

Actividad bacteriostática del propóleo y geopropóleo en salchichas contaminadas por *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*

Bacteriostatic activity of propolis and geopropolis in sausages contaminated by Escherichia coli and Staphylococcus aureus

José Carlos Tapia-Rivera¹, María del Carmen Barragán Carmona¹, José María Tapia-González^{1*}, Francisca Contreras-Escareño², Ma. Patricia Rivera-Espinoza¹, Álvaro De la Mora Peña³, Francisco Javier Chavoya Moreno¹, Laura Elena Iñiguez-Muñoz¹, José Octavio Macías-Macías¹, Ernesto Guzmán Novoa³

¹Centro de Investigaciones en Abejas (CIABE), Departamento de Ciencias de la Naturaleza, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara, México.

²Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, México.

³School of Environmental Sciences, University of Guelph, Ontario, Canadá.

*Autor de correspondencia: Av. Enrique Arreola Silva No. 883, 49000, Ciudad Guzmán, Jalisco, joset@cusur.udg.mx

Artículo de investigación

Resumen

La contaminación alimentaria constituye un importante desafío para la salud pública, ya que origina enfermedades causadas por bacterias patógenas. A nivel global, impacta a millones de personas y provoca miles de muertes anuales; los niños menores de cinco años representan el 40% de los casos y sufren un número significativo de fallecimientos cada año a causa de estas bacterias. Este estudio evaluó la eficacia del propóleo y geopropóleo como agentes bacterioestáticos contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en salchichas contaminadas. Se emplearon ocho grupos de salchichas, tratándose tres con extracto etanólico de propóleo (20, 30 y 50%), tres con extracto etanólico de geopropóleo (20, 30 y 50%), un grupo control positivo con nitratos y uno negativo con alcohol (70%). Los resultados iniciales mostraron que el grupo control negativo presentó el mayor crecimiento de *S. aureus*, mientras que los tratamientos con propóleo al 50%, geopropóleo al 20% y nitratos mostraron los menores crecimientos microbianos. Similarmente, la concentración de *E. coli* disminuyó significativamente en todos los grupos, excepto en el grupo control tratado con alcohol, donde aumentó. El análisis ANOVA confirmó diferencias significativas, indicando que tanto el propóleo como el geopropóleo, especialmente a concentraciones específicas, son efectivos para inhibir el crecimiento de estos microorganismos en productos cárnicos, destacando su potencial como conservantes naturales. **Palabras clave:** *Melipona colimana*, *Apis mellifera*, propóleos, salchichas, agente bio-conservante.

Abstract

Food contamination poses a significant challenge to public health, leading to illnesses caused by pathogenic bacteria. Globally, it affects millions of people and results in thousands of deaths annually; children under five years old represent 40% of cases and suffer a significant number of deaths each year due to these bacteria. This study evaluated the effectiveness of propolis and geopropolis as bacteriostatic agents against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in contaminated sausages. Eight groups of sausages were used, three treated with ethanolic propolis extract (20%, 30%, and 50%), three with geopropolis extract (20%, 30%, and 50%), a positive control group with nitrates, and a negative control with ethanol (70%). Initial results showed that the negative control group exhibited the highest growth of *S. aureus*, while treatments with 50% propolis, 20% geopropolis, and nitrates showed the lowest microbial growths. Similarly, the concentration of *E. coli* significantly decreased in all groups except for the control group treated with alcohol, where it increased. ANOVA analysis confirmed significant differences, indicating that both propolis and geopropolis, especially at specific concentrations, effectively inhibit the growth of these microorganisms in meat products, highlighting their potential as natural preservatives.

Key words: *Melipona colimana*, *Apis mellifera*, propolis, sausages, bio-conservative agent.



Copyright: © 2024 by the authors. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Introducción

La contaminación de alimentos constituye un desafío significativo para la salud pública, principalmente a causa de bacterias patógenas que ocasionan Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA). Globalmente, la ingestión de alimentos contaminados emerge como una importante fuente de morbilidad y mortalidad, impactando aproximadamente a 600 millones de individuos y contribuyendo a 420,000 decesos anuales. Los infantes menores de cinco años presentan una vulnerabilidad particular, representando el 40% de la carga enfermedad y registrando 125,000 muertes cada año. Las afecciones diarreicas se posicionan como las más comunes asociadas a la ingesta de alimentos contaminados, con 550 millones de casos y 230,000 muertes al año, lo que se traduce en una pérdida de 33 millones de años de vida ajustados por discapacidad, de acuerdo con cifras proporcionadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2019.

Los productos cárnicos están expuestos a la contaminación por una amplia gama de microorganismos patógenos en diversas etapas del proceso de producción, que abarcan desde el sacrificio del animal hasta el punto de consumo final. Esta contaminación puede originarse por contaminación cruzada y verse exacerbada por prácticas deficientes de manejo y procesamiento. Microorganismos de particular preocupación incluyen *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*, los cuales son capaces de provocar episodios de intoxicación alimentaria (Heredia, 2014). Estudios realizados por Hachemi (2019) reportaron una contaminación por *S. aureus* en el 25.22% de las salchichas caseras en mercados de Argelia. Asimismo, Cavalin (2018) encontró que el 71.3% de las salchichas tipo toscana, de cerdo y calabresa, elaboradas en Londrina, Brasil, estaban contaminadas con *E. coli*. Estas cifras son alarmantes y muestran altas tasas de contaminación bacteriana en alimentos comunes, resaltando deficiencias en las prácticas de producción y procesamiento.

La implementación rigurosa de protocolos de higiene y control de calidad a lo largo de todo el ciclo de producción es imperativa para minimizar el riesgo de contaminación microbiana y asegurar la inocuidad de los productos cárnicos. Estos esfuerzos requieren un enfoque multidisciplinario que incorpore tanto prácticas de buen manejo agrícola como estrategias avanzadas de procesamiento alimentario, enfatizando la importancia de un seguimiento detallado y controles preventivos en cada paso del proceso para prevenir la incidencia de patógenos y garantizar la seguridad alimentaria (Secretaría de Salud, 2021). Para reducir dicho problema, se han utilizado diferentes químicos en su conservación, como el ácido benzoico, benzoato de sodio, sorbatos, nitritos y nitratos (FAO, 1995), los cuales poseen excelentes resultados en su calidad sensorial, color y sabor (Xiang et al., 2019). Sin embargo, los nitritos y nitratos pueden ser dañinos al organismo humano, debido a que reaccionan con las aminos de orígenes proteicos y estas forman nitrosaminas, que son dañinas para el organismo ya que se asocian con la generación de cáncer (OMS, 2015). Por lo que se buscan alternativas para la conservación de alimentos como el salazón, ahumado o adición de aceites esenciales (Gómez et al., 2020).

Entre otras sustancias con potencial de uso como conservadores de alimentos se encuentra el propóleo, que es utilizado por las abejas para sellar grietas, impermeabilizar y reducir el riesgo de enfermedades dentro de la colmena (SADER, 2022). Estudios *in vitro* muestran que este compuesto

es un potente bacteriostático, bactericida, antifúngico y antioxidante, y estas atribuciones dependen de su composición química (Vargas et al., 2013). El propóleo se compone por polifenoles (flavonoides, ácidos fenólicos y ésteres), polen, hierro, zinc, vitaminas, cetonas, lactonas, esteroides y azúcares (Vásquez-Valles, 2019). Así mismo otro tipo de propóleo es el geopropóleo, sustancia química similar al propóleo, pero producida por abejas sin aguijón, además de contener tierra o arena (Dias et al., 2017). Por su parte, Silva-Carvalho (2015) menciona que los extractos de propóleo cuentan con un efecto similar al de ciertos antibióticos, como la amoxicilina, ampicilina y cefalexina, por dicho motivo, los extractos de propóleos se han utilizado en la conservación de embutidos cárnicos como chorizos (Gutiérrez-Cortés & Suárez-Mahecha, 2014).

Sin embargo, se desconoce si los extractos etanólicos de propóleo o geopropóleo podrían ser un agente con potencial en la conservación de embutidos cárnicos como la salchicha. Es por lo que en esta investigación se evaluó la eficacia del propóleo y geopropóleo como agentes bacteriostáticos para inhibir el crecimiento de *E. coli* y *S. aureus* en salchichas contaminadas, con el fin de desarrollar estrategias más seguras y naturales para preservar la calidad y prolongar la vida útil de productos cárnicos.

Métodos

Ubicación geográfica

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología, el cual proporcionó las cepas de bacterias utilizadas en este estudio, y en el Centro de Investigaciones en Abejas (CIABE). Ambos son parte del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara, en Ciudad Guzmán, Zapotlán el Grande, Jalisco, México (19°42'16" LN, 103°27'42" LO; 1,535 msnm).

Elaboración de los extractos etanólicos de propóleo y geopropóleo

El propóleo de *A. mellifera* y el geopropóleo de *M. colimana* se recolectaron de los apiarios y meliponarios del Centro de Investigaciones en Abejas (CIABE). El proceso de recolección se realizó de acuerdo con la NOM-003-SAG/GAN-2017. Una vez recolectados, los propóleos y geopropóleos fueron limpiados. Los propóleos se limpiaron manualmente para eliminar materiales visibles como madera, tierra y abejas muertas. Posteriormente, se lavaron con agua potable para remover la suciedad y se dejaron secar durante 24 horas. Fueron congelados a -20°C y posteriormente se elaboraron las tinturas por el método alcohólico de acuerdo a la NOM-003-SAG/GAN-2017 (SAGARPA, 2021). Se utilizó alcohol al 70%, el cual se preparó con 6000 ml del alcohol de 96° y se le añadieron 245.1 ml de agua destilada, posteriormente se depositó este alcohol en seis frascos de 1000 ml en conjunto con el propóleo o geopropóleo, utilizando las siguientes concentraciones: al 20% se agregó 650 ml de alcohol y 130 mg de propóleo o geopropóleo obteniendo una solución al 0.2 mg/ml, al 30% se agregó 650 ml de alcohol y 195 mg de propóleo o geopropóleo obteniendo una solución al 0.30 mg/ml y al 50% se agregó 650 ml de alcohol y 325 mg de propóleo o geopropóleo obteniendo una solución al 0.50 mg/ml. Las tinturas obtenidas se depositaron en frascos ámbar para su conservación y se dejaron macerar por un período de 72 h con agitación constante (SAGARPA, 2021). En la Figura 1 se muestra

la recolección de las muestras de propóleo y geopropóleo.

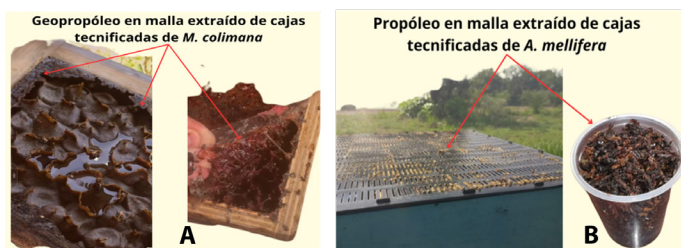


Figura 1. Recolección de geopropóleo (A) y propóleo (B).

Elaboración de salchichas

Se elaboraron salchichas estilo Viena con carne de cerdo, de acuerdo con el Manual de Prácticas de Tecnología de los Alimentos de Ramírez et al. (2016). Para la elaboración de las salchichas se usaron 4,260 gramos de carne de cerdo (espaldilla). Primero se procedió a retirar todo tipo de materia innecesaria como el cartílago y tejido conectivo, posteriormente se redujo el tamaño en un molino para carne tipo prensa número diez (modelo Wf1642, marca Wolfox de origen chino). Subsiguientemente se procedió al pesado y elaboración de las salchichas usando los siguientes ingredientes: 6.5 g de carragenina (sustituto de grasa) marca MCS, 89 g de sal refinada, 100 g de leche condensada marca Pronto, 20 g de pimienta roja (*Capsicum annum*), 0.9 g de cilantro deshidratado (*Coriandrum sativum*), 26 g de fécula de papa (*Solanum tuberosum*), 0.9 g de pimienta blanca (*Piper nigrum*), 0.9 g de ajo (*Allium sativum*) deshidratado, 0.9 g de nuez moscada (*Juglans regia*), 27 g de condimento estilo italiano marca Member's Mark, 524 ml de agua potable, 1,024 gramos de hielo potable. Como resultado se obtuvo un total de 5,956 g de mezcla de salchichas.

Los tratamientos se prepararon de la siguiente manera: del total de la mezcla de salchichas, se dividió la mezcla en ocho grupos de 744.5 g, cada grupo fue depositado en una charola de acero inoxidable y posteriormente se les adicionó uno de los siguientes tratamientos: 1) Propóleo 20% (con la adición total de 6 g de tintura de propóleo 20%), 2) Propóleo 30% (con la adición de 6 g de extracto de propóleo 30%), 3) Propóleo 50% (con la adición de 6 g de tintura de propóleo 50%), 4) Geopropóleo 20% (con la adición de 6 g de tintura de geopropóleo 20%), 5) Geopropóleo 30% (con la adición de 6 g de tintura de geopropóleo 30%), 6) Geopropóleo 50% (con la adición de 6 g de tintura de geopropóleo 50%), 7) Nitratos (con la adición de 6 g salnitro marca MCS), y 8) Control alcohol (con la adición de 6 g de alcohol 96° para consumo humano).

Posteriormente cada grupo de manera individual se introdujo en una masajeadora (modelo Ah-hlq-14, marca Migsa, de origen chino) por 15 min con el fin de integrar el propóleo a la mezcla. Concluido el tiempo se procedió a embutir individualmente los grupos en una embudidora (modelo VV-LSSDGCJ3L, marca Vevor, de origen chino) con tripa de colágeno seca para salchichas de 34 mm, obteniendo 30 salchichas por grupo. Las salchichas resultantes se cocinaron en agua a una temperatura de 71°C durante 25 min y posteriormente se dejaron enfriar. Finalmente se empacaron en bolsas de poliuretano, se envasaron al vacío y se mantuvieron en refrigeración a temperatura de 2 a 4°C con 5% de humedad relativa hasta su evaluación microbiológica y sensorial.

Procedimiento experimental

De la mezcla final se obtuvieron 240 salchichas, las cuales se dividieron en ocho grupos que contenían 30 salchichas. De estas, 16 salchichas por grupo fueron utilizadas en el análisis microbiológico (ocho salchichas para el análisis de *S. aureus* y ocho salchichas para el análisis de *E. coli*) y 14 salchichas por grupo se utilizaron para el análisis organoléptico.

Contaminación intencional con cultivos de *S. aureus* y *E. coli*

Las cepas de *S. aureus* y *E. coli* fueron aisladas y caracterizadas de acuerdo a Zendejas-Manzo (2014) y Lupindu (2017). Las cepas de *S. aureus* crecieron en agar Baird Parker (Merck) y se identificaron mediante pruebas de coagulasa + y catalasa +, mientras que las cepas de *E. coli* se identificaron por sus características morfológicas típicas en agar EMB-L y se realizaron las pruebas bioquímicas establecidas en la normatividad. Las cepas viables fueron conservadas en microtubos de 1ml con 0.05 ml de glicerol al 50% y posteriormente en congelación a -20 °C hasta su uso.

El día del experimento se tomaron 16 salchichas por grupo, las cuales se maceraron en un mortero, a ocho de esas salchichas se les contaminó intencionalmente con 1 ml de cultivos previamente aislados de *S. aureus* el cual contenía aproximadamente $28.71 \pm 2.96 \times 10^6$ UFC/g. Las ocho salchichas restantes fueron contaminadas con un 1 ml de cultivos de *E. coli*, el cual contenía en promedio $71.57 \pm 9.24 \times 10^6$ NMP/g. Estos macerados fueron almacenados en bolsas Ziploc y posteriormente se incubaron en un horno marca Luzeren, Model DHP, Prolab, de origen suizo, a una temperatura de 37°C.

Posteriormente se realizaron dos conteos de unidades formadoras de colonias (UFC/g) en salchichas contaminadas con *S. aureus* o del número más probable (NMP/g) en salchichas contaminadas con *E. coli*. El primer conteo se realizó inmediatamente después de inocular intencionalmente las salchichas y el segundo conteo se realizó tres días posteriores a la inoculación, esto para determinar el crecimiento de *S. aureus* y de *E. coli*.

Para el recuento de *S. aureus*, se utilizó la metodología de la NOM-210-SSA1-2014 con el método de coagulasa positiva, con dicho procedimiento se sembró 1 ml de las diluciones 10-2 y 10-3 en cajas Petri de cristal con superficie en agar Baird Parker (Merck), incubadas a 37°C durante 72 horas en condiciones aeróbicas. Posteriormente se realizó la prueba de la coagulasa para las colonias positivas y coloración de Gram. Así mismo se realizó un recuento de la cantidad de las bacterias con un contador de colonias marca Yuchengtech. Las bacterias aerobias totales se midieron después de 72 h de incubación a 37°C con agar de recuento en placa (PCA), los resultados se describieron como log₁₀ UFC/g (Secretaría de Salud, 2021).

Para la determinación de *E. coli*, se utilizó la metodología de la NOM-210-SSA1-2014 con el método para la estimación de la densidad de coliformes fecales con la técnica del número más probable (NMP/g). Se tomaron de la bolsa contaminada 100 g de muestra, que se depositó en bolsas estériles con tiosulfato de sodio sólido (10 mg/envase de 100 ml); esta muestra se depositó en tres tubos de cristal con capacidad de 10 ml en porciones de 0.1 g, 0.01 g y 0.001 g, junto con 8 ml de caldo Lauril Sulfato. Los tubos inoculados se incubaron por 48 h a 35°C en un horno marca Luzeren, Model DHP, Prolab, posteriormente se utilizó la siguiente

fórmula: (NMP/g de la tabla - 100) x factor de dilución del tubo = NMP/g para describir los resultados (Secretaría de Salud, 2021).

Análisis estadístico

Las variables de recuento de UFC y NMP se analizaron mediante la prueba de ANOVA previo análisis de normalidad de Shapiro-Wilk. Asimismo, se crearon histogramas. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 24®(Quezada, 2017). Se consideraron diferencias significativas cuando el valor de p fuera menor o igual a 0.05.

Resultados

Análisis microbiológico para *S. aureus*

La Figura 2 presenta los resultados obtenidos al inocular *S. aureus* en salchichas tratadas con extractos de propóleos o geopropóleo. Inicialmente, no se observaron diferencias en la concentración bacteriana entre los grupos, en la medición final se muestra que el grupo control obtuvo el crecimiento microbiano más alto dentro de los tratamientos con valor de 120.44×10^6 UFC/g, seguido de los grupos con propóleo 20 y 30% con valores de 88.01 y 77.71×10^6 UFC/g, respectivamente. Los grupos que presentaron un menor crecimiento microbiano fueron aquellos tratados con propóleo al 50%, geopropóleo al 20% y nitratos, registrando valores de 13.09×10^6 UFC/g, 15.99×10^6 UFC/g, respectivamente.

El análisis realizado a través del ANOVA reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados ($F=66.84$, $gl=7$, $p=0.001$), evidenciando una marcada reducción en el crecimiento bacteriano; en el recuento final, al comparar el grupo de nitratos con aquellos tratados con propóleo al 50% mostró concentraciones bacterianas parecidas. Este resultado demuestra la capacidad bacteriostática de estos tratamientos.

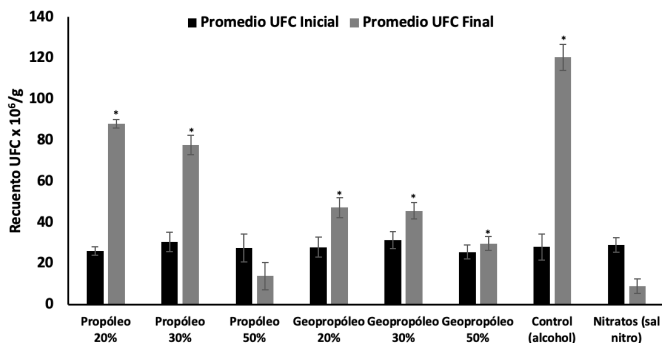


Figura 2. Crecimiento microbiano en salchichas contaminadas con *S. aureus*. El análisis ANOVA se realizó tomando como base de referencia el grupo de Nitratos. Los asteriscos sobre las barras de error indican diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto al grupo de nitratos.

Análisis microbiológico para *E. coli*

La Figura 3 presenta el análisis cuantitativo de la carga microbiana de *E. coli* inoculado en salchichas para diferentes grupos ($F=6.354$, $gl=7$, $p=0.0011$). La medición inicial registró conteos de *E. coli* variando entre 63.13 y 80.01 NMP/g. No se encontraron diferencias en el recuento bacteriano intergrupar. Al término de la investigación, se observó una disminución generalizada en la concentración de *E. coli* en los distintos grupos experimentales, con valores fluctuantes entre 62.02 y 46.8 NMP/g, a excepción del grupo control, que mostró un incremento hasta alcanzar 95 NMP/g. Los grupos sujetos a

tratamiento con geopropóleo al 50% manifestaron la mayor reducción NMP/g, registrando 46 NMP/g. La aplicación del análisis de varianza (ANOVA) mostró que el grupo control fue diferente al grupo de nitratos; como se observa en la Figura 3, los tratamientos experimentales mostraron una disminución significativa en los niveles de NMP/g; estos grupos se comportaron de la misma manera que el grupo de nitratos. Estos hallazgos sugieren una potencial eficacia de estos tratamientos como agente en la reducción de *E. coli* en productos cárnicos, ofreciendo una alternativa prometedora a los métodos de conservación convencionales.

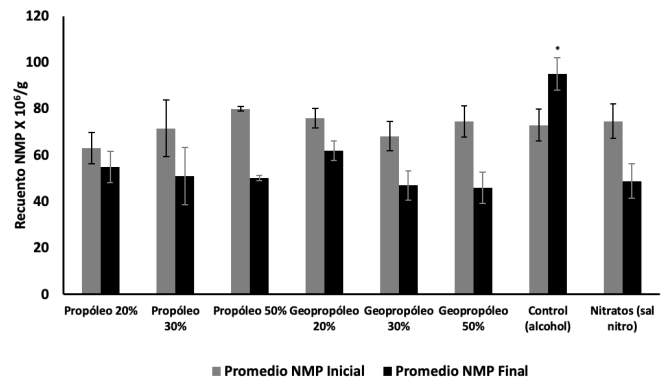


Figura 3. Crecimiento microbiano en salchichas contaminadas con *E. coli*. El análisis ANOVA se realizó tomando como base de referencia el grupo de Nitratos. Los asteriscos sobre las barras de error indican diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto al grupo de nitratos.

Discusión

Análisis microbiológico

En el presente estudio fue posible identificar el efecto bacteriostático de extractos de propóleo y geopropóleo sobre *E. coli* y *S. aureus* en salchichas estilo Viena de carne de cerdo. Al respecto, Gutiérrez-Cortés & Suárez-Mahecha (2014) experimentaron con propóleo en salchichas observando la disminución del pH de 5.77 a 4.73 después del octavo día de conservación, esto podría deberse a que el propóleo no afecta al crecimiento de las bacterias ácido-lácticas. Cervantes-Martínez (2017) menciona que el pH es un factor que influye en el crecimiento de los microorganismos, puesto que el rango óptimo para el crecimiento de las bacterias va de un pH 6.0 hasta 8.5 y en el experimento de Gutiérrez-Cortés & Suárez-Mahecha (2014), el pH osciló entre 4.73 y 5.91, indicativo de la actividad de bacterias de ácido láctico, las cuales son responsables de la disminución del pH. Por ende, un pH inferior a 6 podría inhibir significativamente el crecimiento de patógenos como *E. coli* y *S. aureus*.

Se observó que el extracto de propóleo al 50% posee potencial para ser una alternativa a los conservadores de productos cárnicos, debido a que disminuyó el crecimiento de *S. aureus* y de *E. coli*. Los resultados pueden deberse a que los propóleos cuentan con actividad antimicrobiana (Dias et al., 2017; Pobięga et al., 2019 a,b); además, estos resultados tienen semejanza con lo reportado por Gutiérrez-Cortés & Suárez-Mahecha (2014), quienes mencionan que el propóleo de *A. mellifera* inhibió el crecimiento de *S. aureus* en chorizos en concentraciones de 0.8 mg/ml (tres veces mayor que las usadas en este estudio). Sin embargo, la falta de una disminución en la cantidad de *S. aureus* en los grupos de propóleo y geopropóleo podría deberse a que la

actividad antimicrobiana del propóleo varía dependiendo del microorganismo y de la región de recolección de estos (Koo et al., 1999).

La disminución de las bacterias estudiadas pudiera ser debida a la galangina, sustancia presente en los propóleos, que aumenta la depleción de potasio en *S. aureus* y desestabiliza la membrana citoplasmática ocasionando lisis osmótica de la bacteria (Vargas et al., 2013). De acuerdo con lo anterior, es posible que en aquellos grupos donde no se observó una reducción del crecimiento bacteriano, la cantidad de galangina no fue la óptima para ocasionar una lisis en *S. aureus*, por lo que se necesitan más estudios para determinar si fue este el componente que disminuyó la cantidad de *S. aureus*. Respecto al efecto de los geopropóleos, estudios *in vitro* realizados por Farnesi et al. (2009) muestran una inhibición de *S. aureus*, específicamente los geopropóleos de *Melipona quadrifasciata* y *Scaptotrigona sp.* Los estudios citados ofrecen una visión completa de cómo el propóleo y el geopropóleo pueden afectar la microbiota de alimentos como las salchichas, especialmente al reducir la presencia de *E. coli*. Esta investigación es vital dada la peligrosidad de este patógeno, que puede provocar enfermedades graves.

Los estudios de Vargas-Sánchez (2014) y Vargas et al. (2013) sugieren que compuestos del propóleo, como la quercetina y la naringenina, pueden aumentar la permeabilidad de la membrana bacteriana y disminuir su potencial, afectando el movimiento bacteriano. También se menciona el impacto potencial de otros compuestos del propóleo en la ARN polimerasa, una enzima esencial para varios procesos de biología molecular en bacterias. Esto señala una acción antimicrobiana multifacética del propóleo, afectando tanto la estructura física como las funciones biológicas de las bacterias.

Por otro lado, el estudio de Farnesi et al. (2009) señala que los flavonoides y metaloenzimas en el geopropóleo de *Scaptotrigona sp.* forman complejos que perturban el metabolismo bacteriano. Este mecanismo sugiere una forma específica mediante la cual los componentes del geopropóleo afectan a las bacterias a nivel molecular.

Ali et al. (2014) extienden la discusión a la aplicabilidad práctica del propóleo, demostrando que el tratamiento de las salchichas con un extracto etanólico de propóleo al 50% mejora la vida útil de estas bajo refrigeración, según análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. Este resultado es especialmente relevante para la industria alimentaria, ya que indica una posible estrategia para prolongar la frescura y seguridad de los productos cárnicos sin comprometer su aceptabilidad sensorial.

No obstante, la cuestión de por qué aumentos en la concentración de tratamientos no siempre resultan en una mayor efectividad antimicrobiana se aborda en el análisis de Huynh (2014) en el que se introduce el concepto de interferencia química, sugiriendo que las interacciones entre agentes antimicrobianos y otros compuestos pueden disminuir la actividad antimicrobiana esperada. Este fenómeno podría explicar la variabilidad en la eficacia del propóleo y señala la necesidad de considerar la complejidad química del entorno al diseñar tratamientos antimicrobianos.

El propóleo en concentración del 50% presenta las mejores características bacteriostáticas por la disminución en el conteo de bacterias patógenas como se muestra en los resultados, además de ser un aditivo no tóxico, esto último de acuerdo con Ramírez (2001), y con ello se podría alcanzar la inocuidad

de los alimentos y cumplir con las normativas vigentes sobre seguridad alimentaria. Sin embargo, hacen falta más estudios para que este aditivo pueda usarse como posible sustitución de los nitritos. Estos resultados son de gran importancia, ya que ponen de manifiesto la actividad antimicrobiana de los propóleos de abejas sin aguijón en la lucha contra agentes patógenos como *S. aureus* y *E. coli*.

Conclusiones y perspectivas

Los tratamientos con propóleo al 50% y geopropóleo al 50% mostraron una reducción notable en el crecimiento bacteriano, comparable al efecto de los nitratos. Este trabajo se puede considerar como una investigación preliminar con el fin de poder realizar futuros estudios que involucren las propiedades biológicas y constitución química del propóleo de *A. mellifera* y geopropóleo de *M. colimana* producidos en la zona apícola del estado de Jalisco, México, y su correlación con el tipo de flora presente de donde se extraen estos compuestos.

Agradecimientos

Al laboratorio de Microbiología del Centro Universitario del Sur y a Miriam Rangel Partida, por su valiosa colaboración en la recolección de propóleos.

Referencias

- Ali, F., Kassem, G., y Atta-Alla, O. (2014). Propolis as a natural decontaminant and antioxidant in fresh oriental sausage. *Veterinaria Italiana*, 46(2), 167-172. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20560126/>
- Cavalin, P., Sarmiento, J., Kobayashi, R., Nakazato, G., Ocaña, A., y Oliveira, T. (2018). Detection of *Salmonella* spp. and diarrheagenic *Escherichia coli* in fresh pork sausages. *Ciências Agrárias* 39(4), 1533-1546. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445759824013>
- Cervantes-Martínez, J., Orihuela-Equihua, R., y Rutiaga-Quiñones, J. (2017). Acerca del desarrollo y control de microorganismos en la fabricación de papel. *ConCiencia*, 54, 154-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631001>
- Días, R., Bóbyan, M., Vinicius, M., y Alves, S. (2017). Acción antibacteriana de geopropolis de *Melipona quadrifasciata* en cultivo de secreción de otitis en perros. *Revista MVZ Córdoba*, 22(2), 5837-5843. <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/1013/pdf>
- FAO. (2015). Nombres genéricos y sistema internacional de numeración de los aditivos alimentarios. Codex alimentarius. https://www.fao.org/input/download/standards/13341/CXG_036s_2015.pdf
- Farnesi, A., Aquino-Ferreira, F., De Jong, D., Bastos, J., y Soares, A. (2009). Effects of stingless bee and honeybee propolis on four species of bacteria. *Genetics and Molecular Research*, 8(2), 635-640. <https://doi.org/10.4238/vol8-2kerr023>
- Gómez, I., Janardhanan, R., Ibañez, F., y Beriain, M. (2020). The effects of processing and preservation technologies on meat quality: Sensory and nutritional aspects. *Foods*, 9(10), 1416. <https://doi.org/10.3390/foods9101416>
- Gutiérrez-Cortés, C., y Suárez-Mahecha, C. (2014). Actividad antimicrobiana del propóleo y efecto en las características fisicoquímicas y sensoriales en embutidos. *Vitae*, 21(2), 90-96. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/12795/16953>
- Hachemi, A., Zenia, S., Denia, M., Guessoum, M., Hachemi, M.,

- y Ait-Oudhia, K. (2019). Epidemiological study of sausage in Algeria: Prevalence, quality assessment, and antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolates and the risk factors associated with consumer habits affecting foodborne poisoning. *Veterinary World*, 12(8), 1240-1250. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.1240-1250>
- Heredia, N., Dávila-Aviña, J., Solís Soto, L., y García, S. (2014). Meat products: main pathogens and non-thermal control strategies. *Nacameh*, 8(2), S20-S42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6032880>
- Huynh, K., McCaffery, J., y Chen, K. (2014). Heteroaggregation reduces antimicrobial activity of silver nanoparticles: evidence for nanoparticle-cell proximity effects. *Environmental Science & Technology Letters*, 1(9), 361-366. <https://doi.org/10.1021/ez5002177>
- Koo, H., Rosalen, P., Cury, J., Park, Y., Ikegaki, M., y Sattler, A. (1999). Effect of *Apis mellifera* propolis from two Brazilian regions on caries development in desalivated rats. *Caries Research*, 33(5), 393-400. <https://doi.org/10.1159/000016539>
- Lupindu, A. (2017). Aislamiento y caracterización de *Escherichia coli* de animales, humanos y medio ambiente. En A. Samie (Ed). *Escherichia coli - Recent advances on physiology, pathogenesis and biotechnological applications* (pp. 187-206). IntechOpen Limited. <https://doi.org/10.5772/67390>
- OMS. (2015). IARC evalúa el consumo de la carne roja y de la carne procesada. <https://www.paho.org/es/noticias/28-10-2015-iarc-evalua-consumo-carne-roja-carne-procesada>
- Pobiega, K., Kraśniewska, K., Przybył, J., Bączek, K., Żubernik, J., Witrowa-Rajchert, D., y Gniewosz, M. (2019a). Growth biocontrol of foodborne pathogens and spoilage microorganisms of food by Polish propolis extracts. *Molecules*, 24(2965), 1-17. <https://doi.org/10.3390/molecules24162965>
- Pobiega, K., Kraśniewska, K., y Gniewosz, M. (2019b). Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality - a review. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 53-62. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224418303807>
- Quezada-Lucio, N. (2017). *Estadística con SPSS 24*. Editorial Marco.
- Ramírez, M., Villalobos, D., Villafuerte, G., y Andrade, F. (2001). Propóleo: ¿Una alternativa en la terapéutica médica y odontológica?. *Medicina Oral*, 3(2), 91-99. <https://www.imbimed.com.mx/articulo.php?id=161>
- Ramírez, A., Robles, J., Núñez, G., y Valdés, E. (2016). *Manual de prácticas de tecnología de los alimentos*. Editorial Universidad de Guadalajara.
- SAGARPA. (2021). Norma Oficial Mexicana NOM-003-SAG/GAN-2017, Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5500103&fecha=06/10/2017#gsc.tab=0
- SADER. (2022). Propóleos. <https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/cap4.html>
- Silva-Carvalho, R., Baltazar, F., y Almeida-Aguiar, C. (2015). Propolis: a complex natural product with a plethora of biological activities that can be explored for drug development. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 206439, 1-29. <https://doi.org/10.1155/2015/206439>
- Secretaría de Salud. (2018). Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2018: Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Gobierno de México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5556645&fecha=03/04/2019#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2021). Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015
- Vargas, S., Torrescano, U., y Sánchez, E. (2013). El propóleo: conservador potencial para la industria alimentaria. *Interciencia*, 38(10), 705-711. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33929482003.pdf>
- Vargas-Sánchez, R., Torrescano-Urrutia, G., Acedo-Félix, E., Carvajal-Millán, E., González-Córdova, A., Vallejo-Galland, B., Torres-Llanez, M., y Sánchez-Escalante, A. (2014). Antioxidant and antimicrobial activity of commercial propolis extract in beef patties. *Journal of Food Science*, 79(8), 1499-1504. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1750-3841.12533>
- Vásquez-Valles, M. (2019). Efecto del extracto etanólico de propóleos en una película de carragenina sobre la vida de anaquel de carne de vacuno. *Revista Ciencia Tecnología*, 15(2), 17-26. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2369/2404>
- Zendejas-Manzo, G., Avalos-Flores, H., y Soto-Padilla, M. (2014). Microbiología general de *Staphylococcus aureus*: generalidades, patogenicidad y métodos de identificación. *Revista Biomédica*, 25(3), 129-143. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6062094>
- Xiang, R., Cheng, J., Zhu, M., y Liu, X. (2019). Effect of mulberry (*Morus alba*) polyphenols as antioxidant on physicochemical properties, oxidation and bio-safety in Cantonese sausages. *Food Science and Technology*, 116(108504). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108504>