

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



Estrategias de conservación para prolongar la vida útil de una salsa  
tipo aderezo artesanal: uso de métodos combinados

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Jimena Alejandra Córdova Villeda

para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de  
los Alimentos

Guatemala,

2025



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



*Excelencia que trasciende*

**DEL VALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

Estrategias de conservación para prolongar la vida útil de una salsa  
tipo aderezo artesanal: uso de métodos combinados

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Jimena Alejandra Córdova Villeda

Para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de  
los Alimentos

Guatemala,

2025

Vo. Bo.

(f)   
\_\_\_\_\_

MSc. Ana Alicia Paz Pierri

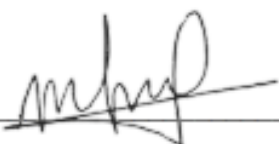
Terna:

(f)   
\_\_\_\_\_

MSc. Ana Alicia Paz Pierri

(f)   
\_\_\_\_\_

MSc. Ana Silvia Colmenares

(f)   
\_\_\_\_\_

MSc. María Andrea Álvarez

Fecha de aprobación: Guatemala, 11 de noviembre del 2025

## PREFACIO

Dedico este trabajo:

A Dios, por nunca dejarme sola, por acompañarme en cada paso de este camino y darme la fortaleza, la sabiduría y la paz necesaria para continuar cuando las fuerzas parecían agotarse.

A mis padres, Gerver Córdova y Alejandra Villeda, por su amor incondicional, por creer en mí incluso cuando dudé de mí misma, y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Gracias por cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo que me permitió llegar hasta aquí.

A mi hermana, Grecia Córdova, por ser mi compañera incondicional en cada etapa de la vida. Gracias por tu apoyo, tus palabras de ánimo y por recordarme siempre que soy capaz de lograr lo que me propongo. Tu cariño y tu confianza en mí fueron una fuente constante de motivación durante todo este camino.

A Eduardo Ramírez, por estar a mi lado en cada momento, brindándome apoyo, paciencia y comprensión. Gracias por creer en mí, por motivarme a seguir adelante incluso en los días más difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño logro.

A mis amigos y familia, por acompañarme con su cariño, sus palabras de aliento y su compañía en los momentos más importantes de este camino. Gracias por comprender mis ausencias, celebrar mis avances y recordarme siempre la importancia de disfrutar cada etapa. Su apoyo y amor fueron un pilar fundamental para alcanzar esta meta.

A mi asesora, Ana Alicia Paz, y a mi catedrático, Víctor Hugo Jiménez, por compartir conmigo no solo sus conocimientos, sino también su pasión por la enseñanza y su compromiso con la formación profesional. Gracias por su guía, su paciencia y por inspirarme a dar siempre lo mejor de mí. Su acompañamiento fue esencial para culminar con éxito este proyecto.

A la Universidad del Valle de Guatemala, por haber sido el espacio donde crecí personal y profesionalmente. Gracias por brindarme las herramientas, los conocimientos y las experiencias que formaron mi vocación como Ingeniera en Ciencias de los Alimentos.

# ÍNDICE

ii. RESUMEN.....	ix
iii. ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	6
IV. OBJETIVOS.....	8
A. General.....	8
B. Específicos .....	8
V. MARCO TEÓRICO .....	9
A. Conservación de alimentos .....	9
B. Métodos de conservación de alimentos .....	12
C. Métodos de procesamiento para la extensión de vida útil .....	15
D. Aplicación de tecnologías de conservación combinada (hurdle technology) en alimentos semisólidos.....	16
E. Evaluación de los procesos de conservación .....	18
F. Tipos de microorganismos.....	20
G. Estudios previos sobre la conservación de salsas tipo aderezo sin huevo .....	23
H. Evaluación fisicoquímica.....	24
I. Evaluación sensorial.....	24
J. Evaluación operativa (viabilidad en planta) .....	25
K. Evaluación financiera (viabilidad económica) .....	25
VI. METODOLOGÍA.....	26
A. Revisión bibliográfica.....	26
B. Recolección de datos .....	27
C. Clasificación del producto en estudio .....	28
D. Evaluación del proceso y condiciones de la elaboración del producto artesanal elegido .....	30
E. Caracterización del producto original, sin ninguna modificación .....	30

F.	Determinación de modificaciones del proceso y condiciones de la elaboración de los dos productos artesanales .....	33
G.	Validación de las técnicas de conservación utilizadas mediante el análisis del producto modificado.....	35
H.	Determinación de la extensión de tiempo de vida del producto modificado.....	42
I.	Evaluación de la viabilidad operativa de los métodos combinados de conservación.....	42
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	48
VIII.	CONCLUSIONES .....	76
IX.	RECOMENDACIONES .....	77
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
XI.	ANEXOS .....	85

# ÍNDICE DE CUADROS

Página

<b>Cuadro 1.</b> Criterios microbiológicos para la inocuidad del subgrupo de alimentos 12.3 ...	22
<b>Cuadro 2.</b> Listado de aditivos según el RTCA de aditivos para la conservación del producto con el que se trabajó .....	29
<b>Cuadro 3.</b> Descripción de los análisis sensoriales realizados en las muestras .....	32
<b>Cuadro 4.</b> Matriz de ponderación para identificar la combinación de los métodos de conservación que se utilizarán .....	35
<b>Cuadro 5.</b> Determinación de las muestras con modificaciones de proceso a utilizar según el análisis a realizar y el tiempo de vida que tiene el producto .....	41
<b>Cuadro 6.</b> Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad operativa de la planta de los métodos combinados de conservación .....	43
<b>Cuadro 7.</b> Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad financiera de los métodos combinados de conservación .....	46
<b>Cuadro 8.</b> Proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación.....	48
<b>Cuadro 9.</b> Ingredientes de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación .....	50
<b>Cuadro 10.</b> Evaluación inicial de parámetros fisicoquímicos de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación.....	51
<b>Cuadro 11.</b> Evaluación inicial de parámetros sensoriales cualitativos de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación .....	52
<b>Cuadro 12.</b> Evaluación inicial de parámetros sensoriales cuantitativos de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación .....	53
<b>Cuadro 13.</b> Matriz de ponderación para la selección de métodos combinados de conservación en la salsa tipo aderezo artesanal.....	55
<b>Cuadro 14.</b> Estrategias de conservación implementadas para prolongar la vida útil de la salsa tipo aderezo artesanal.....	56
<b>Cuadro 15.</b> Formulación inicial y final de la salsa tipo aderezo artesanal .....	59
<b>Cuadro 16.</b> Proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal con incorporación de métodos de conservación.....	60
<b>Cuadro 17.</b> Evaluación de parámetros sensoriales cuantitativos de la salsa tipo aderezo artesanal tras la aplicación métodos de conservación .....	62
<b>Cuadro 18.</b> Resultados fisicoquímicos de la salsa tipo aderezo artesanal durante el almacenamiento tras aplicar los métodos de conservación .....	63
<b>Cuadro 19.</b> Resultados microbiológicos para microorganismos patógenos de la salsa tipo aderezo artesanal.....	65
<b>Cuadro 20.</b> Evolución de los recuentos microbiológicos durante el almacenamiento de la salsa tipo aderezo artesanal.....	65

<b>Cuadro 21.</b> Tiempo de vida útil de la salsa tipo aderezo artesanal antes y después de aplicarle los métodos de conservación .....	66
<b>Cuadro 22.</b> Tiempo de vida útil y parámetros de aceptación de la salsa tipo aderezo artesanal tras aplicarle los métodos de conservación .....	67
<b>Cuadro 23.</b> Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad operativa de los métodos combinados de conservación .....	69
<b>Cuadro 24.</b> Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad financiera de los métodos combinados de conservación .....	72
<b>Cuadro 25.</b> Análisis fisicoquímico completo de la muestra control.....	86
<b>Cuadro 26.</b> Análisis sensorial semana 1 del producto original .....	87
<b>Cuadro 27.</b> Análisis sensorial semana 1 producto modificado.....	87
<b>Cuadro 28.</b> Análisis sensorial semana 2 producto modificado.....	88
<b>Cuadro 29.</b> Análisis sensorial semana 3 producto modificado.....	88
<b>Cuadro 30.</b> Análisis sensorial semana 4 producto modificado.....	89
<b>Cuadro 31.</b> Análisis sensorial semana 5 producto modificado.....	89
<b>Cuadro 32.</b> Resultados fisicoquímicos de la semana 1 del producto modificado .....	90
<b>Cuadro 33.</b> Resultados fisicoquímicos de la semana 2 del producto modificado .....	90
<b>Cuadro 34.</b> Resultados fisicoquímicos de la semana 3 del producto modificado .....	91
<b>Cuadro 35.</b> Resultados fisicoquímicos de la semana 4 del producto modificado .....	91
<b>Cuadro 36.</b> Resultados fisicoquímicos de la semana 5 del producto modificado .....	92
<b>Cuadro 37.</b> Análisis microbiológico de la semana 1 para <i>Staphylococcus aureus</i> .....	92
<b>Cuadro 38.</b> Análisis microbiológico de la semana 1 para <i>E. coli</i> .....	92
<b>Cuadro 39.</b> Análisis microbiológico de la semana 1 para pruebas de confirmación para <i>Salmonella</i> .....	93
<b>Cuadro 40.</b> Análisis microbiológico de la semana 1 para aerobios mesófilos .....	93
<b>Cuadro 41.</b> Análisis microbiológico de la semana 1 para mohos y levaduras .....	93
<b>Cuadro 42.</b> Análisis microbiológico de la semana 2 para aerobios mesófilos .....	93
<b>Cuadro 43.</b> Análisis microbiológico de la semana 2 para mohos y levaduras .....	94
<b>Cuadro 44.</b> Análisis microbiológico de la semana 3 para aerobios mesófilos .....	94
<b>Cuadro 45.</b> Análisis microbiológico de la semana 3 para mohos y levaduras .....	94
<b>Cuadro 46.</b> Análisis microbiológico de la semana 4 para aerobios mesófilos .....	94
<b>Cuadro 47.</b> Análisis microbiológico de la semana 4 para mohos y levaduras .....	95
<b>Cuadro 48.</b> Análisis microbiológico de la semana 5 para aerobios mesófilos .....	95
<b>Cuadro 49.</b> Análisis microbiológico de la semana 5 para mohos y levaduras .....	95
<b>Cuadro 50.</b> Análisis microbiológico de la semana 6 para aerobios mesófilos .....	95
<b>Cuadro 51.</b> Análisis microbiológico de la semana 6 para mohos y levaduras .....	96

# ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo de la metodología.....	26
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación .....	50
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal con incorporación de métodos de conservación .....	61
<b>Figura 4.</b> Resultados sensoriales cuantitativos iniciales y finales de la salsa tipo aderezo artesanal tras la aplicación métodos de conservación .....	63
<b>Figura 5.</b> Gráfico para la evaluación de la viabilidad operativa de los métodos combinados de conservación .....	70
<b>Figura 6.</b> Gráfico para la evaluación de la viabilidad financiera de los métodos combinados de conservación .....	73
<b>Figura 7.</b> Consentimiento informado para los panelistas que formarán parte del estudio ..	85
<b>Figura 8.</b> Formulario utilizado para realizar el panel sensorial de las salsas tipo aderezo artesanal .....	86

## RESUMEN

La conservación de productos alimenticios artesanales representa un reto significativo para la industria alimentaria, especialmente en contextos donde la vida útil limitada afecta la comercialización, la seguridad del consumidor y la eficiencia operativa. En este escenario, los métodos combinados de conservación surgen como una alternativa viable para prolongar la estabilidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial de productos altamente perecederos. El término métodos combinados de conservación se refiere a la aplicación simultánea de varios métodos de conservación, cada uno utilizado en niveles reducidos o de menor intensidad que cuando se aplican de forma individual. Sin embargo, al combinarse, estos métodos actúan de manera sinérgica, conformando un sistema de preservación más eficaz y equilibrado. Esta estrategia permite mejorar la estabilidad y seguridad del producto, reduciendo al mismo tiempo los efectos negativos sobre sus características sensoriales, y ofreciendo una alternativa más eficiente en comparación con el uso de métodos individuales. El presente estudio buscó determinar si método combinado de preservación utilizado es el óptimo para la elaboración de un producto artesanal, con el fin de garantizar su inocuidad, calidad y estabilidad, sin comprometer sus características organolépticas ni su esencia artesanal. La metodología consistió en una primera fase de diagnóstico de los productos elaborados en la planta, selección de la formulación más crítica en cuanto a vida útil, caracterización inicial mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales, e implementación de estrategias de conservación combinadas. Posteriormente, se evaluó nuevamente la vida útil del producto modificado, comparando su desempeño frente a la formulación original. El estudio permitió identificar que la combinación de técnicas de conservación utilizada resultó técnicamente viable, económicamente accesible y operacionalmente aplicable en la planta, logrando extender significativamente el tiempo de vida del producto sin deterioro sensorial ni riesgos microbiológicos. De esta manera, el trabajo aporta soluciones prácticas para la reducción de pérdidas y el acceso a alimentos más seguros y duraderos.

## ABSTRACT

The preservation of artisanal food products represents a significant challenge for the food industry, especially in contexts where limited shelf life affects commercialization, consumer safety, and operational efficiency. In this scenario, combined preservation methods emerge as a viable alternative to prolong the microbiological, physicochemical, and sensory stability of highly perishable products. The term combined preservation methods refers to the simultaneous application of several preservation techniques, each used at lower levels or with reduced intensity compared to when applied individually. However, when combined, these methods act synergistically, creating a more effective and balanced preservation system. This strategy improves product stability and safety while minimizing negative effects on sensory attributes, offering a more efficient alternative than the use of single preservation techniques. The present study aimed to determine whether the combined preservation method used is optimal for the production of an artisanal product, ensuring its safety, quality, and stability without compromising its organoleptic characteristics or artisanal nature. The methodology consisted of an initial diagnostic phase of the products manufactured in the facility, the selection of the most critical formulation in terms of shelf life, initial characterization through physicochemical and sensory analyses, and the implementation of combined preservation strategies. Subsequently, the modified product's shelf life was re-evaluated, comparing its performance to that of the original formulation. The study demonstrated that the combination of preservation techniques applied was technically feasible, economically affordable, and operationally applicable within the plant, significantly extending the product's shelf life without sensory deterioration or microbiological risk. In this way, the research provides practical solutions for reducing losses and ensuring safer and longer-lasting food products.

# I. INTRODUCCIÓN

La adecuada conservación de los alimentos es un pilar fundamental para garantizar la inocuidad y calidad de los productos que se consumen, así como para reducir pérdidas de alimentos y evitar enfermedades transmitidas por los mismos (ETA). Esta necesidad cobra mayor relevancia en productos elaborados de forma artesanal, ya que suelen tener procesos poco estandarizados y muchas fuentes de error, lo que los hace más susceptibles al deterioro microbiológico y sensorial (Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, 2023)

En Guatemala, uno de los principales retos para los pequeños productores de alimentos artesanales es la corta vida útil de los productos elaborados sin conservantes artificiales, lo que limita su distribución y comercialización. Este problema contribuye al desperdicio alimentario y pérdidas económicas significativas, especialmente en productos que requieren condiciones de refrigeración. Según datos recientes, el país desperdicia aproximadamente 1.6 millones de toneladas de alimentos al año, equivalente a 72 kilogramos por persona, lo que evidencia la necesidad de estrategias que promuevan una mayor estabilidad y aprovechamiento de los alimentos (Revista Summa, 2025). Por ello, la aplicación de métodos combinados de conservación representa una alternativa tecnológica viable para prolongar la estabilidad de productos artesanales tipo aderezo, manteniendo su inocuidad y calidad sensorial.

Los consumidores actuales muestran una preferencia creciente por productos naturales, con bajo contenido de sodio y etiquetas limpias, lo cual ha impulsado la demanda de aderezos y salsas artesanales. En este contexto, un producto artesanal se define como aquel elaborado mediante procesos tradicionales o de pequeña escala, con mínima intervención industrial y priorizando el uso de ingredientes naturales y locales, lo que refuerza su autenticidad y valor percibido por el consumidor (FAO, 2023). Sin embargo, este mismo perfil de producto, caracterizado por la ausencia de aditivos sintéticos, conservantes artificiales y procesos térmicos agresivos, los hace vulnerables a una vida útil corta, limitando su competitividad en el mercado (García, 2024). En este contexto, el tiempo de vida útil se vuelve un factor clave para la industria artesanal, ya que una duración limitada restringe las posibilidades de distribución y comercialización del producto, generando pérdidas por merma y reduciendo la rentabilidad. Por lo tanto, extender la vida útil de estos productos contribuye directamente a la sostenibilidad económica de los pequeños productores y a su capacidad de crecimiento en el mercado.

Ante este desafío, el uso de métodos combinados de conservación (que integran técnicas físicas, químicas y biológicas en sinergia) ha demostrado ser efectivo para prolongar la estabilidad de diversos productos alimenticios. Estudios previos han evidenciado su eficacia en matrices como puré de mamey, bases dulces de frutas tropicales y mermeladas, sin recurrir necesariamente a la refrigeración o tratamientos térmicos intensivos (Mayorga Caballero, Pérez Guerrero & Pérez Carmona, 2020).

Este estudio se enfocó en el desarrollo y validación de una salsa tipo aderezo artesanal a base de pepitoria, elaborada en una planta guatemalteca, cuya vida útil inicial era limitada. A partir del diagnóstico técnico, se aplicó y evaluó una combinación de métodos de conservación, incluyendo el control de pH, la aplicación de tratamientos térmicos, la mejora de técnicas de manipulación y la mejora del envasado. El objetivo fue establecer un protocolo de conservación replicable, económicamente factible y operacionalmente viable, que permitiera prolongar la vida útil del producto sin alterar su calidad ni comprometer la percepción sensorial del consumidor. Este enfoque no solo beneficia a la planta de producción en estudio, sino que también aporta conocimiento aplicable para otras iniciativas dentro del sector alimentario.

## II. ANTECEDENTES

La conservación de alimentos desempeña un papel esencial en la industria alimentaria, ya que permite mantener la inocuidad, estabilidad y aceptabilidad sensorial de los productos durante su almacenamiento, transporte y comercialización. Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y las pérdidas por deterioro físico, químico o microbiológico representan desafíos críticos, especialmente en productos de alta humedad y pH neutro, como las salsas tipo aderezo, que son altamente susceptibles a contaminación si no se aplican medidas de conservación adecuadas (FAO, 2023).

Los métodos de conservación, también conocidos como hurdle technology, han cobrado relevancia en los últimos años como una alternativa eficiente para extender la vida útil sin recurrir al uso excesivo de conservantes sintéticos. Este enfoque se basa en la aplicación simultánea de varios factores de conservación, como reducción de pH, disminución de actividad de agua ( $A_w$ ), aplicación de tratamientos térmicos suaves y uso de empaques con baja permeabilidad al oxígeno, los cuales, en conjunto, inhiben el crecimiento microbiano y mantienen la estabilidad sensorial del producto (Leistner & Gould, 2022).

En el caso de productos semilíquidos tipo aderezo, el control del pH y la  $A_w$  es fundamental para evitar el desarrollo de microorganismos patógenos como *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli*, comúnmente asociados a alimentos con ingredientes vegetales y alto contenido de agua (Torres, Aguilar, & López, 2021). Asimismo, la pasteurización térmica controlada contribuye a reducir la carga microbiana inicial sin generar cambios significativos en el color o sabor del producto (Silva, Gómez & Herrera, 2020).

Estudios recientes han demostrado la eficiencia de la tecnología de obstáculos combinados o hurdle technology en salsas y aderezos. Por ejemplo, Rodríguez et al. (2022), aplicaron una combinación de acidificación y tratamiento térmico a 80°C por 2 min en una salsa vegetal, logrando extender su vida útil de 15 a 60 días bajo refrigeración, manteniendo su estabilidad sensorial y microbiológica. De manera similar, Pereira et al. (2023), reportaron que la incorporación de envases con propiedades barrera, junto con la formulación ajustada de pH y  $A_w$ , permitió conservar aderezos emulsificados durante más de 90 días sin presencia de microorganismos indicadores.

En el contexto de la industria artesanal, donde predominan procesos manuales y limitaciones tecnológicas, la aplicación de métodos combinados resulta especialmente valiosa. Este tipo de estrategias permite mantener la autenticidad del producto y garantizar su seguridad, reduciendo al mismo tiempo el desperdicio alimentario ocasionado por una corta vida útil. Su implementación fortalece la competitividad de los pequeños productores y contribuye a la sostenibilidad del sector alimentario guatemalteco (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala., 2024).

En una investigación realizada en la Universidad de las Américas Puebla, se evaluó la conservación de una base dulce de tamarillo (BTD) mediante los métodos combinados sin recurrir a tratamientos térmicos o congelación, logrando mantener su calidad por 30 días en refrigeración. En este estudio, se emplearon distintos métodos de conservación como la reducción de actividad de agua ( $A_w$ ), uso de conservantes químicos, protección contra la luz, empaques herméticos y almacenamiento en condiciones de refrigeración. Con esto, se determinó que el pH y  $A_w$  se mantuvieron estables, la coloración cambió ligeramente y la intensidad de los sabores se mantuvo constante y aceptada por los consumidores.

En este estudio también se evaluó una variación al agregarle yogurt natural a la base de dulce de tamarillo. Con este ingrediente adicional, se logró mantener una calificación de “me gusta mucho” hasta los 50 días. Asimismo, se determinó que no hubo diferencias significativas en la aceptación general del producto durante el almacenamiento (Villegas-Ruiz, Rodríguez-Armas, Guerrero-Beltrán & Bárcenas-Pozos, 2013).

En otra investigación realizada en León, Nicaragua se aplicaron métodos combinados para conservar mamey (*Mammea Americana L.*) hasta 90 días a temperatura ambiente. Se emplearon cuatro técnicas: infusión seca, infusión húmeda, puré y humedad intermedia, combinadas con reducción de actividad de agua ( $A_w$ ), control de pH e incremento de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix). Se utilizaron conservantes como sorbato de potasio, bisulfito de sodio y ácido ascórbico, que ayudaron a inhibir microorganismos y prevenir la oxidación.

Los resultados mostraron que el puré de mamey alcanzó mayor estabilidad, mientras que la humedad intermedia redujo la actividad de agua, permitiendo una conservación prolongada. Por ende, se pudo determinar que los métodos combinados lograron una conservación efectiva del mamey con buena calidad microbiológica y sensorial, ofreciendo una alternativa viable para reducir pérdidas postcosecha y generar productos de valor

agregado a la industria de alimentos (Mayorga Caballero, Pérez Guerrero & Pérez Carmona, 2020).

Asimismo, en otra investigación en la que desarrollaban nuevos productos a base de mango los métodos que se utilizaron fueron la reducción de actividad de agua, aumento de sólidos solubles (°Brix), control de pH (3.0-4.0 con ácido cítrico) y pasteurización a 85°C, combinados con envasado en caliente y el uso de pectina como estabilizante. Estos métodos permitieron inhibir microorganismos, mejorar la textura y estabilidad del producto sin necesidad del uso excesivo de conservantes. En conclusión, se determinó que la combinación de control térmico, ajuste de pH y reducción de actividad de agua resultó efectiva para garantizar la seguridad y calidad de la mermelada sin necesidad del uso de refrigeración (Cáceres Gutiérrez & Franco Miranda, 2011).

En el contexto actual del mercado de salsas y aderezos, se observa una clara tendencia por productos que integren sabor con beneficios para la salud y la nutrición. Esta tendencia ha favorecido el desarrollo de aderezos artesanales elaborados con ingredientes de alta calidad y formulaciones más equilibradas, destacando opciones bajas en sodio, sin azúcares añadidos y con grasas saludables. Los consumidores valoran cada vez más las etiquetas limpias, la procedencia de los ingredientes y la autenticidad de las recetas, lo que ha abierto oportunidades para marcas que priorizan la transparencia, el origen natural y la conexión con estilos de vida más conscientes. A esto se suma la creciente demanda por productos de conveniencia, ya que los consumidores han dejado de preparar estas salsas en casa y optan por comprarlas ya listas, valorando el ahorro de tiempo y la practicidad sin sacrificar la calidad sensorial ni nutricional (García, 2024).

Paralelamente, el mercado de salsas y condimentos atraviesa una etapa de transformación, motivada por factores económicos, sociales y culturales. La búsqueda de una mejor relación calidad-precio y de productos sostenibles ha llevado a los fabricantes a optimizar formatos, reducir materiales en el empaque y destacar beneficios funcionales sin comprometer la calidad percibida. Las redes sociales, el teletrabajo y el interés por experiencias culinarias innovadoras han impulsado nuevas formas de consumo, en las que las salsas y aderezos se posicionan como soluciones versátiles que enriquecen la cocina casera, consolidando su crecimiento en mercados dinámicos (Trades S.A., 2023).

### III. JUSTIFICACIÓN

La industria de alimentos enfrenta un reto constante en la conservación de productos artesanales, especialmente aquellos con una vida útil limitada. En este contexto, estos productos presentan un desafío particular debido a su composición natural y su susceptibilidad al deterioro microbiológico y sensorial. En la planta de producción donde se llevó a cabo este estudio se identificó que uno de los productos más críticos es una salsa tipo aderezo a base de pepitoria, cuya vida útil era significativamente corta, afectando tanto la eficiencia operativa como la satisfacción del consumidor.

Esta problemática resultó relevante porque la demanda de alimentos naturales, saludables y libres de aditivos ha incrementado en los últimos años. Sin embargo, la vida útil reducida de este tipo de productos limitaba su competitividad, aumentaba las mermas y dificultaba su distribución hacia mercados más amplios. La falta de estabilidad también representa un obstáculo para los pequeños y medianos productores, quienes enfrentan pérdidas económicas derivadas del deterioro prematuro del producto y la imposibilidad de conservar inventarios por periodos prolongados.

La demanda de productos naturales y saludables ha aumentado significativamente en los últimos años. Sin embargo, la corta vida útil de estos productos limita su comercialización y competitividad en el mercado. Además, esta limitación representa una complicación para la distribución a tiendas foráneas, ya que el reducido tiempo disponible para su comercialización incrementa el riesgo de merma y pérdidas económicas. Al explorar los métodos combinados de conservación, se buscó una solución que permitiera extender la vida útil sin comprometer la calidad organoléptica y nutricional de las salsas, manteniendo su esencia artesanal. Extender la vida útil también facilita la comercialización en mercados más amplios, tanto locales como regionales, al permitir tiempos de distribución más flexibles, reduciendo desperdicios y alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 12: Producción y consumo responsables, que incluyen como meta reducir la mitad el desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de producción (ONU, 2015).

La literatura previa ha demostrado que el uso de métodos combinados, como la aplicación de barreras físicas o químicas, es una estrategia efectiva para prolongar la estabilidad de los alimentos. Estudios han evidenciado que técnicas como la reducción de actividad de agua, el uso de conservantes naturales y la modificación del pH pueden actuar sinérgicamente para

inhibir el crecimiento microbiano y retrasar la degradación del producto. Sin embargo, aún existe una brecha en la aplicación específica de estas estrategias en salsas artesanales bajo condiciones reales de producción. Implementar estas tecnologías también permite fortalecer los controles de proceso y garantizar la inocuidad del producto final, ya que permite establecer puntos críticos de control microbiológico y fisicoquímico que aseguran la estabilidad y seguridad del alimento hasta el final de su vida útil.

Esta investigación muestra la relevancia del desarrollo de alternativas innovadoras y viables para la conservación de productos artesanales, que ofrezcan soluciones prácticas para pequeñas y medianas empresas del sector alimentario. Además, permitió optimizar los procesos de producción en la planta donde se llevó a cabo el estudio, reduciendo mermas y mejorando la rentabilidad del negocio. Desde un enfoque integral, este trabajo promueve una producción más eficiente, alineada con estándares de inocuidad y sostenibilidad, lo que no solo favorece el cumplimiento regulatorio, sino que fortalece la confianza del consumidor y abre oportunidades comerciales para productos artesanales de alta calidad. En términos más amplios, este trabajo buscó generar conocimiento aplicable que pueda ser replicado en otras industrias de alimentos artesanales con desafíos similares en la conservación de sus productos.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. General**

Evaluar una combinación de métodos de conservación en la elaboración de una salsa tipo aderezo con el fin de aumentar su vida útil y garantizar su inocuidad.

### **B. Específicos**

1. Caracterizar la salsa tipo aderezo y su proceso actual, estableciendo las condiciones de elaboración, el perfil fisicoquímico y sensorial como línea base de comparación.
2. Aplicar una combinación de métodos de conservación y evaluar su efecto sobre las características sensoriales y estabilidad de la salsa tipo aderezo durante su almacenamiento.
3. Realizar una evaluación base de la viabilidad operativa y financiera del método combinado de conservación aplicado en la elaboración de la salsa tipo aderezo.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Conservación de alimentos

La descomposición de los alimentos se debe, principalmente, a mecanismos microbiológicos, químicos y enzimáticos que alteran su inocuidad y calidad. La velocidad de deterioro depende de factores intrínsecos del alimento (pH, actividad de agua, potencial redox, composición de nutrientes y presencia de antimicrobianos naturales) y extrínsecos del entorno (temperatura, humedad relativa, oxígeno/luz, tiempo y condiciones de almacenamiento y distribución). Por ellos, la mayoría de los productos perecederos requieren la aplicación de métodos de conservación para retrasar el crecimiento microbiano y las reacciones no deseadas, manteniendo su aceptabilidad sensorial durante la vida útil (Fellows, 2017).

El deterioro puede comprometer la seguridad (patógenos) y calidad sensorial (cambios de olor/sabor, textura, color), generando pérdidas económicas por mermas y devoluciones. En productos semilíquidos como las salsas tipo aderezo, la combinación de alto contenido de agua y pH moderado incrementa la susceptibilidad a alteraciones microbiológicas y químicas si no se controlan las condiciones de proceso y almacenamiento (Rahman, 2020).

El deterioro de los alimentos puede comprometer la salud, puesto que algunos microorganismos producen toxinas altamente perjudiciales, por ejemplo, la neurotoxina del *Clostridium botulinum* en conservas mal esterilizadas, y diversas micotoxinas producidas por mohos, que pueden tener efectos carcinogénicos o inmunosupresores. Para prevenir esto, se emplean métodos físicos (calentamiento, deshidratación, irradiación, congelación) y químicos que inhiben o eliminan la proliferación microbiana. Además, muchos alimentos contienen antimicrobianos naturales que contribuyen a su conservación. (Mafe, 2024).

Para prolongar la vida útil de los alimentos es fundamental comprender los mecanismos de deterioro que los afectan. Estos mecanismos comprenden la proliferación microbiana, reacciones químicas no deseadas (como oxidación, hidrólisis, reacciones de Maillard) y la acción enzimática endógena o exógena. Además, dichos procesos son modulados tanto por factores intrínsecos del alimento como el pH, la actividad de agua o la composición; como por condiciones del entorno como lo son la temperatura, la humedad, el oxígeno y la luz. Mientras mayor sea el conocimiento de estos mecanismos y sus interacciones, mayor será la capacidad de aplicar estrategias de conservación eficientes y diseñar barreras adecuadas del deterioro (Choskit, et al., 2023).

El deterioro de los alimentos es un proceso complejo que puede explicarse desde una perspectiva molecular, mediante la incidencia de reacciones físicas, químicas y biológicas que afectan su calidad, seguridad e inocuidad. Entre los mecanismos relevantes se encuentra la oxidación lipídica, una reacción en cadena iniciada por radicales libres, en la que los ácidos grasos insaturados reaccionan con el oxígeno formando hidroperóxidos, aldehídos y cetonas. Estos compuestos alteran el sabor, aroma, valor nutricional del alimento, siendo especialmente relevantes en productos grasos expuestos al calor, la luz o metales catalíticos (Vasconcelos, Silva & Pinheiro, 2021).

Otro mecanismo importante en el deterioro de alimentos es la proteólisis, que consiste en la degradación de proteínas por acción de enzimas endógenas o exógenas producidas por microorganismos. Esta reacción puede generar péptidos de bajo peso molecular y aminoácidos libres, los cuales alteran el perfil sensorial (olor y sabor), además de afectar su textura y frescura. En las últimas investigaciones se ha observado que las proteasas microbianas (como las de las bacterias psicrófilas) son capaces de actuar incluso a bajas temperaturas, lo que incrementa la vulnerabilidad de alimentos refrigerados (Badui Dergal, 2006) (Morandi, et al., 2021). Asimismo, los estudios recientes han propuesto modelos cualitativos para describir la cinética de proteólisis en alimentos, considerando factores como la accesibilidad del sustrato, la estructura proteica y la hidrólisis selectiva en enlaces peptídicos, lo que permite una mejor predicción del deterioro y del tiempo de vida útil del producto (Vorob'ev, 2024).

Asimismo, la reacción de Maillard, una interacción no enzimática entre azúcares reductores y aminoácidos, puede inducir cambios en el color, aroma y sabor del producto y, a largo plazo, ocasionar pérdida de valor nutricional y formación de compuestos potencialmente tóxicos. Investigaciones recientes han demostrado que algunos productos de esta reacción exhiben propiedades antioxidantes o antimicrobianas, lo que abre oportunidades para su uso como conservantes naturales, pero también evidencia la complejidad de su impacto en alimentos procesados (Bolchini, Morozova, Ferrentino & Scampicchio, 2025).

Estas transformaciones no solo impactan la calidad del alimento, sino que también tienen consecuencias económicas y ambientales a nivel global. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se estima que aproximadamente un tercio de los alimentos producidos en el mundo se pierde o desperdicia, lo que equivale a más de 1,000 toneladas anuales. Esta pérdida ocurre en todas las etapas de

la cadena alimentaria y representa un reto significativo para la sostenibilidad y la seguridad mundial (FAO, 2023).

Desde el punto de vista microbiológico, el deterioro se origina cuando las condiciones del alimento (como alta actividad de agua, pH neutro o bajo contenido de conservantes naturales) favorecen el crecimiento de microorganismos alterantes o patógenos. Estos organismos (principalmente bacterias, mohos y levaduras) metabolizan los nutrientes y generan compuestos volátiles, ácidos o sulfuros que modifican el olor, sabor y textura del alimento (Mafe, 2024). En productos semilíquidos como salsas o aderezos, esta alteración puede manifestarse como separaciones de fases, gasificación, cambios de color o rancidez superficial. Además, algunos microorganismos producen toxinas, como la botulínica o las micotoxinas, que comprometen la inocuidad, lo que diferencia al deterioro microbiológico del deterioro únicamente sensorial.

El deterioro sensorial es otro indicador clave de pérdida de calidad, ya que engloba los cambios perceptibles por el consumidor en color, olor, textura o sabor, aun cuando el producto no represente un riesgo sanitario inmediato. Este tipo de deterioro está fuertemente vinculado a las reacciones de oxidación, hidrólisis o pardeamiento, y suele ser el principal factor que determina la aceptación o rechazo de un alimento en el mercado (Doyle & Buchanan, 2019). En el caso de productos grasos o emulsificados como las salsas tipo aderezo, la rancidez oxidativa y la sinéresis (liberación de fase acuosa) son los defectos más comunes asociados al final de su vida útil.

Finalmente, es importante distinguir entre la fecha de vencimiento y la fecha de consumo preferente, conceptos fundamentales para la gestión de calidad y seguridad alimentaria. La primera indica el límite máximo hasta el cual un producto puede consumirse de forma segura sin riesgo microbiológico; mientras que la segunda se refiere al periodo en que conserva sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas óptimas. En productos como aderezos o salsas semilíquidas, la fecha de consumo preferente puede extenderse mediante tecnologías combinadas de conservación, como la reducción de actividad de agua, acidificación y barreras antimicrobianas, siempre que se mantenga la inocuidad del producto (Rahman, 2020).

## **B. Métodos de conservación de alimentos**

Los métodos de conservación permiten extender la vida útil de los alimentos al reducir su deterioro y evitar el crecimiento de microorganismos. Estos métodos pueden clasificarse en físicos, químicos y biológicos, dependiendo de los mecanismos utilizados para preservar los productos. La elección del método de conservación adecuado depende de múltiples factores, incluyendo el tipo de alimento, su composición química, el pH, la actividad de agua ( $A_w$ ), la carga microbiana inicial y las condiciones de almacenamiento. En muchos casos, un solo método no es suficiente para garantizar la inocuidad y estabilidad del producto, por lo que se recurre al uso de métodos combinados o tecnologías de obstáculos (hurdle technology) para lograr una conservación eficaz sin comprometer la calidad sensorial del alimento (Leistner & Gould, 2022).

### **1. Métodos físicos**

Los métodos físicos se basan en la modificación de condiciones ambientales o en el uso de tratamientos que alteran el entorno físico de los microorganismos para limitar su crecimiento o destruirlos. El control de temperatura es uno de los mecanismos más utilizados: la refrigeración y la congelación disminuyen la velocidad de crecimiento microbiano y la actividad enzimática al reducir la energía cinética molecular, mientras que los tratamientos térmicos como la pasteurización o la esterilización inactivan microorganismos por desnaturalización de proteínas, ruptura de membranas y daño del ADN (Barba, Parniakov, & Wiktor, 2020). En productos líquidos o semisólidos como salsas y aderezos, la pasteurización suave (70–90 °C por 30–60 s) es efectiva para reducir la carga microbiana sin afectar significativamente la textura o la estabilidad de la emulsión (Rodiles López & Zamora Vega, 2020).

Otro método físico importante es la reducción del contenido de agua, la cual limita la proliferación de microorganismos. La deshidratación y el secado eliminan el agua de los alimentos sólidos, mientras que la concentración reduce el contenido de agua en productos líquidos. Adicionalmente, algunos alimentos pueden conservarse mediante el uso de radiaciones, como la irradiación con rayos gamma o UV, que elimina microorganismos y prolonga la vida útil. Mediante la presión hidrostática alta (HPP), se destruyen microorganismos sin alterar las características organolépticas del producto (Serrante, 2019). Además de los métodos tradicionales, existen tecnologías emergentes como el uso de campos eléctricos pulsados y ultrasonido, que permiten inactivar microorganismos sin afectar negativamente la calidad nutricional o sensorial del producto. Estas tecnologías son especialmente útiles en alimentos líquidos o sensibles al calor, como jugos, lácteos o aderezos frescos (Barba, Parnakov & Wiktor, 2020).

Además de los métodos tradicionales, existen tecnologías emergentes como el uso de campos eléctricos pulsados y ultrasonido, que permiten inactivar microorganismos sin afectar negativamente la calidad nutricional o sensorial del producto. Estas tecnologías son especialmente útiles en alimentos líquidos o sensibles al calor, como jugos, lácteos o aderezos frescos (Barba, Parnakov & Wiktor, 2020).

Las ventajas de los métodos físicos radican en su eficiencia sin necesidad de aditivos químicos y en su capacidad para preservar el perfil sensorial natural del alimento. Sin embargo, presentan limitaciones relacionadas con el alto consumo energético y el costo de los equipos, además de que los tratamientos térmicos excesivos pueden alterar la textura, provocar pérdida de color o generar reacciones de Maillard y oxidación lipídica que disminuyen el valor nutricional (Fellows, 2017). En el caso de los procesos no térmicos, aunque son más suaves, requieren calibración precisa de los parámetros operativos y validación microbiológica para garantizar su eficacia y reproducibilidad (Barba, Parnakov & Wiktor, 2020).

## **2. Métodos químicos**

Los métodos químicos consisten en la incorporación o generación de sustancias que inhiben el crecimiento microbiano, modifican el pH o retardan reacciones de deterioro. Entre ellos, destacan la acidificación, la reducción de la actividad de agua y el uso de conservantes naturales o sintéticos. La acidificación controlada, mediante ácidos orgánicos como el acético, láctico o cítrico, genera un ambiente hostil para microorganismos sensibles al pH bajo, ya que la forma no disociada de estos ácidos puede atravesar las membranas celulares y acidificar el citoplasma, provocando la muerte celular (Silva, Gómez, & Herrera, 2020). En aderezos semilíquidos, mantener un pH inferior a 4.6 es fundamental para inhibir el crecimiento de *Clostridium botulinum* y otros patógenos anaerobios (FDA, 2022).

La reducción de la actividad de agua ( $A_w$ ) mediante la adición de sal, azúcar o hidrocoloides como goma xantana disminuye la disponibilidad de agua libre para las reacciones microbianas, contribuyendo a la estabilidad del producto (Fellows, 2017). Asimismo, los conservantes reconocidos como seguros (GRAS) por la FDA, como el sorbato y benzoato de potasio, inhiben mohos y levaduras interfiriendo con enzimas metabólicas de la membrana (Codex Alimentarius, 2022). En salsas y aderezos, estas sustancias son efectivas a bajas concentraciones (0.05–0.1%) y no alteran el perfil sensorial si se aplican correctamente (Pisoschi, Pop, Georgescu & Turcu, 2021).

Los antioxidantes naturales, como el ácido ascórbico, los polifenoles y los tocoferoles, retrasan la oxidación de lípidos y pigmentos, lo que ayuda a mantener el color y el sabor de las emulsiones a base de aceite (Kumar, Sharma, & Tomar, 2023). Sin embargo, los métodos químicos también presentan limitaciones: el exceso de sal o ácido puede modificar el sabor, aumentar la percepción de acidez o salinidad y afectar la aceptación del consumidor (Rahman, 2020). Además, algunos conservantes pierden efectividad fuera de su rango óptimo de pH o pueden reaccionar con compuestos del alimento, reduciendo su disponibilidad (Pisoschi, Pop, Georgescu & Turcu, 2021).

### **3. Métodos biológicos**

Los métodos biológicos aprovechan la acción de microorganismos benéficos o de sus metabolitos para prolongar la vida útil y mejorar la calidad de los alimentos. El proceso más representativo es la fermentación, en la que microorganismos como *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Saccharomyces cerevisiae* o *Acetobacter* transforman azúcares en ácidos orgánicos, alcoholes y compuestos antimicrobianos, reduciendo el pH y generando un ambiente desfavorable para microorganismos patógenos (Grande Burgos, Cobo Molinos, Gálvez, & Pérez Pulido, 2015). Este proceso no solo mejora la estabilidad microbiológica, sino que también incrementa la complejidad sensorial del producto, aportando notas ácidas, aromáticas o umami que enriquecen su perfil (Kumar, Sharma, & Tomar, 2023). Otra aplicación biológica es el uso de bacteriocinas, péptidos antimicrobianos producidos por bacterias lácticas que actúan perforando la membrana citoplasmática de microorganismos sensibles o interfiriendo con la síntesis de su pared celular. La nisina, producida por *Lactococcus lactis*, ha sido ampliamente estudiada por su eficacia frente a *Listeria monocytogenes* y está aprobada por la FAO/OMS para su uso en alimentos (Kumar, Sharma, & Tomar, 2023). En aderezos sin huevo, la incorporación de cultivos protectores o metabolitos purificados puede extender la estabilidad microbiológica sin alterar significativamente el sabor ni el color (Bourdichon, Casaregola, Farrokh, Friscad & Ganzle, 2021).

Otra aplicación biológica es el uso de bacteriocinas, péptidos antimicrobianos producidos por bacterias lácticas que actúan perforando la membrana citoplasmática de microorganismos sensibles o interfiriendo con la síntesis de su pared celular. La nisina, producida por *Lactococcus lactis*, ha sido ampliamente estudiada por su eficacia frente a *Listeria monocytogenes* y está aprobada por la FAO/OMS para su uso en alimentos (Kumar, Sharma, & Tomar, 2023). En aderezos sin huevo, la incorporación de cultivos protectores o metabolitos purificados puede extender la estabilidad microbiológica sin alterar significativamente el sabor ni el color (Bourdichon, Casaregola, Farrokh, Friscad & Ganzle, 2021).

Los métodos biológicos son considerados sostenibles y naturales, pero tienen limitaciones asociadas a la variabilidad del proceso y a la necesidad de condiciones estrictas de control. Una fermentación inadecuada puede producir gas, acidez excesiva o pérdida de viscosidad, afectando la textura del producto (González-Cuello, 2020). Además, la actividad de las bacteriocinas depende del pH y del tipo de microorganismo objetivo, por lo que suelen combinarse con otras barreras como acidificación o refrigeración (Kumar, Sharma & Tomar, 2023).

### **C. Métodos de procesamiento para la extensión de vida útil**

Para poder extender la vida útil, no solo son importantes los métodos de conservación mencionados anteriormente, sino también se debe evitar que se vuelva a contaminar el producto. Esto consiste en impedir que luego de los procesos aplicados, se tenga una contaminación por la manipulación, equipos, utensilios, entre otros. Algunas técnicas que se utilizan para evitar esto son el uso de envases herméticos, técnicas de envasado higiénicas, procesamiento aséptico, lavado de manos de los manipuladores, empaques herméticos o el almacenamiento higiénico (Alonso Calleja, et al., 2010).

El procesado y conservación convencional emplea una sola técnica con condiciones drásticas, lo que provoca una transformación intensa en los alimentos. En contraste, el procesado mínimo y los métodos combinados utilizan estrategias más suaves y complementarias, logrando una conservación eficaz sin alterar significativamente el producto. Esto permite obtener alimentos más sanos y nutritivos, reducir el uso de aditivos y preservar las cualidades sensoriales. Con los métodos combinados, se combinan barreras o técnicas que podrían resultar insuficientes por sí solas para proteger el alimento, pero en conjunto ayudan a ralentizar los factores que pueden alterar al alimento (Alonso Calleja, et al., 2010).

En investigaciones recientes se ha demostrado que combinaciones de barreras, como un pH ajustado por debajo de 4.5, actividad de agua ( $A_w$ ) reducida por debajo de 0.85 y un tratamiento térmico suave, pueden ser suficientes para inhibir la proliferación de patógenos como *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* en aderezos sin huevo. Un estudio llevado a cabo por Sriphochanart et al. (2024) en un aderezo vegetal para ensalada demostró que bajo estas condiciones la vida útil se puede extender hasta 12 semanas sin comprometer la aceptabilidad sensorial del producto (Sriphochanart, et al., 2024).

Además, esta tecnología favorece el uso de ingredientes naturales y reduce la necesidad de conservantes químicos, respondiendo a las exigencias del consumidor actual por alimentos más saludables, con etiquetas limpias y menor carga aditiva. La aplicación de barreras como reducción de  $A_w$  mediante concentración, acidificación controlada, empaques herméticos y tratamientos térmicos moderados, constituye una vía eficaz para lograr alimentos estables microbiológicamente, seguros e inocuos (Barba, Parniakov & Wiktor, 2020).

#### **D. Aplicación de tecnologías de conservación combinada (hurdle technology) en alimentos semisólidos**

En las últimas décadas, ha cobrado relevancia el concepto de tecnología de obstáculos o conservación combinada (hurdle technology), el cual se basa en la aplicación sinérgica de múltiples factores que, aunque por sí solos no sean letales para los microorganismos, en conjunto dificultan su desarrollo, proliferación o supervivencia. Este enfoque permite mantener la estabilidad microbiológica del alimento sin afectar negativamente su calidad sensorial ni requerir tratamientos térmicos extremos o conservantes en concentraciones elevadas (Pal, et al., 2024).

Desde el punto de vista fisicoquímico y microbiológico, la eficacia de esta tecnología se debe a que cada barrera altera un aspecto crítico de la fisiología microbiana. Por ejemplo, un pH bajo (por debajo de 4.6) genera una alta concentración de iones de hidrógeno que interfieren con las proteínas de transporte de membrana y los sistemas enzimáticos, disminuyendo la capacidad de los microorganismos para mantener su equilibrio osmótico. Esto provoca la acidificación intracelular y la pérdida de viabilidad celular, por lo que se requiere menor intensidad térmica para lograr la inactivación microbiana (Silva, Gómez & Herrera, 2020). Además, la reducción de la actividad de agua (menor a 0.90) limita la disponibilidad de agua libre necesaria para el metabolismo y división celular, mientras que el tratamiento térmico leve inactiva enzimas y microorganismos residuales sin deteriorar la calidad sensorial del producto (Putnik, et al., 2020).

Los obstáculos más comunes en la tecnología de conservación combinada incluyen varios factores. La reducción de pH, mediante la acidificación controlada, limita el crecimiento de bacterias patógenas y microorganismos alterantes, especialmente aquellas no ácido tolerables. La disminución de la actividad de agua ( $A_w$ ) puede lograrse por deshidratación parcial o por la incorporación de ingredientes que retienen agua, como azúcares, sales o gomas. La adición de conservantes químicos, como el sorbato de potasio, el ácido sórbico o el benzoato de sodio, actúan como una barrera antimicrobiana selectiva. Desde la perspectiva termodinámica, estas combinaciones modifican el potencial de energía libre del sistema,

generando un entorno hostil donde los microorganismos deben invertir más energía para mantener su homeostasis, lo que acelera su inactivación o muerte (Leistner & Gould, 2022). Los tratamientos térmicos suaves, como la pasteurización o el escaldado, reducen la carga microbiana inicial sin afectar negativamente la calidad sensorial del producto. Finalmente, la reducción de oxígeno disponible, a través del envasado al vacío o en atmósfera modificada, limita el crecimiento de microorganismos aerobios y previene reacciones oxidativas (Putnik, et al., 2020).

La interacción entre estos factores tiene un efecto sinérgico: cuando se aplican de forma conjunta, los microorganismos enfrentan múltiples presiones de estrés que superan la capacidad de adaptación. En un alimento con pH 4.2, actividad de agua de 0.82 y 1,000 ppm de sorbato de potasio, se genera un entorno energicamente desfavorable para la mayoría de patógenos, lo que hace innecesario el uso de refrigeración o esterilización severa (Sriphochanart, et al., 2024).

En el caso de productos como salsas tipo aderezo a base de pepitoria, que no contienen huevo, pero presenta una matriz semilíquida con alto contenido de agua y lípidos, la aplicación de barreras combinadas es esencial. Al no contar con una fase emulsificante proteica como la yema de huevo, este tipo de producto requiere estrategias precisas para garantizar su estabilidad fisicoquímica, evitar la separación de fases y prevenir la contaminación microbiológica durante su almacenamiento a temperatura ambiente (Codex Alimentarius, 2022). En este tipo de matrices, el pH ajustado y la reducción de actividad de agua actúan sobre las interfaces aceite/agua establecidas por polisacáridos (como la goma xantana), disminuyendo la movilidad del agua y mejorando la estabilidad coloidal del sistema. Esta sinergia entre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas ha demostrado prolongar la vida útil de aderezos vegetales más de 90 días sin deterioro perceptible (Pereira, Santos & Lima, 2023).

El diseño racional de combinaciones de obstáculos debe considerar la composición del alimento, su comportamiento reológico, los riesgos microbiológicos asociados y las condiciones esperadas de distribución. Esta estrategia no solo aumenta la vida útil del producto, sino que también responde a la creciente demanda de productos más naturales, con menor uso de conservantes sintéticos y mejor perfil nutricional y sensorial (Leistner & Gould, 2022). Asimismo, se ha observado que el ajuste simultáneo de pH, actividad de agua y contenido de oxígeno disuelto permite mantener la integridad de los compuestos bioactivos (como antioxidantes naturales y pigmentos), asegurando tanto la estabilidad microbiológica como la calidad nutricional del alimento (Campbell-Platt & Rahman, 2021).

## **E. Evaluación de los procesos de conservación**

La evaluación de los procesos de conservación es esencial para garantizar la inocuidad, estabilidad y aceptabilidad sensorial de los alimentos durante su vida útil. Este proceso debe iniciarse el mismo día de la producción, asegurando que el producto se analice en su estado óptimo, sin signos de deterioro. Además, estas evaluaciones deben llevarse a cabo de manera periódica para determinar la vida útil del producto y cómo sus características varían con el tiempo. Estos estudios permiten establecer el punto máximo en el que el producto sigue siendo seguro y aceptable para el consumidor, garantizando su calidad y estabilidad a lo largo del almacenamiento.

En la actualidad, la determinación de la vida útil puede realizarse mediante métodos en tiempo real o métodos acelerados. En los de tiempo real, el producto se almacena bajo las condiciones normales esperadas de distribución (temperatura, humedad y luz) y se evalúa periódicamente hasta detectar el primer signo de deterioro sensorial o microbiológico. En los métodos acelerados, el alimento se somete a condiciones más severas (como temperaturas elevadas o humedad extrema) para acelerar las reacciones de deterioro y predecir su comportamiento mediante modelos cinéticos, como la ecuación de Arrhenius (Singh, Sharma & Kaur, 2023). Este enfoque permite estimar la vida útil en menor tiempo, especialmente útil en productos semisólidos como salsas o aderezos, donde los cambios de pH, color y viscosidad suelen relacionarse con la degradación sensorial y microbiológica (Leistner & Gould, 2022).

El objetivo de estos métodos es determinar el fin de vida útil, definido como el punto en que el producto deja de ser aceptable para el consumidor o seguro desde el punto de vista microbiológico. Dicho límite se establece con base en variables críticas como pH, actividad de agua, viscosidad, índice de peróxidos y recuentos microbianos, cuyos valores deben mantenerse dentro de los rangos normativos del Codex Alimentarius (2022).

En los productos artesanales, los análisis fisicoquímicos son fundamentales para caracterizar sus propiedades, destacando el pH, el contenido de sólidos solubles (°Brix) y la consistencia. El pH representa el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno y permite identificar el ambiente ácido, neutro o alcalino del producto, lo que influye en la supervivencia de ciertos microorganismos (FDA, 2022). El contenido de sólidos solubles, expresado en grados Brix (°Brix), indica el porcentaje de peso de los sólidos solubles en una solución acuosa, permitiendo determinar la concentración de sacarosa en el producto. Asimismo, la actividad de agua ( $A_w$ ) es una medida de la cantidad de agua libre disponible en un alimento para participar en reacciones químicas y permitir el crecimiento

microbiano. Finalmente, la consistencia es un parámetro clave para evaluar la textura y fluidez del producto, proporcionando información sobre su grado de concentración y su estado líquido o semisólido (Cáceres Gutiérrez & Franco Miranda, 2011).

Además de los parámetros básicos, otros indicadores fisicoquímicos frecuentemente utilizados en la evaluación de vida útil incluyen la acidez titulable, el índice de oxidación (peróxidos o anisidina) y la estabilidad emulsionada. En productos como salsas artesanales sin huevo, la estabilidad de la emulsión depende de la interacción entre la fase acuosa y oleosa, influenciada por el pH y la viscosidad. Por ejemplo, Pereira (2023) demostró que aderezos con pH 4.2 y Aw 0.86 mantenían una emulsión estable durante 90 días sin separación de fases, confirmando la efectividad del método combinado de conservación. Estos análisis permiten vincular los cambios fisicoquímicos con la funcionalidad de las barreras aplicadas, validando su desempeño en condiciones reales de almacenamiento.

En el caso específico de salsas tipo aderezo a base de pepitoria, los parámetros se utilizan para monitorear la eficacia de las técnicas combinadas (acidificación controlada, tratamiento térmico leve). Una variación significativa del pH o una pérdida de viscosidad superior al 10% pueden indicar inestabilidad en la formulación o fallas en el control térmico, lo que podría anticipar deterioro microbiológico o sensorial (Sriphochanart, et al., 2024).

El análisis sensorial es un pilar en la evaluación de un producto, ya que permite medir su nivel de aceptación por parte del consumidor. Para garantizar la calidad sensorial, estas pruebas deben realizarse desde el momento de la producción, identificando las características deseables del producto. Posteriormente, se deben llevar a cabo evaluaciones periódicas durante su almacenamiento, con el fin de verificar si dichas propiedades se mantienen a lo largo del tiempo y determinar su vida útil. Entre los atributos sensoriales más relevantes en este tipo de productos se incluyen sabor, aroma, textura (sensación en boca), color y aspecto visual (López, 2018).

Las pruebas sensoriales pueden realizarse mediante técnicas descriptivas cuantitativas (QDA o Spectrum) para medir cambios específicos, o mediante pruebas hedónicas para evaluar aceptación global. La pérdida de aceptación sensorial suele preceder a la aparición de signos visibles de deterioro, por lo que se considera un indicador temprano del fin de vida útil (Stone, Sidel & Oliver, 2020). Además, la correlación entre resultados sensoriales y parámetros fisicoquímicos (como pH, Aw o viscosidad) permite modelar de forma predictiva la evolución de la calidad, optimizando el tiempo de almacenamiento seguro.

El análisis microbiológico es indispensable para verificar la seguridad alimentaria. Uno de los principales parámetros utilizados es el recuento de microorganismos mesófilos aeróbicos, expresado en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g o ml), el cual proporciona una medida general del nivel de contaminación microbiana del producto. Este parámetro refleja la higiene de elaboración, la eficacia del tratamiento térmico o conservante aplicado y la evolución de la carga microbiana durante el almacenamiento. Además, debe complementarse con el recuento de mohos y levaduras, ya que estos microorganismos son indicadores clave de deterioro en productos con actividad de agua intermedia, capaces de sobrevivir a condiciones ácidas o con conservantes, generando alteraciones sensoriales como efervescencia, sabor amargo o cambios de color. Asimismo, se requiere la detección e identificación de microorganismos patógenos específicos del tipo de alimento. Estos análisis deben realizarse siguiendo protocolos establecidos por organismos internacionales como la FDA, el Codex Alimentarius y las normas del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), y son esenciales no solo para garantizar la inocuidad del alimento sino también para cumplir con los requisitos regulatorios y asegurar su viabilidad comercial (González, Martínez, Rossi, Tornese & Troncoso, 2010).

Recientemente, se ha propuesto complementar estos análisis con la detección molecular de microorganismos mediante técnicas rápidas como PCR en tiempo real o secuenciación metagenómica, que permiten identificar la microbiota alterante antes de que los recuentos convencionales evidencien contaminación (Kumar, Sharma & Tomar, 2023). De igual forma, el seguimiento de indicadores oxidativos, como el índice de peróxidos, permite evaluar la estabilidad de los aceites en aderezos vegetales y correlacionar la oxidación lipídica con la disminución de calidad sensorial. Estas herramientas integradas (físicoquímicas, microbiológicas y sensoriales) proporcionan un panorama completo del desempeño del método de conservación aplicado, permitiendo validar su efectividad tanto en condiciones aceleradas como reales (Singh, Sharma & Kaur, 2023).

## **F. Tipos de microorganismos**

Los microorganismos se clasifican según su pH óptimo de crecimiento, la temperatura en la que pueden desarrollarse y su tolerancia a las condiciones de oxígeno. Estos son factores que determinan su adaptación a distintos ambientes y su capacidad de proliferación en diversos medios.

La presencia de microorganismos acidófilos, neutrófilos y alcalófilos en los alimentos está determinada por el pH del producto. Los acidófilos, que prosperan en ambientes con un pH inferior a 5.5, se encuentran comúnmente en jugos de frutas cítricas, productos fermentados, encurtidos, frutas frescas y procesadas, así como en bebidas carbonatadas ácidas. Los neutrófilos son microorganismos que se encuentran en alimentos con un pH entre 6.5-7.5. Estos son los más comunes en alimentos de origen animal como, por ejemplo: carnes crudas o procesadas, leche y productos lácteos, huevos y derivados, pescado y mariscos fresco o alimentos sin refrigerar. Los microorganismos alcalófilos se encuentran en alimentos con un pH 8.0-10.5. Los alimentos propensos a contener este tipo de microorganismos son las carnes crudas o embutidos, los alimentos con alto contenido de sodio, las claras de huevo, alimentos horneados y productos fermentados alcalinos (Lund, et al., 2020).

Los microorganismos pueden sobrevivir y desarrollarse en distintos rangos de temperatura, lo que influye en su presencia en diversos alimentos. Los psicrófilos prosperan en temperaturas frías (0-20°C) y pueden encontrarse en pescados, mariscos y productos refrigerados, siendo *Listeria Monocytogenes* un ejemplo común. Los mesófilos crecen en temperaturas moderadas (20-45°C) y están presentes en alimentos frescos, carnes, productos lácteos y agua, incluyendo microorganismos como *Escherichia Coli* y *Salmonella* spp.. Por otro lado, los termófilos se desarrollan en ambientes cálidos (45-80°C), generalmente en productos pasteurizados y alimentos cocidos mal almacenados, como *Bacillus* spp.. Finalmente, los hipertermófilos prosperan en entornos extremadamente calientes (>80°C), como fuentes termales y procesos industriales de alta temperatura, destacando *Thermus aquaticus* como un ejemplo representativo (Caycedo Lozano, Corrales Ramírez & Trujillo Suárez, 2021).

Los microorganismos pueden clasificarse según su capacidad para crecer en presencia o ausencia de oxígeno. Los aerobios obligados necesitan oxígeno para su metabolismo, como *Pseudomonas* spp., presente en carnes y productos refrigerados. Los anaerobios obligados no pueden crecer con oxígeno, como *Clostridium botulinum*, encontrado en conservas mal procesadas. Los anaerobios facultativos pueden desarrollarse con o sin oxígeno, incluyendo *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., comunes en carnes y lácteos. Los microaerófilos requieren oxígeno en bajas concentraciones, como *Campylobacter jejuni*, presente en carne de ave mal cocida. Finalmente, los anaerobios aerotolerantes no utilizan oxígeno, pero pueden sobrevivir en su presencia, como *Lactobacillus* spp., presente en yogur y encurtidos (Caycedo Lozano, Corrales Ramírez & Trujillo Suárez, 2021).

El producto objetivo de estudio es una salsa tipo aderezo elaborada a base de pepitoria. Aunque presenta características similares a un aderezo, no se clasifica estrictamente en esa categoría, ya que no contiene huevo como ingrediente base. Por esta razón, se considera una salsa para sazonar con características de aderezo. De acuerdo con el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.50:17; Alimentos, Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos) este producto por sus ingredientes y sus riesgos asociados se clasifica dentro del grupo de alimentos 12.1: Mayonesas y aderezos (a base de huevo) y 12.3: Salsas de tomate, mostaza y salsas para sazonar. Para su comercialización, debe cumplir con los criterios microbiológicos establecidos, los cuales garantizan que el producto sea apto para el consumo humano y que no represente riesgos para la salud del consumidor. Por ende, los parámetros microbiológicos que se deben cumplir son: no sobrepasar 3NMP/g o 10UFC/g de *Escherichia Coli*, que no haya presencia de *Salmonella* spp. y que no se sobrepase de 10UFC/g de *Staphylococcus aureus*. Aparte de esto, se debe hacer un recuento de aerobios totales y recuento de mohos y levaduras para poder determinar la carga microbiana total del producto y si este recuento va aumentando tras el almacenamiento del producto (RTCA, 2017).

**Cuadro 1.** Criterios microbiológicos para la inocuidad del subgrupo de alimentos 12.3

<b>12.3. Subgrupo del alimento: salsas de tomate, mostaza y salsas para sazonar.</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Categoría</b>	<b>Tipo de alimento</b>	<b>Límite permitido</b>
<i>Escherichia coli</i>	N/A	C	< 3 NMP/g o < 10UFC/g
<i>Salmonella</i> spp. (Salsas para sazonar).	10		Ausencia/25g
Aerobios mesófilos, previa incubación 35°C por 10 días (para productos enlatados)	N/A		Ausencia/g
Anaerobios mesófilos, previa incubación 35°C por 10 días (para productos enlatados).	N/A		Ausencia/g

(Fuente: RTCA 67.04.50:17)

Asimismo, los parámetros fisicoquímicos como la actividad de agua (aw), el pH y los sólidos solubles (°Brix) son fundamentales para garantizar la inocuidad y estabilidad del producto.

Según el Codex Alimentarius y directrices de la FDA, valores de pH inferiores a 4.6 y una Aw menor a 0.85 son considerados límites críticos para inhibir el crecimiento de patógenos como *Clostridium botulinum*, permitiendo el desarrollo de productos estables sin necesidad de refrigeración (Codex Alimentarius, 2022).

## **G. Estudios previos sobre la conservación de salsas tipo aderezo sin huevo**

En los últimos años, el desarrollo de productos tipo aderezo elaborados sin huevo ha cobrado relevancia en la industria alimentaria, debido a la creciente demanda de productos vegetales, veganos, con menor riesgo microbiológico y con mayor vida útil. Estas formulaciones, que incluyen matrices basadas en semillas como ajonjolí, pepitoria, girasol o maní, suelen presentar una fase grasa significativa y requieren una emulsificación adecuada para evitar la separación de fases, así como estrategias efectivas de conservación para asegurar su estabilidad fisicoquímica, sensorial y microbiológica (McClements, 2015).

Diversos estudios han evaluado la estabilidad de salsas emulsionadas sin huevo, empleando como agentes emulsificantes proteínas vegetales, gomas o estabilizantes como almidones modificados y mono y diglicéridos. En un estudio realizado por Dai et al. (2020), se desarrolló una emulsión tipo aderezo a base de girasol, estabilizada con goma xantana y ácido cítrico, que mostró estabilidad microbiológica y sensorial durante 90 días a temperatura ambiente con un pH ajustado a 4.2 y un contenido de sorbato de potasio de 1000 ppm. Los resultados indicaron que la sinergia entre la acidez, la baja actividad de agua ( $a_w < 0.91$ ) y el uso de conservantes permitió evitar el crecimiento de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus* durante el periodo evaluado (Dai, Xia, Liu & Li, 2020).

Otro ejemplo relevante es el trabajo de Park & Moraru (2018), quienes evaluaron una pasta vegetal de maní como sustituto de aderezo, utilizando altas presiones hidrostáticas (HPP) y envasado al vacío. El estudio demostró que con una combinación de pH 4.5,  $a_w$  de 0.89 y almacenamiento en material trilaminado con barrera de oxígeno, el producto se mantuvo estable hasta 120 días, sin signos de separación de fases ni crecimiento microbiano detectable (Park & Moraru, 2018).

En formulaciones tradicionales adaptadas, como tahini o hummus industrializados, investigaciones de Shakerardekani et al. (2013) demostraron que el pH ligeramente ácido (4.3–4.8), junto con la reducción de  $a_w$  y el uso de sorbato de potasio y empaque hermético, permitió extender la vida útil hasta por 6 meses en condiciones controladas (4–25 °C),

manteniendo aceptabilidad sensorial y ausencia de patógenos. Además, los estudios resaltan que la oxidación de lípidos es uno de los principales factores de deterioro en estos productos, por lo que el uso de antioxidantes como ácido ascórbico o tocoferoles es una práctica comúnmente adoptada para preservar la calidad del sabor y del color (Shakerardekani, Karim, Ghazali & Chin, 2013).

Estos datos respaldan el uso de estrategias combinadas para lograr una conservación efectiva de productos similares al desarrollado en esta investigación: ajuste de pH por debajo de 4.6, reducción de aw por formulación o espesantes, uso de conservantes permitidos (como sorbato de potasio y ácido sórbico), empaque con barrera y almacenamiento a temperatura ambiente controlada. Además, muestran que es posible alcanzar una vida útil mínima de 3 a 6 meses, incluso sin refrigeración, siempre que las variables críticas de calidad se mantengan dentro de rangos aceptables.

## **H. Evaluación fisicoquímica**

La evaluación fisicoquímica de un producto alimenticio permite determinar su estabilidad y calidad a lo largo del tiempo mediante la medición de parámetros como el pH, actividad de agua (Aw), el contenido de sólidos solubles (°Brix) y la consistencia o viscosidad, entre otros. Estos indicadores reflejan cambios en la composición, estructura y reacciones químicas que pueden alterar la seguridad y aceptabilidad del alimento (Gutiérrez-López, Barbosa-Cánovas, Welti-Chanes, & Parada-Arias, 2021).

El pH influye directamente en la viabilidad microbiana, ya que la mayoría de bacterias patógenas no proliferan en valores menores de 4.5 (Codex Alimentarius, 2022). La actividad de agua se relaciona con la disponibilidad de agua libre para reacciones bioquímicas y crecimiento microbiano; valores inferiores a 0.85 suelen inhibir el desarrollo de patógenos (FAO, 2023). El contenido de sólidos solubles (°Brix) mide la concentración de azúcares y otros solutos, siendo un indicador del equilibrio osmótico y la percepción de sabor. Finalmente, la consistencia o textura se evalúa para garantizar uniformidad en el producto y estabilidad durante su almacenamiento (Pérez & Rivera, 2020).

## **I. Evaluación sensorial**

El análisis sensorial constituye una herramienta esencial para evaluar la aceptabilidad del producto y su comportamiento durante el almacenamiento. Permite cuantificar atributos

como sabor, aroma, textura, color y apariencia general mediante la percepción humana entrenada o no entrenada (ISO, 2017).

En el contexto de productos artesanales, la evaluación sensorial no solo determina la calidad percibida, sino también la autenticidad del perfil organoléptico, evitando que los tratamientos de conservación alteren sus características naturales (Lawless & Heymann, 2022). Las pruebas hedónicas o descriptivas se utilizan para monitorear el deterioro sensorial a lo largo del tiempo y definir el punto en el cual el producto deja de ser aceptable para el consumidor (Meilgaard, Civille & Carr, 2021).

### **J. Evaluación operativa (viabilidad en planta)**

La evaluación operativa analiza la factibilidad técnica de implementar nuevos métodos de conservación dentro del entorno productivo, considerando recursos disponibles, capacidad del personal y compatibilidad con el flujo de trabajo existente. Según el RTCA 67.04.50:08 y la norma ISO 22000:2018, la adopción de procedimientos debe ser viable sin comprometer la inocuidad ni la eficiencia del proceso. Este análisis considera variables como el estado de la infraestructura, equipamiento, capacitación del personal, compatibilidad con procesos existentes y tiempos de implementación. Una alta viabilidad operativa implica que las modificaciones pueden integrarse sin rediseños complejos ni interrupciones de la producción (Sánchez & Moraga, 2023).

### **K. Evaluación financiera (viabilidad económica)**

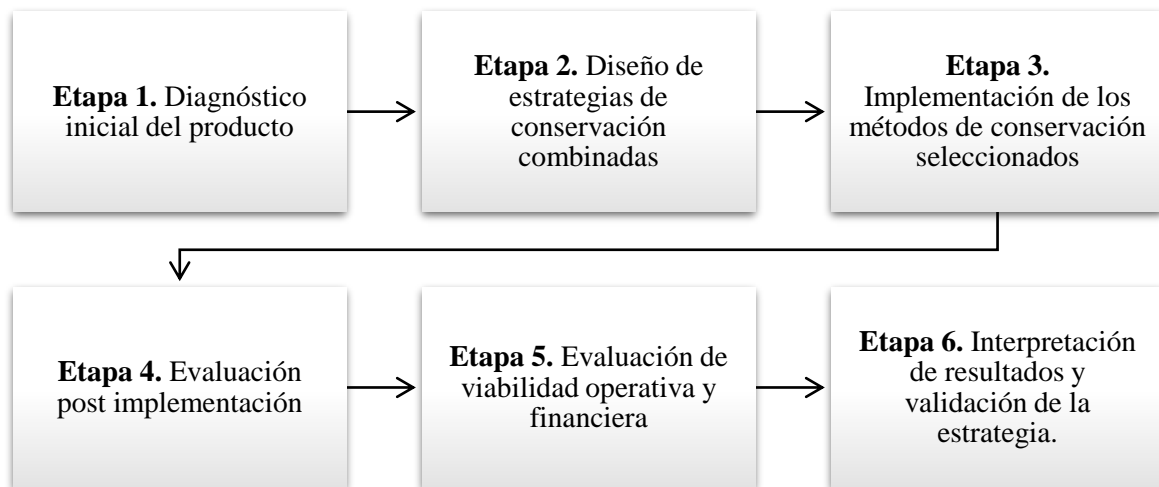
La evaluación financiera permite determinar si la estrategia de conservación propuesta es económicamente sostenible. Este análisis incluye la inversión inicial, costos operativos, retorno estimado, reducción de mermas y relación costo-beneficio (Towler & Sinnott, 2022).

La implementación de métodos combinados puede implicar gastos adicionales por insumos o capacitación, pero se considera viable cuando la extensión de la vida útil y la reducción de desperdicios compensan esos costos. Asimismo, la sostenibilidad económica se mide mediante indicadores como el retorno sobre la inversión (ROI) y el impacto en el precio final del producto (Pérez-Caselles, Martínez & Muñoz, 2024).

## VI. METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio se estructuró con el propósito de evaluar la eficacia técnica, sensorial, microbiológica, operativa y económica de una estrategia de conservación combinada aplicada a una salsa tipo aderezo artesanal. El diseño metodológico se desarrolló de forma experimental y descriptiva, siguiendo una secuencia lógica de diagnóstico, intervención y validación. En primer lugar, se caracterizó el producto base y su proceso de elaboración, estableciendo los parámetros críticos de deterioro. Posteriormente, se implementaron métodos de conservación combinados seleccionados con base en criterios técnicos y normativos, y finalmente se evaluó la efectividad del tratamiento mediante análisis fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos, así como su viabilidad de aplicación en la planta y sostenibilidad financiera. Esta metodología permitió integrar la evaluación científica con la factibilidad práctica, garantizando resultados representativos y aplicables al contexto productivo real.

**Figura 1.** Diagrama de flujo de la metodología



(Fuente: Elaboración Propia)

### A. Revisión bibliográfica

En la etapa inicial consistió en una revisión bibliográfica exhaustiva con el objetivo de identificar y analizar diversas metodologías de conservación de alimentos aplicadas en estudios recientes. La recopilación de información se realizó a partir de fuentes científicas confiables, considerando publicaciones de los últimos diez años. A partir del análisis comparativo de las técnicas descritas incluyendo métodos térmicos, no térmicos, métodos de

barrera, desinfección, entre otras; se establecieron criterios técnicos y prácticas para seleccionar las etapas más relevantes en el diseño metodológico de esta investigación. Esta revisión permitió estructurar una metodología integral y adaptada a las necesidades del estudio, definiendo con claridad las etapas experimentales, las variables a considerar y los equipos necesarios para su implementación.

## **B. Recolección de datos**

En esta etapa, fue necesario identificar la vida útil, los ingredientes, las características y otros aspectos relevantes de los productos artesanales que comúnmente se elaboran en la planta de alimentos en cuestión. Para ello, se seleccionaron cinco productos representativos de la producción artesanal de la planta, considerando su frecuencia de elaboración, composición y tiempo de almacenamiento habitual. Estos productos se clasificaron según su vida útil estimada, identificando aquellos con mayor deterioro visible o cambios sensoriales más rápidos.

Posteriormente, se realizó una observación sistemática de los procesos de elaboración asociados a cada producto, con el propósito de registrar las condiciones reales de trabajo y los posibles factores que pudieran influir en su estabilidad. La evaluación se llevó a cabo mediante observación directa en planta, documentando aspectos como tiempos de proceso, temperaturas, manipulación de materias primas y condiciones de almacenamiento.

La recolección de datos se basó en entrevistas informales con el personal de producción y control de calidad, así como en la toma de notas de campo. Estas entrevistas permitieron complementar las observaciones con información sobre los procedimientos habituales, dificultades operativas y percepciones del personal sobre los puntos críticos del proceso.

Para esta fase, se dispusieron de dos semanas, durante las cuales se realizaron sesiones de observación de dos a tres horas diarias, cinco días a la semana, con el objetivo de analizar con mayor claridad cuáles productos eran más susceptibles al deterioro y servirían como base para el estudio experimental posterior.

A partir de la información obtenida, se definió el producto de estudio principal, seleccionando aquel que presentó la menor vida útil y las mayores oportunidades de mejora en términos de conservación. Este producto se utilizó como referencia para la siguiente fase metodológica, enfocada en su caracterización fisicoquímica, sensorial y microbiológica, con

el fin de establecer la línea base que permitiría comparar el efecto de la aplicación de métodos de conservación combinados.

### **C. Clasificación del producto en estudio**

Por los ingredientes del producto con el que se trabajó, según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.54:10; Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios) se clasifica dentro del grupo de alimentos 12.6.1: Salsa emulsionadas (p. ej., mayonesa, aderezos para ensaladas). Con esto, se pudieron determinar los aditivos para preservar que se puede utilizar. A continuación, se encuentran los datos de los aditivos (RTCA, 2010).

**Cuadro 2.** Listado de aditivos según el RTCA de aditivos para la conservación del producto con el que se trabajó

<b>Nombre general</b>	<b>Nombre específico</b>	<b>INS</b>	<b>Función</b>	<b>Nivel máximo (mg/kg)</b>
<b>Alginato de propilenglicol</b>	Alginato de propilenglicol	405	Adyuvante, agente de carga, emulsificante, estabilizador y espesante.	3,000
<b>EDTAs</b>	Etilendiamino tetracetato cálcico disódico	385	Antioxidante, sustancia conservadora, secuestrante, agente de retención de color y agente de regulador de acidez.	100
	Etilendiamino tetracetato disódico	386		
<b>Ésteres de sorbitán de ácidos grasos</b>	Monoestearato de sorbitán	491	Emulsificante y estabilizador.	5,000
	Triestearato de sorbitán	492		
	Monolaurato de sorbitán	493		
	Monooleato de sorbitán	494		
	Monopalmitato de sorbitán	495		
<b>Ésteres de ascorbilo</b>	Palmitato de ascorbilo	304	Antioxidante	500
	Estearato de ascorbilo	305		
<b>Sorbatos</b>	Ácido sórbico	200i	Antioxidante, sustancia conservadora y estabilizador.	3,350
	Sorbato de sodio	201		
	Sorbato de potasio	202		
	Sorbato de calcio	203		
<b>Tocoferoles</b>	Tocoferol d-alfa	307a	Antioxidante	600
	Concentrado de tocoferoles mixtos	307b		
	Alfa-tocoferoles	307c		

(Fuente: RTCA 67.04.54:10)

## **D. Evaluación del proceso y condiciones de la elaboración del producto artesanal elegido**

Una vez seleccionado el producto de estudio, se procedió a la elaboración de un diagrama de flujo que describe cada una de las etapas del proceso de producción.

A partir de esta caracterización del proceso, se identificaron las etapas que presentan mayores dificultades o que representan posibles puntos críticos de control relacionados con la contaminación del producto. Esta evaluación permitió proponer modificaciones en el proceso o implementar medidas preventivas orientadas a reducir el riesgo de contaminación, asegurando así la inocuidad y calidad del producto final.

## **E. Caracterización del producto original, sin ninguna modificación**

Una vez elaborado el producto, se realizaron análisis para la caracterización inicial del producto base. Para ello, se llevaron a cabo evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales.

A continuación, se detallan los análisis realizados:

### **1. Actividad de agua:**

- a. Se tomaron 3 unidades del mismo lote del producto terminado.
- b. Se colocó la muestra en el recipiente del equipo hasta la línea que tiene marcada por dentro.
- c. Se abrió la “gaveta” del equipo y se colocó el recipiente en el equipo cuidadosamente (evitando que se derrame), se cerró la “gaveta” y se le dió vuelta a la perilla.
- d. Se esperó a que pueda medir la actividad de agua y se anotó el resultado.
- e. De cada una de estas unidades, se midió la actividad de agua en triplicado para que los resultados fueran representativos.
- f. Equipo: Aqualab CX-2 (Decagon Devices)

(ISO 18787:2017)

### **2. pH:**

- a. Se tomaron 3 unidades del mismo lote del producto terminado.
- b. En un beaker se colocó al menos 30-50 gramos de muestra.
- c. Se limpió la punta del potenciómetro con agua destilada y toallas finas para evitar dañarlo.
- d. Se introdujo la punta del potenciómetro en el beaker, asegurándose que el producto si cubriera la punta del equipo.

- e. Se esperó a que la medición se estabilizara y no cambiara y se anotó el resultado.
- f. De cada una de estas unidades, se le midió el pH en triplicado para que los resultados sean representativos.
- g. Equipo: Potenciómetro H1981034 (Hanna Instruments)

(FDA, 2022)

### **3. Sólidos solubles (°Brix):**

- a. Se tomaron 3 unidades del mismo lote del producto terminado.
- b. Se limpió el lector del refractómetro con ayuda de agua destilada y toallas finas para evitar dañarlo.
- c. Se midió el “cero” con agua destilada.
- d. Se limpió el residuo del agua y se colocó una gota de la muestra a analizar y se oprimió el botón “Read”.
- e. Se esperó a que el equipo indicara la medición de los grados Brix y se anotó el resultado.
- f. De cada una de estas unidades, se le midió el pH en triplicado para que los resultados sean representativos.
- g. Equipo: Refractómetro digital HI96813 (Hanna Instruments)

(ISO 2173:2003)

### **4. Consistencia:**

- a. Se tomaron 3 unidades del mismo lote del producto terminado.
- b. Se limpió el consistómetro para eliminar cualquier suciedad y se seca muy bien.
- c. Se bajó la compuerta del equipo y se colocaron al menos 30-50 gramos de muestra en el compartimento.
- d. Se midió la distancia que recorre en un tiempo previamente establecido.
- e. Al terminar, se le leyó hasta donde llegó y se anotaron los resultados.
- f. De cada una de estas unidades, se le midió el pH en triplicado para que los resultados sean representativos.
- g. Equipo: Consistómetro BBY Bostwick

(USDA, 2007)

Para la evaluación sensorial, se contó con la participación de diez personas pertenecientes al área de producción, control de calidad e investigación y desarrollo de la

empresa, quienes poseen conocimiento previo del producto evaluado y experiencia en su manejo. Cada análisis se realizó de manera individual, siguiendo los lineamientos establecidos por la norma ISO 6658:2017 para la aplicación de pruebas sensoriales descriptivas y de aceptación. A cada participante se le entregó una boleta (incluida en los anexos, Figura 6) para calificar los atributos sensoriales de olor, sabor, textura y color mediante una escala hedónica de nueve puntos. Las muestras se presentaron en bandejas individuales, colocadas en recipientes plásticos con tapa, junto con una cuchara, una galleta y un vaso con agua para neutralizar sabores. Las sesiones se llevaron a cabo en un área limpia y ventilada, bajo condiciones de iluminación natural y sin interferencias de olores, con el fin de garantizar la objetividad de las respuestas.

**Cuadro 3.** Descripción de los análisis sensoriales realizados en las muestras

<b>Tipo de análisis sensorial</b>	<b>Descripción</b>
<b>Olor</b>	Se tomó una muestra del producto terminado. Se colocó al menos 5-10 gramos del producto en un recipiente con una cuchara. Por medio del olfato, se determinó el olor de la muestra. Se les pasó una hoja con la encuesta con una escala hedónica de 9 puntos para que ellos calificaran el atributo.
<b>Sabor</b>	Se tomó una muestra del producto terminado. Se colocaron al menos 5-10 gramos del producto en un recipiente con una cuchara. Por medio del gusto, se determinó el sabor de la muestra. Se les pasó una hoja con la encuesta con una escala hedónica de 9 puntos para que ellos calificaran el atributo.
<b>Textura</b>	Se tomó una muestra del producto terminado. Se colocaron al menos 5-10 gramos del producto en un recipiente con una cuchara. Al probar la muestra, se determinó su textura. Se les pasó una hoja con la encuesta con una escala hedónica de 9 puntos para que ellos calificaran el atributo.
<b>Color</b>	Se tomó una muestra del producto terminado. Se colocaron al menos 30-50 gramos del producto y se colocaron en un recipiente. Por medio de la vista, se observó la muestra. Se les pasó una hoja con la encuesta con una escala hedónica de 9 puntos para que ellos calificaran el atributo.

(ISO 6658:2017)

## **F. Determinación de modificaciones del proceso y condiciones de la elaboración de los dos productos artesanales**

Con base en los resultados obtenidos en la evaluación inicial, se identificaron posibles fuentes de contaminación y oportunidades de mejora dentro del proceso actual de elaboración. Estas observaciones se realizaron mediante inspecciones directas durante las jornadas de producción, revisión de los registros de control interno y entrevistas con el personal operativo y de control de calidad. A partir de esta información, y tomando como referencia las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y los principios de higiene establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08, se propusieron una serie de modificaciones orientadas a mejorar la inocuidad y extender la vida útil de los productos.

Las modificaciones sugeridas para implementar fueron:

### **1. Higiene del personal**

- a. Lavado de manos constante de los manipuladores del producto.
- b. Evitar hablar al momento del empaque.
- c. Utilizar mascarilla.

### **2. Higiene y desinfección de utensilios, equipos y superficies**

- a. Lavado y desinfección antes y después de utilizar los utensilios.
- b. Lavado y desinfección antes y después de utilizar los equipos.
- c. Cubrir las superficies y equipos a utilizar con un plástico para evitar la contaminación en tiempos de espera.
- d. Asegurarse que las superficies de empaque estén completamente limpias y desinfectadas.

### **3. Utilización de equipos en vez de elaboración manual**

### **4. Higiene y tratamiento de la materia prima**

- a. Enjuague de la materia prima antes de desinfectarla.
- b. Desinfectar 3 veces la materia prima con una solución de hipoclorito de sodio en una concentración de 100 ppm.
- c. Aumento de la concentración de la solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm para la materia prima.

### **5. Buenas prácticas de manipulación y almacenamiento**

- a. Evitar que los productos queden descubiertos por mucho tiempo.
- b. Si es un producto que requiere refrigeración, colocarlos en el cuarto frío en los tiempos de espera.
- c. Inmediatamente después del empaque llevarlos a almacenar a su temperatura ideal.

## **6. Formulación**

- a. Adición de conservantes, acidulantes, antioxidantes o estabilizante a la formulación.

## **7. Proceso térmico**

- a. Proceso térmico en producto final a una temperatura adecuada.

## **8. Envasado en caliente**

Las mejoras se plantearon considerando tres criterios fundamentales: inocuidad, factibilidad y costo. Para priorizar las acciones a implementar, se elaboró una matriz de ponderación, en la cual cada método de conservación o práctica correctiva fue evaluado según su nivel de impacto. En esta escala, 1 representa baja factibilidad y 5 alta factibilidad, mientras que para el costo se aplicó una escala inversa, donde 1 corresponde a un método muy costoso y 5 a uno de bajo costo o económicamente viable.

A continuación, se presenta el formato de la matriz de ponderación utilizada:

**Cuadro 4.** Matriz de ponderación para identificar la combinación de los métodos de conservación que se utilizarán

<b>Método de conservación</b>	<b>Inocuidad (1-5)</b>	<b>Factibilidad (1-5)</b>	<b>Costo (1-5)*</b>	<b>Total</b>
<b>Utilización de equipos en vez de elaboración manual</b>				
<b>Enjuague de materia prima antes de desinfectarla</b>				
<b>Desinfectar 3 veces la materia prima</b>				
<b>Aumento de la concentración de solución desinfectante.</b>				
<b>Lavado y desinfección de utensilios antes y después.</b>				
<b>Lavado y desinfección de equipos antes y después.</b>				
<b>Cubrir superficies y equipos con plástico en tiempos de espera.</b>				
<b>Adición de conservante, estabilizante, antioxidante y/o acidulante</b>				
<b>Proceso térmico del producto final</b>				
<b>Lavado constante de manos</b>				
<b>Evitar que el producto quede descubierto por mucho tiempo</b>				
<b>Almacenar ingredientes/productos intermedios en refrigeración</b>				
<b>Evitar hablar en la elaboración del producto</b>				
<b>Utilizar mascarilla</b>				
<b>Limpieza y desinfección de superficies de empaque</b>				
<b>Almacenar inmediatamente a temperatura ideal tras el empaque</b>				
<b>Envasado en caliente</b>				

*\*El costo se puntea inversamente siendo 5 un bajo costo y 1 un alto costo.*

(Fuente: Elaboración propia)

## **G. Validación de las técnicas de conservación utilizadas mediante el análisis del producto modificado**

Una vez elaborado el producto con sus respectivas modificaciones, se realizaron análisis que permitieron verificar si sus características coinciden con las establecidas en la

especificación del producto terminado de la empresa. Para ello, se llevaron a cabo evaluaciones fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas. Se realizaron los mismos análisis fisicoquímicos y sensoriales del inciso E.

Asimismo, se realizaron análisis microbiológicos del producto con el propósito de confirmar su inocuidad durante el almacenamiento y verificar la ausencia de patógenos, mohos y levaduras a lo largo del periodo de evaluación. Los análisis de patógenos (*Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus*) se efectuaron durante la primera semana para asegurar que el producto cumpliera con los criterios de inocuidad establecidos en el RTCA 67.04.50:17. Posteriormente, se realizaron recuentos de aerobios mesófilos y de mohos y levaduras de forma semanal durante cuatro semanas para monitorear la evolución microbiana.

Sin embargo, el parámetro crítico de deterioro se estableció con base en las características sensoriales del producto, ya que los resultados evidenciaron que las modificaciones perceptibles en aroma, sabor y textura ocurrieron antes de que se alcanzaran límites microbiológicos críticos. Esto indicó que el deterioro sensorial era más rápido que el microbiológico, convirtiéndose en el factor limitante de vida útil.

Por ello, el punto de corte o vida útil del producto se definió en el momento en que las evaluaciones sensoriales mostraron una pérdida significativa de aceptación o desviaciones en los atributos característicos (según la escala hedónica empleada en la empresa, los valores menores o iguales a 7.0), aun cuando los parámetros microbiológicos se mantenían dentro de los rangos permitidos. Este comportamiento es característico de productos artesanales de matriz semilíquida, en los cuales los cambios sensoriales asociados a oxidación, separación de fases o pérdida de frescura ocurren antes de un riesgo microbiológico significativo.

A continuación, se detalla el procedimiento para la elaboración de los análisis microbiológicos que se le realizaron a los productos:

#### **1. *Escherichia Coli* (únicamente en la primera semana)**

- a. Se usó una placa de recuento de *E. coli* rápido.
- b. Se hizo una solución amortiguadora de fosfato Butterfield, agua peptonada al 0.1%, diluyentes de sal peptonada, agua peptonada amortiguadora, solución salina (0.85% a 0.90%), caldo Lethen libre de bisulfito o agua destilada.

- c. Se hizo una dilución de la muestra con el diluyente estéril.
- d. Se mezcló y homogenizó la muestra.
- e. Se colocó la Placa Petrifilm sobre una superficie nivelada y plana.
- f. Se levantó la película superior y con la pipeta perpendicular y se agregó 1 ml de suspensión de la muestra en el centro de la película inferior.
- g. Se desenrolló la película superior sobre la muestra para evitar que queden burbujas atrapadas.
- h. Se colocó el difusor plano 3M en el centro de la placa y se continuó a presionar en el centro del difusor para distribuir la muestra de manera uniforme.
- i. Se dejó la placa quieta por 1 minuto para que se pueda formar el gel.
- j. Se incubaron las placas en posición horizontal con la superficie transparente hacia arriba.
- k. Luego de incubadas, se contaron las colonias por medio de un contador de colonias estándar o una lupa iluminada.
- l. Se anotaron los resultados de todas las muestras analizadas.
- m. Equipo: Placas Petrifilm de recuento de *E. coli* o coliformes

(AOAC International 991.14, 2005)

**2. *Staphylococcus aureus* (únicamente en la primera semana):**

- a. Se usó una placa de recuento de *S. Aureus* rápido.
- b. Se hizo una solución amortiguadora de fosfato Butterfield, agua peptonada al 0.1%, diluyentes de sal peptonada, agua peptonada amortiguadora, solución salina (0.85% a 0.90%), caldo Lethen libre de bisulfito o agua destilada.
- c. Se hizo una dilución de la muestra con el diluyente estéril.
- d. Se mezcló y homogenizó la muestra.
- e. Se colocó la Placa Petrifilm sobre una superficie nivelada y plana.
- f. Se levantó la película superior y con la pipeta perpendicular se agregó 1 ml de suspensión de la muestra en el centro de la película inferior.
- g. Se desenrolló la película superior sobre la muestra para evitar que queden burbujas atrapadas.
- h. Se colocó el difusor plano 3M en el centro de la placa y presionar en el centro del difusor para distribuir la muestra de manera uniforme.
- i. Se dejó la placa quieta por 1 minuto para que se pueda formar el gel.
- j. Se incubaron las placas en posición horizontal con la superficie transparente hacia arriba.
- k. Luego de incubadas, se contaron las colonias por medio de un contador de colonias estándar o una lupa iluminada.
- l. Se anotaron los resultados de todas las muestras analizadas.
- m. Equipo: Placas Petrifilm de recuento de *S. Aureus*.

(AOAC International 2003.07, 2005)

### 3. *Salmonella* Spp. (únicamente en la primera semana):

- a. Se hizo lo siguiente:
  - i. Agua peptonada bufferada
  - ii. Caldo Tetrionato (TT)
  - iii. Caldo Rappaport-Vassiliadis (RV)
  - iv. Agares selectivos (XLD y Rambach)
  - v. Medios para confirmación bioquímica (TSI, LIA, TSA)
- b. Se pesaron 25 g de la muestra.
- c. Se homogenizaron con 225 mL de agua peptonada bufferada.
- d. Se incubó la mezcla a 35 °C durante 18–24 horas (pre-enriquecimiento).
- e. Se agitó el cultivo incubado.
- f. Se inoculó:
  - i. 1 mL en caldo Tetrionato (TT).
  - ii. 0.1 mL en caldo Rappaport-Vassiliadis (RV).
- g. Se incubó:
  - i. TT a  $35 \pm 0.2$  °C durante  $24 \pm 2$  horas.
  - ii. RV a  $42 \pm 0.2$  °C en baño María durante  $24 \pm 2$  horas.
- h. Se agitó cada caldo selectivo.
- i. Se sembró en placas de agar XLD y agar Rambach, utilizando asa estéril.
- j. Se incubaron las placas invertidas a  $35 \pm 0.5$  °C durante 24 horas.
- k. Observar morfología típica de colonias:
  - i. Rambach: colonias rojas.
  - ii. XLD: colonias rosadas con o sin punto negro (H<sub>2</sub>S).
- l. Se seleccionaron 2–3 colonias típicas por placa para confirmación bioquímica.
- m. Se inoculó:
  - i. TSI: rayar el slant y picar el fondo.
  - ii. LIA: picar dos veces el fondo y rayar el slant.
  - iii. TSA: sembrar solo en la superficie (flauta).
- n. Se incubaron los tubos a  $35 \pm 1$  °C durante  $24 \pm 2$  horas.
- o. Se interpretaron las reacciones bioquímicas:
  - i. TSI: producción de ácido, gas, y H<sub>2</sub>S.
  - ii. LIA: descarboxilación o desaminación de lisina.
- p. Se confirmaron con aglutinación serológica utilizando suero polivalente somático O.
- q. Se confirmó la identificación como *Salmonella* spp. y determinar grupo somático si es necesario.
- r. Equipo: Autoclave, cajas Petri, incubadora, asa redonda, tubos de ensayo con tapa, mason jars.

(AOAC International 967.26, 2005)

#### **4. Mohos y Levaduras (semanalmente):**

- a. Se usó una placa de recuento de Mohos y Levaduras rápido.
- b. Se hizo una solución amortiguadora de fosfato Butterfield, agua peptonada al 0.1%, diluyentes de sal peptonada, agua peptonada amortiguadora, solución salina (0.85% a 0.90%), caldo Lethen libre de bisulfito o agua destilada.
- c. Se hizo una dilución de la muestra con el diluyente estéril.
- d. Me mezcló y hoogenizó la muestra.
- e. Se colocó la Placa Petrifilm sobre una superficie nivelada y plana.
- f. Se levantó la película superior y con la pipeta perpendicular y se agregó 1 ml de suspensión de la muestra en el centro de la película inferior.
- g. Se desenrolló la película superior sobre la muestra para evitar que queden burbujas atrapadas.
- h. Se colocó el difusor plano 3M en el centro de la placa y se presionó en el centro del difusor para distribuir la muestra de manera uniforme.
- i. Se dejó la placa quieta por 1 minuto para que se pueda formar el gel.
- j. Se incubaron las placas en posición horizontal con la superficie transparente hacia arriba.
- k. Luego de incubadas, se contaron las colonias por medio de un contador de colonias estándar o una lupa iluminada.
- l. Se anotaron los resultados de todas las muestras analizadas.
- m. Equipo: Placas Petrifilm de recuento Mohos y Levaduras

(AOAC International 997.02, 2005)

#### **5. Recuento de Aerobios Totales (semanalmente):**

- a. Se usó una placa de recuento aeróbico rápido.
- b. Se hizo una solución amortiguadora de fosfato Butterfield, agua peptonada al 0.1%, diluyentes de sal peptonada, agua peptonada amortiguadora, solución salina (0.85% a 0.90%), caldo Lethen libre de bisulfito o agua destilada.
- c. Se mezcló y homogenizó la muestra.
- d. Se colocó la placa 3M Petrifilm RAC sobre una superficie nivelada y plana.
- e. Se levantó la película superior y con la pipeta perpendicular se agregó 1 ml de suspensión de la muestra en el centro de la película inferior.
- f. Se desenrolló la película superior sobre la muestra para evitar que queden burbujas atrapadas.
- g. Se colocó el difusor plano 3M en el centro de la placa y se presionó en el centro del difusor para distribuir la muestra de manera uniforme.
- h. Se dejó la placa quieta por 1 minuto para que se pueda formar el gel.
- i. Después se incubaron las placas en posición horizontal con la superficie transparente hacia arriba.

- j. Luego de incubadas, se contaron las colonias por medio de un contador de colonias estándar o una lupa iluminada.
- k. Se anotaron los resultados de todas las muestras analizadas.
- l. Equipo utilizado: Placa Petrifilm de recuento aeróbico rápido (3M)

(AOAC International 990.12, 2005)

Para la evaluación sensorial, se contó con la participación de diez personas pertenecientes al área de producción, control de calidad e investigación y desarrollo de la empresa, quienes poseen conocimiento previo del producto evaluado y experiencia en su manejo. Cada análisis se realizó de manera individual, siguiendo los lineamientos establecidos por la norma ISO 6658:2017 para la aplicación de pruebas sensoriales descriptivas y de aceptación. A cada participante se le entregó una boleta (incluida en los anexos) para calificar los atributos sensoriales de olor, sabor, textura y color mediante una escala hedónica de nueve puntos. Las muestras se presentaron en bandejas individuales, colocadas en recipientes plásticos con tapa, junto con una cuchara, una galleta y un vaso con agua para neutralizar sabores. Las sesiones se llevaron a cabo en un área limpia y ventilada, bajo condiciones de iluminación natural y sin interferencias de olores, con el fin de garantizar la objetividad de las respuestas.

Las unidades de producto se almacenaron en las mismas condiciones normales de conservación que se emplean en la planta, es decir, en refrigeración a una temperatura promedio de  $4 \pm 2$  °C, simulando las condiciones reales de almacenamiento y distribución. Los envases utilizados fueron bolsas nuevas del mismo tipo de material empleado en la línea de producción, selladas herméticamente. Para cada muestreo, se utilizó una bolsa nueva del mismo lote, evitando así la contaminación o alteración del contenido por exposición previa al ambiente.

La frecuencia de evaluación se estableció con base en intervalos de ocho días (0, 7, 14, 21 y 28 días posteriores a la elaboración), a fin de observar las variaciones progresivas en las características fisicoquímicas y sensoriales del producto durante su vida útil. Este enfoque permitió obtener un seguimiento sistemático del deterioro y establecer con precisión el punto de corte de calidad.

El punto final del período de análisis se determinó cuando se observaban cambios sensoriales perceptibles asociados a deterioro. De esta forma, fue posible correlacionar los

resultados obtenidos con la estabilidad del producto durante su almacenamiento y definir su vida útil real bajo condiciones controladas.

Para estos análisis se utilizaron tres bolsas selladas del mismo lote para los análisis fisicoquímicos y una bolsa para los análisis sensoriales que se realizaban semanalmente. A continuación, se establecen las unidades que se requirieron en cada una de las etapas:

**Cuadro 5.** Determinación de las muestras con modificaciones de proceso a utilizar según el análisis a realizar y el tiempo de vida que tiene el producto

<b>Días desde su elaboración</b>	<b>Análisis por realizar</b>	<b>Unidades necesarias*</b>
<b>0</b>	Fisicoquímicos	3
	Sensoriales	1
	Microbiológico**	3
<b>7</b>	Fisicoquímicos	3
	Sensoriales	1
	Microbiológico**	3
<b>14</b>	Fisicoquímicos	3
	Sensoriales	1
	Microbiológico**	3
<b>21</b>	Fisicoquímicos	3
	Sensoriales	1
	Microbiológico**	3
<b>30</b>	Fisicoquímicos	3
	Sensoriales	1
	Microbiológico**	3
<b>Total</b>	-	35

*\*Los análisis se van a realizar hasta que se llegue a un punto no deseable en cualquiera de los análisis. Pueden ser menos días de almacenamiento o más días de almacenamiento y por ende, más o menos unidades necesarias.*

*\*\*Los análisis microbiológicos se realizarán solo en el producto que se modificó para garantizar que las modificaciones aún garantizan su inocuidad (análisis de patógenos al inicio del estudio) y para determinar el rango máximo o el punto de corte según los análisis sensoriales (análisis de recuento aeróbico total y recuento de mohos y levaduras).*

(Fuente: Elaboración propia)

## **H. Determinación de la extensión de tiempo de vida del producto modificado**

Una vez obtenidos los resultados de los análisis, se procedió a determinar la vida útil del producto después de la aplicación de los métodos de conservación combinados. Este nuevo tiempo de vida se comparó con el establecido originalmente para el producto sin modificaciones.

## **I. Evaluación de la viabilidad operativa de los métodos combinados de conservación**

La implementación de métodos combinados de conservación se evaluó desde dos enfoques fundamentales: viabilidad operativa y financiera en la planta. Esta evaluación integral permitió determinar si la estrategia propuesta es técnicamente factible, económicamente sostenible y eficaz para mantener la calidad e inocuidad del producto a lo largo del tiempo.

### **A. Viabilidad operativa en la planta**

Para determinar la viabilidad operativa de la implementación de los métodos combinados de conservación, se aplicó una lista de cotejo estructurada basada en los lineamientos de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y en las recomendaciones del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.04.50:08). Esta herramienta permitió analizar la capacidad real de la planta para integrar los nuevos procedimientos sin comprometer la continuidad del proceso productivo ni la calidad del producto.

La lista de cotejo incluyó cuatro categorías principales:

1. Infraestructura y equipamiento: tipo y condición de los equipos, disponibilidad de sistemas de refrigeración y superficie de trabajo.
2. Capacitación y competencias del personal: nivel de conocimiento en operaciones de conservación y disposición para capacitación adicional.
3. Flujo y compatibilidad del proceso: identificación de posibles cuellos de botella, interrupciones o interferencias entre operaciones.
4. Factibilidad de implementación: requerimientos de rediseño del proceso, costo de adaptación y tiempo necesario para su ejecución.

Cada criterio se calificó en una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a una baja factibilidad operativa y 5 a una factibilidad alta, siguiendo el formato de ponderación utilizado previamente en el estudio. Se determinó que, si el valor es inferior a 3, no es factible.

La información se recopiló mediante observación directa durante las jornadas de producción, entrevistas con el personal técnico y revisión de registros de mantenimiento y control de calidad. Los datos obtenidos se analizaron cualitativamente para determinar la factibilidad global de implementar las modificaciones propuestas sin afectar la productividad de la planta.

**Cuadro 6.** Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad operativa de la planta de los métodos combinados de conservación

<b>Categoría Evaluada</b>	<b>Criterio Específico</b>	<b>Descripción del Criterio</b>	<b>Escala de Evaluación</b>
<b>Infraestructura y equipamiento</b>	Espacio físico	El área de producción cuenta con espacio suficiente para integrar nuevos equipos o mesas de trabajo	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Equipos disponibles	Los equipos existentes se encuentran en condiciones adecuadas de funcionamiento.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Condiciones ambientales	Las condiciones de ventilación, iluminación y limpieza son apropiadas para el proceso.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
<b>Personal y capacitación</b>	Nivel de formación	El personal operativo tiene conocimientos técnicos básicos sobre BPM y métodos de conservación.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Disposición a capacitación	El personal muestra disposición a recibir formación complementaria sobre los nuevos métodos.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad

<b>Flujo y compatibilidad del proceso</b>	Compatibilidad con procesos existentes	Los métodos propuestos pueden integrarse sin interrumpir el flujo normal de producción.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Identificación de cuellos de botella	Se identificaron etapas que podrían retrasar o interferir con la producción	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
<b>Factibilidad de implementación</b>	Requerimiento de inversión	Se evalúa si los cambios requieren adquisición de nuevos equipos o materiales.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Tiempo de implementación	Se estima el tiempo requerido para implementar los nuevos métodos sin afectar la producción.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Impacto sobre la productividad	Los cambios no reducen el rendimiento ni la capacidad de producción.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad

(Fuente: Elaboración Propia)

## **B. Viabilidad financiera en la planta**

Para complementar el análisis operativo, se evaluó la viabilidad financiera de la implementación de los métodos combinados de conservación. Este análisis tuvo como objetivo determinar si las modificaciones propuestas son económicamente sostenibles para la empresa, considerando los costos directos e indirectos asociados a su aplicación.

La evaluación se realizó mediante una lista de cotejo estructurada basada en criterios de inversión, costos de operación, rentabilidad esperada y recuperación de la inversión, con el propósito de analizar la relación costo–beneficio de las estrategias propuestas.

Los datos fueron obtenidos a partir de la información contable y de producción proporcionada por la empresa, así como de estimaciones de costos de materiales, energía y mano de obra asociadas a los nuevos procedimientos.

Cada criterio se calificó en una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a una baja viabilidad financiera (alto costo o baja rentabilidad) y 5 a una alta viabilidad financiera (bajo costo y retorno favorable). En esta escala, se determinó que si el valor es inferior a 3 no es factible. El análisis permitió identificar qué métodos de conservación presentan el mejor equilibrio entre beneficio económico y factibilidad técnica.

**Cuadro 7.** Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad financiera de los métodos combinados de conservación

<b>Categoría Evaluada</b>	<b>Criterio Específico</b>	<b>Descripción del Criterio</b>	<b>Escala de Evaluación</b>
<b>Costos de implementación</b>	Inversión inicial	Considera el costo de adquisición de equipos, materiales o infraestructura adicional necesaria para aplicar el método.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Costo operativo	Evalúa el gasto adicional generado por energía, agua, insumos o mano de obra en la operación continua.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
<b>Impacto en la rentabilidad</b>	Retorno estimado de inversión	Se estima la recuperación de la inversión en función de la reducción de pérdidas y aumento de vida útil del producto.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Reducción de mermas	Analiza la capacidad del método para disminuir pérdidas por deterioro o rechazo de producto.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
<b>Sostenibilidad económica</b>	Costo de mantenimiento	Evalúa la frecuencia y costo del mantenimiento requerido por los nuevos equipos o procedimientos.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Disponibilidad de insumos	Considera la factibilidad de adquisición y el costo de los insumos necesarios.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
<b>Eficiencia económica global</b>	Relación costo-beneficio	Determina si los beneficios esperados justifican la inversión realizada.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad
	Impacto en el precio final	Evalúa si los costos adicionales pueden integrarse sin afectar significativamente el precio de venta.	1 = Muy baja viabilidad 2 = Baja viabilidad 3 = Moderada viabilidad 4 = Alta viabilidad 5 = Alta viabilidad

(Fuente: Elaboración Propia)

En conjunto, la metodología propuesta permitió desarrollar una evaluación integral que abarcó tanto los aspectos científicos como los operativos y económicos del proceso de conservación. El enfoque sistemático aplicado aseguró la coherencia entre los objetivos planteados, las variables evaluadas y los métodos utilizados, generando información confiable para establecer la efectividad de las técnicas implementadas. De esta manera, los resultados obtenidos sirven como base para proponer mejoras tecnológicas en la producción artesanal de alimentos, orientadas a incrementar su vida útil, garantizar su inocuidad y fortalecer su potencial de comercialización.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente apartado expone los principales hallazgos obtenidos tras la aplicación de métodos de conservación combinados en una salsa tipo aderezo artesanal. Los resultados se analizan considerando su efecto sobre la estabilidad fisicoquímica, sensorial y microbiológica del producto, así como su impacto en la extensión de la vida útil. A lo largo de esta sección se comparan los parámetros obtenidos antes y después de la implementación de las estrategias de conservación, con el propósito de evidenciar los cambios más relevantes en la calidad e inocuidad del producto.

### A. Evaluación del proceso y condiciones de la elaboración del producto artesanal elegido

**Cuadro 8.** Proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Descripción</b>
<b>Preparación de materia prima</b>	Se pesan los ingredientes provenientes de bodega para verificar que todo fue pesado correctamente.
<b>Lavado de vegetales</b>	Se lavan únicamente una vez los vegetales en una solución de agua clorada. Se descarta el agua.
<b>Corte de vegetales</b>	Con ayuda de cuchillos y tablas de picar se cortan los vegetales en pedazos medianos para que sea más fácil licuarlos. Luego, estos se colocan en recipientes junto con todos los otros ingredientes. Se dejan en espera mientras la pepitoria está lista.
<b>Tostado de pepitoria</b>	Se coloca la pepitoria en ollas o sartenes para poder llevarlos a tostar a la estufa industrial. Cuando ya se tiene la coloración deseada, se sacan del fuego.
<b>Licuada de ingredientes</b>	Se llevan todos los ingredientes a una licuadora industrial en donde se elige el programa del aderezo con el que se está trabajando. Al momento en el que termina el proceso de licuado, se determina visualmente si ya está homogéneo. Si no lo está, se activa la licuadora unos segundos más. Si sí lo está, se procede a llevar al área de empaque.
<b>Empaque</b>	Se empaca el producto a mano con ayuda de una balanza para verificar el peso en cada una de las bolsas. Cuando ya se tiene el peso correcto, se sella con una selladora de pie. Luego, se colocan las bolsas en un carrito con bandejas agujereadas hasta que se empaca todo el batch.
<b>Enfriamiento</b>	El carrito se ingresa a un refrigerador hasta que el producto llegue a una temperatura de 10°C.
<b>Refrigeración</b>	Se trasladan las bolsas a canastas y se envían al almacenamiento en refrigeración que se encuentra a 5°C.

(Fuente: Elaboración propia)

El proceso de elaboración inicial de la salsa tipo aderezo artesanal, descrito en el Cuadro 9, evidencia prácticas comunes en la producción artesanal, pero con limitaciones significativas en términos de inocuidad y control de calidad. Por ejemplo, el lavado de vegetales se realizaba únicamente una vez en agua clorada y el corte manual en tablas, lo cual incrementa el riesgo de contaminación cruzada y de supervivencia de microorganismos patógenos, como lo señala el Ministerio de Salud Pública (2023) y el Codex Alimentarius (2022) respecto a la importancia de implementar lavados múltiples y equipos higienizados. Asimismo, el licuado de ingredientes dependía de una evaluación visual de homogeneidad, lo que refleja la ausencia de estandarización y aumenta la variabilidad del producto.

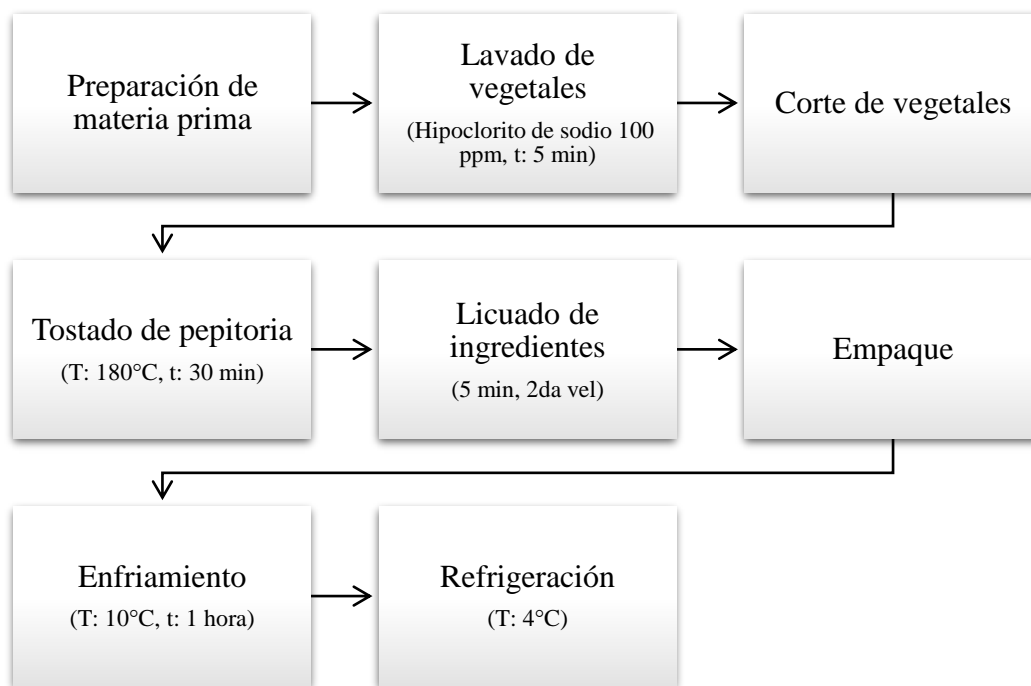
En concordancia con lo expuesto por Martínez-González et al. (2023), la falta de estandarización en las operaciones de producción artesanal representa un factor crítico que compromete la estabilidad microbiológica y sensorial de los alimentos. Estos autores destacan que la aplicación de protocolos uniformes en lavado, mezclado y envasado es esencial para reducir la variabilidad entre lotes y garantizar la inocuidad del producto final.

El empaque manual y sellado en selladora de pie representan también puntos críticos de riesgo, ya que un inadecuado control puede favorecer la entrada de microorganismos, reduciendo drásticamente la vida útil del producto, como han documentado Martínez-González et al. (2023) sobre la influencia del envasado en la carga microbiana. Finalmente, aunque el producto se almacenaba en refrigeración a 5°C aproximadamente, el proceso carecía de medidas preventivas adicionales (como envasado en caliente, adición de conservantes o control estricto de pH), lo cual explica la corta vida útil inicial determinada en este estudio.

En conjunto, estos hallazgos son coherentes con la literatura que señala que los productos artesanales, al no incorporar múltiples barreras de conservación, presentan mayor susceptibilidad al deterioro microbiológico y sensorial en periodos cortos de almacenamiento (Leistner & Gould, 2022) (Carrillo Inungaray & Reyes Munguía, 2013).

A continuación, se muestra un diagrama de flujo en la Figura 1 para un mejor entendimiento del proceso de elaboración inicial de la salsa tipo aderezo artesanal.

**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación



(Fuente: Elaboración propia)

## B. Caracterización del producto original, sin ninguna modificación

**Cuadro 9.** Ingredientes de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación

<b>Ingredientes</b>
Agua potable
Aceite de oliva
Yogurt natural
Mayonesa
Pepitoria
Jugo de limón
Miel de abeja
Cebolla
Sal refinada
Vinagre blanco
Cilantro
Almidón
Pimienta en polvo

(Fuente: Elaboración propia)

La formulación inicial de la salsa tipo aderezo artesanal incluyó ingredientes característicos de productos frescos y naturales como yogurt, mayonesa, pepitoria, jugo de limón, miel, cebolla, cilantro y especias, como se puede ver en el Cuadro 10, lo que le otorga un perfil sensorial atractivo y diferenciado. Sin embargo, muchos de estos componentes representan a la vez factores de riesgo e inestabilidad microbiológica y fisicoquímica. Ingredientes de origen vegetal como la cebolla, cilantro y pepitoria son fuentes potenciales de contaminación microbiana si no se someten a un proceso de higienización adecuado, mientras que el yogurt y la mayonesa aporta elevada humedad y nutrientes que favorecen el crecimiento bacteriano, tal como lo destacan Fellows (2017) y Badui (2016) al describir la influencia de los ingredientes en la vida útil de alimentos emulsionados.

Además, el pH relativamente neutro en algunos de estos ingredientes obliga a verificar que el producto final se mantenga en un rango ácido (<4.6) para garantizar inocuidad, de acuerdo con lo establecido por el Codex Alimentarius (2020). Por otro lado, el contenido de azúcares de la miel y almidones incrementa la susceptibilidad a fermentaciones o cambios en la consistencia durante el almacenamiento. En este sentido, resulta evidente la necesidad de realizar los análisis fisicoquímicos (pH, actividad de agua, sólidos solubles y consistencia) y microbiológicos (recuento de aerobios mesófilos, mohos, levaduras y patógenos) como parámetros críticos de control, ya que permiten establecer si la formulación es estable o requiere de medidas adicionales de conservación para extender su vida útil sin comprometer la calidad ni la seguridad alimentaria.

**Cuadro 10.** Evaluación inicial de parámetros fisicoquímicos de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación

<b>Parámetro evaluado</b>	<b>Resultado promedio ± DE</b>	<b>Unidades</b>
<b>Actividad de agua</b>	0.978 ± 0.004	N/A
<b>pH</b>	4.4 ± 0.1	N/A
<b>Sólidos solubles</b>	19.4 ± 0.4	°Brix
<b>Consistencia</b>	5.4 ± 0.4	°Bostwick

(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados iniciales de los parámetros fisicoquímicos en el Cuadro 11 de la salsa tipo aderezo artesanal evidencian condiciones que explican la corta vida útil observada antes de aplicar los métodos de conservación. La actividad de agua ( $0.9784 \pm 0.0044$ ) se encontró cercana al límite de 0.9800, valor considerado crítico ya que permite el desarrollo de levaduras y mohos si no se establecen barreras adicionales, tal como lo señala Fellows (2017) y Parra-Coronado et al. (2018). En cuanto al pH ( $4.37 \pm 0.04$ ), se ubicó dentro del rango

ácido (<4.6) que reduce el riesgo de proliferación de patógenos como *Clostridium botulinum* y *Salmonella Spp.*, de acuerdo con el Codex Alimentarius (2020) y el FDA (2019); sin embargo, este valor por sí solo no es suficiente para garantizar estabilidad, especialmente en un producto con ingredientes de alta perecibilidad como vegetales frescos y yogurt.

Los sólidos solubles ( $19.44 \pm 0.37$  °Brix) reflejan la presencia de carbohidratos provenientes de miel y almidones, los cuales aportan dulzor y cuerpo al aderezo, pero también representan una fuente de nutrientes que puede favorecer el crecimiento microbiano, lo que coincide con lo descrito por Badui (2016) sobre la influencia de los azúcares en la estabilidad de emulsiones alimentarias. Finalmente, la consistencia ( $5.42 \pm 0.38$  ° Bostwick) indicó una textura semilíquida con tendencia a la separación de fases durante el almacenamiento, lo que limita la aceptabilidad sensorial y la estandarización del producto.

Estos hallazgos en conjunto justifican la necesidad de aplicar estrategias de conservación combinadas, ya que el producto en su estado inicial no contaba con barreras suficientes para garantizar estabilidad microbiológica y sensorial más allá de unas pocas semanas.

**Cuadro 11.** Evaluación inicial de parámetros sensoriales cualitativos de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación

<b>Característica evaluada</b>	<b>Descripción</b>
<b>Sabor</b>	Intenso a ajo y cebolla, característico a pepitoria, con notas ácidas y dulces.
<b>Olor</b>	Marcado a pepitoria con notas ácidas y dulces.
<b>Color</b>	Verde pálido con partículas visibles de color negro y café.
<b>Textura</b>	Líquida, de baja viscosidad, con presencia de partículas.
<b>Apariencia</b>	Aderezo poco viscoso de tonalidad verde pálido con partículas suspendidas.

(Fuente: Elaboración propia)

La evaluación sensorial cualitativa inicial de la salsa tipo aderezo artesanal del Cuadro 12 refleja un perfil sensorial distintivo, definido principalmente por el sabor y olor intensos a pepitoria, ajo y cebolla, con notas ácidas y dulces provenientes de ingredientes como jugo de limón y miel. Estas características, aunque son positivas en términos de diferenciación del

producto, también representan atributos sensoriales susceptibles a cambios durante el almacenamiento, tal como señalan Stone y Sidel (2004), quienes describen que los compuestos volátiles responsables del aroma y sabor son altamente inestables y se degradan con el tiempo.

El color verde pálido con partículas visibles evidencia la presencia de ingredientes frescos y mínimamente procesados, pero al mismo tiempo constituye un factor de inestabilidad, ya que los pigmentos vegetales y las partículas suspendidas tienden a oxidarse o sedimentarse, afectando la percepción visual del consumidor (Fellows, 2017). La textura descrita como líquida y de baja viscosidad coincide con los valores fisicoquímicos de consistencia, lo que confirma que la formulación inicial no contaba con agentes estabilizantes suficiente para mantener homogeneidad, condición que según Badui (2016) puede repercutir en la aceptación sensorial.

Finalmente, la apariencia poco viscosa y con partículas suspendidas se relaciona con la naturaleza artesanal del producto, pero también anticipa posibles problemas de separación de fases y pérdida de atractivo visual a lo largo del almacenamiento. Estos resultados evidencian que, aunque la formulación inicial presenta atributos organolépticos atractivos, su estabilidad sensorial está limitada, justificando la aplicación de estrategias de conservación para preservar la calidad percibida durante el tiempo de vida útil.

**Cuadro 12.** Evaluación inicial de parámetros sensoriales cuantitativos de la salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicar métodos de conservación

<b>Característica evaluada</b>	<b>Puntuación (<math>\pm</math>DE)</b>	<b>Promedio del análisis sensorial</b>
<b>Aroma</b>	7.4 $\pm$ 1.8	7.8 $\pm$ 0.4
<b>Sabor</b>	7.8 $\pm$ 1.5	
<b>Textura</b>	7.7 $\pm$ 1.4	
<b>Color</b>	8.4 $\pm$ 1.9	
<b>Aceptación General</b>	7.9 $\pm$ 1.1	

(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados sensoriales cuantitativos iniciales de la salsa tipo aderezo artesanal en el Cuadro 13 muestran una aceptación general elevada (7.9 de 9) y un promedio global de 7.8, lo cual indica que el producto fue bien recibido en términos de sus atributos organolépticos. El color obtuvo la puntuación más alta (8.4), lo que confirma que la apariencia verde pálida con notas propias de ingredientes frescos fue percibida positivamente

por los panelistas. Esto coincide con lo señalado por Stone y Sidel (2004), quienes destacan la importancia del color como primer criterio de aceptación del consumidor. El sabor (7.8) y la textura (7.7) también alcanzaron valores satisfactorios con respecto al límite establecido por la empresa (mínimo 7.0), en concordancia con la formulación basada en ingredientes naturales como pepitoria, cebolla y miel, los cuales aportan notas distintivas y consistencia semilíquida.

Sin embargo, el aroma (7.4) fue el atributo con menor puntuación, lo que sugiere que la intensidad marcada por ajo y cebolla puede no resultar igualmente atractiva para todos los consumidores. Esto refleja lo descrito por Lawless y Heymann (2010) sobre la variabilidad de la aceptación sensorial en matrices condimentadas. En conjunto estos hallazgos iniciales confirman que, pese a las limitaciones fisicoquímicas y microbiológicas observadas, el producto presentaba un perfil sensorial competitivo. No obstante, su permanencia en el tiempo dependía de la implementación de estrategias de conservación que permitieran mantener estos niveles de aceptación durante el almacenamiento.

### C. Determinación de modificaciones del proceso y condiciones de la elaboración de los dos productos artesanales

**Cuadro 13.** Matriz de ponderación para la selección de métodos combinados de conservación en la salsa tipo aderezo artesanal

Método de conservación	Inocuidad (1-5)	Factibilidad (1-5)	Costo (1-5)*	Total
Utilización de equipos en vez de elaboración manual	5	5	5	15
Enjuague de materia prima antes de desinfectarla	4	3	3	10
Desinfectar 3 veces la materia prima	5	5	3	13
Aumento de la concentración de solución desinfectante.	4	3	2	9
Lavado y desinfección de utensilios antes y después.	5	5	4	14
Lavado y desinfección de equipos antes y después.	5	5	4	14
Cubrir superficies y equipos con plástico en tiempos de espera.	3	5	3	11
Adición de conservante, estabilizante, antioxidante y/o acidulante	5	5	4	14
Proceso térmico del producto final	5	5	3	13
Lavado constante de manos	5	5	5	15
Evitar que el producto quede descubierto por mucho tiempo	4	3	4	11
Almacenar ingredientes/productos intermedios en refrigeración	4	4	3	11
Evitar hablar en la elaboración del producto	3	4	4	13
Utilizar mascarilla	3	4	2	9
Limpieza y desinfección de superficies de empaque	5	5	4	14
Almacenar inmediatamente a temperatura ideal tras el empaque	5	5	4	14
Envasado en caliente	5	5	5	15

(Fuente: Elaboración propia)

La matriz de ponderación presentada en el Cuadro 14 permitió evaluar comparativamente los distintos métodos de conservación propuestos, considerando los criterios de inocuidad, factibilidad y costo. Los resultados mostraron valores altos (entre 13 y 15 puntos totales) en la mayoría de los tratamientos, lo que refleja que todos los métodos propuestos eran técnicamente viables dentro de las condiciones de la planta.

Los puntajes más altos se observaron en medidas relacionadas con la manipulación e higiene del proceso, como el lavado constante de manos, el envasado en caliente, la limpieza y desinfección de superficies, y el almacenamiento a temperatura ideal, las cuales alcanzaron la puntuación máxima (15). Estos resultados evidencian que dichas prácticas no solo son altamente factibles y de bajo costo, sino también críticas para garantizar la inocuidad microbiológica del producto, por lo que se priorizaron dentro del plan de mejora.

Asimismo, los métodos que implicaban adaptaciones moderadas al proceso, como la triple desinfección de vegetales, el tostado de pepitoria en horno y la aplicación de conservante y antioxidante, mostraron una combinación equilibrada de inocuidad (5), factibilidad (4–5) y costo (3–4), confirmando su viabilidad técnica y económica.

Con base en esta matriz, se seleccionaron los cambios finales implementados, los cuales se resumen en el cuadro siguiente. Estos incluyen las estrategias de conservación combinadas aplicadas a la salsa tipo aderezo artesanal: adición de conservante, incorporación de antioxidante y acidulante, triple lavado de vegetales, corte mecanizado, tostado en horno, calentamiento del aderezo hasta 75 °C y envasado en caliente. La selección de estas medidas respondió a su alto impacto en la estabilidad microbiológica y sensorial del producto, sin representar incrementos significativos en los costos ni requerir modificaciones estructurales mayores en la planta.

**Cuadro 14.** Estrategias de conservación implementadas para prolongar la vida útil de la salsa tipo aderezo artesanal

<b>Método de conservación aplicado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Motivo y efecto sobre la vida útil del producto</b>
<b>Adición de conservante</b>	Se incorporaron benzoato de sodio y sorbato de potasio en bajo porcentaje (0.1% que es el límite según la regulación de aditivos) con el fin de la conservación del alimento.	Inhibe el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias que se desarrollan en medios ácidos, reduciendo el deterioro microbiológico.
<b>Adición de antioxidante</b>	Se incorporó TBHQ en bajo porcentaje con el fin de retrasar la oxidación de aceites y semillas y prolongar la vida útil del producto.	Previene la rancidez en aceites y semillas (pepitoria),

		conservando el sabor y aroma característicos.
<b>Adición de ácido</b>	Se adicionó ácido ascórbico (debido a que ese ácido es con el que contaban en la planta en la que se trabajó) en bajo porcentaje para incrementar la acidez del producto e inhibir el crecimiento microbiano.	Disminuye el pH y crea un ambiente menos favorable para microorganismos, mejorando la inocuidad y estabilidad.
<b>Triple desinfección de vegetales</b>	Se realizaron tres desinfecciones sucesivas a los vegetales en una solución de cloro (100 ppm por 5 minutos) hasta obtener agua de enjuague limpia, reduciendo la carga microbiana inicial.	Disminuye la carga microbiana inicial y reduce el riesgo de contaminación cruzada.
<b>Corte de vegetales en máquina</b>	Se empleó una cortadora mecánica de vegetales previamente desinfectada, garantizando uniformidad y reduciendo el riesgo de contaminación por exceso de manipulación.	Garantiza cortes uniformes y evita la manipulación excesiva, mejorando la higiene del proceso.
<b>Tostado de pepitoria en horno</b>	La pepitoria se sometió a tostado en horno de convección por 30 minutos, removiendo el producto a la mitad del proceso para asegurar una distribución uniforme del calor y eliminar posibles microorganismos.	Asegura homogeneidad térmica y eliminación de posibles microorganismos presentes en el ingrediente.
<b>Calentamiento del aderezo hasta temperatura ideal para envasado en caliente</b>	El aderezo se calentó hasta 75 °C por 15 minutos con agitación constante, asegurando la reducción microbiana en el producto.	Permite la reducción de la carga microbiana sin alterar las características sensoriales.
<b>Envasado en caliente</b>	El producto se envasó inmediatamente después del tratamiento térmico, verificando que la temperatura no descendiera por debajo de 70 °C para mantener condiciones seguras.	Evita la re-contaminación posterior al calentamiento y prolonga la vida útil del producto.

(Fuente: Elaboración propia)

Las estrategias de conservación aplicadas a la salsa que se muestran en el Cuadro 15, representan la incorporación del concepto de “hurdle technology” o tecnología de múltiples barreras, el cual combina factores físicos, químicos y biológicos para prolongar la vida útil

de los alimentos sin comprometer su calidad sensorial (Leistner & Gould, 2022) ; (Putnik, et al., 2020).

La adición de conservantes químicos como benzoato de sodio y sorbato de potasio en bajas concentraciones permitió inhibir el crecimiento de levaduras, mohos y bacterias que crecen en ambientes ácidos, lo cual es ampliamente respaldado por el Codex Alimentarius (2020) y la FDA (2019) como estrategias seguras y efectivas en matrices ácidas. En este caso, la incorporación de TBHQ en baja concentración se justificó por el contenido lipídico del producto, derivado principalmente de la pepitoria y de la base tipo mayonesa utilizada en la formulación. Estas materias primas aportan ácidos grasos susceptibles a la oxidación, lo que puede generar compuestos volátiles responsables de sabores y aromas rancios. Por ellos el uso de TBHQ se integró dentro del enfoque de métodos de conservación combinados, actuando como una barrera antioxidante adicional frente al deterioro oxidativo. Aunque el producto incluye refrigeración, el antioxidante contribuye a prevenir reacciones de oxidación lipídica y cambios en el aroma y color durante el almacenamiento, reforzando la estabilidad global del aderezo. De esta manera, se aprovecha el efecto sinérgico entre las distintas barreras de conservación, mejorando la resistencia del producto frente a mecanismos de deterioro sin afectar su composición natural ni su aceptabilidad sensorial (Fennema, 2020) (Fellows, 2017).

El uso de ácido ascórbico contribuyó a la inhibición microbiana al reducir el pH del producto, creando un ambiente más ácido que limita el crecimiento de microorganismos patógenos y alterantes, especialmente bacterias mesófilas y levaduras. Esta acidificación controlada permite estandarizar el nivel de pH dentro de un rango óptimo (4.2–4.5), asegurando la estabilidad del sistema emulsionado y mejorando la acción de los conservantes presentes. Además, el ácido ascórbico actúa como agente reductor, impidiendo la oxidación de compuestos sensibles como pigmentos y ácidos grasos, lo cual contribuye a mantener el color y la calidad sensorial del producto. En conjunto, estas funciones fortalecen el efecto de los conservantes y refuerzan la seguridad del aderezo durante su almacenamiento. En paralelo, se implementaron mejoras en el manejo de materias primas, como el triple lavado y desinfección de vegetales y el corte mecanizado en equipos desinfectados, lo que redujo la carga microbiana inicial y minimizó el riesgo de contaminación cruzada, de acuerdo con lo descrito por González et al. (2010) sobre prácticas de higiene en la industria alimentaria.

Finalmente, las barreras físicas incluyeron el tostado de pepitoria en horno, procedimiento que garantizó una reducción significativa de la carga microbiana y una mayor homogeneidad térmica, ya que anteriormente este paso se realizaba en sartén, lo cual no

favorecía la uniformidad del calentamiento ni permitía verificar la temperatura alcanzada. Asimismo, el calentamiento de la salsa hasta 75 °C y su posterior envasado en caliente constituyeron etapas clave dentro del proceso, recomendadas para la conservación de emulsiones y salsas (Fellows, 2017). Estas operaciones térmicas fueron determinantes para disminuir la presencia de microorganismos viables, mejorar la estabilidad del producto y garantizar su inocuidad microbiológica.

En conjunto, la aplicación de estas medidas fue satisfactorias ya que se mantienen las características sensoriales del producto y se fueron reduciendo los riesgos asociados al deterioro microbiológico y a la oxidación, lo cual confirma la efectividad de las estrategias de conservación combinadas frente a la limitada estabilidad observada en la formulación inicial.

**Cuadro 15.** Formulación inicial y final de la salsa tipo aderezo artesanal

<b>Formulación inicial</b>	<b>Formulación final</b>
Agua potable	Agua potable
Aceite de oliva	Aceite de oliva
Yogurt natural	Yogurt natural
Mayonesa	Mayonesa
Pepitoria	Pepitoria
Jugo de limón	Jugo de limón
Miel de abeja	Miel de abeja
Cebolla	Cebolla
Sal refinada	Sal refinada
Vinagre blanco	Vinagre blanco
Cilantro	Cilantro
Almidón	Almidón
Pimienta en polvo	Pimienta en polvo
	Sorbato de potasio
	Benzoato de sodio
	Ácido ascórbico
	TBHQ

(Fuente: Elaboración propia)

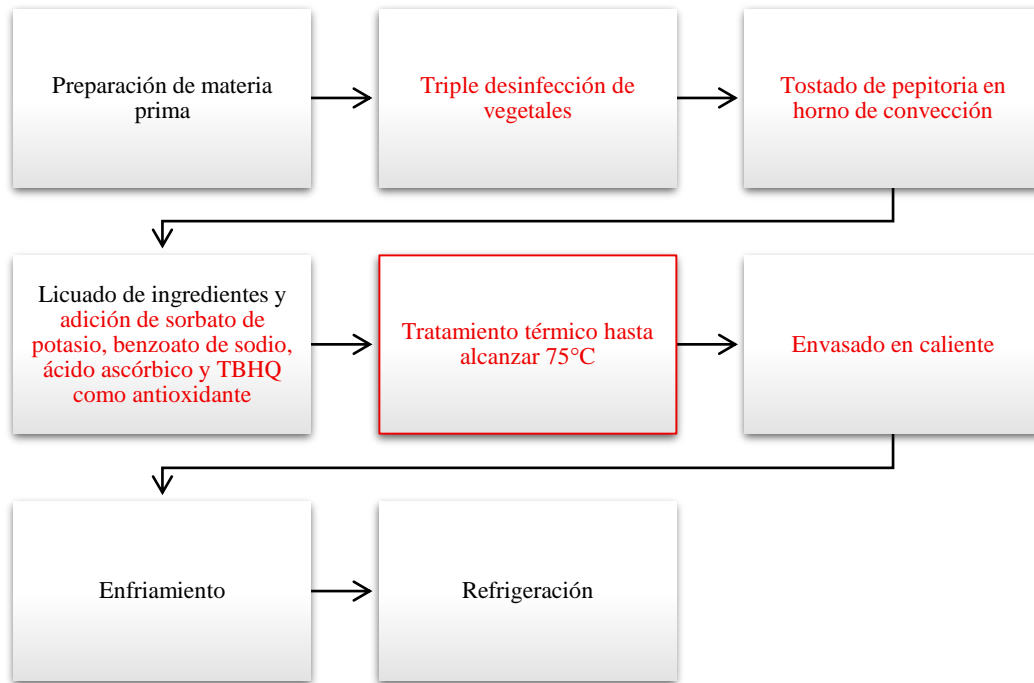
**Cuadro 16.** Proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal con incorporación de métodos de conservación

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Método de conservación aplicado</b>
<b>Preparación de materia prima</b>	Se pesan los ingredientes provenientes de bodega para verificar que todo fue pesado correctamente.	N/A
<b>Lavado de vegetales</b>	Se lavan tres veces los vegetales hasta obtener agua de enjuague limpia.	Triple lavado de vegetales
<b>Corte de vegetales</b>	Se utiliza máquina cortadora desinfectada, para obtener piezas homogéneas.	Corte de vegetales en máquina
<b>Tostado de pepitoria</b>	Se tuesta en horno de convección, removiendo a la mitad del proceso, hasta alcanzar color y aroma deseado.	Tostado de pepitoria en horno
<b>Licuada de ingredientes</b>	Todos los ingredientes se procesan en licuadora industrial hasta obtener mezcla uniforme.	Adición de ácido ascórbico, benzoato de sodio, sorbato de potasio y TBHQ durante el licuado
<b>Tratamiento térmico</b>	La mezcla se calienta con agitación constante hasta alcanzar 75°C.	Calentamiento para envasado en caliente
<b>Envasado en caliente</b>	El producto se envasó de inmediato, asegurando temperatura mínima de 70 °C en el llenado.	Envasado en caliente
<b>Empaque</b>	Se sellaron las bolsas al vacío con selladora de pie, verificando peso y hermeticidad.	N/A
<b>Enfriamiento</b>	El carrito se ingresa a un refrigerador hasta que el producto llegue a una temperatura de 10°C.	N/A
<b>Refrigeración</b>	Se trasladan las bolsas a canastas y se envían al almacenamiento en refrigeración que se encuentra a 5°C.	N/A

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 16, se encuentra la nueva formulación del producto y en el Cuadro 17, se encuentra el nuevo proceso descrito con los métodos de conservación incluidos y en la Figura 2, se encuentra el diagrama de proceso para mejor comprensión.

**Figura 3.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la salsa tipo aderezo artesanal con incorporación de métodos de conservación



(Fuente: Elaboración propia)

#### **D. Validación de las técnicas de conservación utilizadas mediante el análisis del producto modificado.**

Luego de elaborar el producto utilizando la combinación de técnicas de conservación seleccionadas, se procedió a validar su efectividad mediante el análisis integral del producto modificado. Para ello, se evaluaron los parámetros físicoquímicos, sensoriales y microbiológicos durante el periodo de almacenamiento, con el objetivo de determinar el impacto de las medidas aplicadas sobre la vida útil y estabilidad del aderezo artesanal. Este proceso de validación permitió verificar si las estrategias de conservación combinadas garantizaban la inocuidad, la calidad sensorial y la conservación de las propiedades físicoquímicas del producto a lo largo del tiempo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis comparativo entre la formulación original y la versión modificada, con el fin de establecer el efecto real de las modificaciones sobre la durabilidad y seguridad del producto.

**Cuadro 17.** Evaluación de parámetros sensoriales cuantitativos de la salsa tipo aderezo artesanal tras la aplicación métodos de conservación

Semana	Aroma (± DE)	Sabor (± DE)	Textura (± DE)	Color (± DE)	Aceptación General (± DE)	Promedio del análisis sensorial (± DE)
1	8.1 ± 0.8	7.8 ± 0.6	7.8 ± 0.6	7.9 ± 0.5	7.3 ± 1.0	7.8 ± 0.3
2	7.3 ± 1.4	7.3 ± 1.4	7.7 ± 1.4	8.0 ± 1.0	7.6 ± 1.2	7.6 ± 0.3
3	7.8 ± 1.4	7.7 ± 1.3	7.9 ± 1.2	7.7 ± 1.5	7.8 ± 1.2	7.8 ± 0.1
4	7.3 ± 1.2	6.9 ± 1.4	7.1 ± 1.6	6.8 ± 2.2	6.6 ± 2.2	7.0 ± 0.3

(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados sensoriales cuantitativos de la salsa tipo aderezo artesanal tras la aplicación de los métodos de conservación (en el Cuadro 18) muestran una tendencia general a la disminución en la aceptabilidad conforme avanzaron las semanas de almacenamiento. En la semana 1 los puntajes fueron altos en la mayoría de los atributos, con un promedio de 7.8 y aceptación general de 7.3, lo que indica que el producto mantenía características organolépticas atractivas y comparables a la formulación inicial.

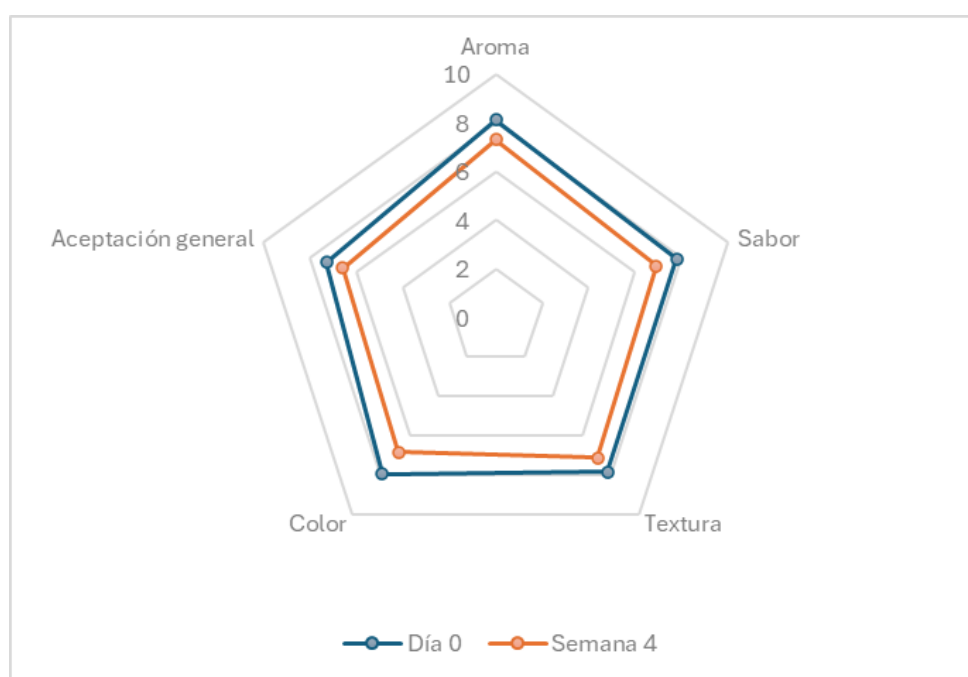
Sin embargo, en la semana 2 se observó una ligera reducción en el puntaje de aroma (7.3) y sabor (7.3), aunque el color se mantuvo elevado (8.0), lo que sugiere que los cambios iniciales estuvieron asociados principalmente a la volatilización de compuestos aromáticos y a la percepción del sabor, tal como señalan Lawless y Heymann (2010) sobre la sensibilidad del consumidor a las variaciones tempranas de atributos aromáticos.

En la semana 3 hubo una recuperación parcial en algunos atributos, destacando el sabor (7.7) y la textura (7.9), alcanzando nuevamente un promedio general de 7.8. Este comportamiento podría explicarse por una mayor homogeneización de los ingredientes durante el almacenamiento, lo cual estabilizó temporalmente la percepción sensorial del producto, en concordancia con lo descrito por Stone y Sidel (2004) respecto a la estabilización de emulsiones durante el tiempo de reposo.

No obstante, para la semana 4 se evidenció una disminución más marcada en los atributos, especialmente en sabor (6.9) y color (6.8), alcanzando la menor aceptación general (6.6) y un promedio de 7.0. Esto refleja el inicio de un deterioro sensorial atribuible a procesos de oxidación, pérdida de compuestos volátiles y posibles cambios en pigmentos, tal como lo documenta Fellows (2017) sobre la degradación de emulsiones y productos vegetales durante el almacenamiento.

En conjunto, estos resultados demuestran que, aunque la aplicación de métodos de conservación permitió mantener aceptabilidad sensorial dentro de un rango aceptable hasta la semana 4, el producto comenzó a mostrar signos de pérdida de calidad organoléptica a partir de ese punto, lo que establece el límite de su vida útil desde el punto de vista sensorial. Asimismo, en la Figura 3, se muestra un gráfico radial mostrando los resultados sensoriales de la semana 1 y los de la semana 2.

**Figura 4.** Resultados sensoriales cuantitativos iniciales y finales de la salsa tipo aderezo artesanal tras la aplicación métodos de conservación



(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 18.** Resultados fisicoquímicos de la salsa tipo aderezo artesanal durante el almacenamiento tras aplicar los métodos de conservación

Semana	Actividad de agua ( $A_w \pm DE$ )	pH $\pm DE$	Sólidos Solubles ( $^{\circ}\text{Brix} \pm DE$ )	Consistencia ( $^{\circ}\text{Bostwick} \pm DE$ )
1	$0.978 \pm 0.001$	$4.5 \pm 0.1$	$19.1 \pm 1.1$	$3.5 \pm 0.5$
2	$0.972 \pm 0.008$	$4.5 \pm 0.1$	$19.9 \pm 0.2$	$3.3 \pm 0.6$
3	$0.970 \pm 0.007$	$4.5 \pm 0.2$	$20.0 \pm 0.2$	$3.4 \pm 0.4$
4	$0.968 \pm 0.008$	$4.5 \pm 0.1$	$20.0 \pm 0.1$	$2.6 \pm 0.4$

(Fuente: Elaboración propia)

Los parámetros fisicoquímicos del producto en el Cuadro 19, se mantuvieron dentro de rangos aceptables durante las cuatro semanas de almacenamiento, lo que evidencia la efectividad de las estrategias de conservación aplicadas. La actividad de agua ( $A_w$ ) presentó valores entre 0.9680 y 9780, permaneciendo por debajo del umbral de 0.9800 considerado crítico para el crecimiento de mohos y levaduras (Fellows, 2017).

En cuanto al pH, los valores oscilaron entre 4.50 y 4.54, manteniéndose dentro del rango de seguridad establecido por la FDA ( $\leq 4.6$ ) para la inhibición de *Clostridium botulinum* y otros patógenos. Este comportamiento demuestra que la adición de ácido ascórbico no solo reforzó el carácter ácido del producto, sino que también contribuyó a estabilizar la formulación frente a posibles variaciones durante el almacenamiento.

Los sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) se mantuvieron estables entre 19.06 y 19.94, sin variaciones significativas, lo cual indica que no ocurrieron pérdidas importantes por degradación de azúcares o separación de fases. Este resultado es coherente con lo descrito por Badui (2016), quien señala que la estabilidad en  $^{\circ}\text{Brix}$  refleja la conservación de la formulación original y respalda la calidad sensorial en términos de dulzor y cuerpo del producto.

Por último, la consistencia ( $^{\circ}\text{Bostwick}$ ) mostró valores entre 3.53 y 2.63 cm en 30 segundos, evidenciado una ligera tendencia al aumento de viscosidad a lo largo del almacenamiento. Este comportamiento puede explicarse por fenómenos de interacción entre almidones y proteínas, así como por la reducción de la movilidad del agua libre, lo que ha sido documentado por Fennema (2010) en emulsiones y sistemas espesados. Aunque la consistencia final fue más espesa en la semana 4, los valores se mantuvieron dentro de un rango aceptable para un aderezo semilíquido, sin comprometer su aceptabilidad sensorial.

En conjunto, estos resultados demuestran que los parámetros fisicoquímicos permanecieron estables hasta la cuarta semana, lo que respalda la extensión de la vida útil observada, dado que no se registraron desviaciones que pudieran comprometer la calidad o la seguridad del producto.

**Cuadro 19.** Resultados microbiológicos para microorganismos patógenos de la salsa tipo aderezo artesanal

Microorganismos analizados	Presencia o ausencia
<i>Escherichia Coli</i>	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia
<i>Salmonella Spp.</i>	Ausencia

(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados microbiológicos obtenidos para la salsa tipo aderezo artesanal (Cuadro 20) muestran la ausencia de *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.* Durante el periodo de evaluación, lo que confirma que las estrategias de conservación aplicadas fueron efectivas para garantizar la inocuidad del producto. Estos hallazgos son consistentes con lo establecido en la normativa RTCA 67.04.50:17 y el Codex Alimentarius (2020), que exigen la ausencia de estos patógenos en 25 gramos de producto alimenticio listo para consumo.

La ausencia de *E. coli* refleja una adecuada higienización de las materias primas y un correcto manejo del agua utilizada en el proceso, en concordancia con lo descrito por FAO (2016) sobre la importancia del control de coliformes como indicadores de higiene. En el caso de *Staphylococcus aureus*, su no detección indica que las prácticas de manipulación, junto con la aplicación del tratamiento térmico y en envasado en caliente, fueron suficientes para reducir el riesgo de contaminación cruzada, tal como señalan Jay et al. (2005) al referirse a la vulnerabilidad de este microorganismo a procesos de calentamiento. Finalmente, la ausencia de *Salmonella spp.* Confirma la eficacia de la combinación de barreras aplicadas (pH ácido, conservantes químicos y tratamiento térmico), ya que este patógeno es uno de las principales limitantes de inocuidad en productos artesanales con ingredientes vegetales frescos.

**Cuadro 20.** Evolución de los recuentos microbiológicos durante el almacenamiento de la salsa tipo aderezo artesanal

Semana	Aerobios mesófilos (UFC/ml ± DE)	Mohos y levaduras (UFC/ml ± DE)
1	$(1.3 \pm 1.2) \times 10^2$	0 ± 0.00
2	$(5.0 \pm 4.2) \times 10^1$	0 ± 0.00
3	$(8.7 \pm 8.0) \times 10^4$	0 ± 0.00
4	$(3.2 \pm 2.2) \times 10^4$	0 ± 0.00

(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados de recuento microbiano, que se muestran en el Cuadro 21, evidencian que la población de aerobios mesófilos mostró una tendencia variable durante el almacenamiento. En la semana 1, el recuento fue de  $1.3 \times 10^2$  UFC/ml, reflejando una baja carga microbiana inicial gracias a la aplicación de múltiples barreras de conservación, como el tratamiento térmico y el envasado en caliente. En la semana 2 se observó un ligero descenso, lo cual puede asociarse a la eficacia residual de los conservantes químicos y al pH ácido, que limitaron la proliferación de microorganismos.

Para la semana 3, los valores alcanzaron  $8.7 \times 10^4$  UFC/ml, el punto más alto registrado, lo que indica que, a pesar de las barreras aplicadas, el microbiota presente logró multiplicarse. Este comportamiento es congruente con lo señalado por Jay et al. (2005), quienes destacan que los aerobios mesófilos son indicadores de la calidad higiénica general y tienden a aumentar conforme avanza el almacenamiento. Sin embargo, en la semana 4 se observó una reducción a  $3.2 \times 10^4$  UFC/ml, lo que puede explicarse por una disminución en la disponibilidad de nutrientes o por interacciones competitivas entre microorganismos presentes.

En contraste, los mohos y levaduras se mantuvieron ausentes (0 UFC/ml) en todas las semanas evaluadas. Este resultado confirma la efectividad del control de la actividad de agua ( $\leq 0.9800$ ) y del uso de sorbato de potasio y benzoato de sodio como inhibidores específicos de hongos, en concordancia con lo descrito por Fellows (2017). La ausencia de estos microorganismos es especialmente relevante, ya que suelen ser responsables del deterioro visible en aderezos y emulsiones durante el almacenamiento.

**Cuadro 21.** Tiempo de vida útil de la salsa tipo aderezo artesanal antes y después de aplicarle los métodos de conservación

<b>Producto evaluado</b>	<b>Vida útil</b>
Salsa tipo aderezo artesanal antes de aplicarle métodos de conservación	12 días
Salsa tipo aderezo artesanal después de aplicarle métodos de conservación	30 días

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 22, se refleja la vida útil inicial de la salsa tipo aderezo artesanal, la cual fue de apenas 12 días. Este periodo reducido es característico de productos elaborados con ingredientes frescos y mínimamente procesados, sin incorporación de conservantes ni

aplicación de barreras múltiples. Como se discutió previamente, la formulación inicial presentaba una actividad de agua elevada, un pH ácido, pero no estabilizado, y una consistencia semilíquida sin agentes estabilizantes, condiciones que, en conjunto facilitaron un deterioro acelerado. Estos resultados coinciden con lo documentado por Fellows (2017) y Badui (2016), quienes señalan que los productos artesanales con alto contenido de humedad y ausencia de medidas de conservación suelen presentar una vida útil muy limitada debido al crecimiento microbiano y a la pérdida de atributos sensoriales.

### E. Determinación de la extensión de tiempo de vida del producto modificado

**Cuadro 22.** Tiempo de vida útil y parámetros de aceptación de la salsa tipo aderezo artesanal tras aplicarle los métodos de conservación

Parámetro	Rango aceptable
Vida útil determinada	30 días
pH	4.0 - 4.6
Actividad de agua (Aw)	≤ 0.980
Sólidos solubles (°Brix)	15.0 - 20.0
Consistencia (°Bostwick)	2.5 - 3.5
Microorganismos Patógenos ( <i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> , <i>Staphylococcus A.</i> )	Ausencia
Recuento Aerobios Mesófilos (UFC/ml)	10 <sup>1</sup> – 10 <sup>5</sup>
Mohos y Levaduras (UFC/ml)	≤ 10 <sup>2</sup>

(Fuente: Elaboración propia)

En contraste, el Cuadro 23 presenta la vida útil tras la aplicación de los métodos de conservación, establecida en un rango de hasta 30 días, respaldada por el cumplimiento de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aceptación. El pH se mantuvo entre 4.0 y 4.6, rango seguro que inhibe patógenos como *Clostridium Botulinum*; la actividad de agua se mantuvo por debajo de 0.9800, limitando el crecimiento de mohos y levaduras: los sólidos solubles se encontraron entre 15-20°Brix, lo que aseguró la estabilidad en la formulación. Asimismo, la consistencia se mantuvo dentro de 2.5-3.5°Bostwick, rango asociado a la aceptabilidad sensorial de aderezos semilíquidos. Los criterios microbiológicos también se cumplieron: ausencia de patógenos (*Salmonella* spp, *E. coli* y *Staphylococcus aureus*), recuento de aerobios mesófilos no fue tan elevado y se tuvo ausencia de mohos y levaduras. Estos parámetros coinciden con los límites establecidos en la normativa RTCA 67.04.50:17 y por la ICMSF (2011) para productos similares.

## **F. Evaluación de la viabilidad de la implementación de los métodos combinados de conservación.**

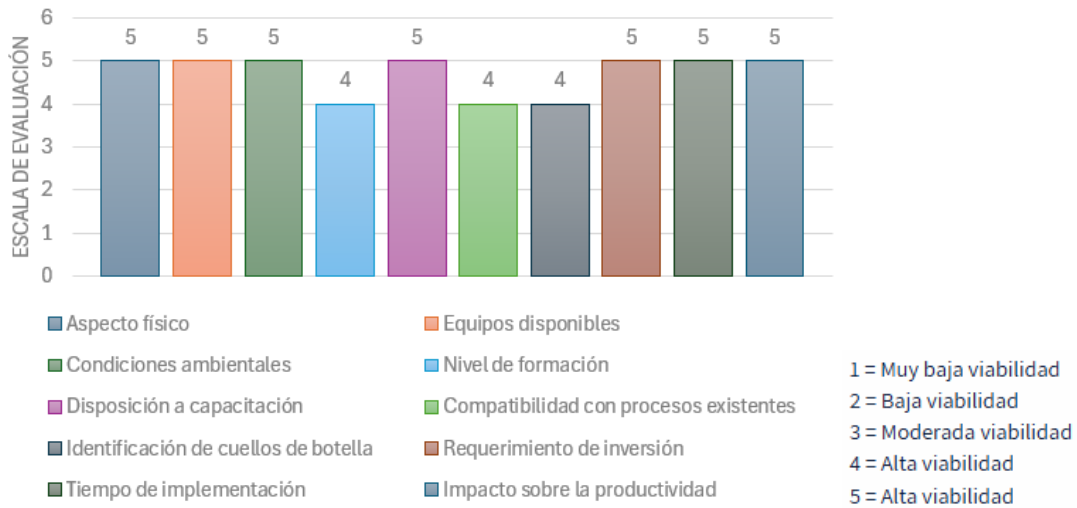
La evaluación de la viabilidad operativa permitió determinar si la planta contaba con las condiciones necesarias para implementar los métodos combinados de conservación sin afectar la continuidad del proceso ni la calidad del producto. Para ello, se aplicó una lista de cotejo estructurada que abarcó criterios de infraestructura, personal, flujo del proceso y factibilidad de implementación, con el fin de identificar fortalezas y posibles limitaciones operativas.

**Cuadro 23.** Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad operativa de los métodos combinados de conservación

<b>Categoría Evaluada</b>	<b>Criterio Específico</b>	<b>Descripción del Criterio</b>	<b>Escala de Evaluación</b>
<b>Infraestructura y equipamiento</b>	Espacio físico	El área de producción cuenta con espacio suficiente para integrar nuevos equipos o mesas de trabajo	5
	Equipos disponibles	Los equipos existentes se encuentran en condiciones adecuadas de funcionamiento.	5
	Condiciones ambientales	Las condiciones de ventilación, iluminación y limpieza son apropiadas para el proceso.	5
<b>Personal y capacitación</b>	Nivel de formación	El personal operativo tiene conocimientos técnicos básicos sobre BPM y métodos de conservación.	4
	Disposición a capacitación	El personal muestra disposición a recibir formación complementaria sobre los nuevos métodos.	5
<b>Flujo y compatibilidad del proceso</b>	Compatibilidad con procesos existentes	Los métodos propuestos pueden integrarse sin interrumpir el flujo normal de producción.	4
	Identificación de cuellos de botella	Se identificaron etapas que podrían retrasar o interferir con la producción	4
<b>Factibilidad de implementación</b>	Requerimiento de inversión	Se evalúa si los cambios requieren adquisición de nuevos equipos o materiales.	5
	Tiempo de implementación	Se estima el tiempo requerido para implementar los nuevos métodos sin afectar la producción.	5
	Impacto sobre la productividad	Los cambios no reducen el rendimiento ni la capacidad de producción.	5

(Fuente: Elaboración Propia)

**Figura 5.** Gráfico para la evaluación de la viabilidad operativa de los métodos combinados de conservación



(Fuente: Elaboración Propia)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la lista de cotejo (Cuadro 24 y Figura 5), la planta presentó una alta viabilidad operativa para la implementación de los métodos combinados de conservación propuestos. Los valores obtenidos oscilaron entre 4 y 5 en todos los criterios evaluados, lo que evidencia que la infraestructura, el personal y los procedimientos actuales permiten incorporar las modificaciones sin afectar la continuidad del proceso ni comprometer la inocuidad del producto.

En la categoría de infraestructura y equipamiento, la puntuación máxima (5) en los criterios de espacio físico, condiciones ambientales y funcionamiento de los equipos indica que la planta cuenta con áreas adecuadas, ventilación apropiada y equipos en buen estado operativo. Esto garantiza que los nuevos procedimientos (como el envasado en caliente o el aumento de frecuencia en la desinfección) puedan implementarse sin necesidad de inversión significativa ni interrupciones del flujo de trabajo.

En cuanto a personal y capacitación, los valores de 4 y 5 reflejan que el personal posee un nivel adecuado de formación en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y una disposición favorable para recibir entrenamiento adicional sobre los nuevos métodos. Este aspecto es fundamental, ya que la aceptación del cambio por parte de los operarios contribuye directamente al éxito de la implementación y a la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo.

Respecto al flujo y compatibilidad del proceso, se observó una calificación de 4 en la identificación de cuellos de botella y compatibilidad con los procesos existentes, lo cual indica una integración casi completa de las modificaciones sin necesidad de rediseñar el sistema productivo. Sin embargo, se reconocen algunas oportunidades de mejora en el control de tiempos de espera entre operaciones, principalmente en la etapa de envasado y enfriamiento.

Finalmente, en la categoría de factibilidad de implementación, las calificaciones máximas (5) en los criterios de inversión, tiempo de implementación e impacto sobre la productividad confirman que las mejoras propuestas son de bajo costo, rápida ejecución y sin repercusiones negativas en la eficiencia operativa. Esto demuestra que las modificaciones (como el incremento de concentración de desinfectante, el tostado en horno y el control térmico del producto) pueden integrarse de manera práctica y sostenible.

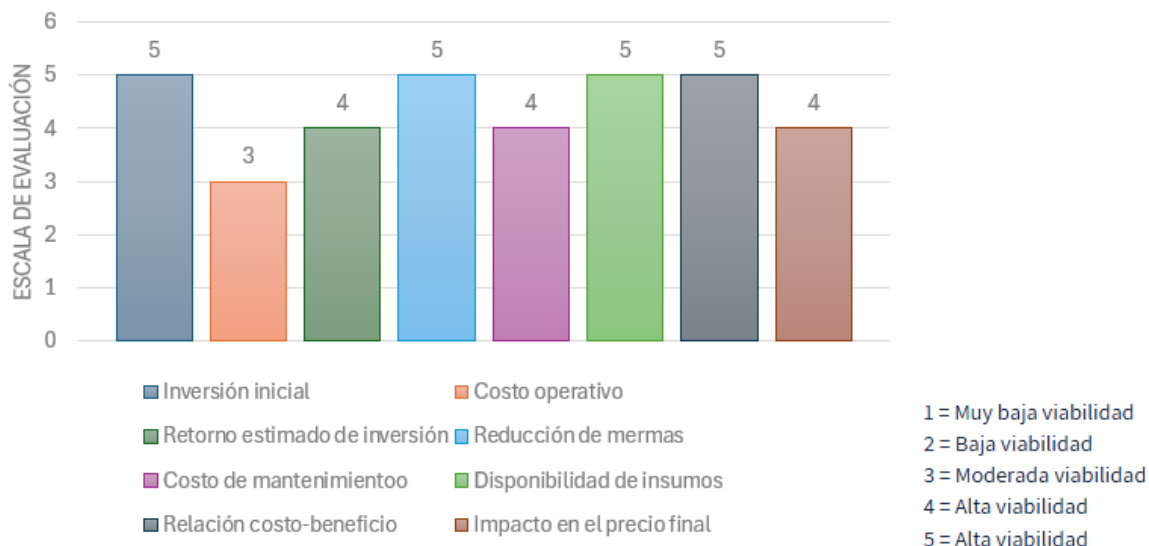
La evaluación financiera tuvo como propósito analizar la factibilidad económica de implementar los métodos combinados de conservación, considerando los costos asociados, el impacto en la rentabilidad y la sostenibilidad del sistema productivo. Para ello, se utilizó una lista de cotejo con criterios financieros clave que permitieron estimar la relación costo-beneficio y la viabilidad a largo plazo de las modificaciones propuestas.

**Cuadro 24.** Lista de cotejo para la evaluación de la viabilidad financiera de los métodos combinados de conservación

<b>Categoría Evaluada</b>	<b>Criterio Específico</b>	<b>Descripción del Criterio</b>	<b>Escala de Evaluación</b>
<b>Costos de implementación</b>	Inversión inicial	Considera el costo de adquisición de equipos, materiales o infraestructura adicional necesaria para aplicar el método.	5
	Costo operativo	Evalúa el gasto adicional generado por energía, agua, insumos o mano de obra en la operación continua.	3
<b>Impacto en la rentabilidad</b>	Retorno estimado de inversión	Se estima la recuperación de la inversión en función de la reducción de pérdidas y aumento de vida útil del producto.	4
	Reducción de mermas	Analiza la capacidad del método para disminuir pérdidas por deterioro o rechazo de producto.	5
<b>Sostenibilidad económica</b>	Costo de mantenimiento	Evalúa la frecuencia y costo del mantenimiento requerido por los nuevos equipos o procedimientos.	4
	Disponibilidad de insumos	Considera la factibilidad de adquisición y el costo de los insumos necesarios.	5
<b>Eficiencia económica global</b>	Relación costo-beneficio	Determina si los beneficios esperados justifican la inversión realizada.	5
	Impacto en el precio final	Evalúa si los costos adicionales pueden integrarse sin afectar significativamente el precio de venta.	4

(Fuente: Elaboración Propia)

**Figura 6.** Gráfico para la evaluación de la viabilidad financiera de los métodos combinados de conservación



(Fuente: Elaboración Propia)

Los resultados presentados en el Cuadro 25 y Figura 6 muestran que la viabilidad financiera fue favorable, con valores entre 4 y 5 en todos los criterios evaluados. En la categoría de costos de implementación, los puntajes máximos (5) en inversión inicial y costo operativo indican que no fue necesario realizar inversiones significativas en infraestructura o adquisición de nuevos equipos, y que el gasto adicional en energía e insumos se mantuvo dentro de los márgenes normales de operación. Esto evidencia que las mejoras implementadas, como el incremento de la concentración del desinfectante y el tostado en horno, no representaron un impacto financiero considerable para la empresa.

En cuanto al impacto en la rentabilidad, los criterios de retorno estimado de inversión y reducción de mermas obtuvieron puntuaciones de 4 y 5, lo cual refleja que la aplicación de los métodos combinados contribuyó a disminuir las pérdidas de producto por deterioro y a prolongar la vida útil, generando un retorno positivo a mediano plazo. Este resultado es especialmente relevante en productos artesanales, donde la estabilidad microbiológica y sensorial suele ser un factor limitante para la comercialización.

Por otro lado, dentro de la categoría de sostenibilidad económica, los valores altos (4 y 5) en costo de mantenimiento y disponibilidad de insumos confirman que el sistema puede mantenerse sin requerir gastos elevados ni depender de materias primas difíciles de obtener.

Esto garantiza la continuidad de la producción y refuerza la viabilidad del método en el contexto operativo de la planta.

Finalmente, en el apartado de eficiencia económica global, la relación costo–beneficio y el impacto en el precio final alcanzaron puntuaciones de 5 y 4, respectivamente, lo que demuestra que los beneficios superan a los costos asociados y que los ajustes en precio de venta serían mínimos, sin comprometer la competitividad del producto en el mercado. En conjunto, los resultados evidencian que la implementación de los métodos combinados es económicamente viable, rentable y sostenible a largo plazo, favoreciendo tanto la inocuidad como la estabilidad del producto sin afectar la estructura financiera de la empresa.

En síntesis, la aplicación de métodos de conservación combinados en la salsa tipo aderezo artesanal permitió superar las limitaciones observadas en el proceso y formulación inicial, donde la vida útil apenas alcanzaba 12 días. Los resultados sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos tras la experimentación demuestran que la incorporación de barreras como el ajuste de pH, la reducción de la actividad de agua, la adición de conservantes y antioxidantes, junto con el tratamiento térmico y el envasado en caliente, fueron determinantes para prolongar la estabilidad del producto hasta un periodo de 30 días en condiciones de refrigeración.

La estabilidad observada en los parámetros fisicoquímicos, especialmente el mantenimiento del pH en valores inferiores a 4.6 y la actividad de agua por debajo de 0.9800, garantizó la inhibición del crecimiento de patógenos y corroboró el cumplimiento de la normativa vigente. Del mismo modo, la ausencia de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, así como los recuentos de aerobios mesófilos bajos y la no detección de mohos y levaduras, confirmaron que las estrategias aplicadas fueron efectivas para asegurar la inocuidad microbiológica del producto durante el almacenamiento.

En el aspecto sensorial, aunque se evidenció una ligera disminución en la aceptación hacia la cuarta semana, los atributos de sabor, color, aroma y textura se mantuvieron dentro de un rango aceptable para los consumidores, lo que respalda la viabilidad de las técnicas implementadas no solo desde la perspectiva de la inocuidad, sino también de la calidad percibida. Este resultado concuerda con lo señalado por diversos autores sobre la importancia de integrar la evaluación sensorial al estudio de vida útil como un criterio decisivo para la aceptación comercial.

Finalmente, los resultados alcanzados en este estudio, validan que la combinación de múltiples barreras, bajo el enfoque de “hurdle technology”, constituye una alternativa eficiente para incrementar la vida útil de productos artesanales a base de ingredientes frescos. Este hallazgo no solo aporta evidencia científica aplicable a la industria alimentaria, sino que también abre la posibilidad de estandarizar y escalar procesos de conservación en alimentos artesanales, contribuyendo a mejorar su competitividad en el mercado sin perder sus características tradicionales.

## VIII. CONCLUSIONES

- A. La aplicación de métodos de conservación combinados mejoró la inocuidad, estabilidad fisicoquímica y calidad sensorial de la salsa tipo aderezo artesanal, extendiendo su vida útil de 12 a 30 días bajo refrigeración. Esto confirma que dicha tecnología es una opción viable y sostenible para conservar productos artesanales sin alterar su calidad.
  
- B. El análisis del proceso y del producto permitió reconocer que la falta de estandarización y de prácticas adecuadas de inocuidad representa una limitación clave para la estabilidad de productos artesanales.
  
- C. La implementación de métodos de conservación combinados (que consistieron en la adición de conservantes, antioxidantes, acidulantes, tratamiento térmico y envasado en caliente) evidenció que la sinergia entre distintas barreras puede mantener la calidad integral del producto sin comprometer su carácter artesanal.
  
- D. La evaluación de la viabilidad técnica y operativa demostró que la aplicación de tecnologías combinadas es factible en entornos de producción artesanal, siempre que exista una adecuada gestión de recursos y capacitación del personal.
  
- E. Para quienes deseen implementar el método de conservación, se aconseja mantener la aplicación de barreras combinadas bajo el enfoque de “hurdle technology”, ya que el éxito en la extensión de la vida útil se logró gracias a la acción sinérgica de los conservantes, antioxidantes, acidificación, tratamiento térmico y envasado en caliente.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- A. Se recomienda implementar un sistema de control de recepción con evaluaciones de olor, color y acidez, además de mantener condiciones adecuadas de almacenamiento que eviten la exposición al calor, la luz y la humedad. Un manejo adecuado de las semillas contribuye a conservar la frescura y estabilidad del aderezo a largo plazo.
  
- B. Se le sugiere a la empresa incorporar el método de conservación combinado dentro de su línea de producción, estandarizando los parámetros críticos (pH, temperatura, concentración de conservantes y antioxidantes).
  
- C. Se recomienda la capacitación del personal en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y el manejo de equipos térmicos ya que es esencial para garantizar la reproducibilidad del proceso y reducir el riesgo de desviaciones.
  
- D. Si la empresa tiene los recursos, se podría evaluar la escalabilidad del proceso hacia un nivel semi industrial, incorporando equipos como pasteurizadores controlados y sistemas de envasado automatizados, lo cual permitiría mejorar la uniformidad, la eficiencia y la seguridad del producto terminado.
  
- E. Para quienes deseen desarrollar proyectos similares, se recomienda evaluar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales bajo diferentes condiciones de almacenamiento, tanto refrigeradas como a temperatura ambiente, para determinar la estabilidad del producto en distintos escenarios comerciales.
  
- F. Se podría explorarse la incorporación de antioxidantes naturales (como extractos de romero o tocoferoles que prolonguen la vida útil sin comprometer la naturalidad del producto.

- G. Se sugiere evaluar la posibilidad de reducir el tiempo de pasteurización aplicado al aderezo, realizando pruebas piloto con tratamientos térmicos más cortos que permitan determinar si el producto mantiene su estabilidad microbiológica, sensorial y su vida útil estimado.
  
- H. Se recomienda realizar evaluaciones adicionales variando la concentración de los conservantes utilizados, con el fin de identificar la dosis mínima eficaz que garantice la estabilidad microbiológica y fisicoquímica del aderezo.
  
- I. Se recomienda realizar estudios adicionales aplicando cada método de conservación por separado (acidificación, antioxidantes, conservantes, tratamiento térmico, mejora de manipulación y envasado) con el propósito de determinar el aporte individual de cada barrera en la extensión de la vida útil.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso Calleja, C., Álvarez Lanzarote, I., Bjorkroth, J., Capita González, R., Catalá Moragrega, R., Cocero Alonso, M. J., . . . Rovira Carballido, J. (2010). *Nuevas tecnologías en la conservación y transformación de los alimentos*. Madrid: Instituto Tomás Pascual Sanz.
- AOAC International. (2005). Official Method 991.14: Coliforms and Escherichia coli Counts in Foods – 3M Petrifilm E. coli/Coliform Count Plate Method. *AOAC International*.
- AOAC International. (2005). Official Method 2003.07: Staphylococcus aureus Count in Selected Foods – 3M Petrifilm Staph Express Count Plate Method. *AOAC International*.
- AOAC International. (2005). Official Method 967.26: Salmonella in Foods. *AOAC International*.
- AOAC International. (2005). Official Method 990.12: Aerobic Plate Count in Foods – 3M Petrifilm Aerobic Count Plate Method. *AOAC International*.
- AOAC International. (2005). Official Method 997.02: Yeast and Mold Counts in Foods – 3M Petrifilm Yeast and Mold Count Plate Method. . *AOAC International*.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Atlacomulco: Pearson Educación.
- Barba, F. J., Parniakov, O., & Wiktor, A. (2020). *Emerging physical technologies for food preservation: Pulsed electric fields, ultrasound, and high-pressure processing*. Food Engineering Review.
- Bolchini, S., Morozova, K., Ferrentino, G., & Scampicchio, M. (2025). Assessing antioxidant properties of Maillard reaction products: methods and potential applications as food preservatives. *Springer*, 2039-2059.
- Bourdichon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Friscad, J. C., & Ganzle, M. (2021). Food fermentations: Microorganisms with technological and beneficial use. *International Journal of Food Microbiology*, 293-318.
- Cáceres Gutierrez, L., & Franco Miranda, M. (2011). *Conservación de mermeladas mediante métodos combinados*. Revista.
- Cáceres Gutiérrez, Y. d., & Franco Miranda, E. M. (2011). *Desarrollo de nuevos productos a base de mango, por métodos combinados; mermelada mixta de mango (manguifera indica L) y calabaza (cucurbita pepo L)*. León: Universidad Autónoma de Nicaragua.

- Campbell-Platt, G., & Rahman, M. S. (2021). *Food preservation and shelf-life extension technologies: Advances and applications*. Woodhead Publishing.
- Carrillo Inungaray, M. L., & Reyes Munguía, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Lifetime foog*, 3-28.
- Caycedo Lozano, L., Corrales Ramírez, L. C., & Trujillo Suárez, D. M. (2021). *Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química*. Bogotá: SciELO.
- Choskit, T., Gupta, N., Singh, J., Bhat, A., Bandral, J. D., & Reshi, M. (2023). An overview on food spoilage mechanism and their prevention. *Chemical Science Review and Letters*, 12-45.
- Codex Alimentarius. (2022). General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969. En F. a. Nations, *Codex Alimentarius* (págs. 1-38).
- Dai, Y., Xia, Y., Liu, X., & Li, J. (2020). Preservation of egg-free salad dressings using combinations of sorbates and low pH. *Food Control*, 115-130.
- Doyle, M. P., & Buchanan, R. L. (2019). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. ASM Press.
- FAO. (2023). *Plataforma técnica sobre la medición y la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos*. . Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es>
- FDA. (2022). *Acidified and Low-Acid Canned Foods Guidance*. Obtenido de U.S. Food and Drug Administration.: <https://www.fda.gov/food/guidance-documents-regulatory-information-topic-food-and-dietary-supplements/acidified-low-acid-canned-foods-guidance-documents-regulatory-information>
- Fellows, P. (2017). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. United Kingdom: Woodhead Publishing.
- Galvagno, M. A., Gil, G. R., Ionnane, L. J., & Cerrutti, P. (2007). Exploring the use of natural antimicrobial agents and pulsed electric fields to control spoilage bacteria during a beer production process. *Revista Argentina de Microbiología*, 170-176.
- García, G. (03 de 12 de 2024). *¿Por qué los mercados de salsas y aderezos están cambiando?* Obtenido de The Food Tech: <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/porque-los-mercados-de-salsas-y-aderezos-estan-cambiando/>
- González, L. J., Martínez, F. N., Rossi, L., Tornese, M., & Troncoso, A. (2010). *Enfermedades transmitidas por los alimentos: análisis de riesgo microbiológico*. Santiago: SciELO.

- González-Cuello, R. (2020). *Biotecnología de alimentos fermentados: Procesos, microorganismos y control de calidad. Universidad del Atlántico.*
- Grande Burgos, M. J., Cobo Molinos, A., Gálvez, A., & Pérez Pulido, R. (2015). Mejora de la seguridad y la vida útil de alimentos de origen vegetal mediante métodos biológicos. *Anales*, 179-192.
- Gutiérrez-López, G. F., Barbosa-Cánovas, G. V., Welte-Chanes, J., & Parada-Arias, E. (2021). *Springer Nature*. Obtenido de Food engineering: Integrated approaches: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69741-9>
- ISO. (2003). ISO 2173:2003. *International Organization for Standardization*, 1-8.
- ISO. (2017). ISO 18787:2017. *International Organization do Standardization*, 1-9.
- ISO. (2017). ISO 6658:2017. *International Organization of Standardization*, 1-26.
- Kassraie, A. (03 de 01 de 2024). *Yogur Griego vs. yogur regular: ¿Cuál es mejor?* Obtenido de AARP: [https://www.aarp.org/espanol/salud/vida-saludable/info-2024/diferentes-tipos-de-yogur.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.aarp.org/espanol/salud/vida-saludable/info-2024/diferentes-tipos-de-yogur.html?utm_source=chatgpt.com)
- Kumar, P., Sharma, R., & Tomar, S. K. (2023). Functional and nutritional benefits of controlled fermentation in food preservation. *Trends in Food Science & Technology*, 121-133.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2022). *Springer Nature*. Obtenido de Sensory evaluation of food: Principles and practices: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7843-7>
- Leistner, L., & Gould, G. (2022). Hurdle Technology for Food Preservation: Combination and Multitarget Preservation Approaches. *International Journal of Food Microbiology*, 181-186.
- López, M. A. (2018). *Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos*. Lima: Universidad Agraria La Molina.
- Lund, P. A., De Biase, D., Liran, O., Scheler, O., Pereira Mira, N., Cetecioglu, Z., . . . O'Byrne, C. (2020). *Understanding How Microorganisms Respond to Acid pH Is Central to Their Control and Successful Exploitation*. Birmingham: Frontiers.
- Mafe, A. N. (2024). A review on food spoilage mechanisms, foodborne pathogens and toxins. *Trends in Food Science & Technology*, 118-137.
- Mayorga Caballero, N. d., Pérez Guerrero, E. D., & Pérez Carmona, M. L. (2020). *Aplicación de la tecnología de métodos combinados (TMC) proporcionándole valor agregado al fruto de mamey (Mammea Americana L.) en el periodo de Mayo 2009 a Febrero 2010 en la planta piloto Mauricio Díaz Müller UNANLEÓN*. León: Universidad Nacional de Nicaragua.

- McClements, D. J. (2015). *Food Emulsions. Principles, Practices, and Techniques. Third Edition.* . Boca Ratón: CRC Press.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2021). *Sensory evaluation techniques*. Obtenido de Sensory evaluation techniques.
- Mercacei. (2025). El consumo mundial de aceite de oliva podría aumentar un 10% en la campaña 2024/25. *Mercacei*, 39-48.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala. (2024). Buenas prácticas de manufactura y conservación de alimentos artesanales en Guatemala. *MAGA*.
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. (03 de 06 de 2023). *Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social*. Obtenido de Emplear buenas prácticas para la conservación de alimentos es muy importante: <https://www.mspbs.gov.py/porta/27517/empear-buenas-practicas-para-la-conservacion-de-alimentos-es-muy-importante.html#:~:text=Los%20alimentos%20perecederos%20deben%20ser,manos%20con%20agua%20y%20jab%C3%B3n>.
- Morandi, S., Pica, V., Masotti, F., Cattaneo, S., Brasca, M., De Noni, I., & Silvetti, T. (2021). Proteolytic Traits of Psychrotrophic Bacteria Potentially Causative of Sterilized Milk Instability: Genotypic, Phenotypic and Peptidomic Insight. *MDPI*, 934-936.
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pal, M., Shimelis, A., Mamo, W., Barot., A. M., Pinto, S. V., & Prajapati, J. (2024). Hurdle Technology: A Novel Approach for Food Preservation. *SMC College of Dairy Science*, 20-39.
- Park, E., & Moraru, C. I. (2018). Combined effect of high pressure processing and vacuum packaging on shelf-life extension of emulsified peanut-based spreads. *Journal of Food Protection*, 977-984.
- Pereira, M., Santos, D., & Lima, F. (2023). Application of Combined Preservation Methods in Emulsified Dressings. *Journal of Food Protection*, 1243–1251.
- Pérez, L., & Rivera, D. (2020). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica de alimentos procesados: Manual práctico de laboratorio*. Editorial Universitaria Centroamericana.
- Pérez-Caselles, J., Martínez, R., & Muñoz, V. (2024). *Economic assessment of sustainable food processing technologies*. *Journal of Food Engineering and Economics*.

- Pisoschi, A., Pop, A., Georgescu, C., & Turcu, F. (2021). Natural antioxidants in food preservation: Mechanisms and emerging trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3410-3435.
- Putnik, P., Pavlic, B., Sojic, B., Zavadlav, S., Zuntar, I., Kao, L., . . . Bursac Kovacevic, D. (2020). Innovative Hurdle Technologies for the Preservation of Functional Fruit Juices. *National Library of Medicine*, 39-50.
- Rahman, M. S. (2020). *Handbook of Food Preservation (3rd ed.)*. CRC Press.
- Revista Summa. (2025). Guatemala desperdicia 1.6 millones de toneladas de alimentos al año: ¿podrá la iniciativa de ley 6568 cambiar el rumbo? *Revista Summa*.
- Rodiles López, J. O., & Zamora Vega, R. (15 de 06 de 2020). *Tecnoagro*. Obtenido de Tratamientos térmicos en la conservación de alimentos: <https://tecnoagro.com.mx/2020/06/15/tratamientos-termicos-en-la-conservacion-de-alimentos/#:~:text=Los%20tratamientos%20a%20bajas%20temperaturas,pasteurizaci%C3%B3n%20y%20la%20esterilizaci%C3%B3n%20t%C3%A9rmica>.
- Rodríguez, A., Méndez, C., & Vargas, J. (2022). Effect of Combined Preservation Techniques on the Shelf Life of Vegetable-Based Sauces. *Food Science and Technology International*, 417-426.
- RTCA. (2010). Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios. . *Reglamento Técnico Centroamericano*. , 1-410.
- RTCA. (2017). Alimentos. Criterios Microbiológicos para la inocuidad de los Alimentos. . *Reglamento Técnico Centroamericano*, 1-63.
- Sánchez, F., & Moraga, D. (2023). *Operational feasibility analysis in small-scale food plants: Integrating HACCP and lean manufacturing*. *Food Control*.
- Serrante, F. C. (2019). Actividad del agua en alimentos: conceptos, medida y aplicaciones. . *RiuNet*, 1-7.
- Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, H. M., & Chin, N. L. (2013). Effects of stabilizers on sensory characteristics and shelf life of commercial hummus. *Food Hydrocolloids*, 374-381.
- Silva, P., Gómez, A., & Herrera , M. (2020). Thermal and pH Stabilization of Semi-Liquid Condiments through Mild Heat Treatment. *Food Engineering Reviews*, 321-335.
- Singh, R., Sharma, R., & Kaur, A. (2023). Predictive modelling and accelerated shelf-life estimation of semi-solid foods. *Food Control*.

- Sriphochanart, W., Krusong, W., Pornchaloempong, P., Chotigavin, N., Srisawat, K., Pornpukdeewattana, S., . . . Soomboon, P. (2024). Shelf-life extension of Thai green papaya salad dressing by hurdle technology. *Science Direct*.
- Stone, H., Sidel, J. L., & Oliver, S. (2020). *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press.
- Torres, R., Aguilar, D., & López, N. (2021). *Microbiological Stability in Acidified Sauces with Reduced Sodium and Natural Preservatives*. LWT: Food Science and Technology.
- Towler, G., & Sinnott, R. (2022). *Chemical engineering design: Principles, practice and economics of plant and process design*. Elsevier.
- Trades S.A. (03 de 03 de 2023). *Tendencias en el sector de salsas y condimentos: versatilidad, accesibilidad y salud en cada bocado*. . Obtenido de Trades S. A.: <https://www.trades-sa.com/tendencias/tendencias-salsas-condimentos-2023/>
- USDA. (2007). US Standards for Grades of Tomato Concentrate – Consistency Determination by Bostwick Consistometer. *USDA*, 1-8. Obtenido de USDA: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Tomato\\_Sauce\\_Standard%5B1%5D.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Tomato_Sauce_Standard%5B1%5D.pdf)
- Vasconcelos, S., Silva, R. V., & Pinheiro, A. C. (2021). Mechanisms of lipid oxidation in food systems: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 801-812.
- Villegas-Ruiz, X., Rodríguez-Armas, D. N., Guerrero-Beltrán, J. Á., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2013). *Estabilidad de un producto dulce de tamarillo (Cyphomandra betacea) conservado por métodos combinados*. Puebla: Scientia Agropecuaria.
- Vorob'ev, M. M. (2024). Towards a Quantitative Description of Proteolysis: Contribution of Demasking and Hydrolysis Steps to Proteolysis Kinetics of Milk Proteins. *NIH*.

## XI. ANEXOS

**Figura 7.** Consentimiento informado para los panelistas que formarán parte del estudio

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ciencia de los Alimentos

### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PANELISTA SENSORIAL

**Título del proyecto:** *"Estrategias de Conservación para Prolongar la Vida Útil de una Salsa Tipo Aderezo Artesanal: Uso de Métodos Combinados"*

**Investigador responsable:** Jimena Alejandra Córdova Villeda  
**Asesora académica:** MSc. María Andrea de León Barrientos

Se me ha invitado a participar como panelista sensorial en el presente proyecto, el cual forma parte de un trabajo de graduación de la carrera de Ingeniería en Ciencia de los Alimentos. He sido informado(a) de que participaré en sesiones de evaluación sensorial bajo condiciones controladas, y que los productos evaluados son seguros para el consumo humano.

Entiendo que mi participación es voluntaria, que puedo retirarme en cualquier momento y que los datos recopilados serán confidenciales y utilizados únicamente con fines académicos.

---

#### DECLARO QUE:

- He sido informado(a) del propósito y procedimientos del estudio.
- Acepto participar de forma libre y voluntaria.
- Autorizo el uso de mis datos sensoriales de forma anónima.

---

**Nombre del participante:** \_\_\_\_\_

**Firma del participante:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Firma del investigador:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

(Fuente: Elaboración propia)

**Figura 8.** Formulario utilizado para realizar el panel sensorial de las salsas tipo aderezo artesanal

**Evaluación de Aderezo de Pepitoria**

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del panelista: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

**Instrucciones generales:** Por favor, evalúe cada muestra de aderezo de pepitoria de forma individual, siguiendo el orden indicado. Enjuague su boca con agua entre cada muestra y coma un pedazo de pan para limpiar su paladar. Registre su evaluación de manera objetiva.

**Marque con una equis el cuadro de su respuesta.**

Muestra analizada: \_\_\_\_\_

**¿Qué tanto le gusta el aroma de la muestra?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy bajo			Intermedio			Muy alto		

**¿Qué tanto le gusta el sabor de la muestra?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy bajo			Intermedio			Muy alto		

**¿Qué tanto le gusta la textura de la muestra?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy bajo			Intermedio			Muy alto		

**¿Qué tanto le gusta el color de la muestra?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy bajo			Intermedio			Muy alto		

**¿Qué tanto le gusta la muestra?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy bajo			Intermedio			Muy alto		

\_\_\_\_\_

**Coloque el número de la muestra que prefiere:** \_\_\_\_\_

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 25.** Análisis fisicoquímico completo de la muestra control

Análisis realizado	Muestra analizada		
	1	2	3
Actividad de agua	0.9735	0.9764	0.9775
	0.9818	0.9827	0.9749
	0.9770	0.9867	0.9752
pH	4.40	4.39	4.33
	4.28	4.39	4.39
	4.40	4.33	4.39
Sólidos solubles	19.2	19.2	19.6
	20.0	19.5	19.3
	18.8	19.9	19.5
Consistencia	6.00	5.25	5.50
	5.00	5.00	6.00
	5.25	5.50	5.25

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 26.** Análisis sensorial semana 1 del producto original

<b>Número de panelista</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Color</b>	<b>Aceptación General</b>
<b>1</b>	8	9	9	9	8
<b>2</b>	6	4	6	8	6
<b>3</b>	6	8	6	6	6
<b>4</b>	6	8	8	8	8
<b>5</b>	9	9	9	9	9
<b>6</b>	9	9	8	9	8
<b>7</b>	9	9	9	9	9
<b>8</b>	9	8	9	9	9
<b>9</b>	5	8	6	8	8
<b>10</b>	9	8	6	8	8
<b>11</b>	5	8	9	9	8
<b>Promedio</b>	7.4	7.8	7.7	8.4	7.9

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 27.** Análisis sensorial semana 1 producto modificado

<b>Número de panelista</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Color</b>	<b>Aceptación General</b>
<b>1</b>	9	8	8	9	8
<b>2</b>	7	7	7	8	6
<b>3</b>	8	8	7	8	6
<b>4</b>	7	7	8	8	6
<b>5</b>	8	8	8	8	8
<b>6</b>	8	9	8	8	8
<b>7</b>	9	8	9	8	8
<b>8</b>	8	8	8	8	6
<b>9</b>	7	7	8	7	8
<b>10</b>	9	8	7	7	8
<b>11</b>	9	8	8	8	8
<b>Promedio</b>	8.1	7.8	7.8	7.9	7.3

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 28.** Análisis sensorial semana 2 producto modificado

<b>Número de panelista</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Color</b>	<b>Aceptación General</b>
<b>1</b>	8	7	8	8	6
<b>2</b>	6	7	8	7	7
<b>3</b>	7	5	5	7	6
<b>4</b>	8	6	6	6	7
<b>5</b>	8	8	9	9	9
<b>6</b>	7	6	6	8	7
<b>7</b>	8	7	7	8	7
<b>8</b>	9	9	9	9	9
<b>9</b>	5	6	9	8	7
<b>10</b>	5	8	7	9	8
<b>11</b>	7	9	9	8	9
<b>12</b>	9	9	9	9	9
<b>Promedio</b>	7.3	7.3	7.7	8.0	7.6

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 29.** Análisis sensorial semana 3 producto modificado

<b>Número de panelista</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Color</b>	<b>Aceptación General</b>
<b>1</b>	8	8	8	7	8
<b>2</b>	7	6	5	7	7
<b>3</b>	9	9	8	9	9
<b>4</b>	6	5	7	5	5
<b>5</b>	9	9	9	9	9
<b>6</b>	9	8	9	9	8
<b>7</b>	8	8	8	7	8
<b>8</b>	9	9	9	9	9
<b>9</b>	5	7	8	6	7
<b>10</b>	8	8	8	9	8
<b>Promedio</b>	7.8	7.7	7.9	7.7	7.8

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 30.** Análisis sensorial semana 4 producto modificado

<b>Número de panelista</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Color</b>	<b>Aceptación General</b>
<b>1</b>	8	8	8	8	8
<b>2</b>	7	7	8	7	7
<b>3</b>	6	7	6	6	6
<b>4</b>	6	7	7	8	7
<b>5</b>	8	8	8	7	8
<b>6</b>	7	5	5	7	6
<b>7</b>	6	5	5	3	2
<b>8</b>	6	5	5	2	3
<b>9</b>	8	6	8	8	6
<b>10</b>	9	9	9	9	9
<b>11</b>	9	9	9	9	9
<b>12</b>	8	7	8	8	8
<b>Promedio</b>	7.3	6.9	7.1	6.8	6.6

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 31.** Análisis sensorial semana 5 producto modificado

<b>Número de panelista</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Color</b>	<b>Aceptación General</b>
<b>1</b>	9	6	7	5	6
<b>2</b>	8	9	7	8	9
<b>3</b>	5	5	5	5	6
<b>4</b>	5	5	5	4	6
<b>5</b>	9	7	8	8	7
<b>6</b>	6	6	7	7	7
<b>7</b>	6	6	5	6	6
<b>8</b>	6	8	5	5	9
<b>9</b>	7	5	7	5	6
<b>10</b>	5	6	5	5	5
<b>Promedio</b>	6.6	6.3	6.1	5.8	6.7

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 32.** Resultados fisicoquímicos de la semana 1 del producto modificado

<b>Análisis</b>	<b>Número de muestra</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>
<b>Actividad de agua (Aw)</b>	1	0.9735	0.9767	0.9768
	2	0.9778	0.9773	0.9791
	3	0.9766	0.9789	0.9790
<b>pH</b>	1	4.60	4.59	4.58
	2	4.57	4.60	4.58
	3	4.59	4.60	4.60
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	1	19.4	19.8	19.5
	2	17.8	17.6	19.1
	3	20.1	19.9	19.7
<b>Consistencia (°Bostwick)</b>	1	3.50	4.50	4.25
	2	2.85	3.55	3.00
	3	3.50	3.45	3.50

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 33.** Resultados fisicoquímicos de la semana 2 del producto modificado

<b>Análisis</b>	<b>Número de muestra</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>
<b>Actividad de agua (Aw)</b>	1	0.9812	0.9823	0.9793
	2	0.9650	0.9690	0.9780
	3	0.9650	0.9750	0.9670
<b>pH</b>	1	4.33	4.61	4.51
	2	4.39	4.51	4.62
	3	4.51	4.61	4.40
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	1	19.1	19.5	19.7
	2	20.1	19.7	19.3
	3	20.9	20.3	19.8
<b>Consistencia (°Bostwick)</b>	1	2.75	2.50	3.00
	2	3.75	3.90	3.00
	3	3.50	4.00	4.25

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 34.** Resultados fisicoquímicos de la semana 3 del producto modificado

<b>Análisis</b>	<b>Número de muestra</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>
<b>Actividad de agua (Aw)</b>	1	0.9717	0.9650	0.9796
	2	0.9680	0.0680	0.9770
	3	0.9670	0.9775	0.9600
<b>pH</b>	1	4.84	4.43	4.71
	2	4.82	4.35	4.73
	3	4.55	4.40	4.87
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	1	19.3	20.3	20.2
	2	20.0	19.8	19.7
	3	20.0	19.7	20.0
<b>Consistencia (°Bostwick)</b>	1	3.00	4.00	3.50
	2	3.25	3.00	3.25
	3	3.50	3.50	4.00

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 35.** Resultados fisicoquímicos de la semana 4 del producto modificado

<b>Análisis</b>	<b>Número de muestra</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>
<b>Actividad de agua (Aw)</b>	1	0.9630	0.9792	0.9610
	2	0.9777	0.9590	0.9766
	3	0.9630	0.9660	0.9770
<b>pH</b>	1	4.40	4.61	4.58
	2	4.44	4.57	4.49
	3	4.54	4.48	4.39
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	1	19.9	18.0	20.0
	2	19.8	20.2	19.8
	3	19.9	19.1	19.7
<b>Consistencia (°Bostwick)</b>	1	2.00	2.25	2.75
	2	2.50	2.75	2.50
	3	3.00	3.00	3.25

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 36.** Resultados fisicoquímicos de la semana 5 del producto modificado

<b>Análisis</b>	<b>Número de muestra</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>
<b>Actividad de agua (Aw)</b>	1	0.9612	0.9728	0.9642
	2	0.9733	0.9543	0.9648
	3	0.9624	0.9759	0.9678
<b>pH</b>	1	4.52	4.51	4.53
	2	4.35	4.37	4.70
	3	4.60	4.53	4.60
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	1	20.2	21.5	19.7
	2	20.2	21.3	20.0
	3	20.2	19.8	19.9
<b>Consistencia (°Bostwick)</b>	1	1.75	2.58	2.75
	2	1.75	2.63	3.28
	3	2.38	2.63	3.50

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 37.** Análisis microbiológico de la semana 1 para Staphylococcus aureus

<b>Número de muestra</b>	<b>Ausencia/Presencia</b>
<b>1</b>	Ausencia
<b>2</b>	Ausencia
<b>3</b>	Ausencia

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 38.** Análisis microbiológico de la semana 1 para E. coli

<b>Número de muestra</b>	<b>Dilución</b>	
	<b>10<sup>1</sup></b>	<b>10<sup>2</sup></b>
<b>1</b>	Ausencia	Ausencia
<b>2</b>	Ausencia	Ausencia
<b>3</b>	Ausencia	Ausencia

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 39.** Análisis microbiológico de la semana 1 para pruebas de confirmación para *Salmonella*

Muestra	XLD	Rambach	TSI	LIA	TSA
1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 40.** Análisis microbiológico de la semana 1 para aerobios mesófilos

Muestra	Dilución		Recuento estimado (UFC/ml)
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
1	1	0	1.0 x 10 <sup>2</sup>
2	1	0	1.0 x 10 <sup>2</sup>
3	3	0	3.0 x 10 <sup>2</sup>

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 41.** Análisis microbiológico de la semana 1 para mohos y levaduras

Muestra	Dilución	
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
1	0	0
2	0	0
3	0	0

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 42.** Análisis microbiológico de la semana 2 para aerobios mesófilos

Muestra	Dilución			Recuento estimado (UFC/ml)
	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
1	2	1	0	1.0 x 10 <sup>2</sup>
2	1	0	0	2.0 x 10 <sup>1</sup>
3	3	0	0	3.0 x 10 <sup>1</sup>

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 43.** Análisis microbiológico de la semana 2 para mohos y levaduras

Muestra	Dilución		
	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 44.** Análisis microbiológico de la semana 3 para aerobios mesófilos

Muestra	Dilución		Recuento estimado (UFC/ml)
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
1	TNTC	25	2.5 x 10 <sup>4</sup>
2	TNTC	50	5.5 x 10 <sup>4</sup>
3	TNTC	50	1.8 x 10 <sup>5</sup>

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 45.** Análisis microbiológico de la semana 3 para mohos y levaduras

Muestra	Dilución	
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
1	0	0
2	0	0
3	0	0

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 46.** Análisis microbiológico de la semana 4 para aerobios mesófilos

Muestra	Dilución			Recuento estimado (UFC/ml)
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
1	TNTC	80	6	8.0 x 10 <sup>4</sup>
2	60	6	0	6.0 x 10 <sup>3</sup>
3	120	3	0	1.2 x 10 <sup>4</sup>

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 47.** Análisis microbiológico de la semana 4 para mohos y levaduras

Muestra	Dilución		
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 48.** Análisis microbiológico de la semana 5 para aerobios mesófilos

Muestra	Dilución		Recuento estimado (UFC/ml)
	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
1	220	90	2.2 x 10 <sup>5</sup>
2	130	3	1.3 x 10 <sup>5</sup>
3	45	15	4.5 x 10 <sup>4</sup>

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 49.** Análisis microbiológico de la semana 5 para mohos y levaduras

Muestra	Dilución	
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
1	0	0
2	0	0
3	0	0

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 50.** Análisis microbiológico de la semana 6 para aerobios mesófilos

Muestra	Dilución			Recuento estimado (UFC/ml)
	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	
1	TNTC	250	80	2.5 x 10 <sup>6</sup>
2	45	18	2	4.5 x 10 <sup>4</sup>
3	14	2	0	1.0 x 10 <sup>4</sup>

(Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 51.** Análisis microbiológico de la semana 6 para mohos y levaduras

<b>Muestra</b>	<b>Dilución</b>		
	<b>10<sup>1</sup></b>	<b>10<sup>2</sup></b>	<b>10<sup>3</sup></b>
<b>1</b>	0	0	0
<b>2</b>	0	0	0
<b>3</b>	0	0	0

(Fuente: Elaboración propia)