

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias
Exactas,
Naturales
y de la Salud

77
ANIVERSARIO

Año 15 N° 43
Mayo - Agosto 2024
Tercera Época
Maracaibo-Venezuela

Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de especies vegetales en bacterias patógenas de importancia en salud pública

Perla Karina Carmona Vázquez*

Laura Yanneth Ramírez Quintanilla**

José Luis Hernández Mendoza***

Amanda Alejandra Oliva Hernández****

Israel García León*****

Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez*****

RESUMEN

Las infecciones por bacterias como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp* afectan tanto a humanos como a animales. Estas bacterias han adquirido resistencia a los antibióticos convencionales, lo que dificulta su tratamiento y supone un riesgo para la salud. Por eso, se investigan otras opciones naturales para combatirlos, como los extractos de plantas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de plantas para el control de bacterias patógenas de relevancia médica. Como metodología, se utilizaron cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, siguiendo los métodos descritos por Duquense *et al.*, 2015 y la NOM-110-SSA1-1994. Y para elaborar los extractos metanólicos se usaron muestras vegetales como: clavo (*Syzygium aromaticum*), ajo (*Allium sativum*), jengibre (*Zingiber officinale*), vainilla (*Vanilla planifolia*), menta (*Mentha spicata*), cilantro (*Coriandrum sativum*), perejil (*Petroselinum crispum*), estafiate (*Artemisia ludoviciana*) y bayas como fresa (*Fragaria vesca*) y zarzamora (*Rubus ulmifolius*), comprados en mercados populares en Reynosa Tamaulipas. El resultado de las pruebas antibióticas mostró que el extracto metanólico más efectivo fue el de clavo, seguido por el extracto metanólico de ajo. Por lo tanto, estos extractos vegetales podrían ser una opción para el control de bacterias patógenas relevantes desde el punto de vista médico.

PALABRAS CLAVE: Microorganismo, control de alimentos, investigación aplicada, medicamento.

* Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán. Tamaulipas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7304-2250>. E-mail: lrquintanilla@docentes.uat.edu.mx

** Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán. Tamaulipas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2078-700X>. E-mail: karina-carmona@hotmail.com

*** Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica, Laboratorio de Bioinformática. Tamaulipas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1233-0133>. E-mail: jhernandezm@ipn.mx

**** Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica, Laboratorio de Biotecnología Experimental. Tamaulipas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8904-2164>. E-mail: aoliva@ipn.mx

***** Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica, Laboratorio de Biotecnología Experimental. Tamaulipas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7876-1219>. E-mail: igarcial@ipn.mx

***** Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica, Laboratorio de Biotecnología Experimental. Tamaulipas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6021-0427>. E-mail: jquiroz@ipn.mx

Recibido: 02/04/2024

Aceptado: 09/04/2024

Evaluation of the Antimicrobial Activity of Extracts of Plant Species on Pathogenic Bacteria of Public Health Importance

ABSTRACT

Infections with bacteria such as *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp affect both humans and animals. These bacteria have acquired resistance to conventional antibiotics, which makes their treatment difficult and poses a health risk. For this reason, other natural options are being investigated to combat them, such as plant extracts. The objective of this work was to evaluate the antimicrobial activity of plant extracts for the control of pathogenic bacteria of medical relevance. As a methodology, strains of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. were used, following the methods described by *Duquense et al.*, 2015 and NOM-110-SSA1-1994. And to prepare the methanolic extracts, plant samples such as clove (*Syzygium aromaticum*), garlic (*Allium sativum*), ginger (*Zingiber officinale*), vanilla (*Vanilla planifolia*), mint (*Mentha spicata*), coriander (*Coriandrum sativum*), parsley (*Petroselinum crispum*), stafiata (*Artemisia ludoviciana*) and berries such as strawberry (*Fragaria vesca*) and blackberry (*Rubus ulmifolius*), purchased in popular markets in Reynosa Tamaulipas. The result of the antibiotic tests showed that the most effective methanolic extract was that of clove, followed by the methanolic extract of garlic. Therefore, these plant extracts could be an option for the control of medically relevant pathogenic bacteria.

KEY WORDS: Microorganism, food control, applied research, medicinal drugs.

Introducción

La actividad antimicrobiana de extractos de plantas en *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella* spp es un tema de interés científico debido a la búsqueda de alternativas naturales a los antibióticos sintéticos. Estas bacterias son causantes de diversas infecciones en humanos y animales, y algunas presentan resistencia a los fármacos convencionales.

Los extractos de plantas contienen compuestos bioactivos como terpenos, esteroides, flavonoides, alcaloides y taninos que pueden inhibir el crecimiento o la viabilidad de las bacterias mediante diferentes mecanismos, como la quercetina y el ácido gálico, los cuales son dos compuestos fenólicos que se encuentran en algunas plantas y alimentos, como el orujo de la vid. Tienen propiedades antioxidantes y antibacterianas, es decir, que pueden proteger a las células del daño causado por los radicales libres y prevenir o combatir las infecciones causadas por bacterias. Algunos estudios han demostrado que pueden inhibir el crecimiento de bacterias

como *Helicobacter pylori* y *Escherichia coli*, que están relacionadas con enfermedades gastrointestinales (Leyva *et al.*, 2013).

La quercetina puede atenuar la virulencia de *Staphylococcus aureus* al disminuir la secreción de alfa toxina¹, una proteína que causa daño celular y hemólisis (Duquesne *et al* 2015) Por otra parte, el ácido gálico y la catequina pueden inhibir el crecimiento de *Helicobacter pylori* y *Escherichia coli*, dos bacterias que causan infecciones gastrointestinales (Hurtado *et al* 2002).

Algunos ejemplos de plantas con actividad antimicrobiana son:

- *Jatropha dioica*: una planta nativa de México que tiene propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes. El extracto metanólico de sus hojas y tallos mostró actividad contra *S. aureus*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella typhi* (Daud Thoene *et al* 2008).

- *Cestrum buxifolium*: una planta originaria de Colombia que se usa en la medicina tradicional para tratar heridas y dolores. El extracto etanólico de sus frutos y hojas inhibe el crecimiento de *E. coli* y *P. aeruginosa* (Pérez-Pérez *et al* 2020).

- *Lippia graveolens*: una planta aromática ampliamente usada como condimento y remedio casero. El extracto etanólico de sus hojas presenta actividad contra *F. chlamyosporum* (Quiroz Velásquez *et al* 2022).

-El clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) es una especia que tiene propiedades antibacterianas y antioxidantes, contiene ácido gálico, el cual es un tipo de ácido fenólico con actividad antioxidante y puede proteger contra el daño celular causado por los radicales libres (Cheikhyousséf *et al.*, 2022)

- El ajo (*Allium sativum*), es un alimento que contiene quercetina, un flavonoide que tiene efectos antiinflamatorios y antialérgicos. También puede prevenir infecciones y mejorar la salud cardiovascular.

- Otras especies en vegetales que contienen quercetina o ácido gálico son la cebolla, el perejil, el tomillo, el romero y el té verde (Leyva *et al.*, 2013).

Estos estudios demuestran el potencial de las plantas como fuentes de agentes antimicrobianos naturales que podrían ser útiles para el tratamiento o la prevención de infecciones bacterianas. Según el informe de la OMS en el tema de la salud pública hay una

preocupación global por la aparición de nuevos mecanismos de resistencia de los patógenos a los antimicrobianos convencionales; muchos medicamentos disponibles actualmente se vuelven ineficaces en la prevención y tratamiento de las infecciones, presentándose otros problemas como la restricción en el espectro de acción, costo y efectos adversos en el paciente (Hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, fototoxicidad). Debido a estas razones los esfuerzos se orientan a la búsqueda de nuevos agentes antimicrobianos que superen dichas limitaciones (Torres et al. 2017).

En los últimos años, las plantas medicinales han alcanzado un notable florecimiento y el estudio de estas no solo abarca a aquellas consagradas por su uso popular, sino que se extiende en especies no estudiadas con anterioridad, en la búsqueda de nuevas sustancias biológicamente activas (Magaña et al. 2010).

El estudio científico de las plantas medicinales es una fuente relevante para el descubrimiento de nuevos fármacos que luego se sintetizan, pero también permite un conocimiento más profundo de los vegetales que conduce a que muchos productos naturales sean reconocidos como fitofármacos, es decir, compuestos que igualan el nivel de los fármacos de síntesis (Vivot et al. 2012). Actualmente, uno de los problemas más comunes es que existen plantas medicinales que tienen una actividad antimicrobiana conocida por la población, sin embargo, no han sido analizadas a fondo, para determinar cuáles son sus beneficios, pasando muchas veces desapercibidas (Azüero et al. 2016).

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de plantas para el control de bacterias patógenas de relevancia médica.

1. Materiales y métodos

1.1. Obtención de microorganismos

La cepa de *Staphylococcus aureus* se aisló a partir de una muestra del exudado faríngeo con un hisopo estéril y sembró en el medio sal y manitol selectivo para *S. aureus*. Posteriormente se incubó la placa a 37°C durante 24 horas y se observó el crecimiento bacteriano y las características de la colonia (color, forma, tamaño, hemólisis), se realizó tinción de Gram a las colonias sospechosas y se observó al microscopio si se trata de cocos Gram positivos agrupados

en racimos. Finalmente se realizaron las pruebas bioquímicas adicionales de la coagulasa y la catalasa para confirmar la identidad de *S. aureus*. (Duquense *et. al.* 2015)

Para el aislamiento de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, se emplearon muestras alimenticias (provenientes de puestos populares ambulantes), y realizando el aislamiento de los microorganismos de acuerdo con lo descrito en la NOM-110-SSA1-1994. Empleando la siguiente metodología:

En 10 tubos con 9 ml de agua destilada estéril se realizaron diluciones de las muestras, se marcaron 5 para las diluciones de la salsa y 5 para las del repollo.

En el caso de la salsa se tomó con ayuda de una micropipeta 1 ml de muestra diluyendo en el primer tubo continuando con las diluciones para las cuales se tomó 1 ml del tubo anterior y se agregó al siguiente tubo así consecutivamente siempre marcando el número de dilución al que corresponde hasta llegar a la dilución 1×10^{-5} . Al llegar a la última dilución se tomó 20 μ L y se sembró por extensión en placa en agar MacConkey por triplicado, se marcaron las cajas con el tipo de muestra y la fecha, se colocaron en la incubadora a 37 °C por 48 h

En el caso del repollo se colocó 1 g de muestra en un tubo y se macero, se le añadió 9 ml de agua destilada estéril y se realizaron las diluciones para las cuales se tomó 1 ml del tubo anterior y se agregó al siguiente tubo así consecutivamente siempre marcando el número de dilución al que corresponde hasta llegar a la dilución 1×10^{-5} . Al llegar a la última dilución se tomó 20 μ L y se sembró por extensión en placa en agar MacConkey por triplicado, se marcaron las cajas con el tipo de muestra y la fecha, se colocaron en la incubadora a 37 °C por 48 h.

Pasado el tiempo se revisaron las cajas y se pasó a caracterizar de forma macroscópica las colonias, seleccionando las colonias de interés para las siguientes pruebas:

Tinción de Gram, su posterior siembra con la técnica de estriado en agar sangre y agar EMB.

1.2. Material vegetal

Clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), ajo (*Allium sativum*), jengibre (*Zingiber officinales*) vainilla (*Vainilla*), menta (*Mentha piperina*), cilantro (*Coriandrum sativum*), estafiate (*Artemisia ludoviciana*), y bayas como fresa (*Fragaria ananassa*) y zarzamora (*Rubus ulmifolius*), fueron obtenidos de mercados populares en la ciudad de Reynosa Tamaulipas.

1.3. Análisis por HPLC de extractos metanólicos vegetales

La obtención de los extractos vegetales y el posterior análisis por HPLC se realizó de acuerdo con lo descrito por Quiroz Velásquez *et al* 2017, y empleando como estándares con características antimicrobianas Ácido gálico y Quercetina.

1.4. Linealidad y cuantificación

La distribución normal de los resultados se verificó con la linealidad entre la concentración del ácido gálico, la quercetina y la absorbancia del detector de HPLC. Para conocer la variabilidad total de la respuesta explicada por el modelo de regresión lineal, se realizó una línea de calibración para los compuestos analizados. La concentración de los compuestos se cuantificó mediante un factor de trabajo que se obtuvo al dividir la concentración del estándar de trabajo (ppm) entre las mili-unidades de absorbancia (mAU) del área en el estándar. Luego se multiplicó el factor del estándar por el área de la muestra problema para obtener los valores de la muestra (Quiroz Velásquez *et al* 2017).

1.5. Pruebas de antibiosis

Se obtuvieron los extractos metanólicos de las muestras vegetales y se mezclaron con los medios selectivos correspondientes para el crecimiento bacteriano. Luego, se sembraron las cepas por el método de estría en placa en cajas de Petri para favorecer el aislamiento de colonias individuales. Se incubaron las cajas a una temperatura de 37 °C durante 60 horas, y finalmente, se realizaron las mediciones del crecimiento bacteriano en milímetros cada 12 horas.

2. Resultados y discusión

A partir de las muestras biológicas procedentes del exudado faríngeo se obtuvieron los siguientes resultados:

En el medio sal y manitol se presentaron colonias circulares, lisas, levemente elevadas, convexas, bordes redondeados, de color crema amarillentas. El medio presentó un viraje de rojo cereza a amarillo. Las colonias presentaron catalasa positiva (+), coagulasa positiva (+) además de una morfología microscópica de cocos Gram positivos (+) en racimos. Estas bacterias corresponden al género *Staphylococcus aureus* (Figuras 1-4):



Figura 1. Agar Sal y Manitol: colonias circulares, lisas, levemente elevadas, convexas, bordes redondeados, color crema amarillentas.

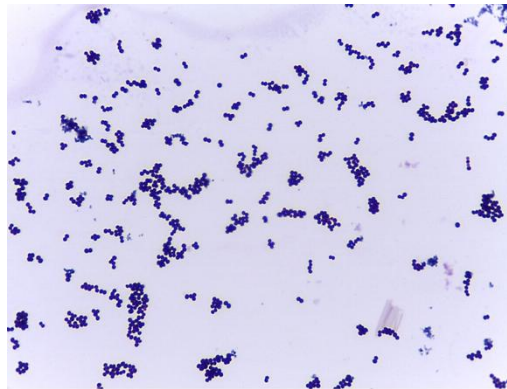


Figura 2. *Staphylococcus* sp.



Figura 3. Coagulasa positiva

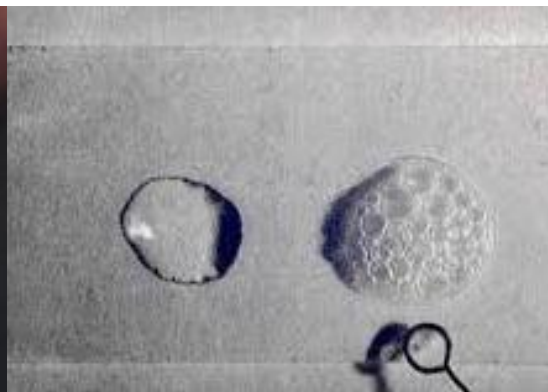


Figura 4. Catalasa positiva

A partir de las diluciones de muestras alimenticias se pudieron obtener los siguientes resultados:

En el medio de cultivo agar MacConkey, se desarrollaron colonias medianas, circulares, convexas, de bordes redondeados, lactosa positiva (+) lo que les da una coloración rosada, presentaron una morfología microscópica de bacilos Gram negativos (-), características microbianas de las bacterias del género *Salmonella* sp. (figura 5).

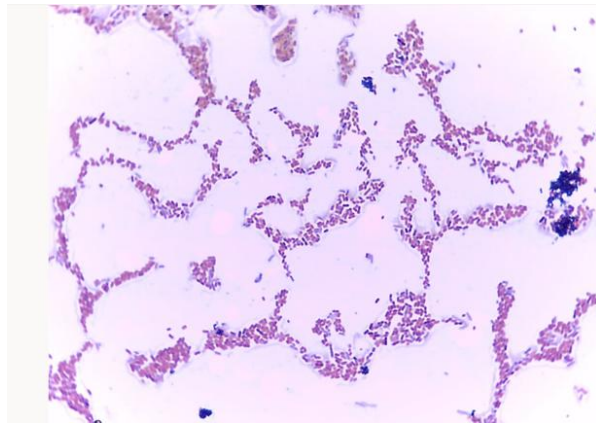


Figura 5. Bacilos gram negativos (-)

En agar EMB: colonias medianas, circulares, convexas, bordes redondeados, un centro grande de color oscuro y tienen brillo verde metálico. Bacterias que presuntivamente corresponden al género *Escherichia*. (Figura 6).

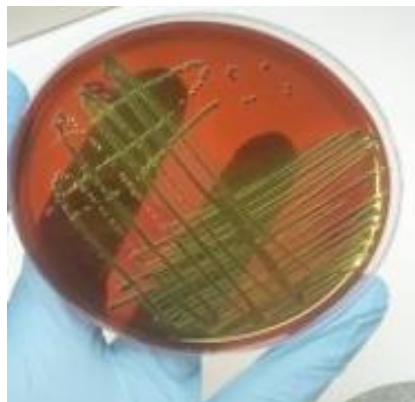
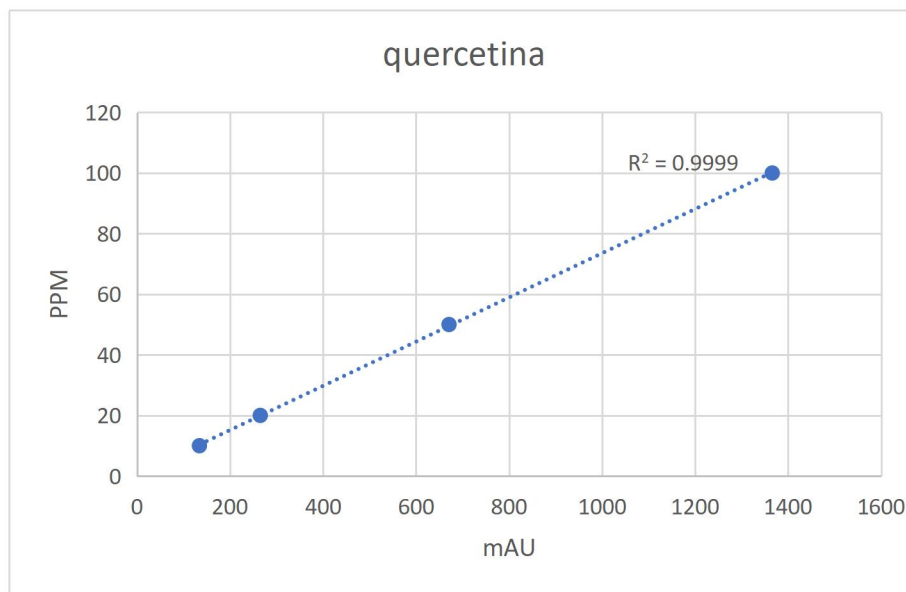


Figura 6. Medio EMB: colonias medianas, circulares, convexas, bordes redondeados, un centro grande negro y brillo verde metálico.

2.1. Análisis por HPLC de extractos metanólicos vegetales

Los tiempos de retención de los estándares utilizados, para realizar la evaluación de los metabolitos en HPLC, se obtuvieron para el flavonoide Quercetina en 8.424 min. y 1.5 min. para el polifenol Ácido gálico.

Por otra parte, para la estimación de los resultados, se realizó la curva de calibración, construida a partir de intervalos de disoluciones que contienen concentraciones en función del analito para cuantificarlo, obteniendo valores de R² en promedio de 0.99, la representación gráfica, se muestra en las gráficas 1 y 2.

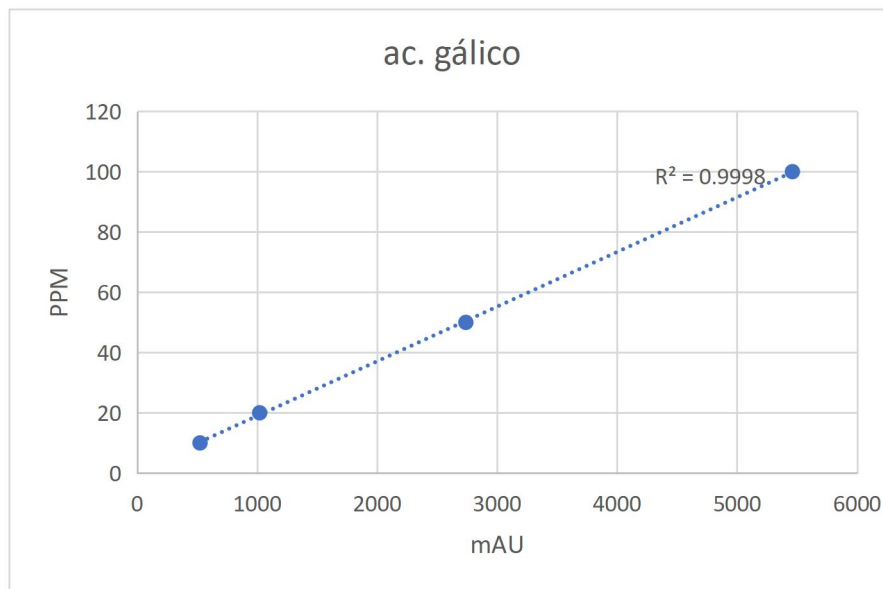


Grafica 1. Curva de calibración para el flavonoide quercetina.

Los resultados cuantitativos de los compuestos antioxidantes en las especies vegetales de Clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), ajo (*Allium sativum*), jengibre (*Zingiber officinales*) vainilla (*Vainilla*), menta (*Mentha piperina*), cilantro (*Coriandrum sativum*), estafiate (*Artemisia ludoviciana*), y bayas como fresa (*Fragaria ananassa*) y zarzamora (*Rubus ulmifolius*), utilizadas en el presente estudio con los estándares seleccionados se observan en la tabla 1.

Los resultados de los ensayos realizados con los extractos de metanolicos se muestran en las siguientes gráficas. En la Grafica 3, se observa la cinética de crecimiento de la bacteria

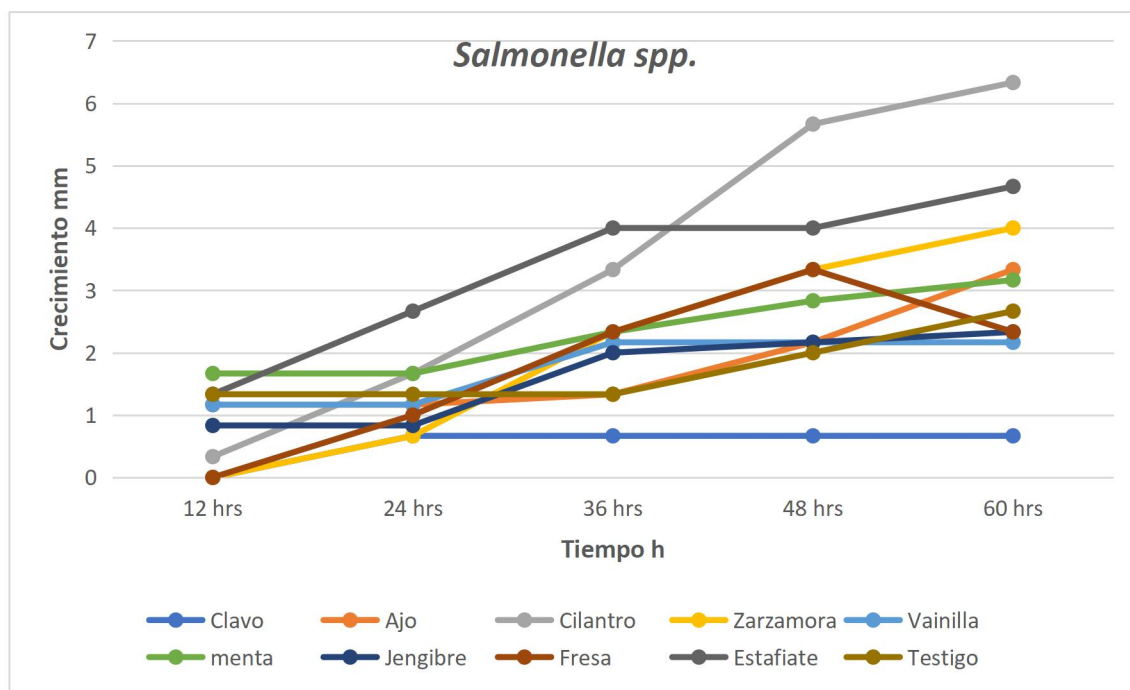
Salmonella sp., desarrollándose en medios de cultivo adicionados con extractos metanolicos de diversas especies vegetales.



Grafica 2. Curva de calibración para el polifenol ac. Gálico.

Tabla 1. Resultados los compuestos antioxidantes identificados en las plantas seleccionadas para el presente estudio.

Especie de planta	Acido gálico PPM	Quercetina PPM
Vainilla (<i>Vainilla</i>)	22	83
Clavo de olor (<i>Syzygium aromaticum</i>)	128	
Estafiate (<i>Artemisia ludoviciana</i>)	41	
Jengibre (<i>Zingiber officinales</i>)	51	99
Menta (<i>Mentha piperina</i>)	29	12
Ajo (<i>Allium sativum</i>),		257
Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	14	11
Fresa (<i>Fragaria ananassa</i>)	-	21
Zarzamora (<i>Rubus ulmifolius</i>),	-	-



Grafica 3. Cinética de crecimiento de *Salmonella sp.*, en presencia de extractos vegetales.

En la gráfica 3, en el eje de las “Y” se representa el crecimiento en milímetros (mm) y en el eje de las “X” las horas en las que se midió el crecimiento, también se observa que los extractos metanólicos de clavo son los que tienen una mayor actividad antimicrobiana en contra de esta *Salmonella sp.* Por el contrario, el extracto de cilantro no presentó efecto en la inhibición del crecimiento de la *Salmonella sp.* en el medio de cultivo. Esto se observa en la diferencia de crecimiento bacteriano a las 60 h después de inoculada la caja de Petri, pues, mientras que en el medio conteniendo los extractos de clavo la colonia tenía menos de 1 mm, la colonia creciendo en el medio con extracto de cilantro, mide más de 6 mm.

K. Pandima Devi, *et al* (2010) describió que el tratamiento con el clavo de olor y en concreto una sustancia presente en sus aceites esenciales, el eugenol, es un poderoso antibacteriano, que inhibe de manera efectiva el crecimiento de muchas bacterias presentes en los alimentos. El eugenol en su Concentración Mínima Inhibitoria (MIC 0.0125%) y Concentración Mínima Bactericida (MBC =0.025%) redujo la viabilidad y dio como resultado una inhibición completa del organismo. Eugenol inactivó *Salmonella typhi* dentro de los 60

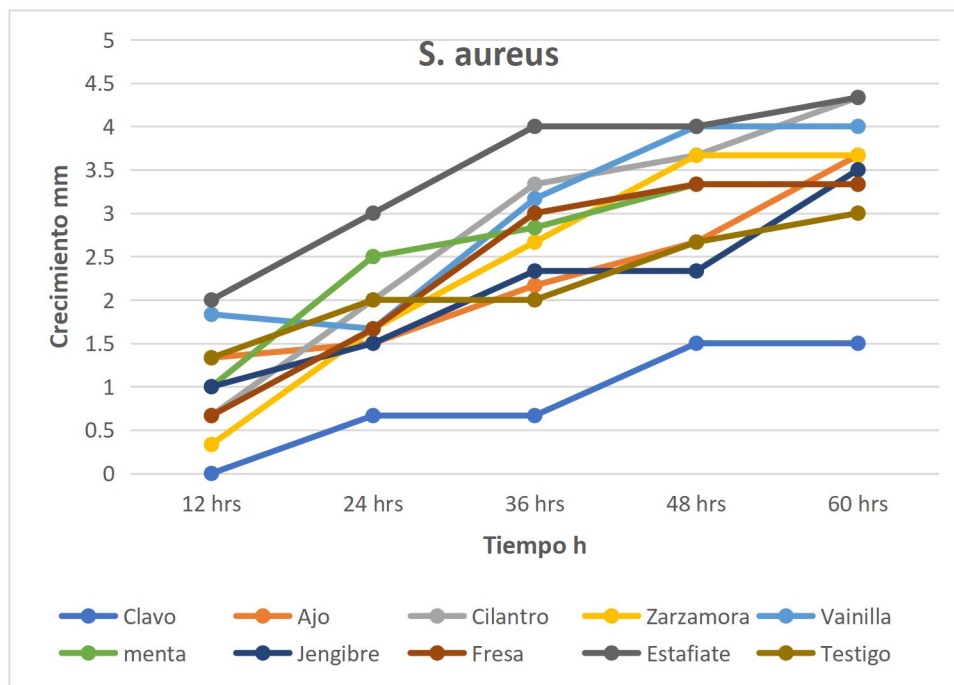
minutos de exposición. La propiedad quimioatrayente del eugenol combinada con la alta actividad antibacteriana observada a pH alcalino favorece el hecho de que el compuesto puede funcionar de manera más eficiente cuando se administra *in vivo*, debido a que este compuesto aumenta la permeabilidad de membrana bacteriana desnaturalizando a las proteínas y al mismo tiempo reaccionan con los fosfolípidos de la membrana celular, cambiando así su permeabilidad y produciendo la muerte microbiana (Nonsee *et al* 2011).

En la Grafica 4, se observa la cinética de crecimiento de la bacteria *Staphylococcus aureus*., desarrollándose en medios de cultivo adicionados con extractos metanolicos de diversas especies vegetales. En el eje de las “Y” se representa el crecimiento en mm y en el eje de las “X” las horas en las que se midió el crecimiento, también se observa que el extracto metanólico del clavo es el que tiene una mayor actividad antimicrobiana en contra de esta bacteria, caso contrario con los extractos del estafiate, cilantro y vainilla, lo cual se observa en la diferencia de crecimiento bacteriano a las 60 h después de inoculada la caja de Petri, pues, mientras que en el medio con el extracto del clavo la colonia tenía menos de 2 mm, la colonia creciendo en el medio con extracto del estafiate, cilantro y vainilla, mide más de 4 mm.

Investigaciones realizadas por Mittal *et. al.* 2014, analizaron comparativamente las actividades antimicrobianas tanto del aceite como del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (Clavo de olor) contra *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, " spp., *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes*, *Microccus leteus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* y *Pseudomonas aeruginosa*. Los resultados obtenidos mostraron que el extracto vegetal fue efectivo contra los microorganismos estudiados, siendo *S. aureus* el más sensible, al mostrar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) más baja. Dichos resultados son comparativos con los obtenidos en este trabajo puesto que *S. aureus* presento crecimiento bacteriano ralentizado a las 60 h de iniciado el experimento lo cual se puede observar en la gráfica 4.

En la Grafica 5, se observa la cinética de crecimiento de la bacteria *Escherichia coli*., desarrollándose en medios de cultivo adicionados con extractos metanolicos de diversas especies vegetales.

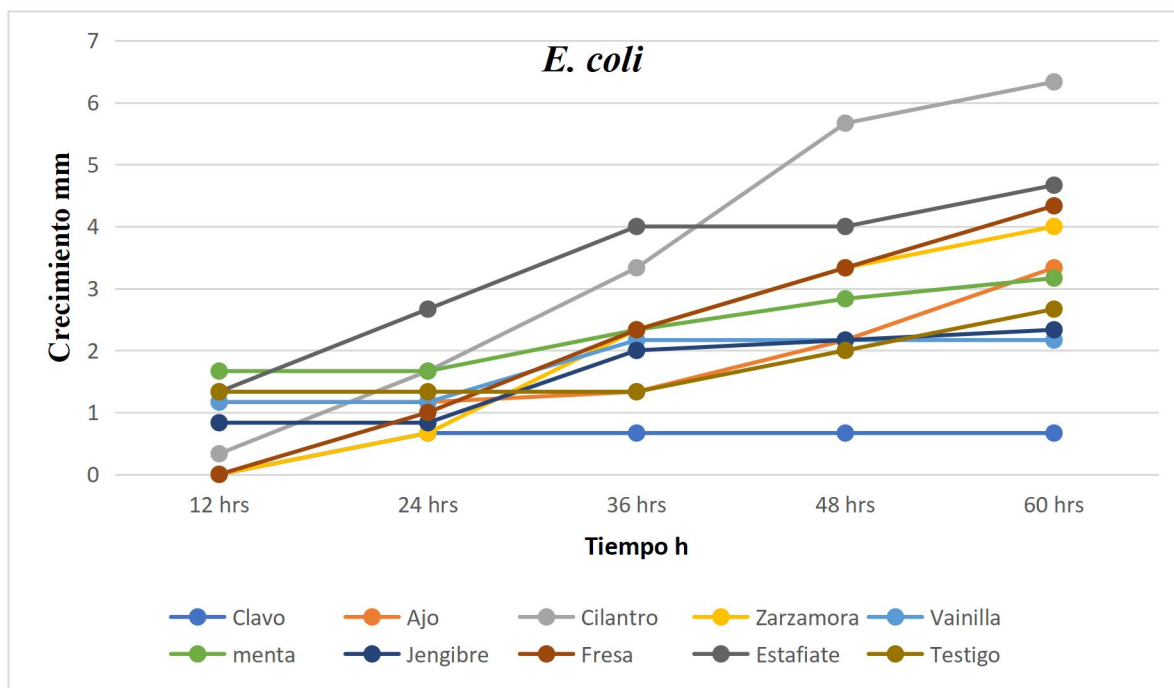
La especie *Allium sativum* (Ajo) dentro de sus compuestos químicos contiene una variedad de compuestos azufrados, así como un alto contenido de compuestos fenólicos, polifenoles y fitoesteroles (Rahman, 2007) los cuales le confieren una amplia actividad antimicrobiana. La alicina es el compuesto biológico más activo en el ajo el cual se considera que su capacidad antimicrobiana es atribuida a que modifica la biosíntesis de los lípidos y síntesis del RNA de los microorganismos y disminuye el perfil de lípidos de estos (Rahman, 2007). Martínez *et al.* (2013) demostró que el extracto del ajo tuvo una mayor inhibición que la Cefalexina con $p < 0.05$ frente a *Staphylococcus aureus* existiendo una diferencia altamente significativa, demostrando así que el extracto utilizado inhibe significativamente a *Staphylococcus aureus*, lo cual sustenta los resultados obtenidos en este estudio en el que el extracto del ajo también tuvo un efecto significativo en el crecimiento de las colonias de *S. aureus*.



Grafica 4. Cinética de crecimiento de las colonias de *S. aureus* creciendo en medios de cultivo mezclados con extractos metanólicos de diversas plantas.

En el eje de las Y se representa el crecimiento en mm y en el eje de las X las horas en las que se midió el crecimiento, también se observa que los extractos metanólicos de clavo son los

que tienen una mayor actividad antimicrobiana en contra de esta bacteria, caso contrario con los extractos de cilantro y estafiate lo cual se observa en la diferencia de crecimiento de la colonia a las 60 h después de inoculada la caja de Petri, pues, mientras que en el medio con el extracto de clavo la colonia tenía menos de 1 mm, la colonia creciendo en el medio con extracto de cilantro y estafiate, mide más de 6 mm en el caso del cilantro y más de 4 mm en el estafiate.



Grafica 5. Cinética de crecimiento de las colonias de *E. coli* creciendo en medios de cultivo mezclados con extractos metanólicos de diversas plantas.

Villanueva León (2016), en su estudio evaluó el efecto antibacteriano del extracto acuoso del *Zingiber officinale*, sobre cepas de *Staphylococcus aureus* comparado con Gentamicina por el método de Kirby-Bauer obteniendo como resultado que las Cepas de *Staphylococcus aureus* mostraron una alta sensibilidad a la gentamicina, con un halo de inhibición promedio de 28 mm mientras que, frente al extracto acuoso de jengibre (*Zingiber officinale*), no se observó inhibición del crecimiento bacteriano. Lo cual sustenta los resultados de este trabajo en cuanto a *S. aureus*.

De acuerdo con Pastrana. *et al* (2017), se realizaron investigaciones de actividad antimicrobiana de aceites esenciales combinados de clavo y canela para evaluar el crecimiento

de bacterias Gram-negativas: *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomona aeruginosa* y *Salmonella choleraesuis* y cuatro bacterias Gram-positivas *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* y *Enterococcus faecalis*, y los resultados determinaron que ejercen un efecto antagónico sobre el crecimiento de *E. coli* y un efecto sinérgico sobre la inhibición de *L. monocytogenes*, *B. cereus* y *Y. enterocolitica*. El eugenol es el principal compuesto bioactivo del clavo, que se encuentra en concentraciones que varían de 9 381.70 a 14 650.00 mg/g de materia vegetal fresca (Cortés-Rojas *et al* 2014), y el cinamaldehído, componente de la canela, actúan sobre la producción de enzimas como amilasas y proteasas, lo que provoca el deterioro de la pared celular y un alto grado de lisis celular (Romero. *et al* 2011).

El alto contenido de eugenol le proporciona al clavo propiedades antisépticas, bactericidas y antimicóticas (Vivot *et al* 2012). Rahman *et al* 2007, atribuye la actividad antimicrobiana del clavo a los compuestos fenólicos, así a mayores compuestos fenólicos presentes, la actividad antimicrobiana será mayor. Estos compuestos pueden desnaturalizar a las proteínas y al mismo tiempo reaccionan con los fosfolípidos de la membrana celular, cambiando así su permeabilidad y produciendo la muerte microbiana. Nonsee *et al* 2011, realizaron un estudio para analizar comparativamente las actividades antimicrobianas tanto del aceite como del extracto etanólico de *S. aromaticum* contra *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes*, *Microccus leteus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* y *Pseudomonas aeruginosa*. Los resultados obtenidos mostraron que el extracto etanólico fue efectivo contra casi todos los microorganismos estudiados, siendo *S. aureus* el más sensible, al mostrar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) más baja. Dichos resultados sustentan los obtenidos en este trabajo puesto que *S. aureus* presentó una inhibición total en la concentración de 2 g de muestra, y un crecimiento menos a 1 mm a las 60 hrs de iniciado el experimento con el extracto con 1 g de muestra. Herrera y García 2006, en su estudio evaluó el efecto bactericida de extractos acuosos de laurel, clavo, canela y tomillo sobre cinco cepas bacterianas patógenas de origen alimentario en el cual determino que el extracto del clavo (*Syzygium aromaticum*) resulto ser efectivo contra *S. aureus*, caso contrario ocurrió frente a *Salmonella spp.* ante la cual no se observó inhibición alguna. Siendo distinto el resultado de este estudio en el cual el extracto

de clavo no solo presento una inhibición casi total contra *S. aureus* sino también con *Salmonella spp.* y *E. coli*: a diferencia de los resultados anteriormente documentados.

Conclusiones

A partir de muestras de alimentos y biológicas se aislaron cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* El extracto metanólico de clavo (*Syzygium aromaticum*) fue el que más inhibió el crecimiento bacteriano, seguido por el extracto metanólico de ajo (*Allium sativum*). Por lo tanto, estos extractos vegetales podrían ser una opción para el control de bacterias patógenas de relevancia médica.

Agradecimientos

Al Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional (Laboratorio de Biotecnología Experimental), proyecto SIP IPN 2024, así como al programa BEIFI y EDI, por el apoyo para llevar a cabo el trabajo de investigación, al CONAHCYT - SNII, así como a la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán.

Conflictos de Interés

Los autores no tienen ningún conflicto de interés con la publicación de este artículo.

Referencias

Azuero, A., Jaramillo-Jaramillo, C., San Martín, D. and D'Armas, H. (2016). Análisis del efecto antimicrobiano de doce plantas medicinales de uso ancestral en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), pp. 11 - 18.

Cheikhyoussef, A., Cheikhyoussef, N., Rahman, A., & Hussein, A. A. (2022). Clove (*Syzygium aromaticum*) phenolics: Extraction, compositions, and biological activities. *Clove (Syzygium Aromaticum): Chemistry, Functionality and Applications*, 215–233. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85177-0.00036-7>

Cortés-Rojas, D., Fernández de Souza, C. and Pereira Oliveira, W. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2), pp.90-96.

Daud Thoene, Adriana, Habib Intersimone, Natalia, & Sánchez Riera, Alicia. (2008). Actividad antimicrobiana de extractos alcohólicos de hojas y corteza de *Polylepis australis* Bitter (queñoa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13 (3).

Duquesne Alderete, Amilcar, Castro Sánchez, Niria, Monzote López, Alexis, & Paredes Cuervo, Issax. (2015). Caracterización de aislamientos de *Staphylococcus aureus* comunitarios en muestras purulentas. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 31(3)

K. Pandima Devi, S. Arif Nisha, R. Sakthivel, S. Karutha Pandian, Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane, *Journal of Ethnopharmacology*, Volume 130, Issue 1, 2010, Pages 107-115, ISSN 0378-8741, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.04.025>.

Herrera Arias, F. C., & García - Rico, R. (2006). Evaluación in vitro del efecto bactericida de extractos acuosos de laurel, clavo, canela y tomillo sobre cinco cepas bacterianas patógenas de origen alimentario. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 4(2), 13-19.

Hurtado, M. P., de la Parte, M. A., & Brito, A.. (2002). *Staphylococcus aureus*: Revisión de los mecanismos de patogenicidad y la fisiopatología de la infección estafilocócica. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 22(2), 112-118.

Leyva, Juan Manuel, Pérez-Carlón, Julio Jesumar, González-Aguilar, Gustavo Adolfo, Esqueda, Martín, & Ayala-Zavala, Jesús Fernando. (2013). Funcionalidad antibacteriana y antioxidante de extractos hidroalcohólicos de *Phellinus merrillii*. *Revista mexicana de micología*, 37, 11-17.

Magaña Alejandro, Miguel Alberto, Gama Campillo, Lilia Ma., & Mariaca Méndez, Ramón. (2010). El uso de las plantas medicinales en las comunidades Maya-Chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica*, (29), 213-262.

Martinez, P.E., & Campos, L. (2013). Sensibilidad de cultivos de *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Pseudomonas aeruginosa* frente a la acción antibacteriana del extracto de *Allium sativum* "Ajo".

Mittal, M., Gupta, N., Parashar, P., Mehra, V., & Khatri, M. (2014). PHYTOCHEMICAL EVALUATION AND PHARMACOLOGICAL ACTIVITY OF *SYZYGIUM AROMATICUM*: A COMPREHENSIVE REVIEW. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6, 67-72.

Nonsee K, Supitchaya C and Thawien W. 2011. Antimicrobial activity and the properties of edible hydroxypropyl methylcellulose-based films incorporated with encapsulated clove (*Eugenia caryophyllata* Thumb.) oil. *International Food Research Journal* 18:1531-1541. Disponible en línea: [http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20\(04\)%202011/\(46\)IFRJ-2011-043.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20(04)%202011/(46)IFRJ-2011-043.pdf)

NORMA Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. DOF: 16/10/1995. [DOF - Diario Oficial de la Federación](#)

Pastrana-Puche, Yenis Ibeth, Durango-Villadiego, Alba Manuela, & acevedo-correa, diofanor. (2017). efecto antimicrobiano del clavo y la canela sobre patógenos. *Biocnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 56-65. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)56-65](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)56-65)

Pérez-Pérez, J.U., Guerra-Ramírez, D., Reyes-Trejo, B., Cuevas-Sánchez, J.A., & Guerra-Ramírez, P.. (2020). Actividad antimicrobiana in vitro de extractos de *Jatropha dioica* Seseé contra bacterias fitopatógenas de tomate. *Polibotánica*, (49), 125-133. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.49.8>

Quiroz Velásquez, J. D. C., Rodríguez Castillejos, G. C., García León, I., Lizarazo Ortega, C., García Olivares, J. G., & Hernández Mendoza, J. L. (2022). Efecto del aceite esencial de *Lippia graveolens* en el control biológico de *Fusarium chlamyosporum*. *Revista De La Universidad Del Zulia*, 13(37), 18-33. <https://doi.org/10.46925//rdluz.37.02>

Quiroz Velásquez, Jesús Di Cario, Sánchez Várela, Alejandro, Torres Ortega, Jorge A., García Olivares, Jesús G., Salazar Bravo, Ángel, & Hernández Mendoza, J. Luis. (2017). Cuantificación por HPLC del Contenido de Timol y Carvacrol en *Lippia Graveolens* HBK s.l., Nativa de Reynosa, Tamaulipas, México. *Revista Boliviana de Química*, 34(1), 33-39.

Rahman, M. S. (2007). Allicin and Other Functional Active Components in Garlic: Health Benefits and Bioavailability. *International Journal of Food Properties*, 10(2), 245-268. <https://doi.org/10.1080/10942910601113327>

Romero-Bastida, C.A., Zamudio-Flores, P.B., & Bello-Pérez, L.A. (2011). Antimicrobianos en películas de almidón oxidado de plátano: Efecto sobre la actividad antibacteriana, microestructura, propiedades mecánicas y de barrera. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(3), 445-453.

Torres-Chatí, Jane, & Tomas-Chota, Gloria, & León-Quispe, Jorge (2017). Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de hojas de luma chequen (*Molina*) A. Gray “arrayán” frente a patógenos de origen clínico. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 37(1), 10-16. [fecha de Consulta 13 de octubre de 2022]. ISSN: 1317-973X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199452813004>

Villanueva León M. (2016). Efecto antibacteriano del extracto acuoso del *Zingiber officinale* “kión”, sobre cepas de *Staphylococcus aureus* comparado con gentamicina, In vitro. 1-39 p. tab, graf, ilustr. Tese em Espanhol. MOSAICO - Saúde integrativa, LILACS. ID: biblio-1140740. Biblioteca responsável: BR1.1

Vivot, E. P., Sánchez, C., Cacik, F., & Sequin, C. (2012). Actividad antibacteriana en plantas medicinales de la flora de Entre Ríos (Argentina). *Ciencia, Docencia y Tecnología*, XXIII (45), 165-185.