

Aplicación de aceite esencial de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) en la conservación de chorizo mexicano

Application of Essential Oil of Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) in the preservation of Mexican chorizo

Olademis Rubi Castellanos-Santos¹, Gerardo Méndez-Zamora², Jocelyn Abigail Rivera-De Alba³, y Emmanuel Flores-Girón^{1*}

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Carr. Federal México- Texcoco km 38.5, CP. 56230, Texcoco, Estado de México, México.

² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Francisco Villa s/n, Ex Hacienda El Canadá, 66050, General Escobedo, Nuevo León, México.

³ Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n. Col. La Laguna Ticomán, 07340, G.A.M. Ciudad de México, México

*Correspondencia: Correo electrónico: efloresg@chapingo.mx (Emmanuel Flores Girón)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v19i2.1859>

Recibido: 03 de marzo de 2025; Aceptado: 16 de junio de 2025

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. José Rafael Minjares-Fuentes

Resumen

El deterioro de productos cárnicos es principalmente causado por microorganismos patógenos que representan un riesgo para la salud del consumidor, para evitar este deterioro se suelen utilizar aditivos conservadores. Como alternativa a estos aditivos, se propone el uso de aceites esenciales naturales, los cuales contienen compuestos antimicrobianos. En esta investigación se evaluó el efecto del aceite esencial de orégano (AEO: *Lippia berlandieri* Schauer) utilizando cuatro concentraciones diferentes: 0, 50, 75 y 100 mg/kg sobre las propiedades fisicoquímicas y la calidad microbiológica del chorizo mexicano durante 1, 4 y 7 días de almacenamiento a temperatura ambiente (25 °C). Los resultados fisicoquímicos indicaron una disminución del pH y un aumento en la pérdida de peso a medida que avanza el tiempo de almacenamiento, sin que se observaran diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). En cuanto a los resultados microbiológicos las muestras que contenían 75 y 100 mg/kg AEO presentaron una menor población de coliformes totales ($p < 0.05$) al día 4 y 7 en comparación con el control. Mientras que las bacterias ácido lácticas y mesófilos aerobios aumentaron de forma exponencial al día 4 y 7 sin mostrar diferencias ($p > 0.05$) significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: antimicrobiano, coliformes, bacterias ácido lácticas, mesófilos.

Abstract

The deterioration of meat products is mainly caused by pathogenic microorganisms that represent a risk to consumer health. To prevent this deterioration, preservative additives are often used. As an alternative to these additives, the use of natural essential oils, which contain antimicrobial compounds, is proposed. In this study, was to evaluate the effects of oregano essential oil (AEO: *Lippia berlandieri* Schauer) in four different concentrations: 0, 50, 75 y 100 mg/kg on the physicochemical characteristics and microbiological quality of Mexican chorizo stored at room temperature (25 °C) for 1, 4 and 7 days. The physicochemical results indicated a decrease in pH and an increase in weight loss as storage time increases, with no significant differences observed between treatments ($p > 0.05$). Regarding the microbiological results, the samples containing 75 and 100 mg/kg AEO showed a lower population of total coliforms ($p < 0.05$) on day 4 and 7 compared to the control. While lactic acid bacteria and aerobic mesophiles increased exponentially on day 4 and 7 without showing significant differences ($p > 0.05$) between treatments.

Keywords: antimicrobial, coliforms, lactic acid bacteria, mesophiles.

1. Introducción

En México, el sector de la industria cárnica ha incrementado su aporte al Producto Interno Bruto (PIB) en los últimos años, en 2021 representaba el 2 % del PIB anual, y para 2023 incrementó su participación a 2.3 %. Dentro de la industria alimentaria, las actividades de matanza, corte, empacado y elaboración de carnes son la segunda categoría más importante con un aporte de 28.8 % del PIB anual. En la elaboración de carnes frías, después de la salchicha y el jamón, destacan el chorizo y la longaniza, ocupando el tercer lugar por volumen de producción de productos cárnicos con un total anual de 42,031 toneladas (COMECARNE, 2023). El chorizo es un producto cárnico embutido elaborado a partir de carne y grasa de animales de abasto, que puede presentarse crudo, cocido, curado o madurado y es un producto muy importante dentro de la gastronomía mexicana que, comúnmente, se elabora con carne y grasa de cerdo, acompañada de chiles y especias (Cruz-Gil et al., 2022) e incluso se elaboran distintas variedades de chorizos tradicionales en los estados de Hidalgo, Veracruz, Oaxaca y el Estado de México (Becerril et al., 2019).

El chorizo mexicano suele comercializarse crudo, por lo que sus propiedades nutricionales y fisicoquímicas, como contenido proteico y alta actividad de agua, respectivamente, lo hacen susceptible a contaminación microbiana durante todo su proceso de producción y comercialización, dándole así una vida de anaquel corta que puede variar entre 7 y 10 días (Redondo-Solano et al., 2023).

En su mayoría, los microorganismos patógenos no deterioran las propiedades organolépticas de los alimentos, por lo que su presencia puede pasar desapercibida para el consumidor; sin embargo, su consumo puede dar lugar a enfermedades de origen alimentario, como infecciones gastrointestinales. Por el contrario, los microorganismos deterioradores, aunque alteran negativamente las características fisicoquímicas y sensoriales del alimento, no suelen ser de interés público (Ceja-Farias, 2022). Los microorganismos deterioradores que se han identificado en diversas investigaciones con más frecuencia en carnes rojas son *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae* spp., *Brochothrix thermofacta* y bacterias ácido lácticas. La mayoría de las señales de deterioro son

atribuibles al crecimiento no deseado de microorganismos hasta niveles inaceptables. Mientras que los microorganismos patógenos de mayor de importancia en la carne y productos cárnicos: *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Compylobacter* spp., *Clostridium perfringens* y *Yersinia* spp. (Gutierrez et al., 2020). Particularmente, en chorizos mexicanos se ha reportado la presencia de bacterias ácido lácticas, mesófilos aerobios, coliformes, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus* (Becerril et al., 2019).

Ante esta problemática, se han utilizado, distintos métodos de conservación, tal como refrigeración, congelación, empaque al vacío, etc., de forma conjunta al uso de conservadores, para aumentar la vida útil de la carne y los productos cárnicos (Fernández et al., 2001). No obstante, las tendencias están enfocadas en el uso de sustancias de origen natural. Por esta razón, los aceites esenciales han emergido como conservadores naturales con un potencial antimicrobiano y antioxidante significativo (Enriquez et al., 2024), por lo que su aplicación se alinea con la creciente demanda de productos alimentarios inocuos, saludables y nutritivos por parte de los consumidores.

Los aceites esenciales son compuestos naturales obtenidos de metabolitos secundarios de plantas aromáticas, como el tomillo, orégano, eucalipto, etc. Su composición química depende de factores como su localización geográfica, composición del suelo, temporada de cosecha y método de extracción, entre otros, y se estima que cada aceite esencial contiene alrededor de 500 compuestos (como terpenos, terpenoides, compuestos alifáticos y aromáticos como aldehídos y fenoles) (Sakkas y Papadopoulou, 2017), de los cuales solo 2 o 3, denominados mayoritarios, determinan su actividad biológica.

El orégano es una de las especias de importancia culinaria más utilizadas a nivel mundial; el orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) en particular es una especie ampliamente distribuida en las zonas áridas y semiáridas del país. Se caracteriza por sus altos contenidos de carvacrol y timol, compuestos mayoritarios de este aceite esencial, mismos que han demostrado tener actividades antioxidante y antimicrobiana (Portillo et al., 2012; Reyes et al., 2016; Chacon et al., 2022). Recientemente, el AEO ya se está aplicando de forma experimental como conservante natural en algunos productos cárnicos como: mortadela de pavo (Lastra-Vargas et al., 2023), carne de cerdo (Mantzourani et al., 2022), pechugas de pollo (Herrera-Balandrano et al., 2020) y carne de bovino (Reynoso-Escobedo et al., 2023), en donde se resalta su efectividad contra la disminución de microorganismos patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. y coliformes. Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del aceite esencial de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) sobre las características microbiológicas del chorizo mexicano.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

Se obtuvo aceite esencial de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) de la empresa Natural Solutions SMI (Cd. Jiménez, Chihuahua) y de acuerdo con un estudio previo, de colaboradores de la presente investigación, está compuesto por 65.2 % carvacrol, 10.99 % p-cimeno y 10.26 % timol (Reynoso-Escobedo et al., 2023). Para la elaboración del chorizo, carne de cerdo y lardo se adquirieron en un mercado local del Estado de México.

Para el análisis microbiológico se utilizaron placas Petrifilm 3M® para conteo de mesófilos aerobios, para conteo de bacterias ácido lácticas y para conteo de coliformes totales. Los reactivos utilizados para la elaboración de agua peptonada fueron de grado analítico, cloruro de sodio (J.T. Baker, Estados Unidos) y peptona (Difco™, Estados Unidos).

2.2 Procedimiento Experimental

Se establecieron cuatro dosis de AEO: 0, 50, 75 y 100 mg de AEO por cada kg de chorizo mexicano, considerando 1, 4 y 7 días de almacenamiento. Para la elaboración del chorizo, la carne y el lardo se molieron en un molino Torrey de acero inoxidable con un disco de 8 mm de diámetro, enseguida se mezcló con las especias (orégano, comino y ajo) y las sales (NaCl y nitrato de sodio), posteriormente se agregó el vinagre, se mezcló hasta obtener una mezcla homogénea. Finalmente se adicionó la cantidad de AEO correspondiente a cada tratamiento por aspersión, luego la mezcla se embutió en una tripa natural y se realizaron atadas cada 15 cm con hilo de uso alimenticio, la emulsión del aceite se realizó previamente con Tween 20 (Sigma, Estados Unidos) de acuerdo con lo sugerido por Sánchez-Zamora *et al.* (2022) y Herrera-Balandrano *et al.* (2020). Los tratamientos fueron almacenados a temperatura de cuarto (~25 °C, HR 75 %). Las variables de respuesta analizadas fueron el pH, la pérdida de peso y los conteos microbiológicos de mesófilos aerobios, coliformes totales y bacterias ácido lácticas.

Preparación de la emulsión de aceite esencial

Para facilitar la dispersión del AEO en la pasta de chorizo, fue emulsificado con Tween 20 en una relación 50:50 (AEO:emulsificante). Esta relación se determinó considerando las recomendaciones de Herrera-Balandrano *et al.* (2020) y con base en la norma general para los aditivos alimentarios (CODEX STAN 192-1995; revisión 2019) para que los límites permitidos de Tween 20 no excedieran el límite máximo (5,000 mg/kg).

Formulación de chorizo mexicano

La formulación de chorizo consistió en 700 g de recorte magro o pulpa de cerdo, 300 g de lardo de cerdo, 20 g de sal común de grano fino, 5 g de sal de cura, 20 g de pimentón en polvo, 2 g de ajo en polvo, 2 g de orégano en polvo, 2 g de comino en polvo y 50 mL de vinagre blanco de alcohol de caña.

2.3 Análisis Fisicoquímicos

Se midió el pH a los días 1, 4 y 7 de almacenamiento (D1, D4 y D7, respectivamente) utilizando un potenciómetro de punción modelo HI981036 (Hanna® Instruments, Estados Unidos), calibrado con una solución buffer pH 7.0 y pH 4.0. Así mismo, se evaluó la pérdida de peso mediante el registro del peso en gramos en los días de evaluación con una balanza digital (Mettler Toledo XS104, Estados Unidos) y posteriormente se calculó la pérdida de peso con la siguiente fórmula (Ec. 1):

$$\%PP = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

P₁: peso inicial

P₂: peso final

2.4 Evaluación microbiológica

Se realizaron análisis de coliformes totales, mesófilos aerobios y bacterias ácido lácticas (BAL) utilizando 3M placas Petrifilm™. El análisis microbiológico se realizó por triplicado siguiendo las indicaciones y especificaciones que indican la NOM-110-SSA1-1994, para lo cual se pesaron 10 g de chorizo y se licuaron con 90 mL de una solución estéril de agua peptonada al 0.1 % (p/v) en una licuadora estéril durante 1 min a velocidad baja alcanzando una concentración final de 10 % p/v. Cada uno de los microorganismos que se utilizaron se respetaron las indicaciones del fabricante según la Guía de interpretación de 3M Placas Petrifilm™ (2017) al día 1, 4 y 7 del almacenamiento (D1, D4 y D7, respectivamente) a temperatura ambiente (25 °C).

2.5 Diseño experimental

Cada análisis se realizó por triplicado para cada tratamiento. Se estableció un diseño experimental en bloques al azar con arreglo factorial, siendo los factores por evaluar: la dosis de AEO (0, 50, 75 y 100 mg/kg) y el tiempo de almacenamiento (D1, D4 y D7). Cada unidad experimental estuvo conformada por 1 kg de chorizo mexicano y se establecieron tres bloques con diferentes lotes de carne. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con el software SAS (Statistical Analysis Systems) ver. 9.3. Se consideró existe una diferencia significativa cuando el valor p es menor o igual a 0.05.

3. Resultados y discusión

3.1 Pruebas fisicoquímicas

En la Tabla 1 se aprecian los porcentajes de pérdidas de peso, que se presentó en cada muestra experimental durante los días 1, 4 y 7 de almacenamiento. La pérdida de peso fue afectada significativamente ($p \leq 0.05$) por el tiempo de almacenamiento, es decir, se incrementa con respecto al tiempo. La muestra que contenía 50 mg de AEO presentó menor pérdida de peso (37 % pérdida de peso) al día 7 en comparación con las otras muestras, no obstante, la adición del AEO a las muestras de chorizo mexicano no resultó en cambios significativos para la pérdida de peso ($p > 0.05$).

Tabla 1. Valores de % pérdida de peso de muestras experimentales de chorizo mexicano adicionado con AEO
Table 1. Values of % weight loss of experimental Mexican chorizo samples added with AEO

AEO Adicionado	Tiempo		
	Día 1 (D1)	Día 4 (D4)	Día 7 (D7)
AEO ₀	14.9 ± 0.01	28.6 ± 0.02	37.3 ± 0.02
AEO ₅₀	12.5 ± 0.03	25.6 ± 0.07	32.8 ± 0.09
AEO ₇₅	14.4 ± 0.02	28.3 ± 0.04	36.4 ± 0.03
AEO ₁₀₀	14.7 ± 0.02	29.3 ± 0.02	37.6 ± 0.03

*Se presentan medias ± desviación estándar, n = 3.

**Valor p respecto a AEO adicionado = 0.10. Valor p respecto al Día de almacenamiento ≤ 0.0001. Valor p respecto a la interacción AEO adicionado*Tiempo = 0.99.

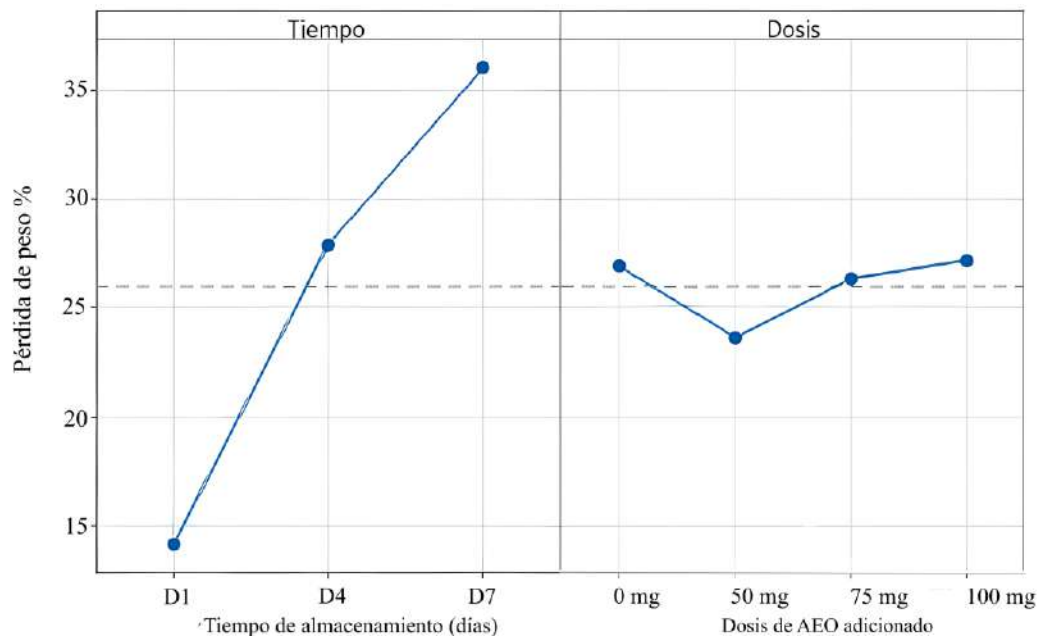


Figura 1 Gráfica de efectos principales del tiempo (D1, D4 y D7) y la dosis de AEO adicionado sobre la pérdida de peso de chorizo mexicano.

Figure 1 Graph of main effects of time (D1, D4 and D7) and the dose of AEO added on weight loss on Mexican Chorizo.

En la figura 1 se observa que el efecto principal del tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en el chorizo aumenta, mientras que la dosis de AEO no muestra un efecto principal claro dado que los resultados son estadísticamente similares en todas las concentraciones de AEO, por lo que el AEO no influye en la pérdida de peso de este producto.

Es importante mencionar que la pérdida de peso está relacionada con la capacidad de retención de agua (CRA) lo cual depende a su vez del descenso de pH. Dado que a mayor tiempo de almacenamiento la pérdida de peso tiende a aumentar (Fig. 1) mientras que el pH tiende a disminuir (Fig. 2). Mientras más alejado esté el pH del punto isoeléctrico de las proteínas del músculo (pH = 5.8), más agua se retendrá (León et al., 2017).

En cuanto a los resultados de pH (Tabla 2) se mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto al tiempo de almacenamiento (día 1, día 4 y día 7). Es decir, a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento el pH disminuye. La muestra que contenía 75 mg de AEO mostró el valor más bajo de pH en el día 1 (pH = 5.40) mientras que las muestras que contenían 50 y 100 mg de AEO obtuvieron valores de pH de 5.48 en el mismo día. Para el día 7 de almacenamiento, el valor más bajo de pH (pH = 4.48) lo obtuvo la muestra que contenía 75 mg de AEO, mientras que el valor más alto en ese mismo día lo obtuvo la muestra que contenía 50 mg de AEO con un pH = 4.65.

Tabla 2 Valores de pH en muestras experimentales de chorizo mexicano adicionado con AEO
Table 2 pH values in experimental Mexican chorizo samples added with AEO

AEO Adicionado	Tiempo		
	Día 1 (D1)	Día 4 (D4)	Día 7 (D7)
AEO ₀	5.41 ± 0.05	5.32 ± 0.04	4.52 ± 0.23
AEO ₅₀	5.48 ± 0.30	5.26 ± 0.06	4.65 ± 0.20
AEO ₇₅	5.40 ± 0.22	5.35 ± 0.09	4.48 ± 0.09
AEO ₁₀₀	5.48 ± 0.26	5.29 ± 0.06	4.62 ± 0.12

*Se presentan medias ± desviación estándar, n = 3.

**Valor p respecto a AEO adicionado = 0.68. Valor p respecto al Tiempo ≤ 0.0001. Valor p respecto a la interacción AEO adicionado*Tiempo = 0.96.

En la Fig. 2 se muestra el efecto principal del tiempo de almacenamiento sobre el pH en las muestras experimentales de chorizo, el cual tiende a disminuir a mayor tiempo de almacenamiento, mientras que el efecto principal de la dosis de AEO sobre el pH de las mismas muestras se mantiene constante debido a que los resultados son estadísticamente similares, por lo que en la acidificación del chorizo no influye el AEO.

Es importante mencionar que además del AEO, el chorizo se elaboró con vinagre blanco, el cual es una sustancia ácida (pH = 2.5 – 3.0) que tiene como objetivo promover el establecimiento de las bacterias ácido lácticas como microbiota dominante y con ello favorecer la conservación y además generar sabores y aromas únicos en el chorizo (Quintero, 2017), por lo que se atribuye al uso de vinagre los valores inferiores a la neutralidad observados en los chorizos experimentales.

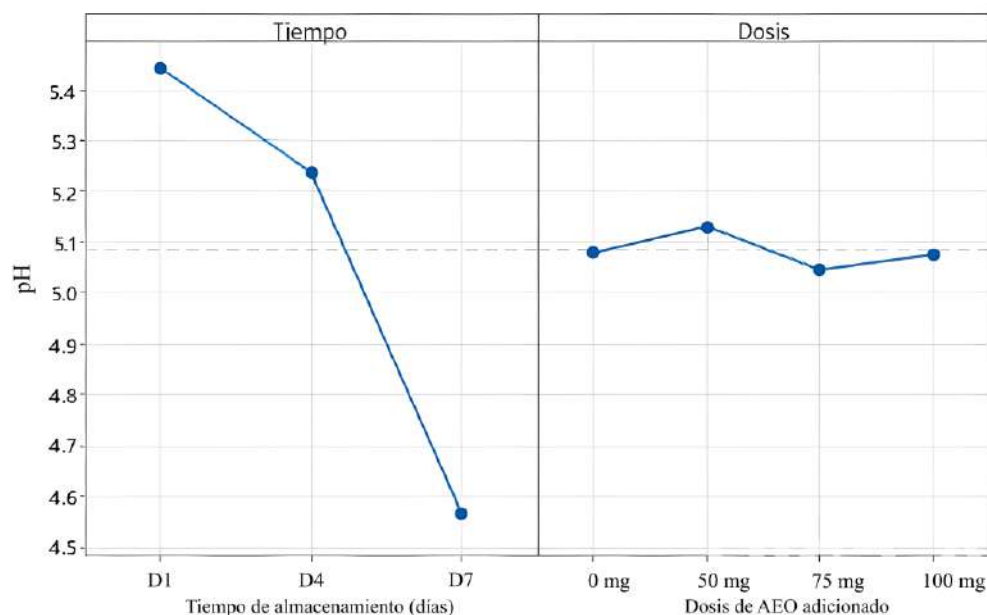


Figura 2 Gráfica de efectos principales del tiempo (D1, D4 y D7) y la dosis de AEO adicionado sobre el pH de chorizo mexicano

Figure 2 Graph of the main effects of time (D1, D4 and D7) and the dose of AEO added on pH of Mexican chorizo.

De acuerdo con lo reportado por Mantzourani et al. (2022) la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de tomillo y orégano, aplicados en carne de cerdo cruda (albóndigas) y almacenadas durante 7 días a 4 °C, aumentó cuando el pH disminuyó. Esto sugiere un efecto sinérgico entre la acidificación del producto y la adición de aceites esenciales, favoreciendo la conservación del alimento.

Los cambios observados en la disminución del pH con respecto al tiempo, Fig. 2, se deben a la producción de ácido láctico por parte de las bacterias ácido lácticas, como se muestra en la Fig. 3 a medida que el tiempo de almacenamiento transcurre la población de BAL incrementó. Autores como Lepecka et al. (2024) y Luan et al. (2021) coinciden en que las BAL pueden producir ácidos orgánicos, como un resultado natural de su metabolismo, contribuyendo así a reducir el pH de las muestras.

3.2 Evaluación microbiológica

La Tabla 3 muestra los conteos microbiológicos de bacterias ácido lácticas (BAL) (log UFC/g) realizados en las muestras de esta investigación. Al día 1 de almacenamiento todas las muestras de chorizo obtuvieron 5 log UFC/g de BAL, al día 4 los conteos aumentaron a 6 log UFC/g y al día 7 de almacenamiento los conteos se mantuvieron en 6 log UFC/g con mínimas variaciones en los resultados respecto al AEO adicionado, siendo el valor más alto 6.17 log UFC/g de la muestra que contenía 50 mg de AEO y el valor más bajo 6.06 log UFC/g para la muestra testigo que no contenía

AEO. Después del ajuste del modelo estadístico factorial se obtuvo que el desarrollo de las BAL fue significativo en el factor tiempo ($p \leq 0.05$); sin embargo, no mostró diferencia significativa entre las dosis de AEO adicionado.

Tabla 3 Recuento de bacterias ácido lácticas (log UFC/g) en chorizo mexicano adicionado con AEO
Table 3 Lactic acid bacteria count (log CFU/g) in Mexican chorizo added with AEO

AEO Adicionado	Tiempo		
	Día 1 (D1)	Día 4 (D4)	Día 7 (D7)
AEO ₀	5.14 ± 0.17	6.08 ± 0.08	6.06 ± 0.17
AEO ₅₀	5.13 ± 0.22	6.17 ± 0.13	6.17 ± 0.10
AEO ₇₅	5.18 ± 0.14	6.14 ± 0.11	6.15 ± 0.09
AEO ₁₀₀	5.09 ± 0.10	6.15 ± 0.08	6.08 ± 0.16

Se presentan medias ± desviación estándar, n = 3.

**Valor p respecto a AEO adicionado = 0.51. Valor p respecto al Tiempo ≤ 0.0001 . Valor p respecto a la interacción AEO adicionado*Tiempo = 0.95.

En la Fig. 3, el efecto principal del tiempo tiende a aumentar del día 1 al día 4 sobre el conteo de BAL, posteriormente se observa un efecto constante a partir del día 4 hasta el día 7, esto podría deberse a que el crecimiento microbiano de BAL obtuvo su máximo crecimiento en ese lapso. Por otra parte, en el lado derecho de la Figura 3 se observa el efecto principal de las diferentes dosis de AEO sobre el conteo de BAL, este efecto se muestra constante sobre la media (5.8 log UFC/g), por lo que la adición del AEO no influye en el desarrollo de BAL dado que estadísticamente los resultados son similares.

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Cravero et al. (2020), en donde el aceite esencial de naranja no tuvo efecto bactericida y/o bacteriostático sobre el crecimiento de las bacterias ácido lácticas en la elaboración de yogurt. Por otra parte, Reynoso-Escobedo et al. (2023) encontraron que el aceite esencial de orégano promueve las BAL como también hongos y levaduras a los 15 días en carne de bovino, con lo que se obtiene que las BAL a pesar de ser Gram-positivas, resultan ser muy resistentes contra la acción antimicrobiana de los aceites esenciales.

Durante los procesos de fermentación, la viabilidad de las BAL es un factor importante que afecta la seguridad del producto final. Una alta acidez en los alimentos puede proteger a los consumidores de los patógenos transmitidos por los alimentos. Los microorganismos pueden producir un amplio espectro de ácidos orgánicos, como lo son las BAL que producen ácido láctico (Lopusiewicz et al., 2022).

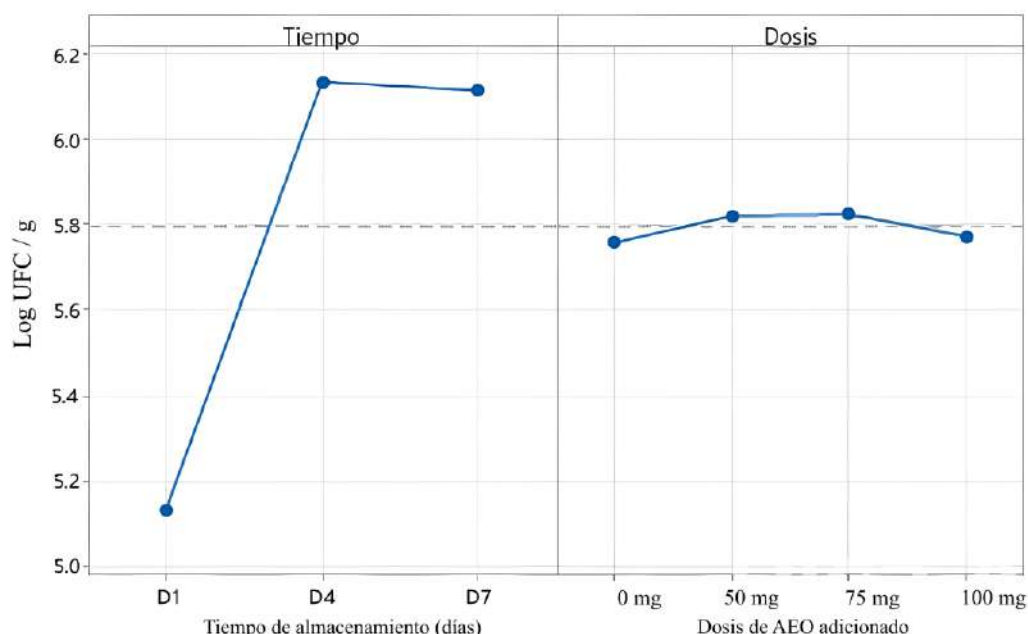


Figura 3 Gráfica de efectos principales del tiempo (D1, D4 y D7) y la dosis de AEO adicionado sobre el conteo de bacterias ácido lácticas en chorizo mexicano.

Figure 3 Graph of the main effects of time (D1, D4 and D7) and the dose of AEO added on the count of lactic acid bacteria in Mexican chorizo.

Brugini et al. (2018) demostraron que el pH óptimo para el crecimiento bacteriano en la carne se encuentra próximo a la neutralidad, por ende, la producción de ácido láctico es más efectiva en inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos como lo es *Listeria monocytogenes* cuando alcanza valores de pH de entre 4.5 a 4.6. En las BAL un pH < 4 se considera un factor inhibitorio que afecta la viabilidad debido a la reducción del pH intracelular, el cual difunde a través de la membrana celular, provocando un colapso del gradiente electroquímico que tiene un efecto bacteriostático o bactericida. No obstante, existen BAL que pueden sobrevivir a un pH < 4 y son capaces de pasar a través del tracto digestivo, lo cual es una característica probiótica (Swetwiwathana y Visessanguan, 2015).

Bacterias mesófilas aerobias

El crecimiento de las bacterias mesófilas aerobias mostró una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el día 1 en contraste con el día 4 y 7 de almacenamiento a temperatura ambiente (25 °C), no obstante, no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre el control (AEO₀) y las muestras que contenían AEO. Como se puede observar en las Tablas 3 y 4, los recuentos de bacterias ácido lácticas (BAL) y bacterias mesófilas aerobias muestran un patrón similar, destacando que las BAL fueron el grupo de microorganismos predominante en las muestras de chorizo mexicano analizadas, lo anterior coincide con lo reportado por González et al. (2012).

Tabla 4 Recuento de bacterias mesófilas aerobias (log UFC/g) en chorizo mexicano adicionado con AEO
Table 4 Aerobic mesophilic bacteria count (log CFU/g) in Mexican chorizo added with AEO

AEO Adicionado	Tiempo		
	Día 1 (D1)	Día 4 (D4)	Día 7 (D7)
AEO ₀	6.33 ± 0.04	6.83 ± 0.17	6.94 ± 0.05
AEO ₅₀	6.28 ± 0.05	6.73 ± 0.22	7.01 ± 0.026
AEO ₇₅	6.33 ± 0.04	6.83 ± 0.22	7.02 ± 0.05
AEO ₁₀₀	6.20 ± 0.10	6.75 ± 0.24	7.00 ± 0.05

Se presentan medias ± desviación estándar, n = 3.

**Valor p respecto a AEO adicionado = 0.59. Valor p respecto al Tiempo ≤ 0.0001. Valor p respecto a la interacción AEO adicionado*Tiempo = 0.87.

El análisis microbiológico para bacterias mesófilas aerobias representa una perspectiva global del contenido de microorganismos viables en el chorizo mexicano. En el grupo de mesófilos aerobios se incluyen todos los microorganismos capaces de desarrollarse en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20 y 45 °C, los cuales pueden ser patógenos o no. En este grupo de microorganismos no se observó efecto antimicrobiano significativo por parte del AEO, esto quizá se deba a la presencia del vinagre y por ende la reducción de pH que contribuyeron a enmascarar el efecto del AEO, o funcionan sinérgicamente entre ellos mismos, para reducir la carga microbiana, resultados similares obtuvieron Siroli *et al.* (2020) al evaluar la actividad antimicrobiana de aceite esencial de orégano, romero y enebro en el lomo de cerdo marinado con limón y cerveza.

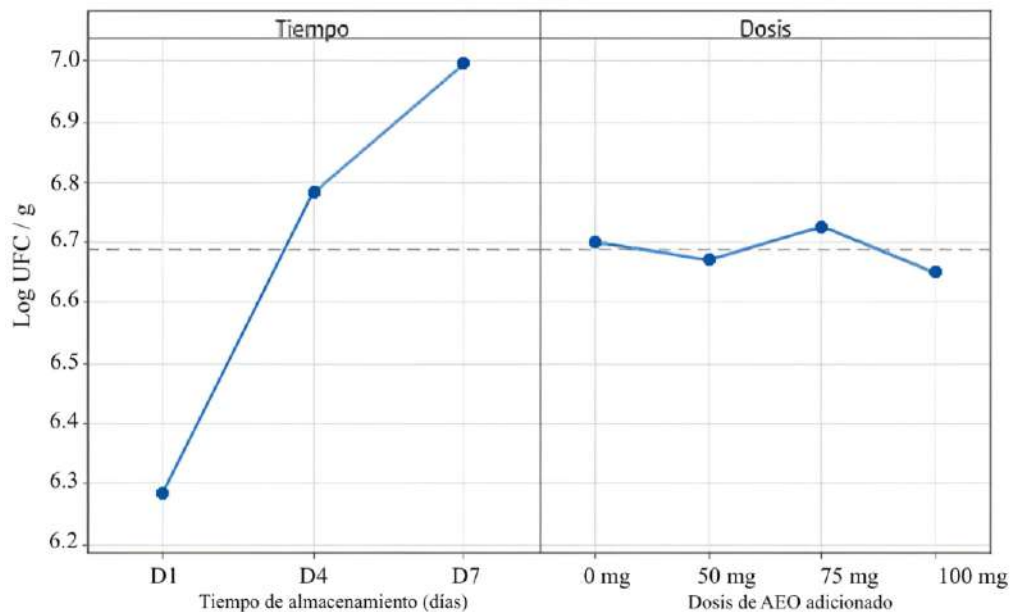


Figura 4 Gráfica de efectos principales del tiempo (D1, D4 y D7) y la dosis de AEO adicionado sobre el conteo de mesófilos aerobios en chorizo mexicano

Figure 4 Graph of the main effects of time (D1, D4 and D7) and the dose of AEO added on the aerobic mesophile count in Mexican chorizo

Como se muestra en la Fig. 4, los conteos de bacterias mesófilas aerobias (log UFC/g) tuvieron un efecto principal creciente respecto al tiempo, es decir, los conteos de mesófilas aerobias aumentaron su población conforme transcurrían los días de almacenamiento, mientras que la adición de AEO mostró un efecto constante sin variaciones entre las diferentes dosis de AEO utilizadas en este estudio, por lo anterior, el AEO no influyó en el desarrollo de BAL en el chorizo mexicano.

Las bacterias mesófilas aerobias se encontraron en cantidades promedio de 6 log UFC/g en el día 1 y aumentaron hasta 7 log UFC/g a excepción de la muestra control que no contenía AEO. Sin embargo, se mantuvieron sin diferencia significativa ($p > 0.05$) respecto a la dosis de AEO adicionado, estos valores son mayores a los que establece la NOM-213-SSA1-2018 para productos cárnicos. Estos valores se encuentran cercanos a los reportados por González Tenorio et al. (2012) en donde evaluaron muestras de chorizos de diferentes centros de distribución en México los cuales contaban con valores medios de entre 7 y 9 log UFC/g de microorganismos mesófilos. Sin embargo, el AEO no tuvo efecto antimicrobiano particular contra este grupo de microorganismos, esto coincide con los reportado por Mantzourani (2022) quienes no observaron efectos del AEO sobre los conteos de microorganismos mesofilos en carne de cerdo cruda almacenada en refrigeración (4 °C).

Coliformes totales

Los conteos de bacterias coliformes mostraron un incremento del día 1 al día 4 en las muestras que se adicionaron con 0 y 50 mg/kg de AEO mientras que las muestras que contenían 75 y 100 mg/kg de AEO exhibieron un descenso en el conteo de coliformes con respecto al mismo periodo de tiempo, de tal manera que el AEO₀ y AEO₅₀ son estadísticamente diferentes a los tratamientos elaborados con 75 y 100 AEO mg/kg (Fig. 5). Estos resultados sugieren que las dosis mayores de AEO empleadas en este estudio generaron una inhibición de los coliformes totales del día 1 al día 7, pasando de 4.18 log UFC/g a 2.79 log UFC/g para el tratamiento AEO₇₅ y de 4.18 log UFC/g a 2.76 log UFC/g para el tratamiento AEO₁₀₀ (Tabla 5).

Tabla 5 Recuento de coliformes totales (log UFC/g) en chorizo mexicano adicionado con AEO

Table 5 Total coliform count (log CFU/g) in Mexican chorizo added with AEO

AEO Adicionado	Tiempo		
	Día 1 (D1)	Día 4 (D4)	Día 7 (D7)
AEO ₀	4.22 ± 0.11	4.78 ± 0.14	4.03 ± 0.10
AEO ₅₀	4.21 ± 0.11	4.63 ± 0.27	3.97 ± 0.03
AEO ₇₅	4.18 ± 0.10	3.66 ± 0.07	2.79 ± 0.11
AEO ₁₀₀	4.18 ± 0.08	3.44 ± 0.19	2.76 ± 0.06

Se presentan medias ± desviación estándar, n=3.

**Valor p respecto a AEO adicionado ≤ 0.0001. Valor p respecto al tiempo ≤ 0.0001. Valor p respecto a la interacción AEO adicionado*Tiempo ≤ 0.0001.

Para el día 7 de almacenamiento, se observó una disminución (Fig. 5) en los recuentos de coliformes totales en todos los tratamientos, no obstante, para los primeros dos tratamientos (AEO₀ y AEO₅₀) la disminución fue menor de 0.2 log UFC/g mientras que para los tratamientos AEO₇₅ y AEO₁₀₀, que contenían las dosis mayores de AEO (75 y 100 mg respectivamente), tuvieron una disminución de 2.2 log UFC/g respecto al día 1 y de 1 log UFC/g en comparación con el día 4 de evaluación observándose una interacción significativa entre los factores dosis y tiempo.

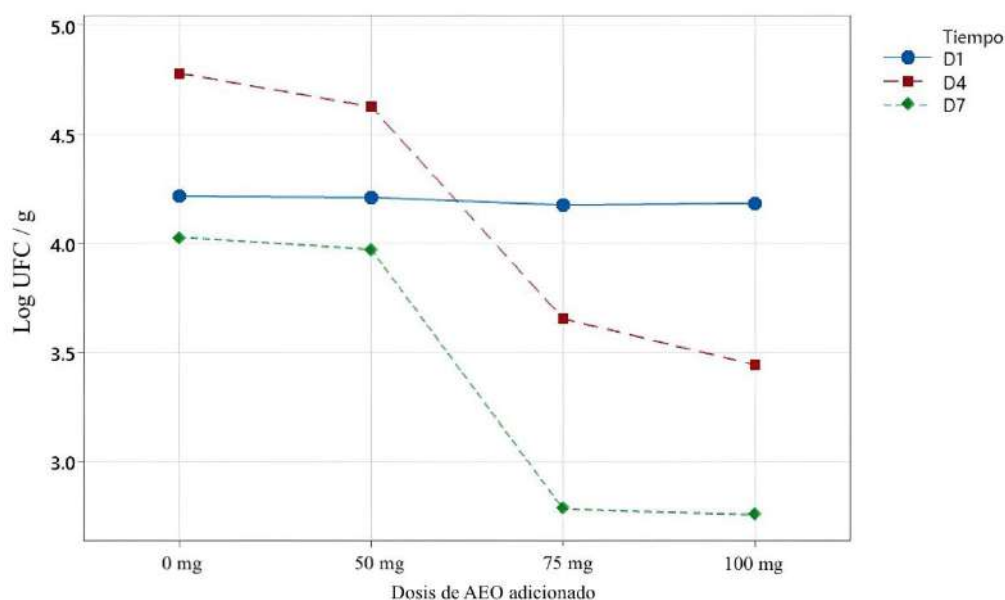


Figura 5 Gráfica de interacción de los factores tiempo*dosis sobre el conteo de coliformes totales en chorizo mexicano adicionado con AEO.

Figure 5 Graph of interaction of time*dose factors on total coliform count in Mexican chorizo added with AEO.

El recuento de coliformes totales permite saber cuán posible es la contaminación de la muestra, durante el proceso de elaboración de los productos cárnicos, respecto al manejo por parte de los manipuladores. Este conteo total de coliformes es importante también debido a la posibilidad de encontrar bacterias como *E. coli* (Perlera de Escalante et al., 2020). En general, la característica lipofílica de los aceites esenciales les permite interactuar con los lípidos de las membranas celulares de las bacterias. Esta interacción en consecuencia afecta a la permeabilidad celular alterando las estructuras y el funcionamiento celular, lo que provoca la muerte celular (Hou et al., 2022).

En México no se cuenta con criterios específicos para coliformes totales, pero la International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), Swanson, K.M, (2011) recomienda valores por debajo de 10^2 UFC/g como aceptables en alimentos. El AEO en su concentración más alta (100 mg/kg) logró disminuir hasta 2.76 log UFC/kg al día 7 de almacenamiento a temperatura ambiente, lo cual lo hace un bioconservador viable para el chorizo mexicano.

4. Conclusiones

La adición de AEO (*Lippia berlandieri* Schauer) en la formulación de chorizo mexicano no tuvo impacto significativo en la pérdida de peso y en la disminución de pH. El análisis microbiológico mostró que el AEO no tuvo efecto alguno en las bacterias mesófilas aerobias y en las BAL sin embargo la adición de concentraciones de 75 y 100 mg de AEO por cada kg de chorizo lograron reducir notablemente la población de coliformes totales, especialmente al séptimo día de almacenamiento. Estos resultados confirman que el AEO puede actuar como un potencial bioconservador en el chorizo mexicano.

Aunque existen diversos estudios que muestran el potencial uso de los aceites esenciales como bioconservadores se requiere que estos estudios se realicen en las matrices alimenticias que resultan más complejas como lo son las que conforman a los embutidos cárnicos.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, O.R.C.S., E.F.G.; **Metodología**, G.M.Z., E.F.G.; **Software**, O.R.C.S., E.F.G.; **Validación**, G.M.Z., E.F.G.; **Análisis formal**, O.R.C.S., J.A.R.D.A., G.M.Z., E.F.G.; **Investigación**, O.R.C.S., E.F.G.; **Recursos**, E.F.G.; **Conservación de datos**, O.R.C.S., E.F.G.; **Redacción-redacción del borrador original**, O.R.C.S., J.A.R.D.A.; **Redacción-revisión y edición**, J.A.R.D.A., G.M.Z., E.F.G.; **Visualización**, E.F.G.; **Supervisión**, E.F.G.; **Administración del proyecto**, E.F.G.; **Obtención de financiación**, E.F.G. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

5. Referencias

- Becerril, A., Dublan, O., Dominguez, A., Cotero, D., & Quintero, B. (2019). La calidad sanitario del chorizo rojo tradicional que se comercializa en la Ciudad de Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 10 (1): 172-185. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4344>
- Ceja-Farias, T. (2022). El consumidor y los productos cárnicos deteriorados . *Revista de Microbiología y educación saludable*. 4(1): 106-107. <http://journalmhe.org/ojs3/index.php/jmhe/article/view/23>
- Chacón-Vargas, K. F., Sánchez-Torres, L. E., Chávez-González, M. L., Adame-Gallegos, J. R., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2022). Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer and *Poliomintha longiflora* Gray) Essential Oils Induce Cell Death by Apoptosis in Leishmania (*Leishmania*) mexicana Promastigotes. *Molecules*, 27(16): 5183. <https://doi.org/10.3390/molecules27165183>
- CODEX STAN 192, Norma general para los aditivos alimentarios. Normas internacionales de los alimentos. Revisión 2019. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>
- COMECARNE. (2023). <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2023/>

- Cravero, C., Juncos, N., & Olmedo, R. (2020). El rol de los aceites esenciales en los procesos fermentativos: elaboración de yogurt con aceite esencial de naranja. *Nexo Agropecuario*. 8 (2):104-110. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/30821>
- Cruz-Gil, M., Ortiz-Rodriguez, L., Ramírez-Vargas, T., Toledo-González, K., Ramírez-Moreno, E., & Guillen-Velasco, S. (2022). ¿Qué microorganismos se encuentran en chorizos comercializados en México? *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*, 10(20):288-292. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i20.7270>
- Enriquez, M., Serrano, G., Ricaurte, P., & Cuadrado, D. (2024). Effect of Essential Oils from Aromatic Plants on the Preservation of Sausages. *Revista Sociedad Científica del Paraguay*. 29 (1):196-225. <https://doi.org/10.32480/rscp.2024.29.1.196>
- Fernández-Fernández, E., Romero-Rodríguez, M. A., & Vázquez-Odériz, M. L. (2001). Physicochemical and sensory properties of Galician chorizo sausage preserved by refrigeration, freezing, oil-immersion, or vacuum-packing. *Meat Science*. 58(1):99–104. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00140-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00140-6)
- Gutierrez, R., Ponce, E., Braña, D., & Perez, M. (2020). Prevalencia de microorganismos patógenos en carne de cerdo al menudeo en supermercados de la Ciudad de México. *Nacameh*. 14 (1): 31-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7503493>
- Herrera-Balandrano, D., Martínez-Rojas, D., Luna-Maldonado, A., Gutiérrez-Soto, G., Hernández-Martínez, C., Silva-Vázquez, R., Flores-Girón, E., Quintero-Ramos, A., & Méndez-Zamora, G. (2020). Conservación de pechugas de pollo con aceite esencial de orégano mexicano. *Biocencia*. 22(2):119-127. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v22i2.1253>
- Hou, T., Sankar-Sana, S., Li, H., Xing, Y., Nanda, A., Netala, V., & Zhang, Z. (2022). Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review. *Food Bioscience*. 47. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101716>
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), Swanson, K.M. (2011). Meat Products. En *Microorganisms in Foods 8*:75-93. Boston MA. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9374-8_8
- Lastra-Vargas, L., Hernández-Nava, R., Ruíz-González, N., Jiménez-Munguía, M., López-Malo, A., & Palou, E. (2023). Oregano essential oil as an alternative antimicrobial for the control of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* in Turkey mortadella during refrigerated storage. *Food Chemistry Advances*, 2: 100314. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100314>
- Lepecka, A., Szymanski, P., & Okon, A. (2024). Indigenous Lactic Acid Bacteria as Antioxidant Agents in the Production of Organic Raw Fermented Sausages. *Antioxidants*. 13(11) : 1-16. <https://doi.org/10.3390/antiox13111305>
- León, C., Orduz, A., & Velandia, M. (2017). Physicochemical composition of meat of sheep, chicken and pork. *Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 15(2): 62–75. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/2183>
- Lopusiewicz, Ł., Waszkowiak, K., Polanowska, K., Mikołajczak, B., Śmietana, N., Hrebien-Filisińska, A., Sadowska, J., Mazurkiewicz-Zapałowicz, K., & Drożdowska, E. (2022). The Effect of Yogurt and Kefir Starter Cultures on Bioactivity of Fermented Industrial By-Product from *Cannabis sativa* Production—Hemp Press Cake. *Fermentation*. 8 (10): 490. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100490>
- Luan, X., Feng, M., & Sun, J. (2021). Effect of *Lactobacillus plantarum* on antioxidant activity in fermented sausage. *Food Research International*, 144: 110351. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110351>

- Mantzourani, I., Daoutidou, M., Dasenaki, M., Nikolaou, A., Alexopoulos, A., Terpou, A., Thomaidis, N., & Plessas, S. (2022). Plant Extract and Essential Oil Application against Food-Borne Pathogens in Raw Pork Meat. *Foods*, 11(6): 861. <https://doi.org/10.3390/foods11060861>
- Perlora de Escalante, A., Bonilla, J., Ventura, F., & Alvarado, F. (2020). Determinación de la concentración mínima y máxima del extracto de orégano (*Origanum vulgare*) como sustituto natural para preservar productos cárnicos. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*. 9: 47-62. <https://www.camjol.info/index.php/PAYDS/article/view/11855>
- Portillo-Ruiz, M. C., Ávila-Sosa Sánchez, R., Viramontes-Ramos, S., Torres-Muñoz, J. V., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2012). Antifungal Effect of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Essential Oil on a Wheat Flour-Based Medium. *Journal of Food Science*, 77(8): M441-M445. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02821.x>
- Quintero-Salazar, B. (2017). ¿Por qué son famosos los chorizos de Toluca? Percepción, reputación, identidad y tradición culinaria de un embutido que llegó para quedarse. *Nacameh*. 11 (2): 33-49. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6307676>
- Redondo-Solano, M., Valenzuela-Martínez, C., Cordero-Calderon, V., & Araya-Morice, A. (2023). Calidad microbiológica de embutidos crudos: estudio del caso en Latinoamérica. *Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*. 73 (3): 201-213. <https://doi.org/10.37527/2023.73.3.004>
- Reyes-Jurado, F., López-Malo, A., & Palou, E. (2016). Antimicrobial Activity of Individual and Combined Essential Oils against Foodborne Pathogenic Bacteria. *Journal of Food Protection*, 79 (2): 309-315. ISSN 0362-028X. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-392>
- Reynoso-Escobedo, H., Luna-Maldonado, A., García-Treviño, N., Sinagawa-García, S., Rico-Costilla, D., Flores-Girón, E., & Méndez-Zamora, G. (2023). Efecto de aceite de orégano en la carne de bovino. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1): 408-417. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.55>
- Sánchez-Zamora, N., Cepeda-Rizo, M. D., Tamez-Garza, K. L., Rodríguez-Romero, B. A., Sinagawa-García, S. R., Luna Maldonado, A. I., Flores-Girón, E., & Méndez-Zamora, G. (2022). Efecto del aceite de orégano en las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales del queso panela. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1):258-271. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5567>
- Sakkas, H., & Papadopoulou, C. (2017). Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J. Microbiol. Biotechnol.* 27 (3): 429-438. <https://doi.org/10.4014/jmb.1608.08024>
- Siroli, L., Baldi, G., Soglia, F., Bukvicki, D., Patrignani, F., Petracci, M., & Lanciotti, R. (2020). Uso de aceites esenciales para aumentar la seguridad y la calidad del lomo de cerdo marinado. *Foods*. 9 (8):1-21. <https://www.virtualpro.co/articulos/el-uso-de-aceites-esenciales-para-aumentar-la-seguridad-y-la-calidad-del-lomo-de-cerdo-marinado-141191>
- Swetwathana, A., & Visessanguan, W. (2015). Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for safety improvements of traditional Thai fermented meat and human health. *Meat Science*, 109: 101-105. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.030>

2025 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>