamente en la acidez del yogur tipo griego. El tratamiento

(T1) presento mayor acidez ($1,03 \pm 0,01$) y el tratamiento (T2) registro el menor valor ($0,91 \pm 0,01$), siendo significativamente diferente de los demás tratamientos.

Tabla 15. Parámetro acidez del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.

Acidez	Unidad	Resultado	Rango
T0	%	$0,96 \pm 0,01$	C
T1	%	$1,03 \pm 0,01$	A
T2	%	$0,91 \pm 0,02$	D
T3	%	$1,00 \pm 0,01$	B
T4	%	$1,02 \pm 0,01$	AB

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones \pm la desviación estándar.

4.1.3.3. Grasa total

En la Tabla 16, se presentan los valores del contenido de grasa total de los diferentes tratamientos, del yogur tipo griego con la adición de cápsulas. Se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), cuando se comparan con el tratamiento control (T0), lo que indica que la adición de cápsulas influyo significativamente en el contenido de grasa total. El tratamiento control (T0) presentó el mayor valor de grasa total ($4,81 \pm 0,01$), siendo significativamente diferente de los demás tratamientos. El tratamiento (T2) registro el menor contenido ($4,50 \pm 0,01$).

Tabla 16. Parámetro materia grasa del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.

Grasa total	Unidad	Resultado	Rango
T0	%	$4,81 \pm 0,01$	A
T1	%	$4,60 \pm 0,01$	C
T2	%	$4,50 \pm 0,01$	D
T3	%	$4,66 \pm 0,01$	B
T4	%	$4,57 \pm 0,01$	C

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones \pm la desviación estándar.

4.1.3.4. Proteína total

En la Tabla 17, se presentan los valores promedios de la proteína total de los diferentes tratamientos, del yogur tipo griego con la adición de cápsulas. Se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), cuando se comparan con el tratamiento control (T0), lo que indica que la adición de cápsulas influyo significativamente en el contenido de proteína total del yogur tipo griego. El tratamiento control (T0) presento el mayor valor de proteína ($7,34 \pm 0,07$), siendo significativamente diferente de los tratamientos. El tratamiento (T4) registro el valor más bajo ($6,97 \pm 0,10$).

Tabla 17. Proteína del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.

Proteína Total	Unidad	Resultado	Rango
T0	%	7,34 ± 0,07	A
T1	%	7,18 ± 0,03	AB
T2	%	7,09 ± 0,02	BC
T3	%	7,02 ± 0,06	C
T4	%	6,97 ± 0,10	C

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones ± la desviación estándar.

4.1.3.5. Capacidad antioxidante del yogur tipo griego con las cápsulas

En la Tabla 18, se presentan los valores de la capacidad antioxidante de los diferentes tratamientos, del yogur tipo griego, con la adición de cápsulas. Se evidencia diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que indica que la adición de cápsulas influyó significativamente en la capacidad antioxidante del yogur tipo griego. El tratamiento (T4), presentó el mayor valor ($35,80 \pm 0,8$). El tratamiento control (T0), mostro el menor valor ($10,78 \pm 0,08$).

Se observó una tendencia creciente de la capacidad antioxidante desde el tratamiento control (T0), hacia los tratamientos con cápsulas.

Tabla 18. Capacidad antioxidante del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.

Tratamiento	Resultado	Unidad	Rango
T0	10,78 ± 0,8	%	E
T1	27,40 ± 0,08	%	D
T2	29,80 ± 0,08	%	C
T3	32,10 ± 0,08	%	B
T4	35,80 ± 0,08	%	A

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones ± la desviación estándar.

4.1.4. Análisis sensorial de las cápsulas en el yogur tipo griego.

En la Tabla 19, se indican los resultados del análisis sensorial de los 5 tratamientos de yogures con la adición de cápsulas.

Se evidenciaron que los atributos color, olor, sabor y aceptabilidad general no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), mostrando una valoración homogénea con calificaciones de 6 en todos los parámetros. Indicando que la adición de cápsulas no influyó significativamente en la percepción de los parámetros color, olor, sabor y aceptabilidad general. El atributo textura mostró diferencia estadísticamente significativa con respecto al tratamiento

control (T0), ($p < 0,05$). Los tratamientos con adición de cápsulas alcanzaron la calificación más alta (6), sin diferencias estadísticas entre ellos, mientras que el tratamiento control (T0), presentó la puntuación más baja (4) en el parámetro textura, evidenciando que la presencia de cápsulas mejora significativamente la percepción en la textura del yogur tipo griego.

Tabla 194. Análisis sensorial calificaciones.

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
T0/423	6A	6A	6A	4B	6A
T1/487	6A	6A	6A	6A	6A
T2/532	6A	6A	6A	6A	6A
T3/315	6A	6A	6A	6A	6A
T4/278	6A	6A	6A	6A	6A

Los valores presentados corresponden al promedio de 3 determinaciones \pm la desviación estándar.

4.1.5. Análisis microbiológico

En la Tabla 20, se presentan los valores de la carga microbiana de *Coliformes totales*, *E. coli* y *Mohos y Levaduras* de los diferentes tratamientos, del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.

Tabla 20. Análisis microbiológico del yogur tipo griego con la adición de cápsulas.

Parámetro	Resultados					Unidades	Referencia	Rango
	T0	T1	T2	T3	T4			
<i>Coliformes totales</i>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g	NTE INEN ISO 1529-7	m=10 M=100
<i>Escherichia coli</i>	Estimado $<1,0 \times 10^1$	Estimado $<1,0 \times 10^1$	Estimado $<1,0 \times 10^1$	Estimado $<1,0 \times 10^1$	Estimado $<1,0 \times 10^1$	UFC/g	NTE INEN ISO 1529-8	m=<1 M=--
<i>Mohos y levaduras</i>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g	NTE INEN ISO 1529-10	m=200 M=500

Se observa una incidencia en coliformes totales, mohos y levaduras con una carga menor a 10 UFC/g y una carga estimada a $<1,0 \times 10^1$ de *Escherichia coli*.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Elaboración del gel de mora con fresa

4.2.1.1 Análisis fisicoquímicas del gel de mora con fresa

Los valores de los parámetros fisicoquímicos pH, acidez, y °Brix del gel de mora con fresa, están en el rango aceptable, establecido por la norma INEN 2825:2013, los resultados obtenidos en la investigación son similares a los encontrados por Gamarra y Rosales, (2023), quienes determinaron un pH de 3,30, acidez de 0,7 y °Brix de 22,5, en la mermelada de fresa con edulcorantes naturales.

Estos resultados no afectan las características fisicoquímicas del producto, un pH ácido de 3 a 3,5 es positivo, ya que limita el crecimiento de microorganismos deteriorantes, contribuyendo a una mayor estabilidad y vida útil del gel, así mismo, la acidez favorece su aceptación sensorial, el contenido de °Brix favorece a la gelificación de la pectina, dando lugar a un gel estable y aceptable para el consumidor (Muhammad, 2020).

4.2.1.2. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante del gel de mora con fresa obtenida en este estudio fue de 54%, siendo superior a lo reportado por Anwar et al. (2023), con un valor de 45,53%. El aumento de la capacidad antioxidante puede atribuirse a los compuestos fenólicos y antocianinas aportados de manera sinérgica por la mora y la fresa.

El valor de la capacidad antioxidante del gel de mora con fresa indica que tiene una actividad antioxidante mediana, de acuerdo a la clasificación realizada por Arguelles et al. (2011), indicando que valores mayores a 70% es alta, de 40% a 60% es mediana y menor a 40% es baja.

El aumento de la capacidad antioxidante se atribuye a la presencia de vitamina C y flavonoides provenientes de la fresa, además de compuestos fenólicos y antocianinas aportados por la mora, teniendo así una capacidad para neutralizar los radicales libres (Skrovankova et al., 2015).

La capacidad antioxidante del gel de mora con fresa es favorable, ya que hay presencia de compuestos bioactivos que ayudan a neutralizar los radicales libres y disminuir el estrés oxidativo. Este efecto se destaca por que el estrés oxidativo está relacionado con el desarrollo de enfermedades crónicas (Zorzi et al., 2020).

4.2.2. Análisis fisicoquímico de las cápsulas del gel de mora con fresa

4.2.2.1. Determinación de dureza de cápsulas

La determinación de la fuerza de ruptura de los tratamientos T1 al T4, evidencia que la variación en la concentración de gluconolactato y su tiempo de exposición en la solución de alginato de sodio, influyen directamente en la resistencia mecánica de las cápsulas. Se observó que la mejor resistencia de las cápsulas fue para el tratamiento 4. Este análisis es fundamental, ya que al evaluar la fuerza de ruptura permite determinar la capacidad de las cápsulas para mantener su integridad

estructural durante los procesos de manipulación, almacenado e incorporación final en el yogur tipo griego.

Los resultados obtenidos coinciden con lo planteado por Garrido (2020), quien utilizó lactato de calcio como material encapsulante, debido a su mayor resistencia inicial en comparación con aquellas elaboradas con gluconolactato de calcio. También se indica que el tiempo de exposición es un factor determinante en la dureza de las cápsulas. Los valores obtenidos confirman que el gluconolactato genera cápsulas con menor resistencia a un tiempo de exposición corto y el incremento en el tiempo de exposición mejora significativamente la dureza, alcanzando niveles óptimos de resistencia.

4.2.3. Análisis fisicoquímicos del yogur tipo griego con la adición de cápsulas

4.2.3.1. Análisis de pH

La determinación de pH del yogur tipo griego con la adición de cápsulas presentaron valores que se encuentran en el rango aceptable (4 - 4,6) establecido por la norma NTE INEN 2395. Estos resultados son similares a los de Cargua et al. (2025), quienes reportaron un rango de pH desde 4,61 a 4,66 en su investigación.

Esta disminución en el pH se atribuye a la composición de las cápsulas, específicamente por la presencia de compuestos como, ácido cítrico y ácido málico proveniente del gel de mora con fresa (Madushan et al., 2025).

4.2.3.2. Análisis de acidez

Los resultados de la acidez, demuestran que la adición de cápsulas no altera la acidez del yogur tipo griego, ya que se mantuvieron dentro del rango establecido por la norma NTE INEN 2395 y el CODEX Alimentarius, quienes indican valores entre (0,5 - 1,5 % de ácido láctico). Estudios como el de, Cargua et al. (2025), reportaron valores inferiores de acidez de 0,59 en su investigación.

Mis valores se deben a la acidez natural de las frutas del gel de mora y fresa, los cuales contienen ácidos orgánicos, además a la acidez del yogur producida durante la fermentación láctica, contribuyendo al valor final de la acidez titulable (Zhang y Zhou, 2022).

4.2.3.3. Grasa total

~~De acuerdo con los resultados en la tabla 12, el~~ Los resultados del contenido de grasa total del yogur tipo griego con la adición de cápsulas sus valores indican que cumplen con el requisito de la norma NTE INEN 2395 donde menciona el valor de 2,5% como mínimo. Estudios como el de, Cargua et al. (2025), reportaron valores similares en un rango de 4,23 a 4,55% en su investigación.

Según, Stravros et al. (2022), indicaron que el porcentaje del contenido de grasa se debe al proceso de concentración característico del yogur tipo griego, el cual implica la eliminación parcial del suero por centrifugación, provocando un incrementó de solidos totales y el contenido de grasa, además el tipo de leche como materia prima contribuye al contenido lipídico final del yogur griego. La adición de cápsulas no aporta grasa significativa, las frutas presentan un bajo contenido lipídico

4.2.3.4. Proteína total

Al analizar la proteína total del yogur tipo griego con la adición de capsulas sus resultados indican que cumple con lo establecido por la norma NTE INEN 2395, la cual exige un valor mínimo de 5,6% para esta categoría de producto, en mi estudio los valores evidencian que la proteína del yogur tipo griego se mantiene estable y no se ve alterada de forma significativa por la adición de las cápsulas. Estudios como el de Cargua et al. (2025), reportaron valores similares de proteína en un rango de 5,53 a 6,21% en su investigación.

Actualmente los consumidores tienen mayor interés en adquirir productos con alto valor nutricional, generando una mayor influencia en el desarrollo de productos que tengan contenido proteico de manera natural (André y Cardello, 2025).

4.2.3.5. Determinación de la capacidad antioxidante del yogur griego con cápsulas

Al analizar la capacidad antioxidante del yogur tipo griego sin la adición de cápsulas si presento capacidad antioxidante lo cual puede deberse al proceso de fermentación, donde las proteínas lácteas generen péptidos bioactivos, las bacterias ácido-láctico producen metabolitos con efecto antioxidante. Los tratamientos con la adición de cápsulas presentaron mayor capacidad antioxidante, lo cual se debe al aporte de compuestos bioactivos como fenólicos, antocianinas y vitamina C presentes en la mora y la fresa, además, el uso de cápsulas de gel fue fundamental, ya que actuaron como una barrera protectora frente a la acidez del yogur tipo

griego, reduciendo la degradación de estos compuestos y preservando su capacidad antioxidante (Barba-Ostria et al., 2024).

Los resultados obtenidos son superiores con los reportados por Alvarez et al. (2021), presentaron valores de capacidad antioxidante que estuvieron en un rango, de 20,42 - 23,34 en su investigación en yogur griego con frutos rojos comerciales, se demostró que la formulación del yogur tipo griego posee una mayor retención de compuestos bioactivos en el yogur griego, logrando superar el umbral de inhibición de radicales libres de los productos de mercado y consolidando así a este yogur tipo griego como una alternativa funcional de alta eficiencia antioxidante.

4.2.4. Evaluación sensorial

Durante el análisis sensorial, los cinco tratamientos evaluados presentaron una buena aceptabilidad general, con una escala de 6 (me gusta mucho) para los parámetros de color, olor, sabor y aceptabilidad, indicando que la adición de cápsulas no afectó significativamente las características sensoriales del producto.

En el parámetro de textura, se observó diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento control (T0) presento valor inferior 4 (ni me gusta ni me disgusta) en comparación a los demás tratamientos que presentaron calificaciones superiores en textura. El estudio de Li et al. (2021), sugieren que la presencia de cápsulas elaboradas con alginato de sodio favorece a la textura del yogur tipo griego, mejorando su viscosidad, cremosidad y mejorando su aceptabilidad general por los panelistas.

A pesar que los atributos evaluados a excepción de la textura no hubo modificación, se escoge al tratamiento (T4), indicando que es el más adecuado porque presenta mayor capacidad antioxidante (35,80%), mantiene características fisicoquímicas y sensoriales adecuadas, un pH y acidez equilibrados, sabor aceptable, valores de grasa y proteína dentro del requisitos de la norma y mayor resistencia a la ruptura, garantizando estabilidad tecnológica y un equilibrio entre funcionalidad y aceptación sensorial (Gutierrez, 2024).

4.2.5. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos del yogur tipo griego con la adición de las cápsulas, se realizaron conforme a los criterios establecidos por la normativa NTE INEN 2395 (2011). El recuento de mohos y levaduras, utilizado como indicador de deterioro y estabilidad microbiológica del producto durante el almacenamiento, presenta un límite

permisible de ≤ 500 UFC/g. Para coliformes totales, considerado indicadores de calidad higiénica, la norma establece un límite de ≤ 100 UFC/g. En el caso de *Escherichia coli*, microorganismo indicador de contaminación fecal y riesgo para la inocuidad alimentaria, la normativa establece que debe ser estimado a $<1,0 \times 10^1$.

En esta investigación los recuentos microbiológicos de mohos y levaduras, coliformes totales, fueron <10 UFC/g, valores muy por debajo de los límites establecido por la norma INEN vigente. Estos resultados evidencian adecuadas condiciones de higiene durante su proceso de elaboración, confirmando que el producto cumple con los criterios microbiológicos de inocuidad.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se elaboró un gel de mora con fresa, endulzado con edulcorante (fruta del monje + eritritol 1:1), con características fisicoquímicas adecuadas para su aplicación en productos lácteos (yogur tipo griego), donde destaca la reducción del contenido de azúcar sin afectar significativamente las propiedades del gel.
- La encapsulación iónica del gel permitió obtener cápsulas con adecuada resistencia para la protección de los compuestos antioxidantes de la degradación oxidativa, además de su utilización en un yogur tipo griego que permitió mantener la funcionalidad de la actividad antioxidante.
- El yogur tipo griego con cápsulas de mora y fresa presentó características fisicoquímicas y microbiológicas que cumplen con los parámetros establecidos por la NTE INEN 2395, de tal manera que adición de cápsulas del gel de mora y fresa, pueden ser utilizadas en procesos de innovación y desarrollo de alimentos funcionales como el yogur tipo griego debido a el enriquecimiento de compuestos antioxidantes y el uso de edulcorantes no calóricos.
- En el análisis sensorial, los penalistas no entrenados demostraron el mismo grado de aceptación por los yogures tipo griego sin la adición y con la adición de cápsulas, por lo tanto, el uso el gel de mora con fresa no afecta significativamente sus propiedades sensoriales.
- Utilizando las características fisicoquímicas se determinó que el tratamiento (T4), es el más adecuado para su consumo, además de que tiene la más alta capacidad antioxidante (35,80%).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la estabilidad fisicoquímica, sensorial y microbiológica del yogur tipo griego con la adición de cápsulas durante diferentes periodos de almacenamiento, para determinar su vida útil.
- Investigar cómo influye diferentes materiales y concentraciones de agentes encapsulantes.
- Evaluar el efecto de diferentes fuentes y concentraciones de calcio para la formación del gel y sus propiedades.
- Se recomienda realizar análisis reológicos al yogur tipo griego con la adición de las cápsulas.
- Evaluar cómo afecta la encapsulación en diferentes matrices alimentarias, su efecto en la vida útil y en la percepción de los consumidores.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adisak, A. (2021). *The use of stevia and monk fruit sweeteners for sugar replacement in green tea agar jellies*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/356922934>
- Aguirre, L., Cubillos, L., Tarazona-Díaz, M., & Rodríguez, L. (2019). *Efecto del tratamiento y tiempo de almacenamiento sobre los compuestos funcionales de subproductos de mora y fresa*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1169>
- Alarcón, L. S. S., & López, W. B. S. (2019). *Estudio del proceso de extracción de antocianinas a partir de frambuesa (Rubus idaeus L)*. *Ingeniería en Ciencia, Tecnología e Innovación*. <https://doi.org/10.26495/icti.v6i1.1081>
- Albarrán, A. (2023). *Encapsulación en la Industria de Alimentos*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio UAEMex. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/139859>
- Alemán Pozo, P. L. (2024). *Obtención del Extracto de Antocianinas de Arándanos como Antioxidante en la Crema de Yogurt Griego Bajo en Grasa*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Repositorio UPEC. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/2507>
- Álvarez, Gonzáles, Cano, Garcia, R., Falcón, & Rodríguez. (2021, agosto). *Actividad antioxidante en productos lácteos comerciales: yogurt griego*. *Jóvenes en la ciencia*. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/artic le/view/3287>
- André, E., & Cardello, F. (2025, 5 de enero). *Descubriendo las preferencias del consumidor: descriptores sensoriales que impulsan la aceptación y la innovación del yogur griego*. *Foods (MDPI)*. <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/1/130>
- Arguelles, L., Hernández, I., Mendez, D., & Mendez, P. (2011). *Evaluación de la capacidad antioxidante de alimentos procesados y bebidas*. *Revista Médica*

de la Universidad Veracruzana, 11(1).
<https://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2011/muv111e.pdf>

- Barba-Ostria, C., González, R., Castillo, F., Orestes, L., Zúñiga, J., & Guamán. (2024, 21 de noviembre). Propiedades bioactivas de las antocianinas microencapsuladas de *Vaccinium floribundum* y *Rubus glaucus*. *Moléculas*, 29(23). <https://doi.org/10.3390/molecules29235504>
- Cargua, M., López, S., & Erazo, F. (08 de 01 de 2025). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de formulaciones de yogur griego hipocalórico con mermelada de Kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Revista RENPYS*. <https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/RENPYS/article/view/1024/1515>
- Cruz, B. (2020). *Taxonomía Fresa | Gerber Curo*. uDocz. <https://www.udocz.com/apuntes/655292/fresa-pp>
- Gamarra, & Rosales. (04 de 2023). *Elaboración de jalea dietética a base de Piña*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5691
- Garrido Gutiérrez, F. M. (2020). *Elaboración de encapsulados de extracto de fruta milagrosa (*Synsepalum dulcificum*) como agente modificador del sabor*. [Tesis de grado]. Universidad de las Américas. Repositorio UDLA. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12192>
- Grande-Tovar, C., Araujo-Pabón, L., Flórez-López, E., & Aranaga-Arias, C. (2021). Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Informador Técnico*, 85(1). <https://doi.org/10.23850/22565035.2932>
- Herrera, M. (11 de 2011). *Efecto del uso de endulzantes en las características fisicoquímicas y sensoriales en el yogur griego*. [Tesis de grado]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Repositorio Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8aec54fb-462e-41fb-b28f-925c662f87dd/content>
- Herrera Maldonado, D. F. (2024). *Propuesta de coctelería creativa*. [Tesis de grado]. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Repositorio UNAB <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/28426>
- Jaramillo, J. (2025). *Fresa*. HerbaZest. <https://www.herbazest.com/es/hierbas/fresa>
- Kerly, C. (17 de 11 de 2023). Evaluación de la adición de pulpa de coco (*Cocos nucifera*) como fuente de fibra dietética en la calidad fisicoquímica y sensorial del yogur griego. [Tesis de maestría]. Universidad Técnica de Cotopaxi. Repositorio UTC. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5d7df549-04e9-46ac-b9f8-c98985641cba/content>

- Kumar, A. (2020). (PDF) Monk fruit (*Siraitia grosvenorii*)—Health aspects and food applications. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/339106844_Monk_fruit_Siraitia_grosvenorii_-_health_aspects_and_food_applications
- Organización Mundial de la Salud. (2025, 11 de octubre). La OMS recomienda aplicar medidas en todo el mundo para reducir el consumo de bebidas azucaradas y sus consecuencias para la salud. <https://www.who.int/es/news/item/11-10-2016-who-urges-global-action-to-curtailed-consumption-and-health-impacts-of-sugary-drinks>
- Lakanto. (2024). *Cómo el eritritol combina perfectamente con el monk fruit*. Copyright Saraya USA, Inc. DBA Lakanto. <https://www.lakanto.com/es/blogs/food-nutrition/erythritol-in-our-monk-fruit-sweetener>
- Li, H., Liu, T., Yang, J., Wang, R., Li, Y., Feng, Y., . . . Yu, J. (2021, diciembre). Efecto de un producto simbiótico microencapsulado sobre la microbiología, microestructura, propiedades texturales y reológicas del yogur batido. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112302>
- López, M., León Marcos, G. N., Toro, C., Simsek, S., & Maribel, O. (2025, 24 de febrero). Extracto de orujo de uva microencapsulado como ingrediente antioxidante añadido al yogur griego: estabilidad durante el almacenamiento y bioaccesibilidad in vitro. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40037046/>
- Madushan, R., Priyashantha, H., & Pelpolage, S. (2025, 1 de mayo). Incorporación de frutas o pulpa de frutas en yogures: avances recientes, desafíos y oportunidades. *Frontiers in Food Science and Technology*. https://www.frontiersin.org/journals/food-science-and-technology/articles/10.3389/frfst.2025.1581877/full?utm_source=chatgpt.com
- Martins, M. S., Gonçalves, A. C., Alves, G., & Silva, L. R. (2023). Blackberries and Mulberries: Berries with Significant Health-Promoting Properties. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15). <https://doi.org/10.3390/ijms241512024>
- Memete, A. R., Sărac, I., Teusdea, A. C., Budău, R., Bei, M., & Vicas, S. I. (2023). Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Several Blackberry (*Rubus* spp.) Fruits Cultivars Grown in Romania. *Horticulturae*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050556>
- Meyer, K. (2021). *Jebesen & Jessen Life Science—Goma Xantana*. Jj-lifescience. <https://jj-lifescience.de/es/productos/goma-xantana>

- Montañez, L. J. B. (2020). Cuantificación de azúcares reductores del sustrato en residuos de piña con el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico. *Revista de Investigación*, 13(1). <https://doi.org/10.29097/23461098.308>
- Organización panamericana de la Salud. (2023, 28 de agosto). Etiquetado frontal. <https://www.paho.org/es/temas/etiquetado-frontal>
- Ortiz-Romero, N., Ochoa-Martínez, L. A., González-Herrera, S. M., Rutiaga-Quiñones, O. M., & Gallegos-Infante, J. A. (2021). Avances en las investigaciones sobre la encapsulación mediante gelación iónica: Una revisión sistemática. *Tecnológicas*, 24(52). <https://www.redalyc.org/journal/3442/344268257001/html/>
- Rios, V., Pereira, P. A., Teixeira, T. R., Silva, T. L., Pio, R., & Queiroz, F. (2015, 3 de mayo). *Influencia del procesamiento sobre la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en gelatinas de diferentes cultivares de mora*. *International Journal of Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12819>
- Rojas, D. R. M. (2024, agosto 19). ¿Qué Efectos Provoca el Exceso de Azúcares en la Salud? *Diagnóstico* Rojas. <https://www.diagnosticorojas.com.ar/blog/salud/impacto-exceso-de-azucars-en-la-salud/>
- Rosales, P. (2024, 18 de septiembre). *El Consumo excesivo del azúcar en el Ecuador dispara la obesidad y diabetes*. *La Nota en Línea*. <https://lanotaenlinea.com/el-consumo-excesivo-del-azucar-en-el-ecuador-dispara-la-obesidad-y-diabetes/>
- Rosen, P. N. (2024, septiembre 4). *Cuál es la pequeña fruta llena de antioxidantes y vitamina C que alivia el dolor de las articulaciones*. *Infobae*. <https://www.infobae.com/salud/2024/09/04/cual-es-la-pequena-fruta-llena-de-antioxidantes-y-vitamina-c-que-alivia-el-dolor-de-las-articulaciones/>
- Sánchez, M. (2023). *Ventajas y desventajas de los edulcorantes artificiales*. *Mayo Clinic*. <https://www.mayoclinic.org/es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/artificial-sweeteners/art-20046936>
- Sangama, E. D., & Kung, C. A. L. L. (2023). Elaboración de jalea dietética a base de Piña. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5691
- Santiago. (2023, 4 de abril). *Mermelada Sin Azúcar: La Opción Saludable para tus Desayunos*. *Son de Vida*. <https://sondevida.mx/mermelada-sin-azucar-la-opcion-saludable-para-tus-desayunos/>

- Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., & Sochor, J. (2015). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10). <https://doi.org/10.3390/ijms161024673>
- Vallejo, A. (2021). *Capacidad conservante del ácido cítrico y sorbato de potasio utilizando dos tipos de empaques en la pulpa de guanábana (Annona muricata)*. [Tesis de grado]. Universidad Agraria del Ecuador. Repositorio UAE. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JUV%C3%8DN%20VALLEJO%20ARIANA%20ISABEL.pdf>
- Vicedo, J. M. (2021, septiembre 16). 7 avances Tecnológicos en la Industria Alimentaria. *AINIA*. <https://www.ainia.com/ainia-news/prospectiva-7-grandes-avances-tecnologia-alimentaria/>
- Zhang, Y., & Zhou, X. (2022, 28 de octubre). The health benefits of monk fruit and its metabolites. *Foods*, 11(21), 3408. <https://doi.org/10.3390/foods11213408>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del ABSTRACT por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: BENAVIDES GUZMÁN MAURO LEONARDO				
DATE: Miércoles, 28 de enero de 2026				
Topic: "Encapsulación de un gel elaborado a base de mora (<i>Rubus glaucus</i>) y fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) con edulcorante no calórico y propiedades antioxidantes para la utilización en un yogur griego"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	

Anexo 2. Fotografías



Figura 5. Elaboración del gel de mora con fresa.



Figura 6. Análisis pH del gel de mora con fresa.



Figura 7. Análisis acidez del gel de mora con fresa.

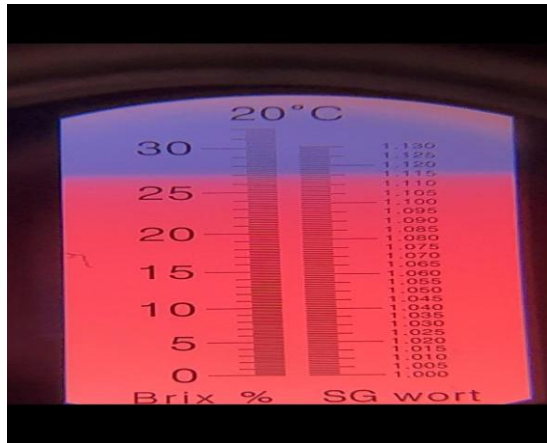


Figura 8. Análisis °Brix del gel de mora con fresa.



Figura 9. Capacidad antioxidante.

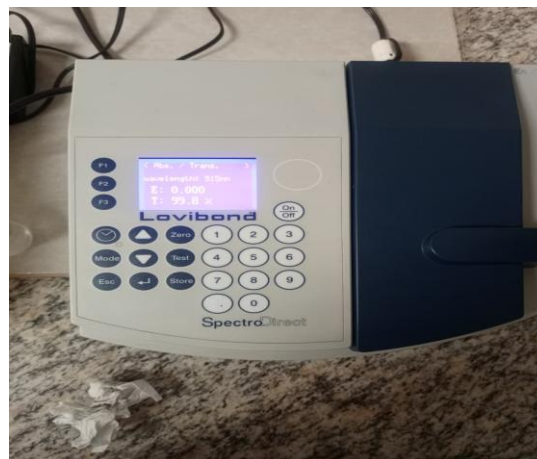


Figura 10. Medición de absorbancia.



Figura 11. Elaboración de las cápsulas.



Figura 12. Determinación de fuerza de ruptura.



Figura 13. Elaboración del yogur tipo griego.



Figura 14. Análisis pH del yogur tipo griego con cápsulas.

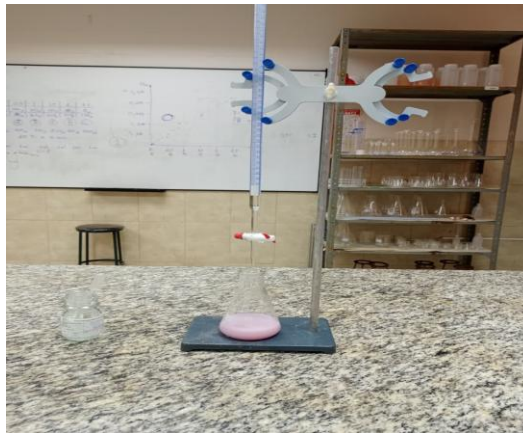


Figura 15. Análisis acidez del yogur tipo griego con cápsulas.



Figura 16. Análisis proteína total del yogur tipo griego con cápsulas.



Figura 17. Análisis grasa total del yogur tipo griego con cápsulas.

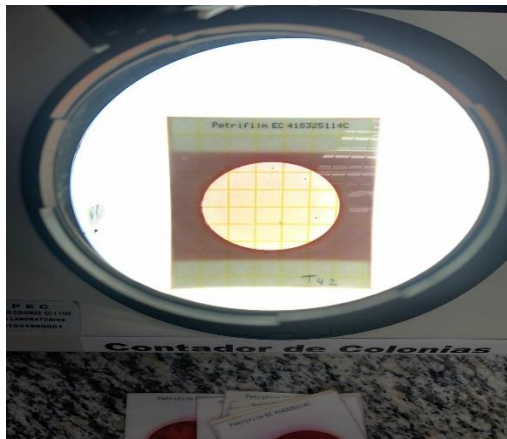


Figura 18. Análisis microbiológico del yogur tipo griego con cápsulas.



Figura 19. Análisis sensorial del yogur tipo griego con cápsulas.

Anexo 3. Ficha sensorial.



Universidad Politécnica
Estatal del Carchi

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y
CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTOS
FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL



**POLITÉCNICA
DEL CARCHI**

EDUCAMOS PARA TRANSFORMAR EL MUNDO

Producto: Yogur tipo griego, sin cápsulas y con la adición de cápsulas de gel de mora (*Rubus glaucus*) y fresa (*Fragaria x ananassa*).

Edad:

Sexo:

Fecha: 27/11/2025

Objetivo:

Determinar el grado de aceptación en los atributos, color, olor, sabor, textura y aceptación de 5 muestras de yogurt tipo griego, con diferentes porcentajes y tiempo de exposición de las cápsulas.

Definición:

- Color: Evaluar la intensidad de color, brillo, uniformidad y atractivo.
- Olor: Evaluar si el aroma es agradable, intensidad láctica, frutal y ausencia de olores extraños.
- Sabor: Evaluar la dulzura, acidez percibida, sabor láctico, frutal y persistencia.
- Textura: Evaluar la consistencia, sensación en boca, cohesión y ruptura de la capsula
- Aceptabilidad: Evaluar todos los aspectos de manera general.

Instrucciones:

- Frente a usted se presenta (5) cinco muestras de yogurt tipo griego con cápsulas. **Deguste** cada una de ellas de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado de acuerdo con el puntaje de la escala indicada abajo, en el código correspondiente a cada una de las muestras.
- Después de cada muestra, lave el paladar con pan blanco con agua, y continúen con la siguiente muestra.
- El rango para calificar es:

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta poco
3	Me disgusta
4	Ni me gusta ni me disgusta
5	Me gusta
6	Me gusta poco
7	Me gusta mucho

A continuación, se presenta la tabla de calificación para cada tratamiento:

Código	Color	Olor	Sabor	Textura/Ruptura de la cápsula	Aceptabilidad
423					
487					
532					
315					
278					

• **Observaciones:**

.....
.....

Anexo 4. Tablas de validación de supuestos de normalidad.

Análisis fisicoquímicos de las cápsulas

Determinación de dureza

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	0,6857	Cumple
Homocedasticidad	Breush	0,5227	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,386	Cumple

Fuente de variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-valor	P-valor
Tratamiento	3	487,13	162,38	16826,73	<0,0001
Error	10	0,04	$3,7 \times 10^{-3}$		

Tratamiento	Media	n	E. E.	Rango
T4	31,95	3	0,06	A
T3	22,58	3	0,06	B
T2	18,89	3	0,06	C
T1	14,69	3	0,06	D

Análisis fisicoquímicos del yogur tipo griego con las cápsulas

Análisis de pH

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	0,347	Cumple
Homocedasticidad	Breush	0,799	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,494	Cumple

Fuente de variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-valor	P-valor
Tratamiento	4	0,12	0,03	11,18	<0,0001
Error	10	$2,7 \times 10^3$	$2,7 \times 10^4$		

Tratamiento	Media	n	E. E.	Rango
T0	4,47	3	0,01	A
T2	4,29	3	0,01	B
T4	4,27	3	0,01	B
T1	4,25	3	0,01	B
T3	4,22	3	0,01	B

Análisis de acidez

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	0,00421	No cumple
Homocedasticidad	Breush	1	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,394	Cumple

Prueba	Chi cuadrado (χ^2)	df	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test Comparación	12,928	4	0,01164

Comparación	z	Valor-p
T0-T1	-2,288314	0,1106
T0-T2	0,823793	1,0000
T1-T2	3,112108	0,0093 *
T0-T3	-0,869559	1,0000
T1-T3	1,418755	0,7799
T2-T3	-1,418755	0,4519
T0-T4	-1,784885	0,3714
T1-T4	0,503429	1,0000
T2-T4	-2,608679	0,0454*
T3-T4	-0,915325	1,0000

Grasa total

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	0,1701	Cumple
Homocedasticidad	Breush	0,9219	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,34	Cumple

Fuente de variación	Df	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	F-valor	P-valor
Tratamiento	4	0,16	0,04	147,59	<0,0001
Error	10	2,7 x10 ⁻³	2,7 x10 ⁻⁴		

Tratamiento	Media	n	E. E.	Rango
T0	4,82	3	0,01	A
T3	4,66	3	0,01	B
T1	4,60	3	0,01	B
T4	4,57	3	0,01	B
T2	4,50	3	0,01	B

Proteína total

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	0,5773	Cumple
Homocedasticidad	Breush	0,3525	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,02	No Cumple

Prueba	Chi cuadrado (x ²)	df	Valor-p
Kruskal-Wallis's rank sum test Comparación	12,646	4	0,01314

Comparación	z	Valor-p
T0-T1	0,825276	1,0000
T0-T2	1,742250	0,4073
T1-T2	0,916973	1,0000
T0-T3	2,659223	0,0392
T1-T3	1,833947	0,3333
T2-T3	0,916973	1,0000
T0-T4	3,026013	0,0124 *
T1-T4	2,200736	0,1388
T2-T4	1,283763	0,9961
T3-T4	0,366789	1,0000

Capacidad antioxidante del yogurt tipo griego con las cápsulas

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	0,259	Cumple
Homocedasticidad	Breush	0,747	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,992	Cumple

Fuente de variación	Df	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-valor	P-valor
Tratamiento	4	1123,15	280,79	13244,70	<0,0001
Error	10	0,21	0,02		

Tratamiento	Media	n	E. E.	Rango
T4	35,80	3	0,08	A
T3	32,10	3	0,08	A
T2	29,80	3	0,08	B
T1	27,40	3	0,08	B
T0	10,78	3	0,08	C

Análisis sensorial del yogurt tipo griego con las cápsulas

Color

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	$1,184 \times 10^{-16}$	No cumple
Homocedasticidad	Breush	0,3264	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,906	Cumple

Prueba	Chi cuadrado (χ^2)	df	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test Comparación	1,0558	4	0,9012

Comparación	z	Valor-p
278-315	0,563790	1,0000
278-423	0,600320	1,0000
315-423	0,036529	1,0000
278-487	-0,187930	1,0000
315-478	-0,751720	1,0000
423-478	-0,788250	1,0000
278-532	-0,012323	1,0000
315-532	-0,576113	1,0000
423-532	-0,612643	1,0000
487-532	0,175606	1,0000

Olor

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	$1,52 \times 10^{-11}$	No cumple
Homocedasticidad	Breush	0,0002	No cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,59	Cumple

Prueba	Chi cuadrado (χ^2)	df	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test Comparación	16,013	4	0,003002

Comparación	z	Valor-p
278-315	0,371701	1,0000
278-423	0,718506	1,0000
315-423	0,346805	1,0000
278-487	-0,354667	1,0000
315-478	-0,726368	1,0000
423-487	-1,073173	1,0000
278-532	-2,849567	0,0219 *
315-532	-3,221269	0,0064 *
423-532	-3,568074	0,0018*
487-532	-2,494900	0,0630

Sabor

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	3,728× 10 ⁻¹¹	No cumple
Homocedasticidad	Breush	0,17971	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,564	Cumple

Prueba	Chi cuadrado (x ²)	df	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test Comparación	5,6029	4	0,2308

Comparación	z	Valor-p
278-315	1,545324	0,6113
278-423	1,991848	0,2319
315-423	0,446524	1,0000
278-487	0,353717	1,0000
315-478	-1,191607	1,0000
423-487	-1,638131	0,5070
278-532	1,336070	0,9076
315-532	-0,209253	1,0000
423-532	-0,655777	1,0000
487-532	0,982353	1,0000

Textura

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	9,186× 10 ⁻¹¹	No cumple
Homocedasticidad	Breush	0,000	No cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,564	Cumple

Prueba	Chi cuadrado (x ²)	df	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test Comparación	130,52	4	2,2 × 10 ⁻¹⁶

Comparación	z	Valor-p
278-315	0,688684	1,0000
278-423	9,324999	0,0000*
315-423	8,636314	0,0000*
278-487	0,056812	1,0000
315-478	-0,631872	1,0000
423-487	-9,268187	0,0000*
278-532	0,524319	1,0000
315-532	-0,164364	1,0000
423-532	-8,800679	0,0000*
487-532	0,467507	1,0000

Aceptabilidad general

Supuesto paramétrico	Prueba	Valor-p	Cumple
Normalidad	Shapiro-Wilk normality test	$1,863 \times 10^{-11}$	No cumple
Homocedasticidad	Breush	0,1785	Cumple
Independencia	Prueba de independencia	0,03	No cumple

Prueba	Chi cuadrado (χ^2)	df	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test Comparación	16,231	4	0,0027

Comparación	z	Valor-p
278-315	2,547300	0,0543
278-423	3,888987	0,0005*
315-423	1,341697	0,8985
278-487	2,015855	0,2191
315-478	-0,531444	1,0000
423-487	-1,873132	0,3053
278-532	2,724152	0,0322
315-532	0,176852	1,0000
423-532	-1,164834	1,0000
487-532	0,708297	1,0000