

Cita APA 7ma edición: Arzate Escamilla, E. M., Sánchez Mundo, M. de la L., Salmerón López, J., & García-Ceja, A. (2025). Estudio de vida de anaquel y calidad sensorial de salsas probióticas de chile jalapeño (*Capsicum annuum*), en Las Choapas. En J. A. Enríquez Hernández, J. B. Hernández Hernández, & L. E. Ponce Martínez (Coords.), *IA y educación superior: Alianza o amenaza* (pp. 71-83). Editorial Sinergy.

Capítulo 4

Estudio de vida de anaquel y calidad sensorial de salsas probióticas de chile jalapeño (*Capsicum annuum*), en Las Choapas

Shelf life and sensory quality study of probiotic jalapeño pepper sauces (*Capsicum annuum*), in Las Choapas

Esther Mariela Arzate Escamilla

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas



0009-0000-7997-5596 | m-arzatee@choapas.tecnm.mx

María de la Luz Sánchez Mundo

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas



0000-0001-9065-5681 | l-sanchezm@choapas.tecnm.mx

Javier Salmerón López

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas



0009-0002-2786-2500 | jasalo.investigacion@gmail.com

Adelfo García-Ceja

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza



0000-0002-3476-2818 | adelfo.ceja@itsvc.edu.mx

Resumen

Los estudios de determinación de la vida útil son fundamentales en el sector alimentario, dado que permiten establecer el periodo durante el cual un alimento mantiene condiciones adecuadas de inocuidad, calidad sensorial y estabilidad fisicoquímica. El objetivo del trabajo fue evaluar la vida de anaquel y la calidad sensorial de salsas probióticas de chile jalapeño mediante un seguimiento de la fermentación y análisis sensorial durante su almacenamiento. La metodología es experimental, cuantitativa y longitudinal, con un diseño completamente al azar.

Se formuló una salsa de Chile Jalapeño determinando la mejor formulación que cumpla con las características fisicoquímicas y sensoriales. Se presentaron cuatro formulaciones, de las cuales se seleccionó una a la que se le añadieron bacterias ácido-lácticas. Se seleccionó la formulación más aceptada mediante evaluación sensorial con una escala hedónica de 1 a 9, donde los panelistas indicaban su grado de preferencia o desagrado. De las cuatro formulaciones, la F3 fue la elegida se añadieron 5 g. de las bacterias ácido-lácticas (BAL) encapsuladas con alginato de sodio y cloruro de calcio para una mejor viabilidad microbiana. Los resultados obtenidos fueron una salsa de color atractivo, aroma y sabor exquisitos, con características típicas del chile jalapeño, que se puede utilizar como aderezo en gran cantidad de alimentos y que además cuenta con un buen control de calidad en su elaboración. Adicional se le realizó la caracterización de pH, color, grado de acidez y vida de anaquel del cual el mejor resultado fue el tratamiento 2.

Palabras clave: análisis sensorial, vida de anaquel.

Abstract

Shelf-life studies are fundamental in the food sector, as they allow for establishing the period during which a food maintains adequate conditions of safety, sensory quality, and physicochemical stability. The objective of this study was to evaluate the shelf life and sensory quality of probiotic jalapeño pepper sauces by monitoring fermentation and conducting sensory analysis during storage. The methodology is experimental, quantitative, and longitudinal, with a completely randomized design.

A jalapeño pepper sauce was formulated, determining the best formulation that met the physicochemical and sensory characteristics. Four formulations were presented, from which one was selected and lactic acid bacteria were added. The most accepted formulation was selected through sensory evaluation using a hedonic scale of 1 to 9, where panelists indicated their degree of preference or dislike. Of the four formulations, F3 was chosen, and 5 g of lactic acid bacteria were added. The lactic acid bacteria (LAB) were encapsulated with sodium alginate and calcium chloride for improved microbial viability.

The results obtained were a sauce with an attractive color, exquisite aroma and flavor, with characteristics typical of jalapeño peppers. It can be used as a condiment in a wide variety of

foods and also boasts good quality control during its production. Additionally, its pH, color, acidity level, and shelf life were characterized, with treatment 2 showing the best results.

Keywords: Sensory analysis, shelf life.

Introducción

La determinación de la vida útil de un alimento es un aspecto fundamental en la industria alimentaria, ya que permite establecer el período durante el cual un producto mantiene condiciones adecuadas de inocuidad, calidad sensorial y valor nutricional, bajo condiciones específicas de almacenamiento. Su correcta evaluación contribuye directamente a la protección de la salud del consumidor, al evitar el consumo de productos deteriorados o potencialmente peligrosos (Bianchi, 2025).

Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, la vida útil es crucial para controlar el crecimiento microbiano y los cambios fisicoquímicos que pueden comprometer la inocuidad del alimento. Estudios recientes destacan que una vida útil mal estimada puede incrementar el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos (Cruz & Ramos, 2021).

Asimismo, la vida útil tiene un impacto significativo en la calidad sensorial, ya que define el tiempo durante el cual el alimento conserva características aceptables de sabor, aroma, textura y apariencia, factores determinantes para la aceptación del consumidor y la competitividad del producto en el mercado (Espinoza-Téllez, 2024).

Desde una perspectiva económica e industrial, el establecimiento adecuado de la vida útil permite optimizar los procesos de producción, distribución y comercialización, reduciendo pérdidas por caducidad y devoluciones, además de facilitar el cumplimiento de normativas de etiquetado y regulación sanitaria (SGS, 2022).

Finalmente, la vida útil juega un papel relevante en la sostenibilidad y reducción del desperdicio de alimentos, ya que una evaluación científica adecuada contribuye a disminuir el descarte innecesario de productos aún aptos para el consumo, alineándose con los objetivos de seguridad alimentaria y sostenibilidad promovidos a nivel internacional (FAO, 2020).

Las Bacterias Acido Lácticas (BAL) pueden mejorar la biodisponibilidad de nutrientes, sintetizar vitaminas del complejo B y facilitar la digestión de proteínas y carbohidratos. Además, algunas cepas reducen compuestos antinutricionales, como fitatos, presentes en alimentos de origen vegetal.

Esta BAL presentan propiedades probióticas, contribuyendo al equilibrio del microbiota intestinal y fortaleciendo el sistema inmunológico del consumidor, siempre que se administren en cantidades adecuadas y mantengan su viabilidad.

El uso de BAL se considera una estrategia de biopreservación, alineada con la tendencia hacia alimentos más naturales y sostenibles. Su empleo permite disminuir la

dependencia de aditivos sintéticos y responde a la demanda del consumidor por productos “*clean label*” (Parada et al.,2020).

Actualmente existe un interés creciente en el desarrollo de alimentos funcionales, como las salsas probióticas, debido a sus beneficios potenciales para la salud. Por lo anterior mencionado, en el presente trabajo se realizó un estudio de vida de anaquel y análisis sensorial a las salsas con chile jalapeño adicionadas con BAL encapsuladas para su consumo como alimento funcional, mediante la aplicación de las pruebas de grado de acidez, pH y color.

Metodología

En los últimos años, el desarrollo de alimentos funcionales ha cobrado relevancia debido a la creciente demanda de productos que, además de aportar valor nutricional, contribuyan al bienestar del consumidor.

El presente estudio se desarrolló bajo una metodología experimental, cuantitativa y longitudinal, con un diseño completamente al azar, orientada a evaluar la vida de anaquel y la calidad sensorial de salsas probióticas elaboradas a base de chile jalapeño durante el almacenamiento.

En el ámbito experimental, se elaboraron salsas probióticas de chile jalapeño inoculadas con bacterias ácido-lácticas (BAL) seleccionadas por su potencial probiótico. La variable independiente fue la formulación de la salsa (con BAL y control sin BAL), mientras que las variables dependientes fueron los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales evaluados durante el almacenamiento.

Se utilizaron métodos analíticos cuantitativos estandarizados para obtener datos numéricos objetivos, tales como: pH, acidez titulable, recuento de BAL viables (UFC/g) y resultados de pruebas sensoriales. Los datos obtenidos permitieron realizar análisis estadísticos para determinar diferencias significativas entre tratamientos y tiempos de almacenamiento.

El estudio se llevó a cabo de manera longitudinal, es decir, a lo largo de un periodo definido de almacenamiento, evaluando las muestras en diferentes tiempos (por ejemplo: 0, 7, 14, 21 y 28 días), con el fin de observar la evolución de la calidad y estabilidad del producto y establecer su vida útil.

El tipo de diseño fue experimental, completamente al azar, los Tratamientos T1: Salsa probiótica con BAL y T2: Salsa control (sin BAL). Las condiciones de almacenamiento: Refrigeración (4 ± 1 °C) y/o temperatura ambiente, según el objetivo del estudio, las réplicas: Mínimo tres por tratamiento

Se eligió la materia prima, se higienizaron con jabón Axió®n®, líquido y a continuación se desinfectaron con microdyn®. A continuación, en un recipiente de acero inoxidable se sometieron a tatemado los chiles jalapeños, tomates verdes por 5 min. Los

[Capítulo 4] Estudio de vida de anaquel y calidad sensorial de salsas probióticas de chile jalapeño (*Capsicum annuum*), en Las Choapas

ingredientes fueron fraccionados en una licuadora marca Oster Core negro 6832N; por 5 min. Se le adicionaron 20 mL de aceite y se continuo el fraccionado por otros 3 min, hasta que se homogenizó, sin dejar de funcionar la licuadora se adiciona 70 mL de aceite hasta que forme una mezcla, una vez completo esta técnica se prosiguió por 30 s, y se procedió al envasado del producto.

El proceso de elaboración de la salsa se realizó con base en la metodología propuesta por Ramírez et al. (2022). A partir de la formulación base presentada en la Tabla 1, se aplicaron distintos tratamientos mediante la incorporación de aceite en concentraciones de 10 %, 15 % y 25 %.

Tabla 1. *Formulación con diferentes porcentajes de aceite*

FORMULACIONES (%)				
Ingredientes	Blanco	F1	F2	F3
Chile Jalapeño (gr)	72	72	72	72
Tomate Verde (gr)	105.500	105.500	105.500	105.500
Cilantro (gr)	10.500	10.500	10.500	10.500
Ajo (gr)	1.5	1.5	1.5	1.5
Cebollín (gr)	7	7	7	7
Aceite (ml)	0	70	42	28

Fuente: Ramírez et al., 2022

Posteriormente, se realizó una evaluación sensorial con una escala hedónica de 9 puntos (Me gusta extremadamente, me gusta mucho, me gusta moderadamente, me gusta levemente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta levemente, me disgusta moderadamente, me disgusta mucho, me disgusta extremadamente) a 30 jueces no entrenados. Los parámetros por valorar fueron apariencia, sabor, color, olor, picor textura y aceptación general. Todos los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para la comparación múltiple de medias (Tukey, 0.05) utilizando el software estadístico MINITAB 17 (Minitab, Inc. 2010).

Figura 1. *Ficha técnica de la salsa probiótica*

Nombre: _____ fecha: _____

Instrucciones:

- Ud. Recibirá cuatro muestras de salsas de las cuales usted deberá escoger cual le gusta más de las cuatro.
- Por favor, pruebe las muestras en el orden indicado y responda cada una de las preguntas que se le presenta.
- Enjuáguese la boca con un poco de agua entre muestra y muestra.

A continuación, ingrese el código de cada una de las muestras que degustara

código: 1078 Aceptación global: ☐ Me gusta muchísimo. ☐ Me gusta mucho. ☐ Me gusta moderadamente. ☐ Me gusta un poco. ☐ Ni me gusta ni me disgusta. ☐ Me disgusta un poco. ☐ Me disgusta moderadamente. ☐ Me disgusta mucho. ☐ Me disgusta muchísimo.	código: 5325 Aceptación global: ☐ Me gusta muchísimo. ☐ Me gusta mucho. ☐ Me gusta moderadamente. ☐ Me gusta un poco. ☐ Ni me gusta ni me disgusta. ☐ Me disgusta un poco. ☐ Me disgusta moderadamente. ☐ Me disgusta mucho. ☐ Me disgusta muchísimo.	código: 0163 Aceptación global: ☐ Me gusta muchísimo. ☐ Me gusta mucho. ☐ Me gusta moderadamente. ☐ Me gusta un poco. ☐ Ni me gusta ni me disgusta. ☐ Me disgusta un poco. ☐ Me disgusta moderadamente. ☐ Me disgusta mucho. ☐ Me disgusta muchísimo.	código: 4215 Aceptación global: ☐ Me gusta muchísimo. ☐ Me gusta mucho. ☐ Me gusta moderadamente. ☐ Me gusta un poco. ☐ Ni me gusta ni me disgusta. ☐ Me disgusta un poco. ☐ Me disgusta moderadamente. ☐ Me disgusta mucho. ☐ Me disgusta muchísimo.
--	--	--	--

Fuente: Propia.

Para los parámetros fisicoquímicos, se utilizaron como límite de vida útil el valor máximo o mínimo considerado como aceptable en la NOM para salsa picante y aderezos a base de mayonesa por no encontrar una NOM específica para este tipo de producto (NMX-F-341-S-1979 y NMX-F-377-1986)

Además, se colocaron 20 mL de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 100 mL, se adicionaron 3 gotas de la solución de fenolftaleína con un gotero y agitar. En una bureta de 25 mL titular con la solución de Hidróxido de sodio al 0.1 N. Se agregaron a la solución de hidróxido de sodio de gota en gota a la muestra abriendo la válvula de la bureta. La muestra debe de estar en agitación constante hasta que vire a un color rosado tenue, cuando se muestre la coloración se debe de cerrar la válvula, se registra los mL de hidróxido de sodio utilizados, se realizó todo por triplicado, basado en la norma NMX-F-102-S-1978.

Se calibró el potenciómetro, se colocó en un vaso de precipitado 3 mL de la muestra respectivamente, se lavó los electrodos con varias porciones de agua destilada y se sumergió los electrodos en el vaso de precipitado que contiene la muestra y se leyó directamente el valor de pH. Esto se realizó por triplicado. Guiándose con la norma NOM-F-317-S-1978.

Se colocaron 5 mL de muestra en un vidrio de reloj, se calibró el equipo de colorimetría Modelo WR10, el colorímetro Modelo WR10 se coloca sobre el lugar donde se quiere medir. El dispositivo realizó la medición, en la escala de reflectancia se determinarán los parámetros L, a y b en el sistema Hunter, este proceso se realiza 3 veces. Utilizando como referencia la norma NMX-F-116-SCFI-2012.

Para el procedimiento de viabilidad microbiana se utilizó 1g. de perlas de cada salsa, tanto de temperatura ambiente como las que se almacenaban en refrigeración. Las perlas de cada salsa se lavaron con agua estéril, se trituraron en 9 mL. de agua peptonada, a continuación, se fueron sembrando en los tubos de ensayo que contenían 9 mL. de agua estéril, y se le añadió 1 mL. de la muestra triturada como se muestra en la Figura 3. Se realizaron las diluciones y se utilizó para la siembra la dilución 7 y 8, en cada caja de Petri que contenían agar MRS Lactobacillus y se añadió 1 mL. de dichas muestras. Después se realizó el recuento de colonias por cada muestra que se sembró de las diluciones.

Resultados

a) Análisis sensorial

Tomando en cuenta los factores analizados (color, sabor y aroma) se llevó la evaluación sensorial hedónica, para determinar los que eran clave en la elaboración del proyecto. De acuerdo con los resultados arrojados (Tabla 2), no hay una diferencia significativa entre las salsas, es decir que hubo una elección pareja entre las diferentes muestras, por lo que se decidió trabajar con la formulación F3 con la cual se efectuaron dos formulaciones incorporando los probióticos y así monitorear la vida de anaquel a temperatura ambiente y una en refrigeración.

Tabla 2. Resultados de análisis sensorial

Factor	N	Media	Agrupación
F2 (4215)	30	1.033	A
F1 (5325)	30	1.000	A
F3 (1078)	30	0.933	A
Blanco (0163)	30	0.467	A

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran la evolución del pH de la salsa durante el almacenamiento a temperatura ambiente (37 °C) y refrigeración (5 °C) en los días 0, 13 y 23. Los valores se expresan como media $\pm$ desviación estándar, y las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos y tiempos. A 37 °C se observa una disminución progresiva y significativa del pH a lo largo del tiempo, pasando de 1.33 ± 0.11^b en el día 0 a 0.53 ± 0.057^c en el día 23. La ausencia de diferencias significativas entre el día 0 y el día 13 (ambos con letra B) indica una estabilidad inicial, mientras que la disminución significativa al día 23 (letra c) sugiere una acidificación pronunciada, probablemente asociada a la actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas, lo que puede acelerar el deterioro sensorial y limitar la vida útil del producto bajo esta condición.

En refrigeración, el pH inicial (1.40 ± 0.100^b) aumenta significativamente al día 13 (1.90 ± 0.3^a), lo que indica una mayor estabilidad o amortiguación del sistema durante el

almacenamiento en frío. Sin embargo, al día 23 se observa una disminución significativa del pH hasta $0.30 \pm 0.00^{\circ}$, reflejando una acidificación intensa hacia el final del periodo de almacenamiento. Comparativamente, la refrigeración (5°C) permite una mejor conservación del pH durante las primeras etapas del almacenamiento en comparación con la temperatura ambiente. No obstante, al día 23, ambas condiciones presentan valores de pH muy bajos, lo que sugiere que el producto alcanza un punto crítico de acidificación, independientemente de la temperatura, lo cual podría marcar el límite de su vida de anaquel. Como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. *Determinación de acidez titulable*

	Acidez Titulable		
	Día 0	Día 13	Día 23
37°C	$4.15 \pm 0.0095^{\text{B}}$	$4.13 \pm 0.015^{\text{B}}$	$3.77 \pm 0.00^{\text{E}}$
5°C	$4.19 \pm 0.019^{\text{A}}$	$4.013 \pm 0.015^{\text{C}}$	$3.97 \pm 0.005^{\text{D}}$

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la evolución del pH de la salsa durante el almacenamiento a temperatura ambiente (37°C) y refrigeración (5°C) en los días 0, 13 y 23. Los valores se expresan como media $\pm$ desviación estándar, y las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos y tiempos. A 37°C se observa una disminución progresiva y significativa del pH a lo largo del tiempo, pasando de $1.33 \pm 0.11^{\text{b}}$ en el día 0 a $0.53 \pm 0.057^{\circ}$ en el día 23.

La ausencia de diferencias significativas entre el día 0 y el día 13 (ambos con letra B) indica una estabilidad inicial, mientras que la disminución significativa al día 23 (letra c) sugiere una acidificación pronunciada, probablemente asociada a la actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas, lo que puede acelerar el deterioro sensorial y limitar la vida útil del producto bajo esta condición.

En refrigeración, el pH inicial ($1.40 \pm 0.100^{\text{b}}$) aumenta significativamente al día 13 ($1.90 \pm 0.3^{\text{a}}$), lo que indica una mayor estabilidad o amortiguación del sistema durante el almacenamiento en frío. Sin embargo, al día 23 se observa una disminución significativa del pH hasta $0.30 \pm 0.00^{\circ}$, reflejando una acidificación intensa hacia el final del periodo de almacenamiento.

Comparativamente, la refrigeración (5°C) permite una mejor conservación del pH durante las primeras etapas del almacenamiento en comparación con la temperatura ambiente. No obstante, al día 23, ambas condiciones presentan valores de pH muy bajos, lo que sugiere que el producto alcanza un punto crítico de acidificación, independientemente de la temperatura, lo cual podría marcar el límite de su vida de anaquel.

Tabla 4. *Determinación de pH*

Temperatura °C	pH		
	Día 0	Día 13	Día 23
Temperatura Ambiente. (37°)	1.33±0.11B	1.13±0.05B	0.53±0.057c
Refrigeración (5°C)	1.40±0.100B	1.90±0.3A	0.30±0.00c

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5 se observan los resultados que corresponden a los parámetros L* (luminosidad), a* (componente verde-rojo) y b* (componente azul-amarillo) evaluados en una salsa de chile jalapeño almacenada a 37 °C y 5 °C, durante 0, 13 y 23 días. Los valores se expresan como media ± desviación estándar y las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos y tiempos.

Los valores de L* se mantuvieron en un rango aproximado de 17.96 a 20.62 durante todo el periodo de almacenamiento, tanto a 37 °C como a 5 °C.

La ausencia de diferencias significativas sugiere que la luminosidad del producto no se vio afectada por el tiempo ni por la temperatura de almacenamiento, lo que indica una estabilidad visual adecuada del producto a lo largo del estudio.

Los valores de a* se mantuvieron cercanos a cero y en el rango negativo, lo que indica una predominancia del color verde, característica del chile jalapeño.

La estabilidad de este parámetro sugiere que no ocurrió una pérdida significativa de pigmentos verdes (como la clorofila), incluso después de 23 días de almacenamiento, lo cual es relevante para la aceptación sensorial del producto.

Los valores de b* fueron positivos y oscilaron entre 8.66 y 11.31, lo que indica una tendencia hacia tonalidades amarillas.

La falta de cambios significativos en este parámetro durante el almacenamiento indica que no se presentaron procesos relevantes de pardeamiento o degradación de pigmentos, contribuyendo a la estabilidad cromática del producto.

Tabla 5. *Determinación de color*

Día 0		Color			
		Día 13		Día 23	
37°C	5°C	37°C	5°C	37°C	5°C
L 19.33±6.56 ^A	20.62±8.97 ^A	20.33±6.46 ^A	17.96±2.06 ^A	19.06±7.01 ^A	19.11±8.39 ^A
A -1.48±2.63 ^A	-0.043±0.31 ^A	-0.63±1.71 ^A	-1.35±2.76 ^A	-1.22±1.68 ^A	-0.79±1.22 ^A
B 8.94±10.89 ^A	9.41±11.72 ^A	10.39±13.55 ^A	11.31±13.87 ^A	9.24±13.30 ^A	8.66±14.16 ^A

Fuente: Elaboración propia

b) Viabilidad microbiana

La tabla 6 muestra el recuento de bacterias ácido-lácticas (BAL) expresado en UFC/mL, evaluado en dos muestras almacenadas bajo refrigeración (5 °C) y temperatura ambiente (37 °C). Los valores se presentan en notación científica, y las letras diferentes (a, b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre grupos.

En general, los recuentos microbianos fueron elevados en ambas condiciones, lo que indica una buena viabilidad de las BAL durante el almacenamiento. No obstante, se observa que a 37 °C los valores de UFC/mL tienden a ser menores en comparación con los obtenidos bajo refrigeración, especialmente en los recuentos más altos (10^8 UFC/mL).

Esto sugiere que la temperatura ambiente (37 °C) puede favorecer inicialmente la actividad metabólica de las BAL, pero también puede acelerar procesos de estrés celular o acidificación excesiva, reduciendo la viabilidad a largo plazo. En contraste, la refrigeración (5 °C) parece favorecer una mayor estabilidad y conservación de las poblaciones bacterianas.

Las muestras con recuentos iniciales del orden de 10^8 UFC/mL presentaron diferencias significativas (letra b) respecto a las muestras con recuentos del orden de 10^7 UFC/mL (letra a), lo que indica que la concentración inicial de BAL influye significativamente en la viabilidad durante el almacenamiento, independientemente de la temperatura.

Tabla 6. *Viabilidad microbiana*

Muestras	T.(5°) Refrigeración UFC/ML	T. Ambiental (37°) UFC/ML
1	3.0×10^7	4.0×10^{7a}
2	5.0×10^7	8.0×10^{7a}
3	5.0×10^8	6.8×10^{8b}
4	8.0×10^8	4.8×10^{8b}

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En conjunto, los resultados del análisis sensorial muestran que todas las formulaciones evaluadas presentan un nivel de aceptación similar, lo que sugiere que el producto mantiene sus características sensoriales aceptables para el consumidor. Esto respalda la viabilidad sensorial de las salsas durante el periodo de evaluación y su potencial para su aplicación comercial.

Referente al parámetro de acidez titulable, en conjunto los resultados indican que la temperatura de almacenamiento influye significativamente en la evolución del parámetro analizado durante el tiempo. La refrigeración (5 °C) permite una mejor conservación inicial

del producto, mientras que temperaturas elevadas (37 °C) aceleran los procesos de deterioro o fermentación. Estos hallazgos son relevantes para la determinación de la vida de anaquel y para definir las condiciones óptimas de almacenamiento de salsas probióticas de chile jalapeño.

En referencia al pH, los datos indican que la temperatura de almacenamiento influye significativamente en la evolución del pH del producto. La refrigeración retrasa la acidificación durante los primeros días, mientras que el almacenamiento a 37 °C acelera los cambios físicoquímicos. Estos resultados son relevantes para definir las condiciones óptimas de almacenamiento y para establecer la vida útil de salsas probióticas de chile jalapeño.

Referente al parámetro color los resultados indican que las condiciones de almacenamiento (37 °C y 5 °C) y el tiempo de conservación hasta 23 días no influyeron significativamente en el color de la salsa de chile jalapeño. La estabilidad de los parámetros L^* , a^* y b^* sugiere que el producto mantiene sus características visuales, lo cual es un factor clave para la calidad sensorial y aceptación del consumidor durante su vida de anaquel.

En el parámetro de viabilidad microbiana los resultados indican que la temperatura de almacenamiento influye en la viabilidad de las bacterias ácido-lácticas, siendo la refrigeración (5 °C) la condición más favorable para conservar poblaciones elevadas de BAL. Asimismo, los recuentos obtenidos respaldan la viabilidad tecnológica y funcional de las salsas probióticas de chile jalapeño durante su vida de anaquel.

Conclusiones

La temperatura de almacenamiento influyó significativamente en la evolución del pH de las salsas probióticas de chile jalapeño. El almacenamiento a 37 °C aceleró la acidificación del producto, mientras que la refrigeración (5 °C) permitió una mayor estabilidad inicial, retardando los cambios físicoquímicos durante los primeros días de almacenamiento.

A pesar de las variaciones de pH observadas durante el periodo de estudio, los valores finales indican una acidificación pronunciada al día 23 bajo ambas condiciones de almacenamiento, lo que sugiere que este tiempo representa un límite crítico de la vida de anaquel del producto evaluado.

Los recuentos microbiológicos mostraron que las bacterias ácido-lácticas se mantuvieron en concentraciones superiores al umbral mínimo recomendado para productos probióticos ($\geq 10^6$ UFC/mL), confirmando la viabilidad probiótica de las salsas durante el almacenamiento, particularmente bajo condiciones de refrigeración.

El análisis de color (L , a , b^*)** evidenció que las condiciones de almacenamiento y el tiempo no generaron cambios significativos en las características cromáticas del producto, lo que indica una adecuada estabilidad visual y un impacto mínimo sobre la apariencia, factor clave para la aceptación del consumidor.

La evaluación sensorial reveló que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones analizadas, lo que sugiere que la incorporación de bacterias probióticas no afectó negativamente la aceptación sensorial del producto, manteniéndose atributos aceptables de color, aroma, sabor y textura.

En conjunto, los resultados demuestran que la refrigeración (5 °C) es la condición más adecuada para conservar la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de las salsas probióticas de chile jalapeño, contribuyendo a una mayor estabilidad y vida de anaquel.

Este estudio confirma la viabilidad tecnológica y sensorial de las salsas probióticas de chile jalapeño como un alimento funcional innovador, ofreciendo una alternativa con potencial para su desarrollo y aplicación en la industria alimentaria.

Se recomienda ampliar el periodo de almacenamiento para determinar con mayor precisión el límite máximo de vida de anaquel, incorporando análisis adicionales que permitan identificar el punto crítico en el que la calidad sensorial y la viabilidad probiótica se vean comprometidas.

Futuros estudios podrían evaluar condiciones intermedias de temperatura (por ejemplo, 8–12 °C) y fluctuaciones térmicas, simulando escenarios reales de distribución y comercialización, para determinar su impacto sobre la estabilidad del producto.

La aplicación de análisis sensorial descriptivo con panel entrenado y estudios de preferencia del consumidor permitiría profundizar en el impacto de los cambios fisicoquímicos sobre la percepción sensorial y aceptación del producto.

Futuras investigaciones podrían analizar el contenido de compuestos bioactivos, la actividad antioxidante y los beneficios funcionales asociados al consumo regular de la salsa probiótica.

Finalmente, se recomienda evaluar la factibilidad de producción a escala piloto o industrial, incluyendo estudios de costos, estabilidad durante el transporte y cumplimiento normativo, para facilitar la transferencia del producto a la industria alimentaria.

Referencias

- Axelsson, L., & Ahrné, S. (2020). *Bacterias ácido-lácticas*. En Food microbiology: Fundamentals and frontiers. ASM Press.
- Bianchi, A. (2025). *Enhancing the shelf life of food products: strategies, challenges, and innovations*. *Foods*, 14(23), 4034. <https://doi.org/10.3390/foods14234034>
- Cruz, R. M. S. (2025). *Storage and shelf-life assessment of food products*. *Foods*, 14(16), 2795. <https://doi.org/10.3390/foods14162795>

- De Vuyst, L., & Leroy, F. (2020). Función de las bacterias ácido-lácticas en la fermentación de alimentos. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.003>
- Espinoza-Téllez, T., Quevedo-León, R., & Díaz-Carrasco, O. (2024). Indicator values for food shelf life prediction: a review. *Scientia Agropecuaria*, 15(3), 429–448. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.032>
- FAO. (2020). *Food loss and waste and shelf-life management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org>
- Marco, M. L., et al. (2021). Beneficios para la salud de los alimentos fermentados: Microbiota y más allá. *Current Opinion in Biotechnology*, 70, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.10.001>
- Parada, J. L., et al. (2020). Bacterias ácido-lácticas como bioconservadores. *Food Research International*, 137, 109521. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109521>
- SGS. (2025). *Estudios de vida útil de alimentos*. SGS. <https://www.sgs.com/es-es/services/estudios-sobre-la-vida-util>
- Minitab Inc. (2010). *Minitab 16 Statistical Software* [Computer software]. Minitab Inc. <http://www.minitab.com>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (1978). *NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas*. Dirección General de Normas.
- Secretaría de Economía. (2012). *NMX-F-116-SCFI-2012. Determinación de color. Método de prueba*.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (1986). *NMX-F-377-1986. Alimentos regionales. Salsa picante envasada*.
- Secretaría de Salud. (1978). *NOM-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos*.
- Ramírez, G., Gómez, J., Arzate Escamilla, G., García-Ceja, L., & Sánchez Mundo, J. (2022). *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*. Instituto Tecnológico de Orizaba.