



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Aprovechamiento de la fruta feijoa (*Acca sellowiana*) para desarrollar un caviar mediante esferificación

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autor:
Llamuca Ushca Joselyne Pamela

Tutor:
PhD. Victor Hugo Valverde Orozco

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Joselyne Pamela Llamuca Ushca, con cédula de ciudadanía 0605142348, autora del trabajo de investigación titulado: Aprovechamiento de la fruta feijoa (*Acca sellowiana*) para desarrollar un caviar mediante esferificación, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 15 de diciembre del 2025.




Joselyne Pamela Llamuca Ushca

C.I:0605142348

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Victor Valverde Orozco, PhD. catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “Aprovechamiento de la fruta feijoa (*Acca sellowiana*) para desarrollar un caviar mediante esferificación”, bajo la autoría de Joselyne Pamela Llamuca Ushca; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 15 días del mes de diciembre de 2025



Ing. Victor Hugo Valverde Orozco, PhD

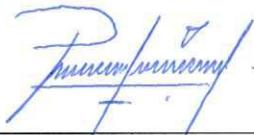
C.I: 0604242297

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Aprovechamiento de la fruta feijoa (*Acca sellowiana*) para desarrollar un caviar mediante esferificación**” por Joselyne Pamela Llamuca Ushca con cédula de identidad número 0605142348, bajo la tutoría de Ing. Victor Hugo Valverde Orozco, PhD; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 15 de diciembre del 2025.

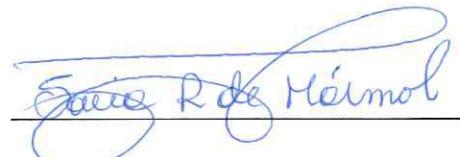
PhD. Paúl Ricaurte Ortiz
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



PhD. Cristian Patiño Vidal
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



PhD. Sonia Rodas Espinoza
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **LLAMUCA USHCA JOSELYNE PAMELA** con CC: **0605142348**, estudiante de la Carrera **Agroindustria**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Aprovechamiento de la fruta feijoa (*Acca sellowiana*) para desarrollar un caviar mediante esferificación**", cumple con el 5% de similitud y 2% de textos potencialmente generados por la IA, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 10 de diciembre de 2025



Ing. Victor Hugo Valverde Orozco, PhD
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación, primeramente, a Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y amor quien ha guiado cada paso de mi vida y me ha sostenido en los momentos de cansancio, dándome esperanza cuando las fuerzas parecían agotarse. En todo este proceso he recordado sus palabras en Salmos 37:5 “Encomienda a Jehová tu camino, y confía en Él; y Él hará”.

A mis padres, Nestor Llamuca y Mercedes Ushca, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. A ellos, que, con amor incondicional, sacrificio y paciencia, me enseñaron el valor del esfuerzo y la importancia de nunca rendirse. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por motivarme con sus palabras y por sostenerme con su ejemplo.

Todo lo que soy, se los debo a ustedes.

A mis queridos abuelitos, Miguel Ushca y Consolación Vallejo, que han sido fuente de ternura, sabiduría y oración constante. Sus consejos llenos de amor, sus bendiciones y su fe en mí fueron mí refugio en los momentos de dificultad. Gracias por enseñarme a valorar las pequeñas cosas, a mantener la humildad y a caminar siempre con gratitud.

Finalmente, me dedico este logro a mí mismo, por cada noche de desvelo, por cada esfuerzo silencioso y mantener viva la ilusión de alcanzar este sueño. Este logro representa no solo un título académico, sino el resultado de la fe, la perseverancia y el amor de todos lo que me rodean.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por haber sido mi guía, mi fuerza y mi refugio en cada etapa de este camino. Gracias por darme la sabiduría para comprender, la paciencia para esperar y el valor para continuar, aun cuando las dificultades parecían imposibles de superar.

A mis padres, Nestor Llamuca y Mercedes Ushca, por ser mi apoyo incondicional y por los innumerables sacrificios que hicieron para que yo pudiera alcanzar mis sueños. Ustedes son la razón y la motivación detrás de cada esfuerzo. Gracias por enseñarme, a través de su ejemplo, que el trabajo honesto, la fe y la perseverancia son fundamentales para lograr el verdadero éxito.

A mis abuelitos, Miguel y Consuelito, por ese abrazo cariñoso, por sus consejos llenos de sabiduría, que me han acompañado en cada fase de este camino.

A mi tutor de tesis, PhD Victor Hugo Valverde Orozco, por su paciencia, su guía y compromiso. Gracias por su tiempo y por acompañarme con sabiduría y dedicación en este proceso tan importante.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y contribuir con su enseñanza a mi crecimiento académico y personal.

A mis amistades, por estar a mi lado con su apoyo y su alegría, por acompañarme en los momentos difíciles y celebrar juntos cada pequeño logro.

Finalmente, agradezco a mi familia que han sido parte de este camino. Cada palabra, gesto y muestra de cariño fueron impulsos de fuerza y esperanza que han llevado llegar hasta aquí.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORIA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I	15
1. INTRODUCCION.....	15
1.1. ANTECEDENTES	15
1.2. PROBLEMA	15
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.4. OBJETIVOS.....	17
CAPÍTULO II.....	18
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. ESTADO DE ARTE.....	18
2.2. FUNDAMENTO TEÓRICOS.....	20
2.2.1 LA FEIJOA (ACCA SELLOWIANA).....	20
2.2.2 PRODUCCIÓN DE LA FEIJOA EN EL ECUADOR.....	21
2.2.3 COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA Y BIOACTIVA.....	21
2.2.4 ESFERIFICACIÓN	22
2.2.5 ESFERIFICACIÓN DIRECTA.....	22
2.2.6 ESFERIFICACIÓN INVERSA.....	22
2.2.7 ALGINATO DE SODIO	23
2.2.8 FORMULACIÓN DE PRODUCTOS ESFERIFICADOS: VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES	23
CAPÍTULO III	25

3. METODOLOGIA.....	25
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
3.3 FORMULACIONES	25
3.3.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO Y TAMAÑO DE MUESTRA.....	26
3.4 EQUIPOS	27
3.5 VARIABLES.....	28
3.5.1 TRATAMIENTOS	28
3.5.2 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA PULPA DE FEIJOA	30
3.5.3 PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACIÓN DEL CAVIAR DE FEIJOA	32
3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.6.1 ANÁLISIS DE ACIDEZ.....	34
3.6.2 ANÁLISIS DE PH	35
3.6.3 ANÁLISIS DE SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX).....	35
3.7 MÉTODOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	35
3.8 TÉCNICAS Y FUNDAMENTOS PARA EL ANÁLISIS DEL CAVIAR DE FEIJOA	35
CAPÍTULO IV.....	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL ZUMO DE FEIJOA	37
4.2 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL ZUMO ESFERIFICADO DE FEIJOA....	39
4.3 GRÁFICAS DEL ZUMO DE FEIJOA	42
4.4 GRÁFICAS DEL ZUMO ESFERIFICADO DE FEIJOA	44
4.5 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL CAVIAR DE FEIJOA EN CONSERVACIÓN DE LÍQUIDO DE GOBIERNO CON MIEL	45
4.6 ELECCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO.....	47
4.6.1ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD MEDIANTE PRUEBAS DE DEGUSTACIÓN	47
CAPÍTULO V.....	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1 CONCLUSIONES.....	51
5.2 RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRÁFIA	53
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos para la elaboración del caviar	25
Tabla 2. Formulación de la solución para la esferificación inversa	26
Tabla 3. Equipos de laboratorio utilizados para los análisis fisicoquímicos del caviar.	27
Tabla 4. Variables independientes y dependientes	28
Tabla 5. Normativa para el estudio de análisis fisicoquímico	36
Tabla 6. Comparación entre tratamientos del zumo de feijoa. Análisis fisicoquímicos.....	37
Tabla 7. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de sólidos solubles del zumo de feijoa.	37
Tabla 8. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de pH del zumo de feijoa.	38
Tabla 9. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de la acidez titulable del zumo de feijoa.....	39
Tabla 10. Comparación entre tratamientos del zumo esferificado de feijoa. Análisis fisicoquímicos.....	39
Tabla 11. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de sólidos solubles del zumo esferificado de feijoa.....	40
Tabla 12. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de pH del zumo esferificado de feijoa	41
Tabla 13. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de la acidez titulable del zumo esferificado de feijoa.....	41
Tabla 14. Análisis fisicoquímicos del caviar de feijoa en conservación de almíbar	46
Tabla 15. Test de aceptabilidad	48
Tabla 16. Resultados del análisis estadístico de significancia en atributos sensoriales	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la pulpa de feijoa	30
Figura 2. Diagrama de flujo del caviar de feijoa	32
Figura 3. Sólidos solubles del zumo de feijoa.....	42
Figura 4. Variación del pH del zumo de feijoa.	42
Figura 5. Acidez titulable del zumo de feijoa.....	43
Figura 6. Sólidos solubles del zumo esferificado	44
Figura 7. Variación del pH del caviar del zumo esferificado de feijoa.	44
Figura 8. Acidez titulable del zumo esferificado de feijoa.....	45
Figura 9. Porcentaje del puntaje total de preferencia por los panelistas	49
Figura 10. Puntaje otorgado por los panelistas a cada parámetro	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Selección de la materia prima	58
Anexo B. Pesaje de materia prima	58
Anexo C. Lavado de materia prima	58
Anexo D. Escaldado y pelado	58
Anexo E. Extracción de la fruta	59
Anexo F. Pasteurización y envasado.....	59
Anexo G. Pasteurización y pesaje de insumos.....	59
Anexo H. Elaboración del caviar	59
Anexo I. Producto final	60
Anexo J. Análisis de los sólidos solubles	60
Anexo K. Análisis de la acidez titulable	60
Anexo L. Análisis de pH.....	60
Anexo M. Ficha sensorial aplicada a los panelistas no entrenados.....	61

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el desarrollo de un caviar funcional a base de feijoa (*Acca sellowiana*) mediante la técnica de esferificación inversa, con el fin de generar un producto innovador, sensorialmente aceptable y con potencial agroindustrial. La feijoa, fruta nativa de Sudamérica, se caracteriza por su alto contenido de compuestos bioactivos; sin embargo, en Ecuador aún no se aprovechaba de manera significativa. Se obtuvieron tres formulaciones de caviar con diferentes concentraciones de azúcar (5 %, 10 % y 15 %) empleando alginato de sodio y lactato de calcio como agentes que permiten la gelificación. Se aplicó un diseño multifactorial con tres tratamientos y tres repeticiones, en el que se evaluaron parámetros fisicoquímicos (pH, sólidos solubles, acidez titulable) y atributos sensoriales (sabor, textura, color, olor y dulzura), además de su comportamiento durante el almacenamiento (1, 8, 16, 21 y 30 días), los resultados mostraron que el caviar de feijoa mantuvo su estabilidad fisicoquímica y aceptación sensorial por parte de los consumidores durante 21 días bajo refrigeración, utilizando su propio jugo como líquido de conservación. De acuerdo con los análisis sensoriales y fisicoquímicos obtenidos el T3 con el 15% de azúcar fue el más efectivo entre las formulaciones evaluadas. Este tratamiento mostró una acidez titulable de 0,86%, un pH estable de 3,40 y 14,64 sólidos solubles, esto evidenció que la esferificación inversa fue una técnica efectiva para obtener un caviar de feijoa con adecuada estabilidad estructural, constituyéndose un producto funcional innovador para la agroindustria ecuatoriana. Este estudio permitió establecer las bases para futuros desarrollos tecnológicos y comerciales referentes a la industrialización de materias primas con alto valor nutricional.

Palabras claves: Feijoa, caviar, esferificación inversa, aceptación sensorial, alimentos funcionales.

ABSTRACT

This research project aimed to develop a functional caviar from feijoa (*Acca sellowiana*) using the reverse spherification technique, to create an innovative, sensorially acceptable product with agro-industrial potential. Feijoa, a fruit native to South America, is characterized by its high content of bioactive compounds; however, in Ecuador, it has not yet been significantly utilized. Three caviar formulations were obtained with different sugar concentrations (5%, 10%, and 15%) using sodium alginate and calcium lactate as gelling agents. A multifactorial design with three treatments and three replicates was applied, in which physicochemical parameters (pH, soluble solids, titratable acidity) and sensory attributes (flavor, texture, color, aroma, and sweetness) were evaluated, in addition to their behavior during storage (1, 8, 16, 21, and 30 days). The results showed that feijoa caviar maintained its physicochemical stability and consumer acceptance for 21 days under refrigeration when preserved with its own juice. According to the sensory and physicochemical analyses obtained, treatment T3 with 15% sugar was the most effective among the formulations evaluated. This treatment showed a titratable acidity of 0.86%, a stable pH of 3.40, and 14.64 soluble solids, demonstrating that reverse spherification was an effective technique for obtaining feijoa caviar with adequate structural stability, thus constituting an innovative functional product for the Ecuadorian agro-industry. This study laid the groundwork for future technological and commercial developments in the industrialization of high-nutritional-value raw materials.

Keywords: Feijoa, caviar, reverse spherification, sensory acceptance, functional foods.



Reviewed by:

Mgs. Maria Fernanda Ponce Marcillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603818188

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCION.

1.1. Antecedentes

La feijoa (*Acca sellowiana*) es una fruta nativa de Sudamérica, apreciada por su alto valor nutricional y funcional. Por lo tanto, es rica en antioxidantes, vitaminas y compuestos bioactivos, se destaca como una excelente fuente de beneficios para la salud. En Ecuador, la feijoa se cultiva principalmente en el cantón Patate, en la provincia de Tungurahua. Sin embargo, al ser un cultivo manejado por pequeños agricultores, su potencial económico y comercial no ha sido plenamente aprovechado, lo que limita la generación de valor agregado y las oportunidades de mercado (Revelo, 2021).

Según Pistono (2023) menciona que, esta pequeña baya verde posee una pulpa dulce y suave, caracterizada por su riqueza en nutrientes, contiene antioxidantes como la vitamina C, flavonoides y ácido elágico, que ayudan a proteger al organismo contra el daño oxidativo y reducen el riesgo de enfermedades crónicas. Además, es una fuente importante de fibra, que favorece la regularidad intestinal, reduce el colesterol y controla los niveles de azúcar en la sangre. Su contenido de minerales esenciales como hierro, calcio y magnesio, junto con su bajo aporte calórico, la convierte en una opción saludable para quienes buscan mejorar su alimentación y mantener un peso adecuado. Por consiguiente, gracias a las enzimas presentes en la fruta, se han reportado beneficios digestivos las cuales contribuyen a la descomposición de los alimentos y alivian la inflamación gastrointestinal.

La esferificación es una técnica propia de la cocina molecular que permite encapsular líquidos en una membrana gelatinosa mediante la interacción entre iones de calcio y alginato de sodio. Este procedimiento genera pequeñas esferas, ofreciendo una experiencia sensorial única que liberan sabores intensos al romperse en el paladar (Equipo BCH, 2025).

De esta forma, al aplicarla a frutas como la feijoa (*Acca sellowiana*), se abre la posibilidad de diversificar la oferta alimentaria con productos funcionales y de alto valor agregado. Por lo tanto, la elaboración de un caviar a partir de pulpas y jugos frutales se ha consolidado como una alternativa relevante en el diseño de alimentos con texturas modificadas. La técnica, basada en la interacción entre alginato de sodio y iones de calcio, permite obtener esferas estables con una superficie gelificada y un interior líquido, lo que ha motivado su aplicación en la industria gourmet y en el desarrollo de alimentos funcionales (Salazar, 2024).

1.2. Problema

En Ecuador, a pesar de su cultivo en zonas como Patate y Chimborazo, la feijoa presenta un limitado aprovechamiento agroindustrial. La mayor parte de su producción se destina al consumo fresco o transformaciones artesanales, lo que provoca pérdidas postcosecha, restringe su comercialización y dificulta el desarrollo de productos con valor

agregado que podrían contribuir al fortalecimiento de la economía local y a la diversificación del mercado (Revelo, 2021).

Esta baja tecnificación genera desaprovechamiento del potencial económico y pérdidas postcosecha. La FAO (2019) reporta que debido a la falta de procesos adecuados de transformación y conservación se pierde más del 30% de las frutas y hortalizas en América Latina. Esto evidenció la necesidad de incorporar tecnologías de valor agregado que permitan reducir pérdidas, diversificar las presentaciones de los productos derivados y extender la vida útil.

En este contexto, la técnica de esferificación inversa, derivada de la gastronomía molecular, permite encapsular líquidos mediante la interacción entre alginato de sodio y iones de calcio, generando esferas comestibles con núcleos líquidos estables. Esta técnica ha demostrado eficacia en la aplicación con frutas tropicales como mango, maracuyá y café, sin embargo, su uso en matrices como la feijoa aún es limitado (Aigaje, 2023).

1.3. Justificación

La elaboración de un caviar de feijoa mediante esferificación inversa responde a la necesidad de valorizar productos agroalimentarios locales con alto potencial funcional y escasa industrialización. La feijoa ha sido identificada como una fruta rica en antioxidantes, vitamina C, fibra y compuestos fenólicos, lo que la convierte en un ingrediente idóneo para el desarrollo de alimentos funcionales orientados a mejorar la salud humana (Baena et al., 2020).

A pesar de estas ventajas, en Ecuador su transformación agroindustrial es mínima, lo que limita su valor comercial, genera pérdidas postcosecha y desaprovecha su potencial económico, especialmente para los pequeños productores. En este sentido, la esferificación inversa se presenta como una técnica innovadora que, aplicada a la pulpa de feijoa, permite desarrollar productos tipo “caviar” con propiedades diferenciadas, contribuyendo a la diversificación alimentaria, el diseño de alimentos gourmet y la reducción del desperdicio (González et al., 2012).

Desde la perspectiva tecnológica, este tipo de innovación permite aplicar conceptos de gastronomía molecular y encapsulación funcional, explorando nuevas matrices alimentarias y procesos emergentes de conservación, lo cual enriquece el conocimiento científico sobre alimentos funcionales y su interacción con el consumidor (Dittmar et al., 2016). Asimismo, responde a las tendencias actuales del mercado, que demandan alimentos saludables, naturales, con valor agregado y presentaciones atractivas.

1.4. Objetivos

a. General

Desarrollar un caviar de feijoa (*Acca sellowiana*) mediante procesos de esferificación, evaluando su estabilidad, rendimiento y características sensoriales, con el fin de obtener un producto innovador.

b. Específicos

- Desarrollar un caviar a base de feijoa mediante el proceso de esferificación para obtener una textura y forma estables.
- Analizar la estabilidad del caviar de feijoa durante el almacenamiento mediante la medición de parámetros fisicoquímicos.
- Realizar pruebas sensoriales del caviar de feijoa con un grupo de consumidores mediante pruebas hedónicas para determinar su aceptación.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Estado de Arte

El artículo titulado “Esferificación de Frutas: Una Técnica que Favorece el Consumo de Frutas en la Población Infantil”, realizado por Montero & Vega (2015), exploró el proceso de esferificación para crear esferas comestibles a partir de líquidos de frutas, empleando alginato de sodio y cloruro de calcio. Este proceso permitió encapsular sabores naturales y potenciar la presentación de los alimentos, convirtiéndose en una herramienta valiosa para la industria alimentaria. El estudio concluyó que, al controlar factores como el pH y la concentración de los compuestos, es posible obtener productos con una textura ideales para productos innovadores como caviar frutales.

En el estudio realizado “Obtención y Caracterización de Caviar de Café por la Técnica de Esferificación Básica con Alginato de Sodio” realizado por Aigaje (2023), se elaboró un caviar de café mediante esferificación, utilizando alginato de sodio como agente gelificante. Se analizaron las características fisicoquímicas del alginato combinado con el caviar obtenido y el café. Se analizaron parámetros como la concentración de cafeína, viscosidad, sólidos solubles y pH utilizando dos diseños experimentales, así como la formulación basada en la temperatura de transición vítrea y la relación G/M. Los análisis mostraron que el tratamiento que contenía 3% de alginato y extrusión en cloruro de calcio fue con café siendo la mejor formulación, obteniendo un caviar con características fisicoquímicas y sensoriales adecuadas para su consumo.

En su tesis de grado titulada “Caracterización Fisicoquímica y Sensorial de un Producto Esferificado Tipo Topping para el Sector de Helados y Refrescos”, realizada por Sanmiguel & Villa (2021), el estudio tuvo como objetivo caracterizar productos esferificados de diferentes sabores propuestos por la empresa JabblE, evaluando sus propiedades fisicoquímicas como color, pH, sólidos solubles (°Brix), textura, contenido mineral y humedad. Además, se llevó a cabo un análisis sensorial a 55 consumidores. Los resultados del análisis sensorial mostraron que las esferas con sabor a fresa y maracuyá obtuvieron la mayor aceptación por parte de los consumidores, mientras que las de café-canela fueron menos valoradas debido a su sabor amargo. Por consiguiente, se evidenciaron que la aplicación de la esferificación en distintos sabores constituye una alternativa con potencial dentro del mercado de bebidas y helados: sin embargo, se sugiere optimizar las formulaciones para lograr un aspecto más natural y una mayor uniformidad en el tamaño de las esferas.

En el estudio titulado “Evaluación de la Capacidad de Esferificación de Quitosano como Sustituto de Alginato en la Elaboración del Falso Caviar” realizado por Rivera (2013), se analizó la capacidad del quitosano como alternativa del alginato en la producción de caviar falso. Se caracterizó el quitosano, obteniendo un grado de desacetilación del 70,3 %, peso molecular de $4,40 \times 10^5$ g/mol y contenido de nitrógeno orgánico del 6,98 %. Las esferas de quitosano al 2 % p/v fueron estables, de apariencia agradable y con líquido en su interior,

mientras que las esferas al 1 % fueron frágiles y las de 3 % no encapsularon líquido. Al compararla con las esferas de alginato, las esferas de quitosano mostraron similitudes en densidad, estabilidad y textura, pero diferencias en tamaño.

El trabajo titulado “Gastronomía Molecular en Clase de Química”, realizado por Dittmar et al. (2016), mostró un enfoque de gastronomía molecular para enseñar conceptos químicos. Se incluyó el proceso de crear esferas utilizando alginato mediante una combinación de alginato de sodio y solución de calcio. Se presentaron tres experimentos: uno sobre reacciones ácido-base, otro que exploraba la quimioluminiscencia con riboflavina y un último que estudiaba la convención a través efectos termocrómicos. Cada uno de estos experimentos se pudo realizar en una sola clase y ayudó a combinar principios químicos con la ciencia de la alimentación.

En el estudio titulado “Aplicación de Técnicas de Cocina Molecular en la Elaboración de Propuestas de Repostería Utilizando Mora, Uvilla y Babaco”, realizado por Piña (2016), se desarrollaron 15 propuestas de repostería mediante técnicas como gelificación, esferificación y espumas, evaluando la respuesta de cada fruta a los aditivos utilizados. Para verificar los resultados, se llevó a cabo una prueba de aceptación sensorial con un grupo de consumidores. Los hallazgos mostraron que el 54% de los encuestados calificó los productos como “Excelente”, el 25% como “Bueno”, el 13% como “Aceptable” y el 8% como “Regular”. El autor propuso que se continúe la investigación de diferentes frutas y técnicas de cocina molecular para mejorar las texturas, enriquecer la experiencia y aumentar la percepción sensorial del consumidor.

En el trabajo de grado titulado “Innovación en la Cocina Local de San Bartolomé de Pinollo” realizada por López (2022), se utilizó una metodología que incluyó un enfoque teórico, bibliográfico y metodológico. El autor llevó a cabo una evaluación sensorial con 40 evaluadores no entrenados, aplicando análisis estadísticos de Friedman y Kolmogorov-Smirnov para evaluar la aceptación de las innovaciones en los platos locales. Como sugerencia, se propuso continuar fomentando la innovación en la cocina tradicional de San Bartolomé de Pinollo, conservando la esencia de sus recetas e integrando nuevas variaciones que se alineen con las expectativas del turismo gastronómico y que fortalezcan la identidad culinaria local.

En el trabajo titulado “Elaboración de Pie de Frambuesa Implementando la Técnica de Falso Caviar de Agar-Agar y su Impacto en la Aceptación del Consumidor”, realizado por Erazo & Narváez (2021), la metodología se enfocó en hacer un pie de frambuesa utilizando la técnica de esferificación de falso caviar de agar-agar, inspirándose en la gastronomía molecular de Ferran Adrià. Se adoptó un enfoque de investigación mixta, que combinó tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Entre los resultados, la encuesta realizada reveló que el 76,6% de los encuestados opinó que la utilización de agar – agar como un agente gelificante más saludable aumentaría su deseo de probar el producto; un 5,2% mencionó que esto no afectaría en su decisión y un 18% contestó “Tal vez”, mostrando una actitud positiva hacia alternativas saludables.

En el estudio titulado “Elaboración de Encapsulados de Extracto de Fruta Milagroso (*Synsepalum dulcificum*) como Agente Modificador del Sabor”, realizada por Garrido (2020), se desarrollaron encapsulados de dicho extracto utilizando dos métodos: esferificación directa e inversa. Las esferas creadas con ambas técnicas resultaron ser duraderas; sin embargo, en bebidas extremadamente muy ácidas con un pH de 3,11, se observó que las esferas conservaron todas sus propiedades durante 60 días, lo que indica que podrían usarse como sustitutos de azúcar o edulcorantes no calóricos en las bebidas.

En la tesis de grado realizada por Martínez et al. (2020), se elaboraron esferas a partir de jugos de frutas y verduras utilizando alginato de sodio y cloruro de calcio. Se emplearon soluciones de alginato al 2% y 3%, boquillas de 200 a 2500 µm, determinándose que la mejor eficiencia de encapsulación se obtuvo con alginato al 3% y una boquilla 2500 µm. La estabilidad se evaluó durante 8 días en soluciones con pH de 2 a 6, siendo más optima en pH 2 y 3. La degradación de polifenoles encapsulados fue de 27-40%, mientras que en los no encapsulados alcanzo 70%, mostrando el efecto protector del encapsulado. Se recomendó continuar investigando aplicaciones gastronómicas y mejorar la textura del producto.

En su tesis de grado, “Perlas de mezcal: Estudio del comportamiento de burbujas superficiales en mezclas agua-etanol”, realizada por Rage (2018), el objetivo de esta investigación fue explicar el fenómeno de las perlas y validar la precisión del método tradicional para medir el contenido de alcohol en bebidas. Se determinó que la estabilidad de las burbujas aumenta conforme lo hace la concentración de etanol, alcanzando su punto máximo alrededor del 55% v/v, donde las perlas presentaron tiempos de vida de hasta 28-30 segundos. En concentraciones menores, como 35% el tiempo de vida disminuyó a menos de 10 segundos, mientras que en mezclas superiores al 70%, la estabilidad volvió a caer por debajo de 15 segundos. Estos resultados demostraron una relación directa entre el tiempo de vida de las burbujas y el contenido alcohólico.

2.2. Fundamento Teóricos

2.2.1 La Feijoa (*Acca sellowiana*)

La feijoa (*Acca sellowiana*), también conocida como guayaba piña, es un árbol pequeño de hoja perenne y miembro de la familia Myrtaceae. Se produce principalmente países como Ecuador, Colombia y Brasil. El fruto de la feijoa tiene una cáscara que es de color verde grisáceo, de textura rugosa o lisa y una pulpa beige de sabor dulce y ligeramente ácido. La parte de la pulpa que está cerca de la cascara es un poco granulosa, mientras que la parte que rodea las semillas es jugosa. Este fruto se puede consumir en forma fresca, pero también se emplea mucho en la industria alimentaria para elaborar de productos como yogur, tartas, vinos, mermeladas y jugos. Así, la feijoa se cultiva en gran medida y sus frutos se exportan a diversos mercados en todo el mundo (Xinyue et al., 2023).

Respecto a sus características botánicas, las hojas de la feijoa son simples, opuestas y tienen peciolos que miden 4 a 8 mm. Estas hojas son de forma ovoide, verde oscuro y lucen brillantes en la parte superior, mientras que la parte inferior es blanquecina. Las flores crecen solas y tienen cuatro sépalos, así como cuatro pétalos de color blanco-róseos; además, tienen

numerosos estambres con anteras que son de un amarillo intenso o rojo, lo que las hace muy atractivas (Barriónuevo, 2021, pág. 30).

La feijoa (*Acca sellowiana*), es originaria del sur de Brasil, también se encuentra en el norte de Argentina, oeste de Paraguay y Uruguay, donde es común encontrarlas de forma silvestre. Desde estos lugares, la especie se ha distribuido a distintas partes del mundo, incluido Ecuador, país en el cual su cultivo es relativamente reciente, destacándose en el cantón Patate, provincia de Tungurahua. Por este motivo, la fruta aun es poco conocida y escasamente utilizada en la cultura gastronómica Ecuatoriana (Barriónuevo, 2021, pág. 32).

2.2.2 Producción de la feijoa en el Ecuador

La feijoa (*Acca sellowiana*), también conocida como guayaba piña, es un árbol pequeño de hoja perenne y miembro de la familia Myrtaceae. Se cultiva principalmente en Ecuador, Colombia y Brasil. El fruto de la feijoa tiene una cáscara verde grisácea, rugosa o lisa y pulpa beige, que tiene un sabor dulce y ligeramente ácido. La pulpa cerca de la cáscara ligeramente rugosa y la que rodea las semillas es jugosa. No solo se utiliza para consumo fresco, sino que también es empleada ampliamente en los campos de procesamiento de alimentos como yogures, tartas, vino, mermeladas y jugos. Por lo tanto, la feijoa se cultiva ampliamente y sus frutos son exportados a diferentes mercados alrededor del mundo (Xinyue et al., 2023).

Por consiguiente, sus hojas son simples, opuestas, pecioladas, con pecíolos de 4 a 8 mm, ovoides, verde oscuro y brillantes en el haz, blanquecinas en el envés. Las flores son solitarias, con cuatro sépalos y cuatro pétalos de color blanco-róseos; estambres numerosos con anteras de color amarillo intenso o rojo, ornamentales (Santamaría et al., 2015).

2.2.3 Composición fisicoquímica y bioactiva

La feijoa es rica en compuestos bioactivos como vitaminas, minerales y fibra dietética, los cuales resultan beneficiosos para la salud. Además, posee diversas actividades biológicas, principalmente antimicrobianas, antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y antinociceptivas, que contribuyen de manera positiva a la reducción de enfermedades degenerativas. Por otro lado, un atributo importante de la feijoa radica en sus propiedades sensoriales, especialmente en su aroma, el cual es percibido directamente por el consumidor y ejerce una influencia significativa en la aceptación de la fruta y de sus productos relacionados, así como en las decisiones de compra (Xinyue et al., 2023).

La feijoa contiene grandes cantidades de vitamina C o ácido ascórbico, siendo esta una de sus principales características. También contiene gran parte de las vitaminas del complejo B, esenciales para el metabolismo energético y el buen funcionamiento del sistema nervioso. Además, su composición incluye minerales como potasio y magnesio, que contribuyen al equilibrio electrolítico y al fortalecimiento óseo (Barriónuevo, 2021, pág. 18).

A pesar de su alto contenido nutricional, la feijoa en la industria de Ecuador todavía se encuentra en una fase inicial de desarrollo. Este avance se ve afectado por varios

obstáculos, incluyendo la corta duración del fruto, la falta de conocimiento de los consumidores y la poca inversión en tecnologías para el procesamiento de alimentos. Estos aspectos provocan pérdidas desde de la cosecha y limitan las oportunidades económicas para los pequeños productores. Si se transformara la feijoa en productos de valor agregado, como jugos, mermeladas o componentes funcionales, se podría mejorar su uso y aumentar su participación en mercados específicos (Silva et al., 2021).

2.2.4 Esferificación

La esferificación es un método utilizado en la cocina molecular que permite encapsular líquidos dentro de una membrana de gel, formando esferas comestibles similares al caviar. Esta técnica fue popularizada por el chef Ferran Adrià y tiene dos variantes: la esferificación directa, en la cual se añade alginato de sodio al líquido y se vierte en una solución con calcio, y la esferificación inversa, en la que el líquido contiene calcio y se introduce en una solución de alginato de sodio (Martínez et al., 2020).

2.2.5 Esferificación directa

El procedimiento de esferificación se lleva a cabo al combinar un líquido comestible con alginato de sodio, permitiendo que dicho líquido caiga en gotas sobre una solución fría de cloruro de calcio. En este proceso, la gelificación ocurre dentro de la esfera, por lo que, con el tiempo, puede llegar a gelificarse completamente. Lo más recomendable es ingerir las esferas cuando su centro todavía aún este líquido, ya que el de alginato no permite una liberación adecuada del sabor. Además, la esferificación directa no es efectiva en lácteos, debido a que el calcio que estos contienen provoca una gelificación inmediata (Duarte & Rojas , 2022).

2.2.6 Esferificación inversa

La gelificación en la esferificación inversa ocurre hacia el exterior, lo que permite esferificar bases que contienen calcio. Si el líquido que se desea esferificar ya posee calcio, este se sumerge en una disolución de alginato de sodio para producir las esferas; en cambio, si el líquido no contiene calcio, se le añade cloruro de calcio. En ambos casos, el resultado es una gota de líquido encapsulada dentro de una delgada membrana esférica (Hernández et al., 2021).

La reacción se produce entre las cargas parciales de las moléculas, donde las cargas negativas de los ácidos manurónico y gulurónico forman enlaces con la carga positiva del ion calcio. Generalmente, la gelificación establece enlaces entre dos G-bloques de moléculas distintas de alginato a través del ion calcio. Dado que los ácidos del alginato de sodio pueden reaccionar con cualquier catión divalente, es fundamental disolverlo en agua desmineralizada o previamente tratada (Aguirre, 2016).

Este proceso se caracteriza por la propagación del ion calcio a través de una combinación que incluye una sal calcio y el líquido de interés, se sumerge en una solución de alginato de sodio que la envuelve para formar un gel (Garrido, 2020, pág. 15). La formación del gel encapsulante es progresiva hacia el exterior, generando una matriz

protectora en la que la sustancia de interés mantiene su estado líquido (Garrido, 2020, pág. 27). Este método resulta aplicable a líquidos acuosos, incluidos los lácteos y los ácidos. Sin embargo, el principal inconveniente de la esferificación inversa radica en que las esferas tienden a adherirse entre sí cuando se encuentran muy próximas.

2.2.7 Alginato de sodio

El alginato de sodio es un polisacárido obtenido de algas de color marrón, principalmente de la *Laminaria hyperborea* (Noruega), *Laminaria digitata* (Cantábrico), *Laminaria japonica* (China y Japón), *Macrocystis pyrifera* (aguas del Pacífico) y algunas especies de los géneros *Lessonia*, *Ecklonia*, *Durvillaea* y *Ascophyllum* (Aguirre, 2016, pág. 25). Estas algas contienen entre el 20% y el 30% de alginato en su peso seco, y su composición varía según la etapa de crecimiento. Las algas jóvenes presentan un contenido inferior de alginato, mientras que las algas maduras poseen un mayor contenido de alginato.

Es un aditivo alimentario, desempeñando funciones como espesante. No obstante, su aplicación más destacada en la cocina contemporánea es la de facilitar la realización de procesos de esferificación. Cuando se mezcla el alginato en un líquido y entra en contacto con otro que contiene calcio, ocurre una rápida gelificación que crea una estructura sólida y estable (Hurtado et al., 2020).

La técnica de esferificación inversa es ideal para alimentos que son ácidos o que tienen un alto contenido de sólidos, como los jugos de frutas tropicales. Esto permite que las esferas mantengan su forma y textura durante el tiempo de almacenamiento sin que el interior se vuelva completamente duro. Asimismo, se ha utilizado en varios productos como zumos, licores, café, yogures y salsas, creando nuevas experiencias sensoriales y oportunidades comerciales en la industria alimentaria (Dittmar et al., 2016).

Las interacciones clave entre el alginato de sodio y los iones de calcio hacen posible la creación de un gel, donde el alginato actúa como un espesante, gelificante, inhibidor de sinéresis y estabilizante. Durante, las cadenas de alginato toman una forma helicoidal, mientras que los iones de calcio se alinean como enlaces entre los grupos con carga negativa del ácido gulurónico. A medida que aumenta la concentración de calcio, la red gelificada resultante se vuelve más firme y estable (Aguirre, 2016, pág. 26).

2.2.8 Formulación de Productos Esferificados: Variables Fisicoquímicas y Sensoriales

El caviar de frutas es una preparación culinaria que utiliza técnicas de esferificación para transformar jugos o purés de frutas en pequeñas esferas similares al caviar tradicional. Estas esferas, con una fina membrana y un interior líquido, ofrecen una experiencia sensorial única al liberar el sabor de la fruta en la boca. La esferificación se realiza a través de la reacción de agentes gelificantes, como el alginato de sodio, con soluciones que contienen calcio, lo que crea una capa gelatinosa que rodea el líquido de la fruta (PEKIS, 2019).

Una formulación adecuada es esencial para conseguir esferas que sean estables, atractivas a la vista y agradables al gusto. Existen varios factores que influyen en la creación de la membrana de gel, como el pH que debe estar entre 3,6 y 4,2, la cantidad de alginato de sodio, que suele estar entre 0,5 y 1%, y la concentración de iones de calcio, como el lactato o cloruro de calcio, que deben ser del 2 al 3% (Kitchen Theory, 2020). Además, se pueden incorporar edulcorantes, conservantes como el benzoato de sodio, y estabilizantes como la goma xantana para mejorar la textura, estabilidad y vida útil del producto.

La viscosidad del líquido también es crítica: si es demasiado baja, las esferas no se formarán adecuadamente; si es excesivamente alta, será complicado obtener gotas uniformes. Por esta razón, ajustar el contenido de sólidos solubles o usar agentes espesantes es una estrategia común en matrices a base de frutas (Silva et al., 2021; Marichal-Moreno et al., 2022).

Finalmente, las pruebas sensoriales permiten evaluar atributos como sabor, textura, apariencia y aceptabilidad general. Estudios previos han demostrado una buena aceptación de productos esferificados con sabores frutales, siempre que se mantenga una textura suave y una apariencia uniforme (Erazo & Narváez, 2021).

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando una metodología cuantitativa con un diseño experimental. Desde el enfoque experimental, se realizaron análisis fisicoquímicos, se formuló un caviar con diferentes concentraciones de azúcar y se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos (pH, sólidos solubles y acidez titulable) relacionados con la calidad en el producto, estos análisis fueron realizados en laboratorios de la Carrera de Agroindustria, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Además, se realizó una investigación cuantitativa debido a que se manipularon variables numéricas, lo que permitió efectuar análisis estadísticos en los resultados obtenidos. También se aplicó una evaluación sensorial mediante pruebas hedónicas, a través de las cuales se identificó la aceptación del producto por parte de los panelistas no entrenados durante la degustación.

3.2 Diseño Experimental

En esta investigación se empleó un diseño multifactorial con el objetivo de evaluar el impacto de dos factores clave: los tratamientos y los días de almacenamiento. Las variables de respuesta consideradas fueron los sólidos solubles, la acidez titulable y el pH. Cada combinación de tratamiento y tiempo se evaluó con tres repeticiones, las cuales se asignaron de forma completamente aleatoria para minimizar la influencia de factores no controlados.

3.3 Formulaciones

Se desarrollaron tres tratamientos del caviar de feijoa con distintas concentraciones de azúcar al 5%, 10% y 15%, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1.
Tratamientos para la elaboración del caviar

Ingredientes	CAVIAR		
	T1	T2	T3
	%	%	%
Jugo	92,9	87,9	82,9
Lactato de calcio	2	2	2
Azúcar	5	10	15
Goma Xantana	0,1	0,1	0,1

Tabla 2.*Formulación de la solución para la esferificación inversa*

mL (Agua)	Alginato de sodio	Tiempo min
%		
1000	0,5	3

En la Tabla 1 se indicaron los tratamientos para la esferificación inversa, donde la esferificación inversa fue una técnica idónea para la encapsulación de líquidos que no contenían calcio, como el jugo de feijoa, ya que permitió la formación de una membrana gelificada estable alrededor del líquido mediante la inmersión en una solución de alginato de sodio generalmente al 0,5%, previamente hidratada por al menos dos horas para asegurar su correcta disolución y homogeneidad (Aguirre, 2016).

Según Garrido (2020), este método facilitó la obtención de esferas con forma y textura estables, dado que la adición de calcio al líquido antes de la inmersión controló la gelificación exclusivamente en la superficie, evitando la formación excesiva de gel en el interior, lo cual era común en la esferificación directa.

A partir de esta técnica, en la Tabla 2 se presentó la formulación y el procedimiento empleado para obtener el caviar de feijoa. Por consiguiente, para extraer el jugo previamente preparado se utilizó una jeringa de 60 mL, luego se introdujo directamente en la solución de alginato manteniéndose sumergida por un tiempo de 30 segundos, permitiendo que el líquido salga de gota en gota de forma controlada. Durante 3 minutos las gotas permanecieron en el baño de alginato de sodio para formar adecuadamente la membrana externa. Después, las esferas se enjuagaron durante 2 minutos con agua potable, con la finalidad de eliminar residuos de alginato y frenar el proceso de gelificación. Este procedimiento coincidió con lo que describió Aguirre (2016), quien señaló que una inmersión menor a 3 minutos generaba una membrana débil, mientras que un tiempo excesivo producía una capa demasiado gruesa que afectaba la textura del producto. Por lo tanto, el tiempo y la técnica para formar las esferas fueron cruciales para lograr un producto final con las características deseadas de textura, forma y estabilidad.

En su estudio, Garrido (2020), utilizó una concentración del 5% de lactato de calcio y expuso las esferas a la solución de alginato de sodio durante 2 minutos. Se observó que el lactato de calcio requirió de mayor tiempo de exposición a la solución envolvente de alginato, ya que, cuando las esferas se retiraban antes, quedaban demasiado suaves y se deshacían rápidamente en la boca.

3.3.1 Población de estudio y tamaño de muestra

Para la preparación del caviar, se obtuvieron 3 kg de feijoa, las cuales fueron cosechadas en el cantón Patate, provincia de Tungurahua. Los frutos se recolectaron en su madurez fisiológica, identificada por una cáscara verde uniforme, textura firme al

presionarlos ligeramente y un aroma característico. Estas características permitieron asegurar que los frutos no se encontraran sobremaduros, garantizando un jugo adecuado para la elaboración del caviar. El alginato de sodio y lactato de calcio se adquirieron en tiendas químicas dentro de la ciudad de Riobamba. Finalmente, los demás ingredientes, como agua, azúcar y miel, se compraron en supermercados locales.

La población de estudio de este trabajo de investigación estuvo conformada por las esferas elaboradas a base de jugo de feijoa (*Acca sellowiana*), empleando la técnica de esferificación inversa con tres diferentes concentraciones de azúcar: 5%, 10% y 15%. Estas formulaciones fueron evaluadas desde el punto de vista fisicoquímico (pH, sólidos solubles, acidez titulable) y sensorial, considerando distintos tiempos de almacenamiento (1, 8, 16, 21 y 30 días).

En cuanto al análisis sensorial, se trabajó con un panel de consumidores no entrenados, conformado por estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo. Se seleccionaron 40 participantes, número considerado adecuado para estudios sensoriales exploratorios, en los que se buscó conocer la aceptabilidad general del producto (Stone et al., 2015). Este tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia fue comúnmente utilizado en estudios sensoriales iniciales, especialmente cuando se evaluaron productos novedosos y se buscó obtener una retroalimentación preliminar de un grupo objetivo relacionado con el entorno académico y ambiental (Moskowitz et al., 2017).

3.4 Equipos

Tabla 3.

Equipos de laboratorio utilizados para los análisis fisicoquímicos del caviar.

Parámetro	Método	Fundamento	Marca
pH	Potenciométrico	Medición del potencial eléctrico en solución acuosa.	Marca: HACH Serie: OC230636 Modelo: Sesion3.
Brix	Refractómetro	Refracción de la luz en función de sólidos solubles.	Refractómetro Marca: VEE GEE Escala: 0-32% Serie: 04-02-049-00072.
Acidez titulable	Volumetría ácida – base.	Se toma 10 ml de la muestra se agrega 3 gotas de fenottaleina y se titula con NAOH al 0.1 N.	Bureta manual / automática y material volumétrico calibrado.

Nota: Materiales utilizados del laboratorio de Agroindustria, UNACH.

3.5 Variables

Tabla 4.

Variables independientes y dependientes

Tipo de variable	Variables
Independiente	Concentración de azúcar (5%, 10%, 15%), tiempo de almacenamiento.
Dependientes	pH, °Brix, acidez titulable, aceptación sensorial.
Controladas	Lactato de calcio (2%), alginato (0,5%), goma xantana (tiempo de inmersión, temperatura).

Para los análisis fisicoquímicos de estabilidad, la población de estudio estuvo conformada por tres formulaciones diferentes de esferas elaboradas a base de jugo de feijoa (*Acca sellowiana*) y sus respectivos líquidos de conservación. Las mismas que se sometieron a diferentes concentraciones de azúcar para evaluar el comportamiento durante su almacenamiento.

El tamaño de muestra se determinó mediante un diseño multifactorial, que consta de tres tratamientos, tres repeticiones y cinco tiempos de análisis en los días 1, 8, 16, 21 y 30, lo que dio como resultado, en un total de 45 muestras para los líquidos de conservación y 45 muestras para las esferas.

Finalmente, para los análisis fisicoquímicos: sólidos solubles, pH y acidez titulable, se tomó 30 mL de jugo exprimido de las esferas por duplicado y 30 mL de jugo de cada muestra de conservación utilizando equipos del laboratorio. Los criterios de inclusión fueron todas las muestras que no presentaron alteraciones visibles (como burbujas, moho o decoloración), mientras que como criterio de exclusión se eliminaron aquellas que presentaron evidencia de contaminación o defectos durante el almacenamiento.

3.5.1 Tratamientos

Inicialmente, se evaluó la viabilidad de la esferificación directa e inversa para la elaboración del caviar de feijoa (*Acca sellowiana*). En el caso de la esferificación directa, se identificaron varias limitaciones debido a las características fisicoquímicas del jugo de feijoa, el cual presentaba una acidez natural elevada, con valores de pH que oscilaban entre 3,1 y 3,5 y una acidez titulable de hasta 5% expresada como ácido cítrico (Gonzales et al., 2018). Presentó una reacción inadecuada entre cloruro de calcio y el alginato de sodio, por lo que impidió una adecuada formación de las esferas.

Cabe resaltar que para mejorar la estabilidad del caviar se disolvió 100 mL de la pulpa de feijoa con 50 mL de agua potable. También, se adicionó alginato de sodio a la pulpa provocando un aumento de la viscosidad debido al contenido de sólidos presentes en la fruta. Se realizó la esferificación utilizando una jeringa y fue sometido a la mezcla del baño de cloruro de calcio, durante 2 horas de inmersión. Si bien se logró la formación inicial de esferas, con el paso de las horas estas se endurecieron progresivamente, perdiendo su

contenido líquido interno. Por tanto, se concluyó que la técnica de esferificación directa no era adecuada para la elaboración del caviar de feijoa.

Posteriormente, se aplicó el método de esferificación inversa, el cual demostró ser más efectivo. Para ello, se preparó un baño de alginato de sodio al 0,5% (5 g de alginato disueltos en 1 litro de agua potable). Se procesó la pulpa de feijoa filtrándola y diluyéndola, de la cual se tomaron 100 mL del jugo, por lo tanto, para facilitar la formación de la membrana exterior se incorporó lactato de calcio al 2% (2 g de lactato de calcio/100 mL) al jugo de feijoa.

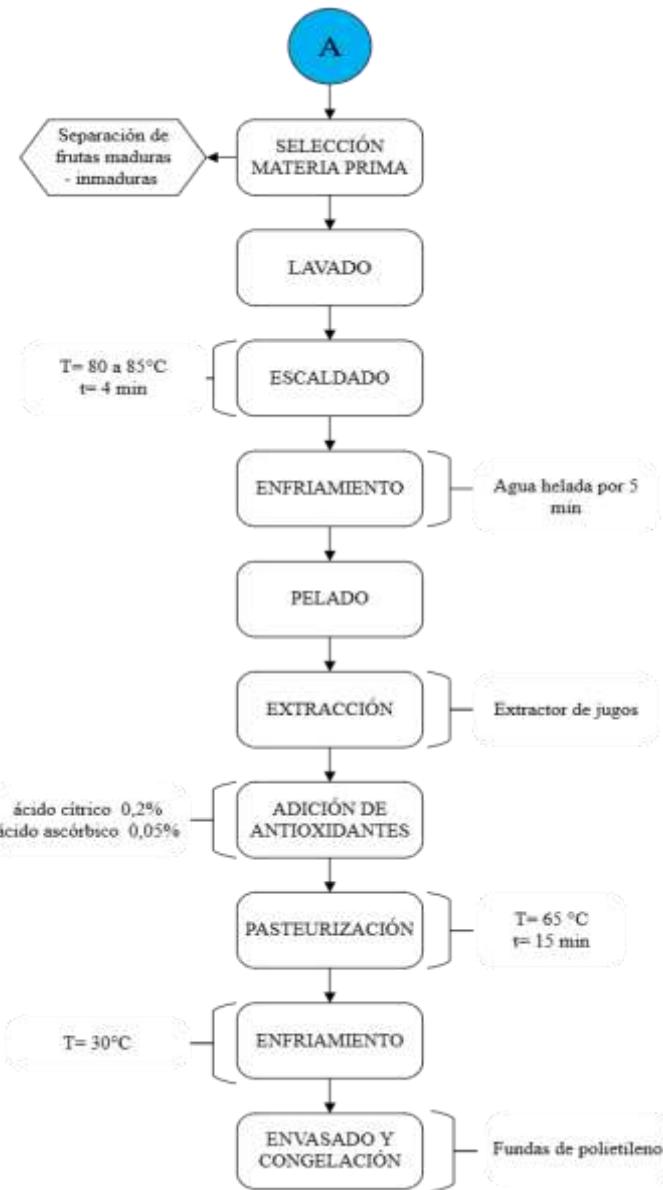
Se elaboraron formulaciones adicionales donde contenían concentraciones de azúcar del 5%, 10% y 15%, con el fin de evaluar la aceptabilidad sensorial y estabilidad del producto final. Luego se dejó reposar durante 2 horas a las mezclas a temperatura ambiente, para que los componentes interactuaran adecuadamente. Posteriormente, utilizando una jeringa, se depositaron en el baño de alginato, donde permanecieron durante 3 minutos. Al finalizar el tiempo de inmersión, las esferas se retiraron y enjuagaron cuidadosamente con agua potable durante 2 minutos para eliminar residuos de alginato.

Utilizando la misma fruta, se preparó un líquido de gobierno para conservar el caviar de feijoa. La preparación consistió en mezclar 100 mL de pulpa y 40 mL de agua, luego filtrar la mezcla con una tela. De este jugo, se extrajeron 50 mL, a los cuales se añadió benzoato de sodio al 0,02% como conservante, además 0,1 % de goma xantana para mejorar la viscosidad y estabilizar las esferas. Asimismo, se establecieron tres tratamientos con diferentes concentraciones de azúcar: 5%, 10% y 15%. Con esta formulación, se llevaron a cabo ensayos para evaluar la vida útil del producto durante el almacenamiento.

3.5.2 Procedimiento para la obtención de la pulpa de feijoa

Figura 1.

Diagrama de flujo de la pulpa de feijoa



Nota: Diagrama de procesos para la obtención de la pulpa de feijoa, realizada en el programa “Visio”.

El proceso para obtener la pulpa de feijoa (*Acca sellowiana*) se llevó a cabo en varias etapas:

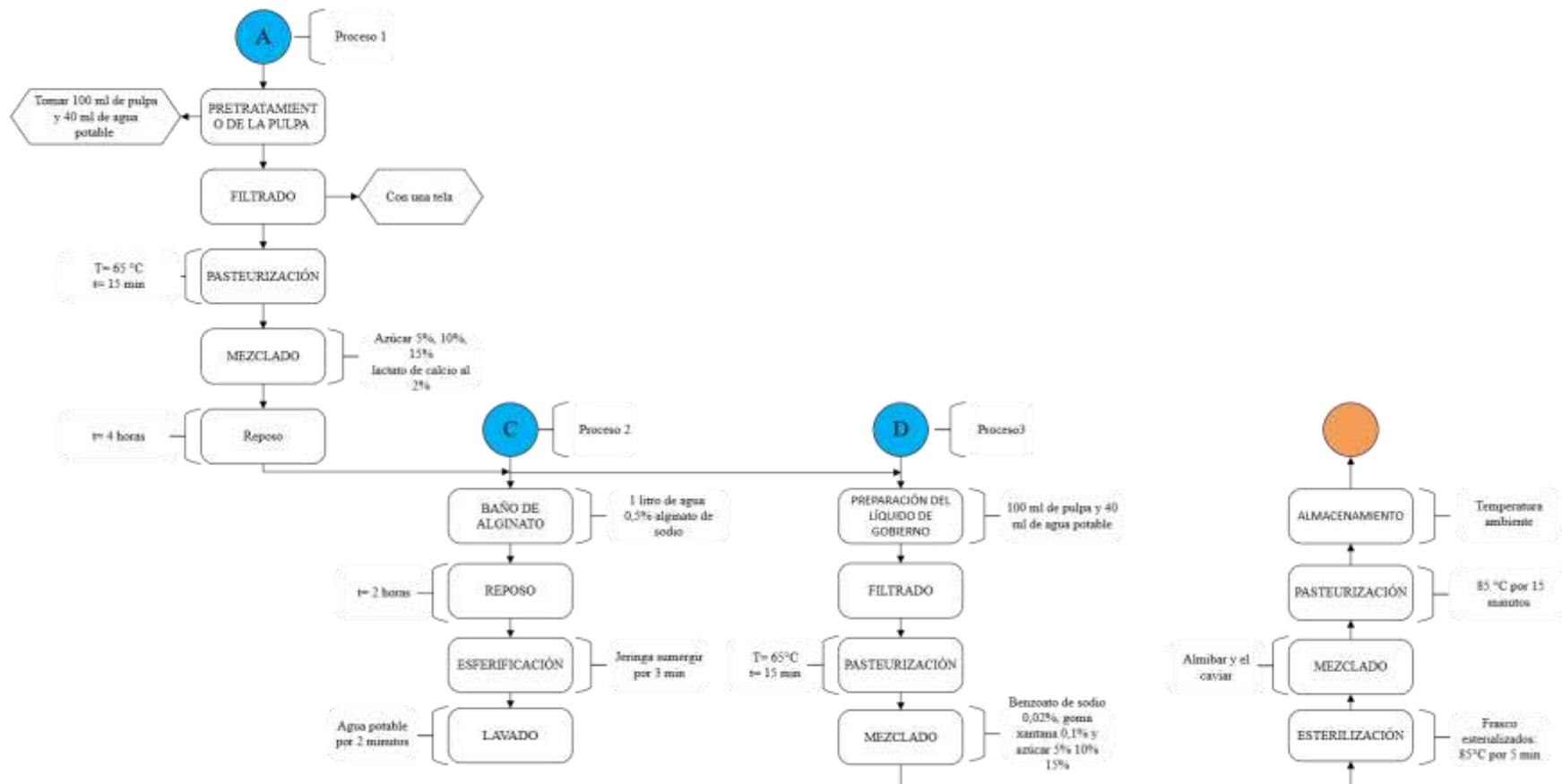
1. Selección de la materia prima: Se eligieron frutos sanos, frescos y en estado óptimo de madurez, descartando aquellos que presentaban daños físicos, microbiológicos y signos de sobremadurez.
2. Lavado: Usando el agua potable se lavaron entre dos y tres enjuagues los frutos seleccionados, para eliminar impurezas o residuos en la superficie.

3. Escaldado: Con la finalidad de inactivar enzimas responsables del pardeamiento y deterioro, se realizó un tratamiento térmico de escaldado a una temperatura de 80 a 85°C durante 4 minutos.
4. Enfriamiento: Durante 5 minutos se sumergió en agua helada los frutos escaldados para detener de forma rápida el proceso térmico y así conservar sus características sensoriales de la fruta.
5. Pelado: Se retiró la cáscara de cada fruto manualmente y se dejó en agua fría para prevenir la oxidación enzimática.
6. Extracción: Por consiguiente, se utilizó un extractor de jugos para separar la mayor cantidad sólidos posibles de la fruta, obteniendo una pulpa homogénea y libre de partículas gruesas.
7. Adición de antioxidantes: Con la finalidad de evitar los procesos de oxidación, se incorporaron antioxidantes naturales. Se utilizó ácido cítrico al 0,2% y de ácido ascórbico al 0,05%, calculados sobre el volumen de pulpa obtenida.
8. Pasteurización: Posteriormente, se pasteurizó la pulpa a una temperatura de 65 °C por 15 minutos, permitiendo reducir la carga microbiana sin afectar sus propiedades nutricionales y sensoriales.
9. Enfriamiento: La mezcla se llevó a un enfriamiento rápido mediante un choque térmico, hasta llegar a una temperatura cercana a los 30 °C.
10. Envasado y congelación: Finalmente, la pulpa enfriada se colocó en fundas de polietileno con cierre hermético. Antes de sellarla, se retiró la mayor cantidad posible de aire y luego se almacenaron bajo congelación para su uso posterior

3.5.3 Procedimiento de la elaboración del caviar de feijoa

Figura 2.

Diagrama de flujo del caviar de feijoa



Nota: Diagrama de procesos para la elaboración del caviar de feijoa, realizada en el programa “Visio”.

Para la elaboración del caviar, se utilizó la pulpa previamente obtenida, siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

1. Pretratamiento de la pulpa: Se tomaron 100 mL de pulpa de feijoa y 40 mL de agua potable.
2. Filtrado: La mezcla se filtró con una tela para obtener el jugo de feijoa.
3. Pasteurización: Se calentó a una temperatura de 65°C durante 15 minutos el jugo obtenido.
4. Mezclado: Se añadió lactato de calcio al 2%, goma xantana al 0,1%, con el objetivo de evaluar su efecto sobre la aceptabilidad sensorial y la estabilidad estructural, se elaboraron tres formulaciones con concentraciones de azúcar al 5%, 10% y 15%.
5. Reposo: Luego de 2 horas los tratamientos estuvieron en reposo a temperatura ambiente con el fin de favorecer la integración de los componentes.
6. Preparación del baño de alginato: Se preparó un baño de alginato de sodio al 0,5% (5 g de alginato disueltos en 1 litro de agua potable).
7. Esferificación: Para la formación del caviar del jugo de feijoa se utilizó una jeringa, donde permanecieron durante 3 minutos en el baño de alginato de sodio hasta obtener la esferificación.
8. Lavado: Finalmente, se procedió a retirar las esferas del baño de alginato de sodio. Para eliminar el exceso de alginato de sodio se enjuago con agua potable durante 2 minutos.

Para conservar las esferas elaboradas, se preparó un líquido de gobierno con 100 mL de pulpa de feijoa y 40 mL de agua potable.

1. Filtrado: La mezcla se filtró con una tela para obtener el jugo de feijoa.
2. Pasteurización: El jugo obtenido se llevó a una temperatura de 65°C por 15 minutos.
3. Mezclado: Se adicionaron benzoato de sodio (0,02%) como conservante, goma xantana (0,1%) como agente estabilizante y tres tratamientos de azúcar: 5%, 10% y 15%.
4. Esterilización: Los frascos de vidrio se esterilizaron a una temperatura de 85°C por 5 minutos.
5. Mezclado: Se colocó la mezcla el líquido de gobierno y el caviar en los frascos esterilizados dejando 1 cm de espacio libre. Se limpió el borde del frasco, se taparon herméticamente y se colocaron en una olla con agua hasta el nivel de las tapas.
6. Pasteurización: Pasteurizar a 85 °C por 15 a 20 minutos.
7. Almacenamiento: Se retiraron los frascos, se colocaron boca abajo por 5 minutos y se dejaron enfriar a temperatura ambiente 20 – 25°C.

Conservación en el almíbar el caviar

1. Se calentaron 375 mL de agua en una olla de acero inoxidable hasta alcanzar 70°C.
2. Se agregaron ácido cítrico 0,1% y el benzoato de sodio 0,1% a 70°C asegurando su completa disolución sin degradación ni pérdida de efectividad.
3. Luego, se incorporaron 125 mL de miel, manteniendo la mezcla a una temperatura de 70 a 75 °C.

4. Se elevó la temperatura hasta 85°C y se mantuvo durante 10 minutos para pasteurizar el almíbar.
5. Finalmente, se retiró del fuego y se dejó enfriar el almíbar hasta 30°C, momento en el cual se añadió el caviar de feijoa.

3.6 Técnicas de Recolección de Datos

Para evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del caviar de feijoa, se emplearon técnicas instrumentales y análisis sensorial estructurado para evaluar su aceptabilidad. Los datos se recolectaron durante el almacenamiento del producto, con el objetivo de determinar su estabilidad.

Para los análisis fisicoquímicos del caviar de feijoa, se elaboraron tres tratamientos con diferentes concentraciones de azúcar: 5%, 10% y 15%. En cada tratamiento se determinó los parámetros de sólidos solubles (°Brix), pH y acidez titulable. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento y las mediciones se efectuaron en los días 1, 8, 16, 21 y 30 de almacenamiento. Durante el almacenamiento, las muestras se evaluaron cada ocho días.

Los análisis se llevaron tanto del caviar como del líquido de conservación, elaborado con jugo natural de feijoa, con el propósito de observar los cambios fisicoquímicos que ocurrieron durante el tiempo de almacenamiento. Las muestras se mantuvieron en refrigeración, lo que permitió conservar la estructura de las esferas.

Durante la etapa experimental, se aplicaron pruebas hedónicas para determinar la aceptabilidad de un producto por el mercado consumidor. Siguiendo la metodología de Lutz et al., (2018), se efectuaron las pruebas sensoriales, que tienen una estructura sencilla de comprender al presentársela a jueces afectivos. El procedimiento consistió en solicitar a los panelistas que calificaran el grado de satisfacción respecto al caviar de feijoa en la investigación, utilizando una escala hedónica impar de 5 puntos que va desde “me gusta mucho” hasta “me disgusta mucho” con un puntaje intermedio de “no me gusta ni me disgusta”. Cada panelista no entrenado analizó dos esferas del caviar de cada tratamiento, servidas en vasos de plástico identificados por códigos T1, T2 y T3. Se llevó a cabo una evaluación de los atributos de sabor, textura, color, olor y dulzura. Se realizaron a 40 jueces no entrenados, para identificar que tuviera mejor aceptación sensorial.

El tratamiento con la mayor aceptación sensorial fue elegido para nuevos análisis fisicoquímicos, con el objetivo de prolongar su durabilidad. Para ello, se preparó un nuevo líquido de gobierno tipo almíbar (agua y miel), en el cual se almacenó durante 30 días. Su estabilidad se evaluó mediante el seguimiento periódico de sólidos solubles, pH, acidez titulable, cada 8 días.

3.6.1 Análisis de acidez

La acidez titulable se midió mediante titulación ácido-base, utilizando hidróxido de sodio (NaOH 0,1 N) como titulante y fenolftaleína como indicador. Este método permitió cuantificar los ácidos orgánicos presentes y los resultados se expresaron como porcentaje de

ácido cítrico. Según lo establecido por la AOAC INTERNATIONAL (2019, pág. 5), el procedimiento se realizó conforme a los lineamientos oficiales.

3.6.2 Análisis de pH

El pH se determinó mediante el método potenciométrico, utilizando un pH-metro digital marca HACH, siguiendo el procedimiento descrito por AOAC INTERNATIONAL (2019, pág. 6). Este método se basa en la medición de la concentración de iones hidrógeno (H^+) en la solución, lo que permitió identificar cambios en la acidez del producto durante el almacenamiento. La medición se realizó en triplicado por cada muestra y en distintos intervalos temporales (1, 8, 16, 21 y 30 días).

3.6.3 Análisis de Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix)

El contenido de sólidos solubles se determinó con un refractómetro óptico marca VEE GEE, escala de 0–32%. La técnica se basa en la refracción de la luz al atravesar la muestra, correlacionada con la concentración de azúcares y otros sólidos disueltos (AOAC INTERNATIONAL, 2019, pág. 8). Los $^{\circ}$ Brix proporcionaron una estimación del dulzor percibido y sirvieron como indicador de calidad sensorial y estabilidad del producto.

3.7 Métodos y Procesamiento de Datos

Los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y pruebas sensoriales fueron analizados en el software estadístico SPSS. Se realizó análisis de varianza ANOVA para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos del caviar de feijoa en cuanto a sus propiedades sensoriales. Además, se utilizaron estadísticas descriptivas para resumir los datos de aceptación del consumidor.

Las variables de respuesta medidas fueron pH, acidez, sólidos solubles, aceptación sensorial y la estabilidad durante el almacenamiento. Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA con el propósito de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

3.8 Técnicas y fundamentos para el análisis del caviar de feijoa

Con la finalidad de fundamentar la investigación se analizaron técnicas y fundamentos propios para el análisis del caviar. Para este estudio se tomó en consideración los análisis fisicoquímicos (pH, sólidos solubles, acidez titulable)

Tabla 5.*Normativa para el estudio de análisis fisicoquímico*

ANÁLISIS	NORMA	PROCEDIMIENTO	UNIDAD	LIMITE
				MIN MAX
Acidez titulable (expresada como ácido cítrico).	NTE INEN 0381 (Determinar la acidez titulable en conservas vegetales y jugos de frutas).	Estandarizar la solución, diluirla y titularla con NaOH 0,1 N. Se pesan 10 ml del caviar y se transfirieron a un Erlenmeyer, se añade solución de 3 gotas de fenolftaleína y se agrega NaOH hasta que la muestra adquiera un tono rosa tunee.	%	0,3 1,85
pH	NTE INEN 389 (Determinar la concentración del ion de hidrógeno en conserva).	Homogeneizar y tomar 10 ml de la muestra preparada en un vaso precipitado e introducir el potenciómetro.	NA	3,09 4,5
Sólidos solubles	NTE INEN 2337 (Jugos, pulpas, y se observa los grados brix. concentrados, néctares).	Con un refractómetro perfectamente calibrado, se coloca una gota de la muestra	°Bx	6 17

Nota: Parámetros considerados para la determinación de análisis de laboratorio establecido a los tratamientos.

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de los análisis del zumo de feijoa

Tabla 6.

Comparación entre tratamientos del zumo de feijoa. Análisis fisicoquímicos

	T1	T2	T3	F	P-Valor
Sólidos solubles	8,40 ± 0,69 ^a	12,33 ± 0,57 ^b	14,55 ± 0,56 ^c	610,297	0,00
pH	3,40 ± 0,07 ^a	3,40 ± 0,07 ^a	3,40 ± 0,05 ^a	0,005	0,99
Acidez titulable	0,86 ± 0,06 ^a	0,86 ± 0,06 ^a	0,86 ± 0,05 ^a	0,046	0,95

Nota: Valores mostrados como el promedio ± desviación estándar, ^{a-b-c}: subconjuntos homogéneos, F el valor F del ANOVA, p-valor se ajusta a una ley normal (> 0,05).

Se realizó un análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del zumo de feijoa y se encontró que solo el contenido de sólidos solubles presentó diferencias estadísticamente significativas, lo que indicó que los tratamientos tuvieron un impacto directo sobre este parámetro. En cambio, el pH (F=0,005; p=0,99) y la acidez titulable (F=0,046; p=0,95) no mostraron variaciones significativas entre los tratamientos, manteniéndose estables en los tratamientos. Esto evidenció que las características de la acidez del zumo no se vieron afectadas por las formulaciones de azúcar. Así mismo, el pH y la acidez titulable no variaron significativamente (p > 0,05), lo que demostró que el aumento de sacarosa no modificó el carácter ácido del zumo, concordando con lo descrito por Belitz et al. (2018), quienes indicaron que la acidez de productos frutales permanece estable frente a variaciones en el contenido. En conjunto, el tratamiento T3 destacó principalmente por su mayor °Brix, sin alterar la estabilidad fisicoquímica del zumo.

Tabla 7.

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de sólidos solubles del zumo de feijoa.

Días	T1	T2	T3
1	8,90 ± 0,17 ^a	12,33 ± 0,57 ^a	14,66 ± 0,57 ^a
8	8,70 ± 0,60 ^{ab}	12,56 ± 0,49 ^a	14,73 ± 0,55 ^a
16	8,83 ± 0,72 ^a	12,83 ± 0,28 ^a	14,86 ± 0,23 ^a
21	8,07 ± 0,15 ^{ab}	12,20 ± 0,34 ^a	14,70 ± 0,62 ^a
30	7,50 ± 0,50 ^b	11,73 ± 0,70 ^a	13,80 ± 0,17 ^a
CV(%)	7,2	3,3	2,9
F	4,54	2,00	2,47
P-Valor	0,02	0,16	0,11

Nota: Valores mostrados como el promedio ± desviación estándar, CV coeficiente de variación, ^{a-b}: subconjuntos homogéneos, p-valor se ajusta a una ley normal (> 0,05).

El contenido de sólidos solubles del zumo de feijoa tuvo una conducta distinta entre los tratamientos durante el almacenamiento. En T1, se observaron valores que bajaron de 8,90 a 7,50 °Brix, mostrando diferencias notorias entre los días, lo que evidenció en los sólidos solubles expresados en distintas letras estadísticas a y b. Por el contrario, los sólidos solubles en T2 y T3 permanecieron estables, sin cambios significativas, ya que todas las medias se alinearon en el mismo subconjunto a. Estos resultados indicaron que la estabilidad de los °Brix estaba relacionada con los tratamientos utilizados, siendo T2 y T3 más eficientes en mantener el contenido de azúcares, mientras que T1 presentó una reducción significativa con el transcurso del tiempo. El descenso en el contenido de sólidos solubles se puede explicar por la degradación de azúcares solubles durante el almacenamiento, debido a procesos de hidrólisis de polisacáridos y a la utilización de azúcares por la actividad enzimática o microbiana del zumo.

Tabla 8.

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de pH del zumo de feijoa.

Días	T1	T2	T3
1	3,48 ± 0,05 ^a	3,47 ± 0,04 ^a	3,46 ± 0,02 ^a
8	3,44 ± 0,06 ^{ab}	3,45 ± 0,05 ^{ab}	3,44 ± 0,04 ^a
16	3,41 ± 0,03 ^{abc}	3,42 ± 0,02 ^{ab}	3,40 ± 0,01 ^{ab}
21	3,35 ± 0,03 ^{bc}	3,36 ± 0,02 ^{bc}	3,37 ± 0,01 ^{bc}
30	3,32 ± 0,02 ^c	3,30 ± 0,01 ^c	3,32 ± 0,01 ^c
CV(%)	2,0	1,9	1,7
F	6,48	11,08	14,68
P-Valor	0,01	0,00	0,00

Nota: Valores mostrados como el promedio ± desviación estándar, CV coeficiente de variación, ^{a-b-c}: subconjuntos homogéneos, p-valor se ajusta a una ley normal (> 0,05).

El pH del zumo de feijoa mostró cambios notables a lo largo de los días. En T1, se registró una disminución progresiva de 3,48 a 3,32, con diferencias estadísticas entre los días, lo que se reflejó en la asignación de letras distintas a-b-c. En T2 y T3, el comportamiento fue similar, lo que indicó que el tiempo de almacenamiento tuvo un impacto directo en la reducción del pH. Esto se pudo deber al aumento de compuestos ácidos generado por la fermentación o la descomposición de azúcares.

Tabla 9.

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de la acidez titulable del zumo de feijoa.

Días	T1	T2	T3
1	0,80 ± 0,06 ^a	0,80 ± 0,06 ^a	0,80 ± 0,05 ^a
8	0,82 ± 0,05 ^a	0,82 ± 0,05 ^{ab}	0,82 ± 0,05 ^a
16	0,85 ± 0,04 ^{ab}	0,84 ± 0,03 ^{ab}	0,84 ± 0,03 ^a
21	0,88 ± 0,01 ^{ab}	0,88 ± 0,01 ^{ab}	0,89 ± 0,01 ^a
30	0,94 ± 0,0 ^b	0,94 ± 0,03 ^b	0,92 ± 0,03 ^a
CV(%)	6,4	6,1	5,4
F	4,85	3,95	3,52
P-Valor	0,02	0,03	0,05

Nota: Valores mostrados como el promedio ± desviación estándar, CV coeficiente de variación, ^{a-b}: subconjuntos homogéneos, p-valor se ajusta a una ley normal (> 0,05).

En la Tabla 9, se observó que la acidez titulable del zumo de feijoa incrementó de forma progresiva a lo largo del período de almacenamiento, iniciando en 0,80 y alcanzando valores de 0,92 a 0,94 al día 30 en los tres tratamientos. En análisis estadístico indicó que en T1 y T2 sí hubo variaciones significativas durante el tiempo, mientras que en el tratamiento T3 no se detectaron cambios estadísticamente significativos. Por lo tanto, el aumento podría haber estado relacionado con procesos bioquímicos que ocurrieron después de la cosecha, como la descomposición de azúcares y la formación de compuestos orgánicos ácidos, además de presentar una baja variabilidad, lo que respaldó la fiabilidad de los datos obtenidos (Baratashvili et al., 2022).

4.2 Resultados de los análisis del zumo esferificado de feijoa

Tabla 10.

Comparación entre tratamientos del zumo esferificado de feijoa. Análisis fisicoquímicos.

	T1	T2	T3	F	P=Valor
Sólidos solubles	8,49 ± 0,63 ^a	12,52 ± 0,62 ^b	14,64 ± 0,63 ^c	369,31	0,00
pH	3,41 ± 0,05 ^a	3,39 ± 0,05 ^a	3,40 ± 0,05 ^a	0,24	0,78
Acidez titulable	0,87 ± 0,07 ^a	0,87 ± 0,06 ^a	0,86 ± 0,06 ^a	0,01	0,98

Nota: Valores mostrados como el promedio ± desviación estándar, ^{a-b-c}: subconjuntos homogéneos, F el valor F del ANOVA, p-valor se ajusta a una ley normal (> 0,05).

Los análisis fisicoquímicos del zumo esferificado de feijoa mostraron que el parámetro de sólidos solubles (°Brix) presentó variaciones muy significativas entre los tratamientos. Por otro lado, en la prueba de Tukey los grupos fueron estadísticamente distintos: el T3 obtuvo el valor más alto, con 14,64 °Brix; seguido T2 con 12,52 °Brix y T1 con 8,49 °Brix. Posteriormente, la formulación en T3 favoreció una concentración más elevada de azúcares solubles, lo que se debió a la capacidad de la matriz gelificada para retener sólidos durante el proceso de esferificación. Por consiguiente, los valores de pH se

mantuvieron dentro de un intervalo sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos, lo que evidenció que la esferificación no alteró la estabilidad de la acidez titulable.

Tabla 11.

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de sólidos solubles del zumo esferificado de feijoa.

Días	T1	T2	T3
1	$8,66 \pm 0,57^a$	$13,03 \pm 0,05^a$	$15,33 \pm 0,57^a$
8	$8,90 \pm 0,17^a$	$12,86 \pm 0,32^a$	$14,76 \pm 0,49^{ab}$
16	$8,63 \pm 0,77^a$	$12,86 \pm 0,11^a$	$14,80 \pm 0,20^{ab}$
21	$8,66 \pm 0,47^a$	$12,23 \pm 0,40^{ab}$	$14,53 \pm 0,47^{ab}$
30	$7,60 \pm 0,20^a$	$11,60 \pm 0,52^b$	$13,76 \pm 0,15^b$
CV(%)	6,0	4,8	3,9
F	3,18	9,53	5,63
P-Valor	0,06	0,00	0,01

Nota: Valores mostrados como el promedio \pm desviación estándar, ^{a-b}: subconjuntos homogéneos, F el valor F del ANOVA, p-valor se ajusta a una ley normal ($> 0,05$).

En la Tabla 11, durante el período de almacenamiento, el zumo esferificado de feijoa presentó un comportamiento diferente entre los tratamientos relacionado con la calidad de sólidos solubles. En T1, los valores disminuyeron ligeramente de 8,66 a 7,60 °Brix, por lo que no se observaron diferencias significativas, indicando que hubo cierta pérdida de azúcares con el tiempo. En T2, los °Brix bajaron de 13,03 a 11,60, presentando las diferencias notables y mostrando una mayor fluctuación entre los días. Asimismo, en T3 se registró una disminución de 15,33 a 13,76 °Brix, conservándose siempre como el tratamiento con los valores más altos. En general, los hallazgos señalaron que almacenar el caviar de feijoa redujo la cantidad de sólidos solubles durante el almacenamiento. Este descenso podría explicarse por un fenómeno de ósmosis, en el cual la matriz gelificada actuó como un sistema semipermeable que favoreció el paso de agua y solutos hacia el medio externo, provocando una redistribución del contenido de azúcares y la consecuente disminución de sólidos solubles (Wang & Feng, 2023).

Tabla 12.

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de pH del zumo esferificado de feijoa.

Días	T1	T2	T3
1	3,46 ± 0,05 ^a	3,46 ± 0,03 ^a	3,46 ± 0,04 ^a
8	3,44 ± 0,06 ^{ab}	3,44 ± 0,04 ^{ab}	3,44 ± 0,04 ^a
16	3,42 ± 0,02 ^{ab}	3,40 ± 0,01 ^{ab}	3,40 ± 0,01 ^{ab}
21	3,38 ± 0,01 ^{ba}	3,36 ± 0,02 ^{bc}	3,38 ± 0,01 ^{ab}
30	3,34 ± 0,01 ^b	3,32 ± 0,03 ^c	3,33 ± 0,01 ^b
CV(%)	1,4	1,6	1,5
F	4,36	9,57	7,39
P-Valor	0,02	0,00	0,01

Nota: Valores mostrados como el promedio ± desviación estándar, ^{a-b-c}: subconjuntos homogéneos, F el valor F del ANOVA, p-valor se ajusta a una ley normal (> 0,05).

El zumo esferificado de feijoa, mostró una disminución del pH durante el almacenamiento presentando diferencias estadísticas en los tres tratamientos. Por lo tanto, en T1, el pH bajó de 3,46 a 3,34, mientras que en T2 y T3 se evidenció reducciones más pronunciadas: el tratamiento T2 pasó de 3,46 a 3,32 y el T3 de 3,46 a 3,33. Estos cambios mostraron una significancia estadística elevada. Al transcurrir los días, especialmente en el día 21, se notaron variaciones significativas en todos los tratamientos.

Tabla 13.

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de la acidez titulable del zumo esferificado de feijoa.

Días	T1	T2	T3
1	0,80 ± 0,06 ^a	0,81 ± 0,06 ^a	0,81 ± 0,03 ^a
8	0,82 ± 0,05 ^a	0,82 ± 0,05 ^a	0,82 ± 0,04 ^a
16	0,85 ± 0,04 ^a	0,85 ± 0,04 ^{ab}	0,85 ± 0,04 ^{ab}
21	0,90 ± 0,01 ^{ab}	0,90 ± 0,01 ^{ab}	0,91 ± 0,01 ^b
30	0,96 ± 0,01 ^b	0,95 ± 0,03 ^b	0,93 ± 0,03 ^b
CV(%)	7,2	6,5	6,5
F	6,59	4,49	7,32
P-Valor	0,01	0,02	0,01

Nota: Valores mostrados como el promedio ± desviación estándar, ^{a-b}: subconjuntos homogéneos, F el valor F del ANOVA, p-valor se ajusta a una ley normal (> 0,05).

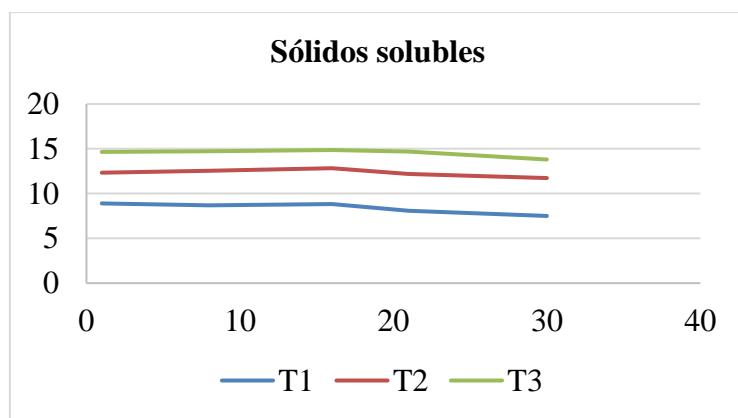
Durante el almacenamiento, la acidez titulable del zumo esferificado de feijoa mostró un aumento de diferencias estadísticamente significativas en los tres tratamientos. En T1, presentó un incremento de 0,80% hasta 0,96%, con un valor de F=6,59; mientras que en T2, de 0,81% a 0,95% (F=4,49); y en el tratamiento T3, de 0,81% al 0,93% (F=7,32). La prueba de Tukey demostró que las alteraciones más significativas ocurrieron después del día 21, lo que confirmó que el tiempo de almacenamiento afectó la acidez del producto. El aumento

observado se relacionó con la liberación de ácidos orgánicos que se generan cuando los carbohidratos se degradan y se llevan a cabo reacciones metabólicas propias de la fruta. Esto explicó el comportamiento contrario al que se observa en el pH (Baena et al., 2020).

4.3 Gráficas del zumo de feijoa

Figura 3.

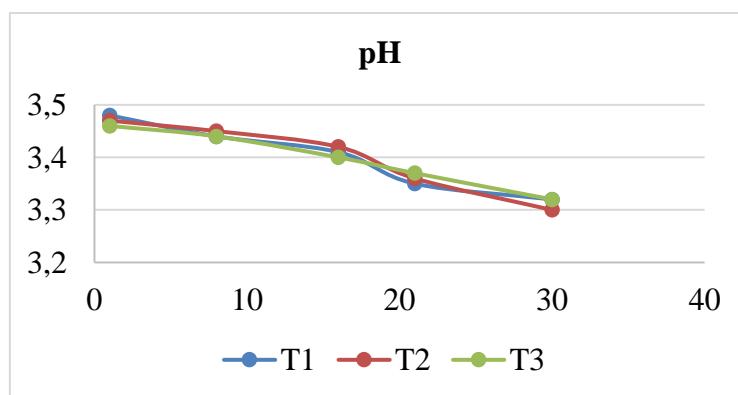
Sólidos solubles del zumo de feijoa.



En la Figura 3, los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) del zumo de conservación del caviar de feijoa se observaron disminuyendo progresivamente durante los 30 días de almacenamiento, particularmente a partir del día 21 en los tratamientos con menor concentración inicial, donde los valores descendieron de 8,90 a 7,50 $^{\circ}$ Brix. Esta caída se pudo atribuir a la difusión de azúcares hacia el interior de las esferas, a reacciones oxidativas de azúcares simples o a una ligera dilución del medio. No obstante, el tratamiento T3, con mayor concentración inicial de sólidos, presentó mayor estabilidad (de 14,66 a 13,80 $^{\circ}$ Brix), lo que sugirió que una formulación más concentrada promovió una menor actividad de agua y redujo la velocidad de degradación. Según Luna & Llamiloy (2021), los tratamientos con mayor sólidos solubles mantuvieron mejor sus valores de sólidos solubles durante el almacenamiento.

Figura 4.

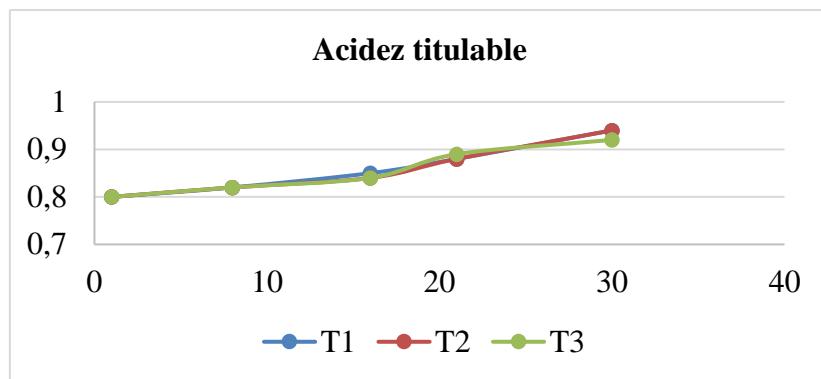
Variación del pH del zumo de feijoa.



En el análisis del pH del zumo de conservación del caviar de feijoa, se observó una disminución progresiva desde 3,48 hasta 3,33 durante los 30 días de almacenamiento, siendo más notorio a partir del día 21. Esta disminución se pudo atribuir a la liberación de ácidos orgánicos como el cítrico y málico, propios de la feijoa, así como reacciones oxidativas de los azúcares presentes en el jugo, lo que generó un aumento natural de la acidez. Según Pupiales (2021), un pH inferior a 4,2 actúa como una barrera eficaz contra la mayoría de las bacterias patógenas, ya que en medios más ácidos los microorganismos deben gastar más energía para mantener su homeostasis interna, lo que limita su crecimiento. Llanos (2023), en su estudio, encontró que el comportamiento del pH fue inverso al % de acidez; es decir, cuando los valores de pH son menores, los datos de la acidez son mayores. Por lo tanto, sostuvo que el pH declina en el fruto y el % de acidez aumenta a medida que este se acerca al estado de madurez total y a su posterior senescencia. Esto coincidió con los datos encontrados durante el tiempo de almacenamiento.

Figura 5.

Acidez titulable del zumo de feijoa.

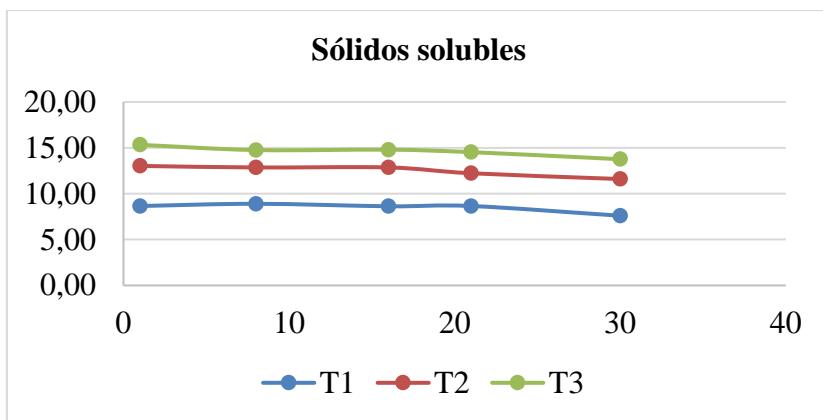


En el análisis del zumo de conservación del caviar de feijoa, se notó que la acidez fue aumentando de manera progresiva, teniendo cambios progresivos a partir del día 21. Este comportamiento indicó una acumulación de ácidos orgánicos, como el cítrico y el málico, los cuales se liberaron de la matriz del caviar o se formaron mediante reacciones oxidativas de azúcares. Por lo tanto, este fenómeno coincidió con el incremento habitual de la acidez en jugos durante su almacenamiento. En el trabajo realizado por Franco et al. (2016) sobre las propiedades fisicoquímicas de las bebidas frutales, se observó un incremento significativamente con el tiempo. Sin embargo, las formulaciones que contienen una mayor cantidad de sólidos solubles, como el T3, presentaron cambios menores, lo que indicó que una matriz más compacta retardó los procesos fermentativos. Posteriormente, el néctar de guanábana mantuvo mejor estabilidad fisicoquímica hasta los 60 días de almacenamiento lo que coincidió con el zumo de conservación. En conclusión, la acidez del zumo de feijoa tendió a incrementarse gradualmente durante el tiempo de conservación.

4.4 Gráficas del zumo esferificado de feijoa

Figura 6.

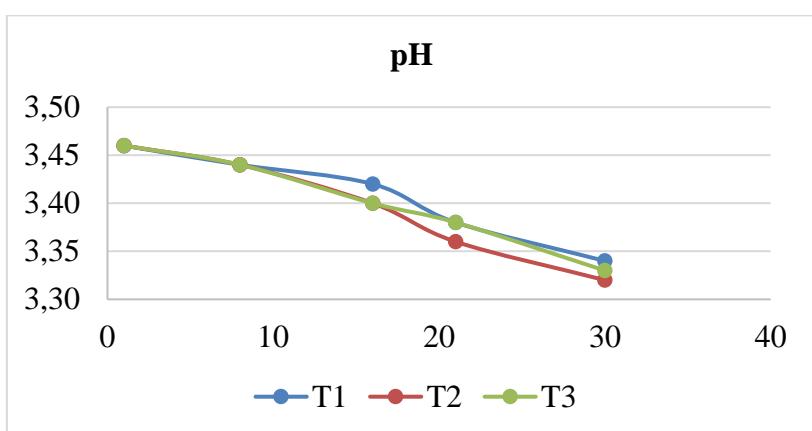
Sólidos solubles del zumo esferificado



En el análisis de los °Brix mediante esferificación inversa, los resultados mostraron una tendencia a disminuir durante los 30 días de almacenamiento, especialmente a partir del día 21. Esto sugirió que los azúcares solubles presentes en la cobertura de alginato se desplazaron gradualmente hacia el medio externo o posiblemente se transformaron debido a reacciones oxidativas. Aguirre (2016), menciona en su tesis sobre la esferificación inversa de una bebida nutricional de fresa, la elaboración del gel con alginato y la densidad de la matriz fueron esenciales para mantener la retención de componentes solubles durante la vida útil del producto. Este trabajo de investigación resaltó que, en caviar esferificado, la formulación del baño de alginato y la concentración del líquido central determinaron la estabilidad de los sólidos solubles. Asimismo, un gel adecuadamente formulado pudo disminuir la migración de solutos y prolongar la calidad del producto durante su almacenamiento.

Figura 7.

Variación del pH del caviar del zumo esferificado de feijoa.

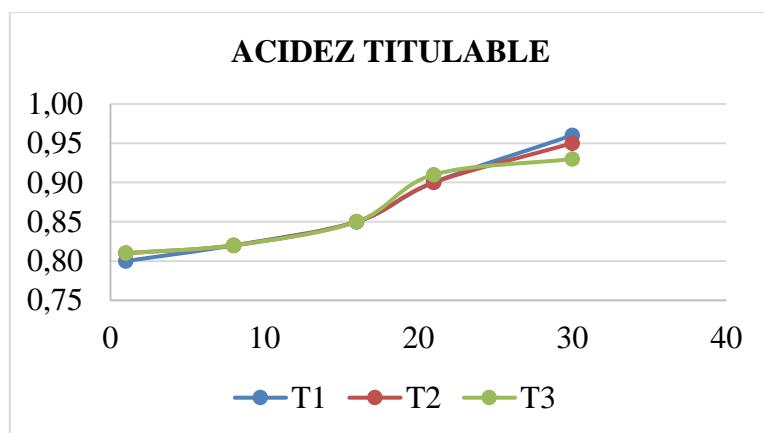


En la Figura 7, el pH disminuyó de 3,46 a un rango de 3,34 – 3,33 al día 30, mostrando una caída notable a partir del día 21. Además, esta tendencia podría deber a la migración

gradual de ácidos orgánicos desde el interior de la esfera hacia el medio de conservación, así como posibles reacciones químicas internas durante el proceso de gelificación. Según Azzahra et al. (2019), las perlas elaboradas con esferificación inversa mostraron que la elección e interacciones de hidrocoloides de alginato afectan directamente las propiedades de barrera y estabilidad de pH de las esferas. En el tratamiento T3, que presentó menor disminución de pH, se evidencia que una composición optimizada del gel y la cobertura puede influir positivamente en la evolución del pH durante el almacenamiento.

Figura 8.

Acidez titulable del zumo esferificado de feijoa.



En el análisis de la acidez titulable, se observó un incremento progresivo durante los 30 días de almacenamiento. Este aumento se volvió más evidente a partir del día 21, por lo que se atribuyó la liberación gradual de ácidos orgánicos, como el cítrico y el málico, desde el núcleo de las esferas hacia el medio acuoso, lo que también pudo reflejar un incremento de concentración en el entorno. Este comportamiento estuvo relacionado con la integridad y formulación de la membrana de alginato, dependiendo de la concentración del alginato y de la disponibilidad de iones de calcio. En la investigación sobre la chicha de morada esferificado realizada por Suárez (2015), se observó que la combinación adecuada del cloruro de calcio al 0,5% y el alginato de sodio al 0,75 % optimizó la formación de esferas con paredes resistentes y obtuvo mayor estabilidad física y química durante el almacenamiento. El tratamiento T3, presentó una mayor concentración y mejor densidad de gel, mostrando una disminución de acidez titulable, lo que indicó que para retrasar los procesos de concentración acida se necesita una formulación más robusta. Estos hallazgos respaldaron que la correcta proporción de hidrocoloides en la esferificación inversa fue clave para mantener la estabilidad de la acidez y, junto con, el control del pH.

4.5 Análisis fisicoquímicos del caviar de feijoa en conservación de líquido de gobierno con miel

Por consiguiente, para alargar la vida útil del caviar de feijoa, se elaboró un almíbar con miel y agua, utilizando únicamente el tratamiento ganador T3, con el 15% de azúcar. A partir de este se realizaron los análisis fisicoquímicos presentados en la Tabla 14.

Tabla 14.*Análisis fisicoquímicos del caviar de feijoa en conservación de almíbar*

Días	Fracción	pH	Sólidos solubles	Acidez titulable
1	Líquido de gobierno	3,21 ± 0,01	20 ± 0,05	0,64 ± 0,01
	Zumo esferificado	3,39 ± 0,01	17 ± 0,05	0,65 ± 0,01
8	Líquido de gobierno	3,45 ± 0,01	12 ± 0,05	0,68 ± 0,01
	Zumo esferificado	3,46 ± 0,02	12 ± 0,05	0,67 ± 0,02
16	Líquido de gobierno	3,39 ± 0,01	13 ± 0,05	0,70 ± 0,01
	Zumo esferificado	3,42 ± 0,02	13 ± 0,05	0,67 ± 0,02
21	Líquido de gobierno	3,42 ± 0,02	13,1 ± 0,05	0,61 ± 0,01
	Zumo esferificado	3,43 ± 0,02	13,1 ± 0,05	0,60 ± 0,01
30	Líquido de gobierno	3,41 ± 0,01	14 ± 0,05	0,56 ± 0,01
	Zumo esferificado	3,41 ± 0,01	14 ± 0,05	0,56 ± 0,01

Nota: T=Tratamiento. La acidez titulable se expresa en % como ácido cítrico. Datos mostrados como media ± desviación estándar.

Los resultados fisicoquímicos del caviar de feijoa conservado en almíbar mostraron una tendencia bastante estable en los parámetros de pH, sólidos solubles y acidez titulable a lo largo de los 30 días de almacenamiento. El zumo esferificado presentó valores de pH un poco más altos que el líquido del almíbar, lo que indica que la membrana creada por la esferificación inversa actuó como una ligera barrera protectora contra la acidificación; al día 1 el pH del líquido fue de 3,21 mientras que el del zumo esferificado fue de 3,39, y al día 30 ambos se acercaron a un valor similar de 3,41, lo que indicó estabilidad.

En los sólidos solubles, presentó una disminución de 17 a 14 °Brix en el zumo esferificado durante el almacenamiento, esto se debió a una pequeña transferencia de azúcares al líquido de conservación. Sin embargo, este cambio no fue drástico, lo que indicó una buena retención de solutos. Por consiguiente, la acidez titulable permaneció dentro de rangos aceptables. Estos resultados coincidieron con el trabajo de investigación de Díaz et al. (2019), quienes evidenciaron que la esferificación inversa permitió la conservación de las propiedades fisicoquímicas de matrices frutales. Se concluyó que el sistema de conservación utilizado fue eficiente para sostener la estabilidad del caviar de feijoa durante el periodo analizado.

Por último, las diferencias observadas entre el caviar de feijoa y el líquido del almíbar se debieron principalmente a la ósmosis que ocurrió a través de la membrana semipermeable de alginato creada durante la esferificación inversa. Esta membrana permite un intercambio parcial de compuestos, tales como azúcares y iones, entre el interior de la esfera y el exterior. En consecuencia, el pH del caviar fue ligeramente superior al del almíbar, dado que la membrana restringió el paso de iones hidrógeno, disminuyendo la acidificación del jugo encapsulado. De igual forma, la reducción progresiva de los sólidos solubles (°Brix) se relacionó con la difusión lenta de azúcares desde el interior de las esferas hacia el líquido de

conservación, con el objetivo de equilibrar las concentraciones entre ambos medios. Este fenómeno ayuda a comprender por qué, a pesar de que se restringió cierta migración de solutos, los cambios fueron moderados, demostrando que la matriz gelificada actuó como una barrera efectiva para preservar la estabilidad fisicoquímica del caviar durante su almacenamiento (Garrido, 2020).

4.6 Elección del mejor tratamiento

Con el propósito de priorizar un solo tratamiento, se realizaron pruebas sensoriales y estadísticas para determinar el de mayor preferencia de la población establecida y contrastarlo con la formulación que presentara características fisicoquímicas.

4.6.1 Análisis de Aceptabilidad mediante pruebas de degustación

Los datos recolectados en la evaluación sensorial realizada con panelistas no entrenados se resumen en el Tabla 15.

Tabla 15.*Test de aceptabilidad*

CODO DEL TRATAMIENTO	CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS	ESCALA HEDÓNICA DE EVALUACIÓN SENSORIAL				
		5	4	3	2	1
		Me gusta mucho	Me gusta	No me gusta, ni me disgusta	Me disgusta	Me disgusta mucho
T1	SABOR	7	14	17	2	0
	TEXTURA	8	20	8	3	1
	COLOR	7	12	14	5	2
	OLOR	6	14	13	5	2
T2	DULZURA	4	12	14	7	3
	SABOR	18	18	3	1	0
	TEXTURA	16	14	7	3	0
	COLOR	7	17	14	1	1
T3	OLOR	8	17	12	3	0
	DULZURA	13	19	8	0	0
	SABOR	31	8	1	0	0
	TEXTURA	25	11	4	0	0
	COLOR	21	13	4	0	2
	OLOR	24	10	6	0	0
	DULZURA	27	11	2	0	0

Nota: Los datos corresponden al número de personas que consideraron aquel puntaje entre 5-1 a cada característica analizada. Por tanto, cada una de estas variables va a obtener 40 respuestas en total.

Con el objetivo de obtener una mejor interpretación de los datos recolectados, es necesario representarlos mediante gráficos estadísticos.

Se realizó un estudio estadístico a los puntajes finales otorgados por los panelistas, con la finalidad de determinar si los datos se ajustan a una distribución normal, en donde, las variables evaluadas fueron: sabor, textura, color, olor, dulzura.

Hipótesis Nula y Alternativa

H₀= $\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3}$ (Tienen igual porcentaje de preferencia)

H₁= Al menos un μ_{Ti} es \neq y tiene mayor preferencia

μ = Promedio del puntaje de preferencia

Tabla 16.*Resultados del análisis estadístico de significancia en atributos sensoriales*

Variables	p-valor	Decisión
Sabor	0,0000000000000195	Si existe diferencia entre los tres tratamientos
Textura	0,00147	Si existe diferencia entre los tres tratamientos
Color	0,0000529	Si existe diferencia entre los tres tratamientos
Olor	0,00000674	Si existe diferencia entre los tres tratamientos
Dulzura	0,0000000000000002	Si existe diferencia entre los tres tratamientos

En cuanto al análisis estadístico, se evidenció que sí existe diferencia entre los tratamientos, ya que p es menor que 0,05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, la cual establece que no hay diferencia entre los promedios. Se concluye que existe una diferencia significativa entre los datos obtenidos a un nivel de significancia del 95%.

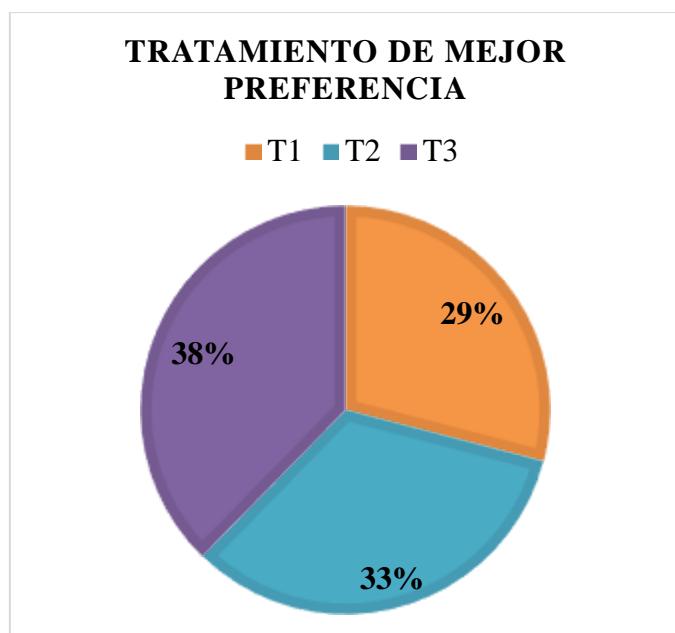
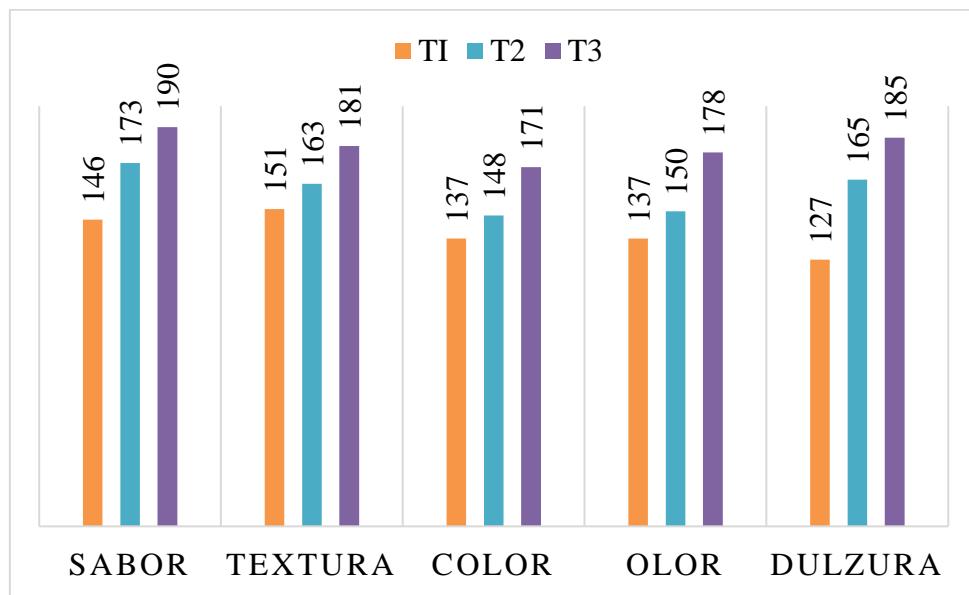
Figura 9.*Porcentaje del puntaje total de preferencia por los panelistas*

Figura 10.

Puntaje otorgado por los panelistas a cada parámetro



Los resultados del análisis sensorial realizado a los tratamientos con diferentes concentraciones de azúcar: T1 al 5%, mientras que T2 al 10% y T3 al 15% se evidenció que en todos los atributos evaluados: sabor, textura, color, olor y dulzura presentó diferencias significativas ($p < 0,05$). Para la cual, el tratamiento T3 obtuvo el mejor puntaje en cada parámetro, destacándose principalmente en los atributos de sabor, textura y olor. Esto reflejó que los panelistas no entrenados tienen una mayor preferencia por los productos con alta concentración de azúcar, además T3 presentó mejores características organolépticas en términos de color y consistencia.

Silva et al. (2020), mencionaron que, al aumentar la concentración de azúcares en productos frutales, la aceptación sensorial se vio favorecida, ya que se intensificaron el aroma y el dulzor es percibido con mayor intensidad, lo cual influyó positivamente en la aceptación global. Por lo tanto, se puede concluir que el tratamiento T3 no solamente cumplió con los parámetros fisicoquímicos adecuados, sino que además tiene un beneficio sensorial relevante que lo hace el más adecuado para una comercialización futura. Esto resaltó la importancia de equilibrar adecuadamente la formulación para obtener un producto atractivo desde el punto de vista técnico como sensorial.

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Este trabajo de investigación permitió desarrollar caviar de feijoa, mediante la aplicación de la técnica de esferificación inversa, adaptada específicamente a las características fisicoquímicas de esta fruta. La elección de esta técnica fue acertada, ya que permitió encapsular el jugo de feijoa en una membrana gelificada estable, superando las limitaciones observadas con la esferificación directa, la cual no produjo resultados adecuados debido al pH ácido y viscosidad natural del jugo de feijoa.
- Se determinó que el caviar de feijoa conservado con su propio jugo como líquido de gobierno y bajo refrigeración presentó una estabilidad de hasta 21 días, a partir de este período se observó cambios sensoriales y fisicoquímicos, tales como: pérdida de color, disminución de la textura y variaciones en el aroma. También para prolongar la vida útil se utilizó la miel como líquido de conservación y se aplicó únicamente al tratamiento T3 seleccionado como ganador en la evaluación sensorial. Este tratamiento permitió extender la estabilidad hasta los 30 días, manteniéndose de mejor manera las propiedades sensoriales y de calidad del producto.
- En cuanto a la evaluación sensorial, se determinó que el tratamiento T3 obtuvo la mayor aceptación por parte del panel de consumidores no entrenados. Este tratamiento sobresalió significativamente en los atributos de sabor, textura, color, olor y dulzura, lo cual indicó que la formulación aplicada fue la más equilibrada y agradable al paladar, y, por tanto, representó la mejor opción para un posible lanzamiento comercial.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda considerar como vida útil máxima del producto los 21 días, ya que más allá de este período se identificaron signos de deterioro sensorial y posibles riesgos de inestabilidad en las esferas. Esto debe ser claramente establecido en el etiquetado o ficha técnica del producto para garantizar la seguridad alimentaria y la satisfacción del consumidor.
- Es recomendable evaluar la posibilidad de industrializar la producción del caviar, realizando pruebas piloto en plantas agroindustriales que permitan validar la factibilidad técnica, económica y logística de su procesamiento a mayor escala. Esto incluye la dosificación del líquido de gobierno, el sistema de envasado y la estandarización de variables como el tamaño de las esferas.
- Se propone continuar con estudios de aceptación comercial abarcando distintos segmentos de mercado como gourmet, infantil y saludable para identificar nichos potenciales. Se debería considerar la creación de prototipos que incluyan el caviar de feijoa como ingrediente diferenciador en productos derivados como: postres, toppings y bebidas.
- Finalmente, se recomienda articular este tipo de innovaciones con asociaciones de productores de feijoa, universidades y centros de desarrollo tecnológico, a fin de fortalecer la cadena de valor local, generar ingresos alternativos en zonas rurales y posicionar a la feijoa como una materia prima para la agroindustria ecuatoriana.

BIBLIOGRÁFIA

- Aguilar, C., Alferez, M., Almeida, J., Andrade , C., & Baez, S. (Febrero de 2022). *Elaboración de caviar artificial en el laboratorio de química.* Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/559180369/PROYECTO-DE-AULA-3-A>
- Aguirre, A. (2016). Esferificación inversa de bebida nutricional sabor fresa, desarrollada para el beneficio de la niñez intermedia y determinacion de su tiempo de vida util en condiciones adecuadas [Trabajo de titulación, Universidad Rafael Landívar]. Obtenido de https://craillandivarlibrary.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay/alma990002013940107696/502URL_INST:502URL
- Aigaje, A. (2023). *Obtención y caracterización de caviar de café por la técnica de esferificación básica [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo].* Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cc1befc5-db5d-4722-bb80-0114dcdd9c5a/content>
- AOAC INTERNATIONAL. (2019). Metodos oficiales de análisis. (21a), *Rockville*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/402316522/AOAC-docx>
- Azzahra, S., Mat, S., Shukri, R., & Wan, Z. (2019). Characterization and stability of pitaya pearls from hydrocolloids by reverse spherification. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Characterization_and_stability_of_pitaya_pearls_fr.pdf
- Baena, A., Londoño, L., & Ocampo, G. (2020). Estudio del volatiloma del fruto de feijoa [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret.] con microextracción en fase sólida en espacio de cabeza y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. *ELSEVIER*, 328. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127109>
- Baratashvili, D., Vanidze, M., Kedelidze, N., Kalandia, A., Djafaridze, I., Lomtadidze, N., . . . Beccari, T. (2022). Bioactive compounds and antioxidant activity of Feijoa (Feijoa sellowiana berg) cultivated in subtropical zones of Georgia. *Progr Nutr [Internet]*, Vol. 24 No. 1. doi:<https://www.mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/12029>
- Barriónuevo, V. (Septiembre de 2021). Diseño de una línea de producción de preparaciones de repostería a partir de la feijoa (*Acca sellowiana*) en el cantón patate. [Tesis de grado]. *Universidad Uniandes*, 21. Obtenido de

- <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/13375/1/UA-ESCL-PDI-004-2021.pdf>
- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2018). Food Chemistry. Obtenido de https://ipa-pasca.unpak.ac.id/pdf/Food_Chemistry_4th_Edition_by_Belitz_W_G.pdf
- CUBERS. (2018). *Esferificación, coctelería y gastronomía molecular*. Obtenido de <https://cuberspremium.com/es-es/blog/esferificacion-cocteles/>
- Dittmar, J., Zowada, C., Yamashita, S., & Eiks, I. (2016). *Gastronomía molecular en clase de química*. Obtenido de Science in School: https://scienceinschool.org/es/article/2016/molecular-gastronomy-chemistry%20classroom-es/?utm_source
- Duarte, R., & Rojas , M. (2022). "Desmitificando la esferificación". 3. Manabí-Ecuador: Revista de Gastronomía y Cocina 1. Obtenido de <https://academiaculinaria.org/index.php/gastronomia-cocina/article/view/16/20>
- Equipo BCH. (30 de Mayo de 2025). *Esferificación: qué es y cómo dominar esta técnica molecular*. Obtenido de Barcelona Culinary Hub: <https://www.barcelonaculinaryhub.com/blog/esferificacion-la-tecnica-culinaria-lider-en-la-cocina-molecular>
- Erazo, M., & Narvaez, D. (2021). *Elaboración de pie de frambuesa implementando la técnica de falso caviar de agar-agar y su impacto en la aceptación del consumidor*. [Universidad de Guayaquil]. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ee805aa2-1843-4e31-ab5e-52235a87fb24/content>
- FAO. (2019). *The state of food and agriculture* . Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content>
- Franco, Y., Rojano, B., Alzate, A., Morales, D., & Maldonado, M. (2016). Efecto del tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, antioxidantes y antiproliferativa de néctar de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). 66(4). Obtenido de [https://www.alanrevista.org/ediciones/2016/4/art-1/#:~:text=Propiedades%20fisicoqu%C3%ADmicas:&text=Los%20%C2%B0Brix%20fueron%20estables,almacenamiento%20\(3%2C%2019\).](https://www.alanrevista.org/ediciones/2016/4/art-1/#:~:text=Propiedades%20fisicoqu%C3%ADmicas:&text=Los%20%C2%B0Brix%20fueron%20estables,almacenamiento%20(3%2C%2019).)
- Garrido, F. (2020). Elaboración de encapsulados de extracto de fruta milagrosa (*synsepalum dulcificum*) como agente modificador del sabor. 102. Quito. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12192/1/UDLA-EC-TIAG-2020-22.pdf>

- Gonzales, K., Guerra, D., & Cruz, J. (2018). Atributos físicos y químicos del fruto de feijoa en Veracruz, México. 24(1). Revista Champoo serie horticultura . Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2018000100005&script=sci_arttext&tlang=es
- González, K., Guerra, D., Coronel, O., & Cruz, J. (2017). *Physical and chemical attributes of feijoa fruit in Veracruz, Mexico.* doi:<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.01.006>
- Hernandez, T., Vazquez, A., & Guitierrez, J. (2021). Elaboración de un platillo aplicando la técnica de esferificación. 10, 19. Mexico. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/webmaster,+p4-Tania+53-54.pdf>
- Hurtado, A., Selgas , R., & Serrano, A. (2020). El alginato y sus inmensas aplicaciones industriales. 12, 2-3. Valencia. España: Revista Iberoamericana. Obtenido de <https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/1188/573-Article%20Text-2570-1-10-20200716.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Llanos, D. (2023). Efecto de conservantes y temperatura de almacenamiento en el tiempo de vida útil de pulpa de piña (Anna comosus L.) envasada al vacío . Cajamarca, Peru. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5550/DIANA%20ELIZABETH%20LLANOS%20TER%C3%81N..pdf?isAllowed=y&sequence=1&utm>
-
- Lopez, F. (2022). *Innovación en la cocina local de San Bartolome en pinllo[Tesis de Grado].* Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/169336d2-7f81-4025-a1a6-94bee5aab8ec/content>
- Luna, A., & Llamiloy, C. (2021). Conservación de la pulpa de guanábana (*Annona muricata*) utilizando tres tipos de empaques y tres concentraciones de preservante. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11458/2856>
- Lutz, M., Morales, D., Sepúlveda, S., & Alviña, M. (2018). *Evaluación sensorial de preparaciones elaboradas con nuevos alimentos funcionales destinados al adulto mayor* (Vol. 35 (2)). (R. C. Nutrición, Ed.)
- Machado, V. (2017). *Técnica de esferificación.* Obtenido de <https://cookstorming.com/tecnica-de-esferificacion/>
- Marcia, O., Moreno, K., & Yarixa, V. (2022). Extracción de fibra de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) y su aplicación en embutido de pasta gruesa. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9499479>

- Nikitenko, O. (2024). *Cómo conservar correctamente el caviar: consejos de expertos para conseguir la máxima frescura*. Obtenido de Global Seafoods North America: <https://globalseafoods.com/es/blogs/news/how-to-properly-store-caviar?srsltid=AfmBOopiyaTYPV6Z8f-Oylqm2KnvJk66dgUOLEl04UzNs1MfbYgob0cc>
- PEKIS. (2019). Cocina molecular: técnicas fáciles para sorprender en casa. Obtenido de <https://pekis.net/es/article/cocina-molecular-tecnicas-faciles-para-sorprender-en-casa>
- Piña, G. (2016). Aplicación de técnicas de cocina molecular en la elaboración de propuestas de repostería utilizando mora, uvilla y babaco. Obtenido de <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7dbae36a-7fce-4aa2-b5b2-3aae9a0d5519/content>
- Pistono, I. (2023). Feijoa, la fruta de la eterna juventud. Obtenido de <https://www.verema.com/blog/dolce-vita/1333048-feijoa-fruta-eterna-juventud>
- Pupiales, E. (2021). Incidencia de la pasteurización lenta en la capacidad antioxidante hidrosoluble, calidad microbiológica y las propiedades físico químicas del jugo del limón meyer Citrus meyeri y tan . Obtenido de [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11146/2/03%20EIA%20519%20TRABAJO%20GRADO.pdf?](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11146/2/03%20EIA%20519%20TRABAJO%20GRADO.pdf)
- Rage, G. (2018). *Perlas de Mezcal: Estudio del comportamiento de burbujas superficiales en mezclas agua-etanol. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autonoma de México]*. Obtenido de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/163985>
- Revelo, V. (2021). “*Estrategias de comercialización de los productos derivados de la Feijoa*”. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/56d4512c-4cae-4482-a4c5-10589e4a8680/content>
- Rivera , E. (2013). Evaluación de la capacidad de esferificación de quitosano como sustituto de alginato en la elaboración del falso caviar. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1863>
- Salazar, M. (2024). Línea de postres fríos a base de feijoa. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6edb1b2c-6be5-451b-a094-641d0a33352d/content>
- Sanmiguel, J., & Villa, D. (2021). Caracterización fisicoquímica y sensorial de un producto esferificado tipo topping para. Obtenido de <https://hdl.handle.net/1992/55358>

- Santamaria, M., Diaz, H., & Mosos, H. (2015). Aspectos anatómicos del desarrollo del fruto de feijoa. Facultad Nacional de Agronomia Medellin.
- Soares, A., Honorio, A., Nunes, D., & Tribst, A. (2021). Alimentos procesados dulces en Brasil: uso de azúcar y edulcorantes, inclusión de declaraciones de azúcar e impacto en el perfil nutricional. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 56(9), 4428–4433. doi:<https://doi.org/10.1111/ijfs.15178>
- Suarez, O. (2015). Efecto de la concentración de alginato de sodio y cloruro de calcio en la textura de chicha morada esferificada. Obtenido de <https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14546/30/INFORME%20FINAL%202015-%20JORDAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vuotto, M. L., Basile, A., Moscatiello, V., Sole, P., Castaldo, R., Laghi, E., & Lucia, M. (2023). Antimicrobial and antioxidant activities of Feijoa sellowiana fruit. *Antimicrobial and antioxidant activities of Feijoa sellowiana fruit*. doi:10.1016/s0924-8579(99)00122-3
- Wang, X., & Feng, H. (2023). Investigating the Role Played by Osmotic Pressure Difference in Osmotic Dehydration: Interactions between Apple Slices and Binary and Multi-Component Osmotic Systems. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/17/3179>
- Wittig, E. (2018). *Evaluación sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121431>
- Xinyue, C., Yao, J., Li, Z., Huang, Z., Liu, H., & Zhu, Z. (2023). Caracterización del perfil volátil del fruto de feijoa (*Acca sellowiana*) en diferentes estados de maduración mediante HS-SPME-GC/MS. *LWT*, 184(115011). doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115011>

ANEXOS



Anexo A. Selección de la materia prima



Anexo B. Pesaje de materia prima



Anexo C. Lavado de materia prima



Anexo D. Escaldado y pelado



Anexo E. Extracción de la fruta



Anexo F. Pasteurización y envasado



Anexo G. Pasteurización y pesaje de insumos



Anexo H. Elaboración del caviar



Anexo I. *Producto final*



Anexo J. *Ánálisis de los sólidos solubles*



Anexo K. *Ánálisis de la acidez titulable*



Anexo L. *Ánálisis de pH*



Anexo M. *Ficha sensorial aplicada a los panelistas no entrenados*