



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

TESIS DE LICENCIATURA

**Actividad bactericida de un jabón formulado con aceite esencial
de *Mentha piperita* sobre bacterias asociadas a infecciones de
tejidos blandos**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA**

PRESENTA

Karla Nohemi Gómez Borjas

Director

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

Codirector

Dra. Nallely Rivero Perez

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, marzo del 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

TESIS DE LICENCIATURA

**Actividad bactericida de un jabón formulado con aceite esencial
de *Mentha piperita* sobre bacterias asociadas a infecciones de
tejidos blandos**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA**

PRESENTA

Karla Nohemi Gómez Borjas

Director

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

Codirectora

Dra. Nallely Rivero Perez

Asesores

Dr. Benjamín Valladares Carranza

Dra. Deyanira Ojeda Ramírez

Dra. Lucía Delgadillo Ruiz

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, abril del 2026



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Institute of Agricultural Sciences
Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Academic Area of Veterinary Medicine and Zootecnics

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, a 21 de abril del 2026
Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia **Karla Nohemi Gómez Borjas**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Actividad bactericida de un jabón formulado con aceite esencial de *Mentha piperita* sobre bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE	Dra. Nallely Rivero Perez
SECRETARIO	Dr. Benjamín Valladares Carranza
VOCAL 1	Dr. Adrian Zaragoza Bastida
VOCAL 2	Dra. Deyanira Ojeda Ramírez
VOCAL 3	Dra. Lucía Delgadillo Ruiz

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dra. Maricela Ayala Martínez
Coordinadora de Programa
Educativo de Medicina Veterinaria
y Zootecnia.

“Amor, Orden y Progreso”



Av. Universidad No. 133, Col. San Miguel Huatengo, Santiago
Tulantepec. C.P. 43775. Hidalgo, Mexico.
Teléfono: 7717172000 Ext. 42105
alfonso_munoz@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

ÍNDICE

I. RESUMEN	i
II. ABSTRACT	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Heridas e infecciones en tejidos blandos	3
2.2 Principales bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos	3
2.2.1 <i>Staphylococcus aureus</i>	3
2.2.2 <i>Escherichia coli</i>	4
2.2.3 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4
2.3 Resistencia a antibacterianos	5
2.4 Mecanismos de resistencia a antibacterianos	5
2.5 Resistencia a antisépticos y desinfectantes	7
2.6 Aceites esenciales	8
2.7 <i>Mentha piperita</i>	8
2.7.1 Composición fitoquímica	9
2.7.2 Propiedades antibacterianas del aceite esencial de <i>M. piperita</i>	9
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. HIPÓTESIS	12
6. OBJETIVO GENERAL	13
7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
8. METODOLOGÍA	15
8.1 Aceite esencial de <i>M. piperita</i>	15
8.2 Formulación de los jabones	15
8.3 Material biológico	15
8.3.1 Reactivación de las cepas bacterianas	16
8.3.2 Preparación del inóculo bacteriano	16
8.4 Actividad bactericida	16
8.5 Análisis estadístico	17
9. RESULTADOS	18
10. DISCUSIÓN	20

11.	CONCLUSIÓN	23
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

I. RESUMEN

Las infecciones bacterianas de la piel y los tejidos blandos constituyen un grupo diverso de enfermedades infecciosas, los patógenos frecuentemente involucrados son *S. aureus*, *E. coli*, y *P. aeruginosa*. Su control y tratamiento requieren el uso de antibacterianos y antisépticos; sin embargo, el uso excesivo e inadecuado de ha favorecido la aparición de bacterias resistentes y multirresistentes, por lo que el desarrollo de terapias alternativas es necesario. En este contexto el uso de productos de origen natural ha cobrado relevancia. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto bactericida de un jabón formulado con aceite esencial de *Mentha piperita* frente a bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos, a través de técnicas bacteriológicas estandarizadas, a fin de sustentar su posible uso como alternativa antiséptica en la práctica clínica. Se formuló una base jabón a la cual se le incorporó aceite esencial de *M. piperita*, posteriormente se determinó la concentración mínima bactericida de la base de jabón, de la formulación con aceite esencial y de un jabón comercial, empleado como control positivo, frente a cepas de referencia y multirresistentes a antibacterianos de *S. aureus*, *E. coli*, y *P. aeruginosa*. Los resultados mostraron que el jabón con de aceite esencial presentó efecto bactericida a concentraciones de entre 0.011 y 0.75%, presentando mejor actividad en comparación con el jabón comercial. Asimismo, la incorporación del aceite esencial potenció significativamente la actividad bactericida de la base de jabón. Estos hallazgos sugieren que esta formulación representa una alternativa eficaz con potencial aplicación en la práctica clínica veterinaria, además de ser una estrategia prometedora para disminuir el uso de antibacterianos y antisépticos convencionales, sin embargo, se requieren estudios adicionales que evalúen su eficacia y seguridad en modelos *in vivo* y su estabilidad bajo condiciones de uso clínico.

Palabras clave: Aceite esencial, *Mentha piperita*, actividad bactericida, infecciones, tejidos blandos.

II. ABSTRACT

Bacterial skin and soft tissue infections constitute a diverse group of infectious diseases in which *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Pseudomonas aeruginosa* are among the most frequently involved pathogens. Their control and treatment require the use of antibacterial agents and antiseptics; however, their excessive and inappropriate use has promoted the emergence of resistant and multidrug-resistant bacteria, highlighting the need for the development of alternative therapies. In this context, the use of natural products has gained increasing relevance. The aim of this study was to determine the bactericidal effect of a soap formulated with *Mentha piperita* essential oil against bacteria associated with soft tissue infections, using standardized bacteriological techniques, to support its potential use as an antiseptic alternative in clinical practice. A soap base was formulated and subsequently supplemented with *M. piperita* essential oil. The minimum bactericidal concentration of the soap base, the essential oil formulation, and a commercial soap (used as a positive control) was determined against reference and multidrug-resistant strains of *S. aureus*, *E. coli*, and *P. aeruginosa*. The results showed that the essential oil-based soap exhibited bactericidal activity at concentrations ranging from 0.011 to 0.75%, demonstrating greater activity compared to the commercial soap. Additionally, the incorporation of the essential oil significantly enhanced the bactericidal activity of the soap base. These findings suggest that this formulation represents an effective alternative with potential application in veterinary clinical practice, as well as a promising strategy to reduce the use of conventional antibacterial agents and antiseptics. However, further studies are required to evaluate its efficacy and safety *in vivo* models, as well as its stability under clinical use conditions.

Keywords: Essential oil, *Mentha piperita*, bactericidal activity, infections, soft tissues.

1. INTRODUCCIÓN

Las infecciones bacterianas de la piel y los tejidos blandos forman parte de un grupo diverso de enfermedades infecciosas, los patógenos involucrados se diseminan a diversas capas anatómicas de estos tejidos, y en casos severos pueden diseminarse sistémicamente. La frecuencia y recurrencia de estas infecciones representan un problema de importancia para la salud pública (Prodinger *et al.*, 2025).

Estas infecciones suelen estar asociadas a un gran número de bacterias, sin embargo *S. aureus*, *E. coli*, y *P. aeruginosa* se reportan con mayor frecuencia. Las infecciones de este tipo requieren del uso de antibacterianos y antisépticos, sin embargo, el uso excesivo e inadecuado de estos ha dado como resultado la aparición de bacterias resistentes y multirresistentes, por lo tanto, el tratamiento hoy en día se ha convertido en un desafío y a menudo no tiene éxito (Orchard y Van Vuuren *et al.*, 2017; Prodinger *et al.*, 2025; Lopes *et al.*, 2026).

En vista del creciente desarrollo de resistencia a la terapia con agentes biocidas, el tratamiento de estas infecciones representa un desafío, por lo que el desarrollo de nuevas terapias es necesario, en este sentido el uso de tratamientos de origen natural ha cobrado relevancia en los últimos años (Prodinger *et al.*, 2025).

Los aceites esenciales han sido utilizados en la medicina tradicional desde la antigüedad, a la fecha existen más de más de 100 aceites esenciales empleados para diversas afecciones cutáneas, puesto que han demostrado una prometedora actividad antimicrobiana sobre patógenos asociados a infecciones de la piel y tejidos blandos (Orhcard *et al.*, 2018; Imam *et al.*, 2024).

Mentha piperita es una especie perteneciente a la familia Lamiaceae. Su uso en la medicina tradicional ha sido ampliamente documentado para el tratamiento de afecciones como gripe, cefalea, fiebre, dolor de garganta y trastornos gastrointestinales. Asimismo, se ha demostrado que su aceite esencial posee diversas actividades biológicas, entre las que destacan efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antivirales y antibacterianos. En relación con esta última

actividad, estudios recientes han evidenciado su potencial para el tratamiento de heridas infectadas (Orhcard *et al.*, 2018; Modarresi *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2022).

Debido a lo antes mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto bactericida de un jabón formulado con aceite esencial de *Mentha piperita* frente a bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos, a través de técnicas bacteriológicas estandarizadas, a fin de sustentar su posible uso como alternativa antiséptica en la práctica clínica.

2. ANTECEDENTES

2.1 Heridas e infecciones en tejidos blandos

Las infecciones de la piel y tejidos blando son comúnmente observadas en la práctica clínica veterinaria. Los principales puntos de entrada de microorganismos incluyen alteraciones de la barrera cutánea, traumatismos menores, heridas, picaduras de insectos e incluso procedimientos médicos. Estas infecciones pueden presentarse desde formas leves hasta cuadros más graves que pueden progresar a infecciones sistémicas si no se tratan adecuadamente (Watkins y David, 2021; Prodinger *et al.*, 2025).

Las infecciones de la piel y tejidos blandos en la mayoría de los casos son de origen monocrobiano, siendo *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* los agentes etiológicos más frecuentes. En casos complicados estas infecciones pueden presentar un origen polimicrobianas al involucrar múltiples cepas virulentas (Orchard y Van Vuuren, 2017; Prodinger *et al.*, 2025; Lopes *et al.*, 2026).

Este tipo de infecciones representa un problema sanitario de importancia debido a su alta prevalencia, su tendencia a la recurrencia y a la aparición de complicaciones derivadas de un manejo inadecuado (Prodinger *et al.*, 2025).

En medicina veterinaria, estas infecciones se encuentran entre las principales causas de prescripción de antibacterianos; sin embargo, su uso inadecuado ha reducido su eficacia, favoreciendo el aumento de resistencia bacteriana. En algunas regiones del mundo se han reportado infecciones no responden a los antibacteriano conocidos (Costa *et al.*, 2022).

2.2 Principales bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos

2.2.1 *Staphylococcus aureus*

S. aureus es un coco Gram positivo anaerobio facultativo en inmóvil. Es uno de los principales patógenos oportunistas asociado tanto a infecciones cutáneas superficiales como a infecciones de tejidos profundos. Esta bacteria tiene la capacidad de desarrollar mecanismos de resistencia a antibacterianos además de producir diversos factores de virulencia, además cepas como *S. aureus* resistente a meticilina suelen complicar el manejo de las heridas (Lopes *et al.*, 2025).

Entre sus factores de virulencia destacan la producción de toxinas y enzimas como la α -hemolisina y la coagulasa las cuales dañan los tejidos y retrasan el proceso de cicatrización. Asimismo, se han reportado complicaciones como la formación de ampollas, abscesos e infecciones graves que pueden conducir al síndrome de shock tóxico (Ke *et al.*, 2025).

2.2.2 *Escherichia coli*

Escherichia coli es un bacilo Gram negativo perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*. Esta bacteria forma parte de la microbiota del tracto intestinal de animales y humanos y es liberada al ambiente a través de las heces y aguas residuales (Jang *et al.*, 2017).

Se ha documentado que *E. coli* es uno de los principales patógenos asociados a infecciones de heridas. Su presencia en el sitio de infecciones puede desencadenar respuestas inflamatorias exacerbadas que contribuyen al daño de tejido sano y al retraso en la cicatrización. Además, estas infecciones pueden evolucionar y derivar en infecciones sistémicas (Ke *et al.*, 2025).

2.2.3 *Pseudomonas aeruginosa*

P. aeruginosa es un bacilo Gram negativo con capacidad de sobrevivir en diversos ambientes, debido a estas características se considera uno de los patógenos oportunistas más comúnmente asociado con infecciones de heridas quirúrgicas y quemaduras (Pang *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2022).

Esta bacteria produce múltiples factores de virulencia, entre los que destacan exotoxinas como la piocianina y la elastasa que le confieren la capacidad de producir daño extenso y necrosis en heridas infectadas, además de retrasar la cicatrización de la herida y un aumento en la inflamación y formación de biopelículas que le confieren resistencia (Ajaba *et al.*, 2024).

La evidencia ha demostrado que el contacto cercano de los animales con los seres humanos es una fuente de transferencia de cepas de *S. aureus*, *E. coli* y *P. aeruginosa* lo que favorece la transferencia de determinantes de resistencia a antibacterianos. Por ello, estas cepas representan un riesgo para la salud pública (Costa *et al.*, 2022).

Asimismo, se ha documentado el desarrollo de resistencia no solo a antibacterianos sino también a antisépticos, lo que ha limitado las opciones terapéuticas disponibles y ha incrementado los costos del tratamiento (Orchard y Van Vuuren 2017; Lopes *et al.*, 2025).

2.3 Resistencia a antibacterianos

Las infecciones bacterianas continúan siendo una de las principales causas de muerte a nivel mundial. La introducción de fármacos con actividad antibacteriana representó una de las intervenciones de mayor importancia para su control. Asimismo, la disponibilidad de terapias antibacterianas tanto de origen natural como sintéticos ha impactado significativamente en la salud humana y animal, posibilitando avances médicos como la cirugía y la quimioterapia (Alós, 2015; Weese *et al.*, 2015; Muteeb *et al.*, 2023).

Sin embargo, el uso excesivo e inadecuado de estos fármacos ha contribuido a la aparición y diseminación de cepas resistentes en diferentes géneros bacterianos. Este fenómeno ha impactado negativamente en la salud humana y animal, convirtiéndose en una de las mayores amenazas para la salud pública y ambiental en los últimos años (Weese *et al.*, 2015; da Silva Dantas, 2022; Chen *et al.*, 2023).

La resistencia a antimicrobianos (RAM) es definida como la capacidad de un microorganismo para sobrevivir a los efectos de los fármacos tras su exposición y administración. La RAM se clasifica entre innata y adquirida, la primera de ellas resulta de un proceso evolutivo de adaptación por parte de los microorganismos, mientras que la RAM adquirida es parte de una adaptación rápida a la presión selectiva por los tratamientos antimicrobianos. Particularmente las bacterias resisten el efecto de antibacterianos a través de numerosos mecanismos moleculares que pueden operar de forma aislada o en red (Palma *et al.*, 2020; Muteeb *et al.*, 2023; Reza *et al.*, 2025).

2.4 Mecanismos de resistencia a antibacterianos

La resistencia a los antibacterianos suele desarrollarse en periodos cortos que van desde los 0 y 6 meses después de la exposición al fármaco, mediante diversos mecanismos que presentan las bacterias. Estos se clasifican en: limitación de la absorción del fármaco, modificación en los sitios diana, inactivación del fármaco y eflujo activo de fármacos (Reygaert, 2018; Palma *et al.*, 2020; Ho *et al.*, 2025; Reza *et al.*, 2025).

En cuanto a la limitación de la entrada, este mecanismo está relacionado con la permeabilidad celular. Las bacterias pueden modificar el número y la estructura de porinas que reducen la entrada del fármaco, disminuyendo su concentración intracelular y su eficacia. Asimismo la formación de biopelículas contribuye a la resistencia, ya que la matriz extracelular dificulta la entrada de estos fármacos (Reygaert, 2018; Muteeb *et al.*, 2023).

Los antibacterianos actúan sobre múltiples sitios; sin embargo, las bacterias pueden modificar estos sitios de unión, mediante modificaciones en membranas celulares, alteraciones enzimáticas y variaciones en la expresión de genes. Estas modificaciones disminuyen la afinidad del antibacteriano por su diana haciéndolo poco eficaz (Reygaert, 2018; Abushaheen *et al.*, 2020).

En relación con la inactivación de fármacos, las bacterias pueden degradarlos directamente a través de hidrólisis enzimática o inactivarlos mediante la transferencia de grupos químicos como acetilo, fosforilo y adenilo, lo que impiden su actividad antibacteriana (Reygaert, 2018).

Finalmente, el eflujo es otro mecanismo relevante, mediante el cual las bacterias usan bombas de membrana para expulsar a los fármacos fuera de la célula reduciendo la concentración intracelular. Existen cinco familias principales de bombas de eflujo: la familia de casete de unión a ATP (ABC), la familia de extrusión de compuestos tóxicos y de múltiples fármacos (MATE), la familia de resistencia a múltiples fármacos pequeños (SMR), la superfamilia de facilitadores principales (MFS) y la familia de resistencia-nodulación-división celular (RND), que pueden expulsar una amplia gama de antibacterianos y son asociadas con la resistencia a múltiples fármacos (Reygaert, 2018; Abushaheen *et al.*, 2020; Muteeb *et al.*, 2023).

Estos mecanismos han comprometido la eficacia de los antibacterianos, afectando no solo al ser humano sino también a los animales. Ante esta problemática se ha buscado aumentar la concientización sobre el uso de estos fármacos y a fomentar la investigación científica para el desarrollo de alternativas de tratamiento (Weese *et al.*, 2015; Palma *et al.*, 2020).

2.5 Resistencia a antisépticos y desinfectantes

El control de microorganismos que afectan a los animales de producción y de compañía que colonizan el entorno, depende del uso eficaz de biocidas, esto incluye el uso de antisépticos y desinfectantes. Los desinfectantes generalmente se aplican sobre superficies inertes para eliminar o inactivar a los microorganismos, actividad similar a la de los antisépticos, sin embargo, estos se utilizan en tejidos vivos. Estos biocidas alteran la función de la membrana o interfieren con componentes citoplasmáticos de los microorganismos (Sheldon, 2005; Wales *et al.*, 2021).

Los antisépticos pueden utilizarse solos o añadirse a soluciones de lavado para reducir la carga microbiana, estos agentes suelen tener un amplio espectro de actividad reduciendo el número de microorganismos mediante propiedades mecánicas o químicas. En medicina veterinaria el uso de povidona yodada o clorhexidina en soluciones de lavado es una práctica común en el manejo de heridas, sin embargo, es importante seguir las recomendaciones de uso para minimizar los efectos negativos asociados a su uso (Leise *et al.*, 2018).

Aunque existen recomendaciones para el uso de antisépticos en el manejo de heridas, su elección suele basarse en la preferencia o disponibilidad. Esta selección no crítica puede contribuir al desarrollo de resistencia a estos biocidas, ya que se ha sugerido que las bacterias pueden adaptarse a los antisépticos mediante mecanismos similares a los observados frente a los antibacterianos (Maillard, 2022; Tagliaferri *et al.*, 2024).

Se ha descrito que la exposición a concentraciones subinhibitorias, la dilución de los antisépticos por fluidos de la herida, así como factores físicos como la evaporación o el secado favorecen la adaptación bacteriana a estos agentes biocidas. Entre los principales mecanismos de tolerancia descritos se incluyen cambios en la estructura y función de la membrana citoplasmática, sobreexpresión de bombas de eflujo, la transferencia horizontal de genes de resistencia, la formación de biopelículas y la degradación de los compuestos bioactivos (Boyce, 2023; Tagliaferri *et al.*, 2024).

Ante este panorama, una estrategia para combatir las infecciones de heridas asociadas a bacterias resistentes o multirresistentes tanto a antibacterianos como a antisépticos y desinfectantes podría ser el uso concomitante de tratamiento alternativos, como aceites esenciales, considerando sus efectos antibacterianos ampliamente descritos.

2.6 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas complejas que pueden contener hasta 300 compuestos diferentes de bajo peso molecular, los cuales son producidos y almacenados en estructuras secretoras presentes en hojas, tallos, flores, frutos, corteza y raíces de las plantas. Aunque su composición es diversa, están constituidos principalmente por terpenos, terpenoides y fenilpropanoides; no obstante, también pueden contener compuestos, como ácidos grasos, óxidos y derivados de azufre (Wińska *et al.*, 2019; Yu *et al.*, 2020).

Los aceites esenciales pueden obtenerse a través de distintos métodos, entre los que destacan la hidrodestilación, la destilación seca, el prensado mecánico en frío y la destilación por arrastre de vapor. Este último es uno de los métodos más empleados a nivel de laboratorio, sin embargo, la composición química de los aceites esenciales puede variar en función del método de extracción utilizado (Wińska *et al.*, 2019; El-Tarabily *et al.*, 2021).

A la fecha, se han descrito alrededor de 3,000 aceites esenciales, de los cuales aproximadamente 300 tienen aplicaciones en los sectores industrial, alimentario y farmacéutico. Entre los más utilizados se encuentran los aceites de limón, citronela, eucalipto, naranja y menta, los cuales se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, analgésicas, antiinflamatorias y antimicrobianas (Wińska *et al.*, 2019; Yu *et al.*, 2020; El-Tarabily *et al.*, 2021).

2.7 *Mentha piperita*

El género *Mentha* forma parte de la familia Lamiaceae, la cual comprende aproximadamente 30 especies adaptadas a climas templados a nivel mundial. Dentro de este género *Mentha piperita* destaca como una de las especies aromáticas más utilizadas con fines medicinales desde su descubrimiento (Hudz *et al.*, 2023).

M. piperita posee un tallo cuadrado, erecto rojizo y ramificado, alcanzando alturas de 60 a 90 cm. Las hojas son de color verde oscuro de forma lanceolada. Las flores presentan pétalos prominentes de color purpura. El aceite esencial de esta especie se obtiene de las hojas, dando como resultado un líquido amarillo claro a verdoso de aroma intenso (Wińska *et al.*, 2019; Hudz *et al.*, 2023).

2.7.1 Composición fitoquímica

Se han identificado como compuestos mayoritarios del aceite esencial de *M. piperita* el mentol y la mentona en porcentajes que pueden alcanzar hasta 55 % y 32 %, respectivamente; en menor concentración se encuentran compuestos como el neomentol y la isomentona. Cabe destacar que la composición química del aceite esencial puede variar en función de factores, como las condiciones climáticas, el estrés, la etapa fenológica de la planta, las condiciones de cultivo, la época de cosecha y el procedimiento de análisis químico utilizado para su caracterización (Wińska *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2022; Hudz *et al.*, 2023).

2.7.2 Propiedades antibacterianas del aceite esencial de *M. piperita*

Diversos estudios han reportado el efecto antibacteriano del aceite esencial de *M. piperita*. En un estudio realizado por Silva *et al.* (2022), se determinaron halos de inhibición de entre 24 y 27 mm frente a *S. aureus* y *L. monocytogenes*. En el mismo estudio se determinaron la concentración mínima inhibitoria y la concentración mínima bactericida obteniéndose valores de entre 1.84 µg/mL y 7.43 µg/mL.

Por su parte Hamad Al-Mijalli *et al.* (2022) reportaron zonas de inhibición de 31.1, 29.8 y 27.4 mm frente a *S. aureus*, *B. subtilis* y *L. monocytogenes*, respectivamente. En cuanto a bacterias Gram negativas, *E. coli* mostró la mayor sensibilidad (21.3 mm), seguida de *S. Typhimurium* (18.6 mm) y *P. aeruginosa* (14.4 mm) y

De manera similar Hudecová *et al.* (2024) evaluaron el efecto del aceite esencial sobre *Aeromonas salmonicida* subsp. *masoucida*, *Aeromonas hydrophila* y *Aeromonas veronii*, aisladas de trucha arcoíris, reportando zonas de inhibición de entre 17 y 38 mm de diámetro. Asimismo, los valores de concentración mínima inhibitoria oscilaron entre 0.25 y 1.00 µL/mL. Adicionalmente se determinó que a concentraciones de entre 0.0078 y 0.125 µL/mL el aceite esencial de menta inhibió la formación de biofilm bacteriano.

Estos hallazgos evidencian el potencial efecto antibacteriano del aceite esencial de *M. piperita* para uso en la medicina humana; sin embargo, los estudios en el sector de la medicina veterinaria aún son limitados.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente problemática de la resistencia a los antibacterianos y antisépticos representa uno de los principales desafíos en la salud pública y en la medicina veterinaria a nivel mundial. El uso indiscriminado e inadecuado de estos fármacos ha favorecido la aparición y diseminación de cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, resistentes e incluso multirresistentes, los cuales son responsables de diversas infecciones en el ámbito veterinario.

Entre las infecciones de mayor relevancia se encuentran aquellas asociadas a heridas, ya sean de origen traumático o quirúrgico, las cuales pueden derivar en complicaciones significativas. Cuando no se realiza un manejo adecuado, las heridas pueden progresar y evolucionar hasta infecciones de tejidos blandos.

Ante estas complicaciones, el uso de antisépticos y antibacterianos resulta fundamental; sin embargo, su uso inapropiado contribuye al incremento de la resistencia bacteriana a sus ingredientes activos. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar alternativas terapéuticas eficaces que permitan disminuir la dependencia de biocidas convencionales.

En este sentido, los compuestos de origen natural, como los aceites esenciales se posicionan como una alternativa prometedora con potencial aplicación en la práctica veterinaria.

4. JUSTIFICACIÓN

En México, tanto los animales de compañía como los animales de producción desempeñan un papel importante en la dinámica de vida del ser humano; sin embargo, con frecuencia se ven expuestos a situaciones que comprometen su bienestar físico, siendo las heridas uno de los eventos más comunes.

El manejo oportuno y adecuado de estas lesiones resulta clave, ya que pueden evolucionar de manera favorablemente o, por el contrario, propiciar la aparición de infecciones de tejidos blandos. Las complicaciones derivadas de un manejo inadecuado afectan el bienestar físico del animal y representan un problema sanitario relevante, asociado a costos de tratamiento elevados, debido al uso prolongado de antibacterianos y antisépticos.

El uso inadecuado e indiscriminado de estos agentes favorece el desarrollo de resistencia bacteriana, Esta problemática no solo impacta en la medicina veterinaria, sino que también repercusiones en la salud humana y el medio ambiente, convirtiéndose en una problemática de carácter global

Ante este panorama, resulta necesario el desarrollo de alternativas terapéuticas eficaces y seguras. En los últimos años el uso de plantas medicinales ha cobrado relevancia, ya que diversas especies han demostrado poseer diversas actividades biológicas, incluida la actividad antibacteriana.

Particularmente, *M. piperita*, comúnmente conocida como menta, destaca por sus propiedades antibacterianas. En este sentido, la incorporación de su aceite esencial en una formulación de jabón en líquido para uso en la práctica clínica podría representar una alternativa viable para la antisepsia de lesiones, y ayudar en el manejo de infecciones de tejidos blandos.

5. HIPÓTESIS

La incorporación del aceite esencial de *Mentha piperita* a una base de jabón líquido incrementará su actividad bactericida frente a bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos en animales.

6. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto bactericida de un jabón formulado con aceite esencial de *Mentha piperita* frente a bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos, a través de técnicas bacteriológicas estandarizadas, a fin de sustentar su posible uso como alternativa antiséptica en la práctica clínica.

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la concentración mínima bactericida de un jabón quirúrgico comercial contra bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos.
2. Determinar la concentración mínima bactericida de una base de jabón líquido contra bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos.
3. Determinar la concentración mínima bactericida de una base de jabón líquido formulada con aceite esencial de *Mentha piperita* contra bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos.

8. METODOLOGÍA

8.1 Aceite esencial de *M. piperita*

Se utilizó un aceite esencial comercial de menta (Droguería Cosmopolita ®), obtenido por arrastre de vapor a partir de hojas, de acuerdo con las especificaciones proporcionadas por el fabricante.

8.2 Formulación de los jabones

Para la elaboración de los jabones líquidos se utilizaron los ingredientes y concentraciones especificadas en el cuadro 1. En la primera etapa, se preparó la base del jabón líquida, posteriormente, se incorporó el aceite esencial de *M. piperita*.

Cuadro 1. Formulación de la base de jabón y el jabón adicionado con aceite esencial de *M. piperita*.

Ingrediente	Base de jabón (%)	Jabón con aceite esencial (%)
Lauril sulfato	50%	50%
Cocobetaína	5%	5%
Glicerina	5%	5%
Cloruro de sodio	1.5%	1.5%
Agua destilada	40%	37%
Aceite esencial (<i>M. piperita</i>)	0%	3%

8.3 Material biológico

Como material biológico se utilizaron cepas de la colección American Type Culture Collection (ATCC, por sus siglas en inglés) de *Escherichia coli*³⁵²¹⁸, *Pseudomonas aeruginosa*⁹⁰²⁷ y *Staphylococcus aureus*⁶⁵³⁸, así como cepas multirresistentes a antibacterianos aislados de casos clínicos (*P. aeruginosa*⁰¹ y *S. aureus*⁰¹). Pertenecientes al laboratorio de bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp), de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

8.3.1 Reactivación de las cepas bacterianas

Las cepas fueron reactivadas de la crioconservación en agar Müller-Hinton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany), por medio de la técnica de estría simple, se llevaron a incubación durante 24 h a 37 °C, transcurrido el tiempo de incubación se realizó tinción de Gram para corroborar su morfología y pureza

8.3.2 Preparación del inóculo bacteriano

Una colonia de cada cepa bacteriana se inoculó en caldo nutritivo (BD Bioxon, Heidelberg, Germany). Los inóculos fueron incubados en agitación constante (70 rpm) durante 24 h a 37°C. Transcurrido el tiempo de incubación, el inóculo se ajustó al 0.5 del patrón de turbidez de McFarland (Remel, R20421, Lenexa, KS, USA), el cual corresponde a 150×10^6 cel/mL.

8.4 Actividad bactericida

Para determinar la actividad bactericida del jabón, se utilizó la técnica de microdilución en placa, de acuerdo con la metodología descrita por Zaragoza-Bastida *et al.* (2020).

Los tratamientos evaluados incluyeron la base de jabón en concentraciones de 50 y 25%, así como la formulación adicionada con aceite esencial, en un rango de concentraciones de 3.0 a 0.02%. Como control positivo, se utilizó un jabón quirúrgico comercial (Antibenzil®) a base de cloruro de benzalconio al 1% (0.78 a 0.048%).

Cada tratamiento se evaluó por triplicado en placas de 96 pozos. Para ello, se agregaron 100 µL de cada concentración a evaluar, seguidos de 10 µL de la suspensión bacteriana previamente ajustada (0.5 McFarland). Posteriormente, las placas fueron incubadas a 37°C durante 24 h bajo agitación constante (70 rpm).

Para la determinación de la actividad bactericida, se tomaron 5 µL de cada pozo y se sembraron en agar Müller-Hinton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany). Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 h. Transcurrido el periodo de incubación se realizó la lectura de los resultados. La concentración mínima bactericida se definió como la concentración más baja a la cual no se observó crecimiento bacteriano en la placa.

Finalmente, se comparó la actividad antibacteriana de la base de jabón y de la formulación adicionada con aceite esencial, con la finalidad de evaluar el efecto de su incorporación sobre la eficacia bactericida. Para ello, se calculó el factor de incremento de la actividad bactericida

(FIAB), definido como la relación entre la concentración mínima bactericida de la base (CMB_{base}) y la correspondiente a la formulación con aceite esencial ($CMB_{formulación}$) (Campana *et al.*, 2022).

$$FIAB = \frac{CMB_{base}}{CMB_{formulación}}$$

8.5 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la actividad antibacteriana fueron normalizados ($\log_{10}$) y analizados mediante un diseño completamente al azar a través de ANOVA. Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante un análisis estadístico de comparación por Tukey con un nivel de confianza del 95% ($p \leq 0.05$), usando el programa estadístico Minitab 18.

9. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos, entre las bacterias evaluadas, la cepa identificada como *S. aureus*⁰¹ presentó la mayor sensibilidad a los tratamientos evaluados ($P=0.0001$). El efecto bactericida del jabón adicionado con aceite esencial de *M. piperita* sobre esta cepa se observó a una concentración de 0.011%, valor inferior al obtenido para el control positivo (0.05%). En el caso de *S. aureus*⁶⁵³⁸, la mayor sensibilidad se presentó frente al jabón quirúrgico en comparación con el resto de los tratamientos (Cuadro 2).

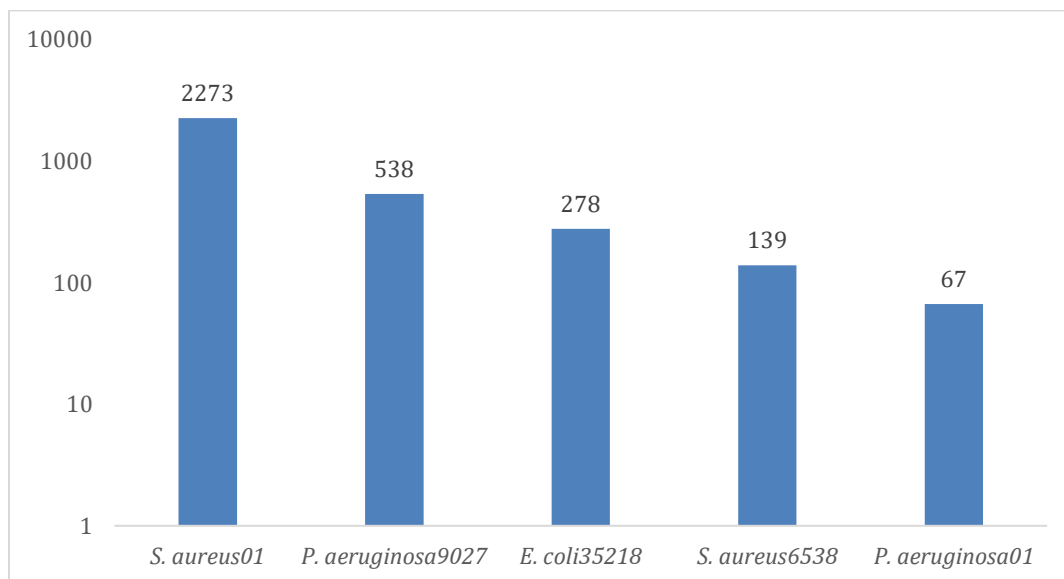
En cuanto a las bacterias Gram negativas, la formulación con aceite esencial también mostró mejor actividad bactericida (0.093-0.75 %) en comparación con el jabón quirúrgico (0.39-0.78 %). La cepa más sensible fue *P. aeruginosa*⁹⁰²⁷, seguida de *E. coli*³⁵²¹⁸ y *P. aeruginosa*⁰¹ (Cuadro 2).

Cuadro 2 . Actividad bactericida del jabón formulado con aceite esencial de *Mentha piperita* frente a bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos

Tratamiento	<i>E. coli</i> ³⁵²¹⁸	<i>P. aeruginosa</i> ⁹⁰²⁷	<i>P. aeruginosa</i> ⁰¹	<i>S. aureus</i> ⁶⁵³⁸	<i>S. aureus</i> ⁰¹
Jabón Quirúrgico	0.39 ^{bC}	0.78 ^{bD}	0.78 ^{bD}	0.097 ^{aB}	0.05 ^{bA}
Base de jabón	50.0 ^{cB}	50.0 ^{cB}	50.0 ^{cB}	25.0 ^{cA}	25.0 ^{cA}
Base de Jabón+AE-Mp	0.18 ^{aC}	0.093 ^{aB}	0.75 ^{aD}	0.18 ^{bC}	0.011 ^{aA}
Valor de <i>P</i>	0.0001				

AE-MP, Aceite esencial de *Mentha piperita*; ^{a, b, c} Literales en letras minúsculas representan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; ^{A, B, C} literales en letras mayúsculas representan diferencias estadísticas significativas entre bacterias.

Con respecto a la base de jabón, se determinó que este tratamiento presentó efecto bactericida a concentración de 25% y 50 % para las cepas Gram positivas y Gram negativas, respectivamente. En contraste, la formulación adicionada con el aceite esencial de *M. piperita* evidenció una mayor eficacia, con incrementos en la actividad bactericida de hasta 2,273 veces frente a *S. aureus*, 538 veces frente a *P. aeruginosa* y 278 veces frente a *E. coli*. Estos resultados evidencian el efecto potenciador del aceite esencial de menta sobre la actividad bactericida de la base jabonosa (Gráfica 1).



Gráfica 1. Incremento en la actividad bactericida de la base jabonosa adicionada con aceite esencial en comparación con la base jabonosa frente a bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos. Los valores son el resultado de la relación entre la concentración mínima bactericida de la base y la formulación con el aceite esencial. El eje Y se presenta en escala logarítmica (log10).

10. DISCUSIÓN

La actividad antibacteriana del aceite esencial de *M. piperita* y de sus compuestos mayoritarios sobre patógenos Gram positivos y Gram negativos, tanto sensibles como multirresistentes a antibacterianos, ha sido ampliamente documentada en la literatura (Mimica-Dukić *et al.*, 2003; Afkar, 2024).

Diversos estudios han demostrado su eficacia frente a bacterias de importancia clínica. Imai *et al.* (2001) reportaron que el aceite esencial de *M. piperita* inhibió la proliferación de *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y cepas de *S. aureus* resistentes a meticilina, además de presentar actividad bactericida dependiente de la concentración. De manera similar, Osanloo *et al.* (2020) determinaron que concentraciones de entre 5,000 y 27,482 µg/ mL inhibieron el 50% del crecimiento de *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* y *K. pneumoniae*. Por su parte, Heydari *et al.* (2018). Reportaron actividad inhibitoria sobre bacterias Gram positivas en un rango de concentraciones de entre 0.08 a 10 mg/mL, destacando que una concentración del 1% el aceite esencial de menta eliminó el 100% de las bacterias evaluadas tras dos horas de exposición.

Otros estudios han confirmado estos efectos en diferentes concentraciones, reportando actividad inhibitoria sobre *E. coli* y *S. aureus* a una concentración 0.5 % sobre, y a concentraciones de 0.1 % sobre *P. aeruginosa* (Mohsenzadeh, 2007; Patrone *et al.*, 2010).

Asimismo, Orchard *et al.* (2017) demostraron actividad frente a bacterias asociadas a infecciones cutáneas, reportando concentraciones de 1.50, 2.0 y 1.0 mg/mL para *E. coli*, *P. aeruginosa* y *S. aureus*, respectivamente. En un estudio posterior, Modarresi *et al.* (2019) evidenciaron que la aplicación tópica del aceite esencial en concentraciones de 2, 4 y 8%

sobre heridas infectadas por *S. aureus* y *P. aeruginosa* redujo significativamente la carga bacteriana.

Además de su actividad directa, el aceite esencial de *M. piperita* ha demostrado potenciar la eficacia antibacteriana de formulaciones tópicas. Patrone *et al.* (2010) reportaron efectos sinérgicos al combinar este aceite con conservantes cosméticos, observando una mayor actividad sobre *P. aeruginosa* al combinarlo con metilparabeno, y frente a *S. aureus* al mezclarlo con propilparabeno e imidazolidinil urea. DE manera similar Floare *et al.* (2023), determinaron que la adición de 2 % de aceite esencial incrementó la actividad bactericida del ozono, logrando la máxima eficacia bactericida en 5 segundos frente a *E. coli*, *P. aeruginosa* y *S. aureus*.

El efecto antibacteriano del aceite esencial se atribuye principalmente al mentol y la mentona (Osanloo *et al.*, 2020; Sanei-Dehkordi *et al.*, 2022). Estos compuestos interactúan con la membrana bacteriana, provocando alteraciones estructurales, desestabilización y pérdida de la integridad, provocando la fuga de componentes intracelulares. Asimismo, se ha reportado que el mentol puede atravesar la membrana celular e interferir con procesos intracelulares esenciales para la supervivencia de la bacteria (Trombetta *et al.*, 2005; Heydari *et al.*, 2018; Badea *et al.*, 2019).

Adicionalmente se ha demostrado que la aplicación tópica de *M. piperita* en heridas también disminuye la fase inflamatoria y favorece la cicatrización en lesiones infectadas por *S. aureus* y *P. aeruginosa*, lo que sugiere un efecto terapeutico integral (Modarresi *et al.*, 2019).

Estos hallazgos respaldan el potencial del aceite esencial de *M. piperita* como agente antibacteriano en diferentes formulaciones, destacando su capacidad para potenciar la

actividad de los biocidas convencionales y su posible aplicación en el manejo de heridas de tejidos blandos.

11. CONCLUSIÓN

El jabón formulado con aceite esencial del *Mentha piperita* presentó actividad bactericida superior frente a bacterias asociadas a infecciones de tejidos blandos, en comparación con la base de jabón y el jabón comercial, confirmando que la incorporación del aceite esencial potencia significativamente la eficacia bactericida de la formulación.

Por lo tanto, esta formulación representa una alternativa eficaz con potencial aplicación en la práctica clínica veterinaria, además de ser una estrategia prometedora para disminuir el uso de antibacterianos y antisépticos convencionales, sin embargo, son necesarios estudios complementarios que evalúen su eficacia y seguridad en modelos *in vivo* y su estabilidad bajo condiciones de uso clínico.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abushaheen, M. A., Muzahed, A. J. Fatani, M. Alosaimi, W. Mansy, M. George, S. Acharya, S. Rathod, D. D. Divakar, C. Jhugroo, S. Vellappally, A. A. Khan, J. Shaik, and P. Jhugroo. 2020. Antimicrobial resistance, mechanisms and its clinical significance, *Dis Mon*, 66: 100971.
- Afkar, S. 2024. Assessment of chemical compositions and antibacterial activity of the essential oil of *Mentha piperita* in response to salicylic acid, *Nat Prod Res*, 38: 3562-73.
- Ajaba, M. O., B. E. Agbo, N. Umoh, E. S. Udoh, A. O. Gulack, A. Ushie, F. O. Izachi, and B. C. Ateb. 2024. Investigating the antibacterial potential of thiophene derivatives against wound infections: a combined DFT, molecular docking, and ADMET study targeting *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Escherichia coli* resistant genes, *In Silico Pharmacol*, 12: 111.
- Alós, Juan-Ignacio. 2015. Resistencia bacteriana a los antibióticos: una crisis global, *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 33: 692-99.
- Badea, M. L., S. L. Iconaru, A. Groza, M. C. Chifiriuc, M. Beuran, and D. Predoi. 2019. Peppermint Essential Oil-Doped Hydroxyapatite Nanoparticles with Antimicrobial Properties, *Molecules*, 24.
- Boyce, J. M. 2023. Quaternary ammonium disinfectants and antiseptics: tolerance, resistance and potential impact on antibiotic resistance, *Antimicrob Resist Infect Control*, 12: 32.
- Campana, R., M. Tiboni, F. Maggi, L. Cappellacci, K. Cianfaglione, M. R. Morshedloo, E. Frangipani, and L. Casettari. 2022. Comparative Analysis of the Antimicrobial Activity of Essential Oils and Their Formulated Microemulsions against Foodborne Pathogens and Spoilage Bacteria, *Antibiotics (Basel)*, 11.
- Chen, Lei, Suresh Kumar, and Hongyan Wu. 2023. A review of current antibiotic resistance and promising antibiotics with novel modes of action to combat antibiotic resistance, *Archives of Microbiology*, 205: 356.
- Costa, S. S., R. Ribeiro, M. Serrano, K. Oliveira, C. Ferreira, M. Leal, C. Pomba, and I. Couto. 2022. *Staphylococcus aureus* Causing Skin and Soft Tissue Infections in Companion Animals: Antimicrobial Resistance Profiles and Clonal Lineages, *Antibiotics (Basel)*, 11.
- da Silva Dantas, A. 2022. Antimicrobial resistance, *Mol Microbiol*, 117: 959-60.
- El-Tarabily, K. A., M. T. El-Saadony, M. Alagawany, M. Arif, G. E. Batiha, A. F. Khafaga, H. A. M. Elwan, S. S. Elnesr, and E. Abd El-Hack M. 2021. Using essential oils to overcome bacterial biofilm formation and their antimicrobial resistance, *Saudi J Biol Sci*, 28: 5145-56.

- Floare, A. D., R. Dumitrescu, V. T. Alexa, O. Balean, C. Szuhaneck, D. Obistioiu, I. Cocan, A. G. Neacsu, I. Popescu, A. D. Fratila, and A. Galuscan. 2023. Enhancing the Antimicrobial Effect of Ozone with *Mentha piperita* Essential Oil, *Molecules*, 28.
- Hamad Al-Mijalli, S., E. Lsharkawy ER, E. M. Abdallah, M. Hamed, N. El Omari, S. Mahmud, M. M. Alshahrani, H. N. Mrabti, and A. Bouyahya. 2022. Determination of Volatile Compounds of *Mentha piperita* and *Lavandula multifida* and Investigation of Their Antibacterial, Antioxidant, and Antidiabetic Properties, *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022: 9306251.
- Heydari, M., A. Zanfardino, A. Taleei, A. A. S. Bushehri, J. Hadian, V. Maresca, S. Sorbo, M. D. Napoli, M. Varcamonti, A. Basile, and D. Rigano. 2018. Effect of Heat Stress on Yield, Monoterpene Content and Antibacterial Activity of Essential Oils of *Mentha x piperita* var. *Mitcham* and *Mentha arvensis* var. *piperascens*, *Molecules*, 23.
- Ho, Charlotte S., Carlos T. H. Wong, Thet Tun Aung, Rajamani Lakshminarayanan, Jodhbir S. Mehta, Saaeha Rauz, Alan McNally, Balint Kintses, Sharon J. Peacock, Cesar de la Fuente-Nunez, Robert E. W. Hancock, and Darren S. J. Ting. 2025. Antimicrobial resistance: a concise update, *The Lancet Microbe*, 6.
- Hudecová, P., J. Koščová, V. Hajdučková, J. Király, and P. Horňák. 2024. Antibacterial and Antibiofilm Activity of Essential Oils Against *Aeromonas* spp. Isolated from Rainbow Trout, *Animals (Basel)*, 14.
- Hudz, N., L. Kobylinska, K. Pokajewicz, V. Horčinová Sedláčková, R. Fedin, M. Voloshyn, I. Myskiv, J. Brindza, P. P. Wiczorek, and J. Lipok. 2023. *Mentha piperita*: Essential Oil and Extracts, Their Biological Activities, and Perspectives on the Development of New Medicinal and Cosmetic Products, *Molecules*, 28.
- Imai, H., K. Osawa, H. Yasuda, H. Hamashima, T. Arai, and M. Sasatsu. 2001. Inhibition by the essential oils of peppermint and spearmint of the growth of pathogenic bacteria, *Microbios*, 106 Suppl 1: 31-9.
- Imam, M. W., and S. Luqman. 2024. Unveiling the mechanism of essential oil action against skin pathogens: from ancient wisdom to modern science, *Arch Microbiol*, 206: 347.
- Inoue Andrade, F., G. A. Purgato, T. de Faria Maia, R. Pais Siqueira, S. Lima, G. Diaz, and M. A. Diaz. 2015. 'Chemical Constituents and an Alternative Medicinal Veterinary Herbal Soap Made from *Senna macranthera*, *Evid Based Complement Alternat Med*, 2015: 217598.
- Jang, J., H. G. Hur, M. J. Sadowsky, M. N. Byappanahalli, T. Yan, and S. Ishii. 2017. Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications-a review, *J Appl Microbiol*, 123: 570-81.
- Ke, J., L. Jiang, Q. Sun, S. Wu, H. Zheng, J. Ye, H. Zheng, Y. Zhong, D. Huang, Y. Wu, B. Wang, and Z. Weng. 2025. BPEI-Stabilized Photocatalytic Au/Titania Nanoclusters with Enhanced

Antimicrobial Activity for Wound Healing Applications, *Int J Nanomedicine*, 20: 11197-210.

Leise, B. S. 2018. Topical Wound Medications, *Vet Clin North Am Equine Pract*, 34: 485-98.

Lima, S., G. Diaz, and M. A. Diaz. 2013. Antibacterial Chemical Constituent and Antiseptic Herbal Soap from *Salvinia auriculata* Aubl, *Evid Based Complement Alternat Med*, 2013: 480509.

Lopes, A. I., C. S. Oliveira, M. E. Pintado, and F. K. Tavaría. 2026. Can essential oils effectively control skin bacteria? Unveiling their powerful antimicrobial effects, *Microbiol Spectr*, 14: e0172325.

Maillard, J. Y. 2022. Impact of benzalkonium chloride, benzethonium chloride and chloroxylenol on bacterial antimicrobial resistance, *J Appl Microbiol*, 133: 3322-46.

Mimica-Dukić, N., B. Bozin, M. Soković, B. Mihajlović, and M. Matavulj. 2003. Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils, *Planta Med*, 69: 413-9.

Modarresi, Mohammad, Mohammad-Reza Farahpour, and Behzad Baradaran. 2019. Topical application of *Mentha piperita* essential oil accelerates wound healing in infected mice model, *Inflammopharmacology*, 27: 531-37.

Mohsenzadeh, M. 2007. Evaluation of antibacterial activity of selected Iranian essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in nutrient broth medium, *Pak J Biol Sci*, 10: 3693-7.

Muteeb, G., M. T. Rehman, M. Shahwan, and M. Aatif. 2023. Origin of Antibiotics and Antibiotic Resistance, and Their Impacts on Drug Development: A Narrative Review, *Pharmaceuticals (Basel)*, 16.

Orchard, A., M. Sandasi, G. Kamatou, A. Viljoen, and S. van Vuuren. 2017. The *in vitro* Antimicrobial Activity and Chemometric Modelling of 59 Commercial Essential Oils against Pathogens of Dermatological Relevance, *Chem Biodivers*, 14.

Orchard, A., and S. van Vuuren. 2017. Commercial Essential Oils as Potential Antimicrobials to Treat Skin Diseases, *Evid Based Complement Alternat Med*, 2017: 4517971.

Orchard, A., A. Viljoen, and S. van Vuuren. 2018. Wound Pathogens: Investigating Antimicrobial Activity of Commercial Essential Oil Combinations against Reference Strains, *Chem Biodivers*, 15: e1800405.

Osanloo, M., A. Abdollahi, A. Valizadeh, and N. Abedinpour. 2020. Antibacterial potential of essential oils of *Zataria multiflora* and *Mentha piperita*, micro- and nano-formulated forms, *Iran J Microbiol*, 12: 43-51.

Palma, E., B. Tilocca, and P. Roncada. 2020. Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine: An Overview, *Int J Mol Sci*, 21.

- Pang, Zheng, Renee Raudonis, Bernard R. Glick, Tong-Jun Lin, and Zhenyu Cheng. 2019. Antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: mechanisms and alternative therapeutic strategies, *Biotechnology Advances*, 37: 177-92.
- Patrone, V., R. Campana, E. Vittoria, and W. Baffone. 2010. In vitro synergistic activities of essential oils and surfactants in combination with cosmetic preservatives against *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*, *Curr Microbiol*, 60: 237-41.
- Prodinger, C., A. Lechner, A. Hintersteininger, J. M. Kern, M. Meißnitzer, D. Meyersburg, J. W. Bauer, and M. Laimer. 2025. Complicated and deep bacterial skin and soft tissue infections, *J Dtsch Dermatol Ges*, 23: 357-75.
- Reygaert, W. C. 2018. An overview of the antimicrobial resistance mechanisms of bacteria, *AIMS Microbiol*, 4: 482-501.
- Reza, Nada, Vineet Dubey, Michael Sharland, and William Hope. 2025. Antimicrobial use and resistance, *BMJ*, 391: e082681.
- Sanei-Dehkordi, A., A. Abdollahi, M. Safari, F. Karami, G. Ghaznavi, and M. Osanloo. 2022. Nanogels Containing *Foeniculum vulgare* Mill. and *Mentha piperita* L. Essential Oils: Mosquitoes Repellent Activity and Antibacterial Effect, *Interdiscip Perspect Infect Dis*, 2022: 4510182.
- Sheldon, A. T., Jr. 2005. Antiseptic resistance: what do we know and what does it mean? *Clin Lab Sci*, 18: 181-7.
- Silva, W. M. F., N. P. Bona, N. S. Pedra, K. F. D. Cunha, A. M. Fiorentini, F. M. Stefanello, E. R. Zavareze, and A. R. G. Dias. 2022. Risk assessment of *in vitro* cytotoxicity, antioxidant and antimicrobial activities of *Mentha piperita* L. essential oil, *J Toxicol Environ Health A*, 85: 230-42.
- Tagliaferri, T. L., S. Rhode, P. Muñoz, K. Simon, A. Krüttgen, C. Stoppe, T. Ruhl, J. P. Beier, H. P. Horz, and B. S. Kim. 2024. Antiseptic management of critical wounds: differential bacterial response upon exposure to antiseptics and first insights into antiseptic/phage interactions, *Int J Surg*, 110: 5374-84.
- Trombetta, D., F. Castelli, M. G. Sarpietro, V. Venuti, M. Cristani, C. Daniele, A. Saija, G. Mazzanti, and G. Bisignano. 2005. Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes, *Antimicrob Agents Chemother*, 49: 2474-8.
- Wales, A. D., R. J. Gosling, H. L. Bare, and R. H. Davies. 2021. Disinfectant testing for veterinary and agricultural applications: A review, *Zoonoses Public Health*, 68: 361-75.
- Wang, Jinyu, Wenxin Meng, Kaichuan Zhang, Jingyu Wang, Baochun Lu, Ruijie Wang, and Kun Jia. 2022. Topically applied bacteriophage to control multi-drug resistant *Pseudomonas*

aeruginosa-infected wounds in a New Zealand rabbit model, *Frontiers in Microbiology*, Volume 13 - 2022.

- Wang, Z., C. Feng, G. Chang, H. Liu, and W. Zhang. 2025. Enhancing early diagnosis and monitoring of wound infections caused by multiple bacteria in tissues through digital PCR integration with cutaneous infection biomarkers, *BMC Infect Dis*, 25: 372.
- Watkins, R. R., and M. Z. David. 2021. Approach to the Patient with a Skin and Soft Tissue Infection, *Infect Dis Clin North Am*, 35: 1-48.
- Weese, J. S., S. Giguère, L. Guardabassi, P. S. Morley, M. Papich, D. R. Ricciuto, and J. E. Sykes. 2015. ACVIM consensus statement on therapeutic antimicrobial use in animals and antimicrobial resistance, *J Vet Intern Med*, 29: 487-98.
- Wińska, K., W. Mączka, J. Łyczko, M. Grabarczyk, A. Czubaszek, and A. Szumny. 2019. Essential Oils as Antimicrobial Agents-Myth or Real Alternative? *Molecules*, 24.
- Yu, Z., J. Tang, T. Khare, and V. Kumar. 2020. The alarming antimicrobial resistance in ESKAPEE pathogens: Can essential oils come to the rescue? *Fitoterapia*, 140: 104433.
- Zaragoza-Bastida, Adrian, Saudy Concepcion Flores-Aguilar, Liliana Mireya Aguilar-Castro, Ana Lizet Morales-Ubaldo, Benjamín Valladares-Carranza, Lenin Rangel-López, Agustín Olmedo-Juárez, Carla E. Rosenfeld-Miranda, and Nallely Rivero-Pérez. 2020. Antibacterial and Hemolytic Activity of *Crotalus triseriatus* and *Crotalus ravus* *Venom*, *Animals*, 10: 281.
- Zhao, Hui, Shan Ren, Han Yang, Shun Tang, Chenyang Guo, Maolun Liu, Qiu Tao, Tianqi Ming, and Haibo Xu. 2022. Peppermint essential oil: its phytochemistry, biological activity, pharmacological effect and application, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 154: 113559.