

POTENCIAL ANTIMICROBIANO DEL AJO: ALTERNATIVA NATURAL EN AGROINDUSTRIA FRENTE A ANTIMICROBIANOS TRADICIONALES

ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF GARLIC: NATURAL ALTERNATIVE IN AGROINDUSTRY AGAINST TRADITIONAL ANTIMICROBIALS

David Isaías Romero Morocho¹, Elian David Ortega Checa², María Auxiliadora Cárdenas Tenorio³, Karen Lizbeth Lojan Salazar⁴

{vide.rom.barce@gmail.com¹, elianortega.03@gmail.com², mariacardenast.23@gmail.com³, karenlojan10@gmail.com⁴}

Fecha de recepción: 22/12/2024

/ Fecha de aceptación: 01/01/2025

/ Fecha de publicación: 06/01/2025

RESUMEN: La creciente preocupación por la resistencia antimicrobiana y los efectos secundarios de los compuestos sintéticos ha impulsado la búsqueda de alternativas naturales. El ajo (*Allium sativum*) es conocido por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, lo que lo convierte en un candidato potencial para su uso en la agroindustria. El avance en la ciencia alimentaria ha generado interés en productos naturales que garanticen la seguridad alimentaria. El ajo se destaca por sus compuestos azufrados, especialmente la alicina, que poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Su uso podría ser una alternativa viable a los conservantes sintéticos. Por lo que surge la necesidad de evaluar las propiedades antimicrobianas del ajo y su potencial uso en la agroindustria como sustituto de los antimicrobianos tradicionales. Basándose en una revisión de literatura utilizando bases de datos como ScienceDirect, PubMed, Google Académico, Redalyc y Scielo. Se seleccionaron artículos publicados entre 2018 y 2024, enfocados en las propiedades antimicrobianas del ajo y su aplicación en la agroindustria. Se analizaron 21 documentos relevantes demostrando que el ajo ha demostrado ser efectivo contra patógenos como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Su uso en productos cárnicos y lácteos reduce significativamente la carga microbiana sin alterar las propiedades organolépticas. Además, el aceite esencial de ajo puede utilizarse como fumigante natural en granos almacenados, evitando el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas. Por lo cual el ajo tiene un amplio potencial en la agroindustria, mejorando la seguridad y calidad de los alimentos de manera sostenible. Se recomienda continuar investigando las dosis óptimas y métodos de aplicación para maximizar sus beneficios.

Palabras clave: Ajo, antimicrobianos naturales, agroindustria, conservante natural

¹Investigador Independiente, <https://orcid.org/0009-0008-8658-6044>.

²Investigador Independiente, <https://orcid.org/0009-0002-4512-1706>.

³Investigador Independiente, <https://orcid.org/0009-0005-8125-3695>.

⁴Investigador Independiente, <https://orcid.org/0009-0005-1265-9552>.

ABSTRACT: Growing concern about antimicrobial resistance and the side effects of synthetic compounds has driven the search for natural alternatives. Garlic (*Allium sativum*) is known for its antimicrobial and antioxidant properties, making it a potential candidate for use in the agro-industry. Advances in food science have generated interest in natural products that ensure food safety. Garlic stands out for its sulfur compounds, especially allicin, which have antimicrobial and antioxidant properties. Its use could be a viable alternative to synthetic preservatives. Therefore, there is a need to evaluate the antimicrobial properties of garlic and its potential use in the agro-industry as a substitute for traditional antimicrobials. Based on a literature review using databases such as ScienceDirect, PubMed, Google Scholar, Redalyc, and Scielo. Articles published between 2018 and 2024 were selected, focusing on the antimicrobial properties of garlic and its application in the agro-industry. A total of 21 relevant documents were analyzed, demonstrating that garlic has proven to be effective against pathogens such as *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Its use in meat and dairy products significantly reduces microbial load without altering organoleptic properties. Additionally, garlic essential oil can be used as a natural fumigant in stored grains, preventing the growth of fungi and mycotoxin production. Therefore, garlic has broad potential in the agro-industry, improving food safety and quality sustainably. It is recommended to continue researching optimal doses and application methods to maximize its benefits.

Keywords: *garlic, natural antimicrobials, agribusiness, natural preservative*

INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia de los alimentos y la nutrición, junto con la introducción de formulaciones diversas e innovadoras, ha captado el interés de los consumidores en elegir alimentos saludables y funcionales sin aditivos ilegales, garantizar la seguridad alimentaria es un principio fundamental en la producción de alimentos, ya que impacta directamente en la salud del consumidor. Por lo tanto, las autoridades de seguridad alimentaria deben supervisar rigurosamente las medidas de seguridad alimentaria.

Los antimicrobianos naturales que se obtienen ya sea de plantas, hongos, algas y productos animales recientemente han generado un mayor interés, ya que una de las ventajas de estas alternativas naturales es su ayuda para abordar los cada vez más notorios problemas de resistencia antimicrobiana y a su vez reducen los efectos secundarios que se asocian a los compuestos sintéticos tradicionales (1).

Si bien este interés por los antimicrobianos naturales es reciente (2) nos resaltan y señalan que, desde la antigüedad ha existido la curiosidad por incluir plantas aromáticas como fuente natural de antioxidante en los alimentos, por su beneficio a la salud o como método preventivo a enfermedades. Por esto se ha llevado a cabo estudios sobre la efectividad de estos productos naturales como aditivos, dentro de estos productos se encuentra el ajo, ya que ha demostrado contener compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, razones por las cuales se le considera alimento funcional, en su estado fresco el ajo posee varios

componentes, especialmente es alto en compuestos azufrados por lo tanto su factibilidad en sus uso como conservante alimenticio, al inhibir el crecimiento de microorganismos y evitar la formación de radicales libres (3).

El ajo y sus propiedades antimicrobianas

El ajo de nombre científico *Allium sativum*, es una planta procedente de Asia Central actualmente cultivada en todo el mundo, formada de muchas raíces superficiales, tiene hojas que envuelven a la base del tallo. Lo que se consume es la cabeza o bulbo de ajo, el mismo que está cubierto por muchas hojas. Cada bulbo puede llegar a contener entre seis y quince dientes. Dentro de sus principales características se encuentra su peculiar olor, mismo que es generado cuando el ajo es cortado, mordido, macerado o cocido, debido a la unión de dos sustancias: la aliína y la alinasa, para generar la alicina. La aliína es una molécula inodora que se presenta en muy baja concentración, pero cuando se pone en contacto con la alinasa se produce alicina, la cual es la que contribuye en gran medida al olor del ajo, además de esta sustancia también intervienen otros compuestos como el disulfuro de dipropilo y el disulfuro de dialilo, los cuales forman parte de los principales componentes bioactivos del ajo, pero no son los únicos además contiene aminoácidos, minerales y vitaminas (4).

También (5) en su investigación nos menciona que el ajo es una planta comúnmente utilizada como agente saborizante y condimento en los alimentos. El ajo (*Allium sativum*) pertenece a la familia de las liliáceas, junto con la cebolla, el puerro y el tulipán. Es probablemente el alimento con potencial antimicrobiano más consumido. Las propiedades medicinales del ajo han sido estudiadas desde hace siglos. Sin embargo, no fue hasta los años cuarenta que apareció evidencia científica de sus propiedades antimicrobianas: Cavallito y Bailey, en 1994, fueron los primeros en aislar el componente antimicrobiano del ajo a partir de bulbos frescos, utilizando destilación por arrastre con vapor. Identificaron al compuesto obtenido como alicina o ácido dialiltiosulfónico.

Este compuesto se describe como un aceite altamente aromático e incoloro, responsable del olor característico del ajo y la cebolla. En concentraciones de 1:85,000 en pruebas de laboratorio, la alicina se muestra como un bactericida de amplio espectro para microorganismos Gram positivos y Gram negativos, en los tejidos frescos de ajo se encuentra la aliína (S-alil-L-cisteína-S-óxido), que mediante hidrólisis se convierte en alicina, piruvato y amonio. El mecanismo de la actividad antimicrobiana del ajo se basa en la inhibición de la actividad de enzimas como la fosfatasa alcalina, invertasa, ureasa y papaína, así como de enzimas sulfhídricas. La alicina inhibe la actividad de las enzimas sulfhídricas debido a la presencia de grupos químicos S-O-S.

Se ha observado que algunos extractos de ajo son capaces de inhibir el crecimiento de algunas bacterias, hongos y hasta tener propiedades antivirales. Como se ha mencionado las propiedades del ajo se han identificado y relacionado con la alicina del ajo como el agente activo de este resultado. Dentro de cómo actúa el ajo para el efecto antimicrobiano (6) detalla que el mecanismo por el cual el extracto de ajo actúa es alterando el perfil lipídico de las membranas celulares esto porque se considera que la alicina tiene actividad antimicrobiana al modificar la

biosíntesis de los lípidos y la síntesis del RNA de los microorganismos, reduciendo su perfil lipídico. Este compuesto activo reacciona rápidamente con grupos tiol libres, por lo que se cree que el principal mecanismo antimicrobiano se produce a través de la interacción de la alicina con enzimas que contienen grupostiol, como proteasas y alcohol deshidrogenasas.

Cabe recalcar que el ajo se lo puede utilizar en diferentes presentaciones o productos como lo son el aceite esencial de ajo, ajo fresco, jugo de ajo, extracto de ajo y ajo deshidratado tal como nos indica la investigación de (7).

Los chinos y egipcios ya lo utilizaban: alimentaban con ajo a los esclavos que construían las pirámides ya que pensaban que les aportaba energía, además de utilizarlo en el proceso de momificación y como moneda. El ajo se recomienda para tratar infecciones, tumores, parásitos gastrointestinales, enfermedades cardiovasculares, dolores de cabeza y mordeduras. Dentro del género *Allium*, como lo recalcan los anteriores autores citados el ajo es el que contiene la mayor concentración de compuestos azufrados, lo que le confiere una actividad antimicrobiana muy potente. Los glucósidos y aminoácidos, en especial la arginina, también tienen un impacto.

significativo en la actividad antimicrobiana, al igual que el selenio, germanio, telurio y trazas de otros minerales. El ajo posee un contenido de agua de alrededor del 65%, y la mayor parte del peso seco está compuesto por fructooligosacáridos, seguidos de compuestos de azufre, proteínas, fibra y aminoácidos libres. La alicina inhibe a más de 300 bacterias, tanto Gram positivas como Gram negativas, tales como *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus polymyxa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi*. La concentración mínima inhibitoria (CMI) es la menor concentración de antibiótico capaz de inhibir el crecimiento de 10^5 bacterias en 1 mL de medio de cultivo, tras 18 a 24 horas de incubación. Debido a que el ajo mostró resultados positivos en la inhibición bacteriana, se calculan las cantidades necesarias para obtener un efecto inhibitorio sobre las bacterias (6).

Potencial uso de las propiedades antimicrobianas del ajo en la agroindustria

Dentro de la agroindustria el uso del ajo se emplea principalmente en su apartado alimentario que es donde se requiere el uso de los conservantes que va desde la producción de la materia prima ya sea para garantizar que la misma sea segura para el consumidor y sea menos propensa a alteraciones biológicas, o también el incumplimiento del tiempo de retiro de antibióticos en caso de la materia prima animal o mal uso de fungicidas, bactericidas, viricidas en el caso de las materias primas vegetales.

También a nivel producción y almacenamiento se usan antimicrobianos como aditivos en formulaciones de un sinnúmero de alimentos dentro de los cuales en la mayoría estos antimicrobianos son de origen químico. Mediante investigaciones y proyectos en los cuales se evalúan las propiedades conservantes y antimicrobianas del ajo en los diferentes eslabones de la cadena de producción agroindustrial específicamente en su apartado alimentario se ha evaluado por ejemplo el proyecto realizado por (8) en el que se analiza el efecto del extracto de

ajo en el control de los tres principales agentes infecciosos de la mastitis bovina en el que se usan varias concentraciones de extracto de ajo para evaluar su efectividad antibiótica contra las principales cepas que provocan la infección que si bien este es un problema relacionado con la zootecnia, dentro de la agroindustria tiene una gran importancia ya que la mastitis bovina representa un problema de calidad de las materias primas de la industria láctea.

O en la investigación de (9) en la que se emplea extracto de ajo para evaluar la inhibición *in vitro* de *Vibrio parahaemolyticus* mismo que es causante de la necrosis aguda del hepatopáncreas enfermedad que representa grandes pérdidas en la industria camaronera mundial y así evitar o disminuir la utilización de metabisulfitos que genera resistencia microbiana, de igual manera esta investigación es de mucha importancia para la agroindustria dentro del área camaronera, actualmente en Ecuador este sector ha tomado una marcada relevancia y si existe una manera de mejorarla se la tomará en cuenta.

Asimismo, se encuentran otros ejemplos como los de (10) y (11) que se centran en el efecto del extracto y aceite esencial de ajo como agentes conservante en carne de hamburguesa vacuna misma que es un producto de la industria cárnica que también representa una área de conocimiento de la agroindustria, o la investigación de (12) que evalúa el uso de aceite esencial de ajo en la bioconservación de carne de cuy, carne poco común en la industria cárnica, en el estudio de (13) también realizaron las propiedades antimicrobianas del extracto de cebolla y ajo en carnes de res y pollo.

Dentro del área vegetal de la agroindustria también encontramos aplicaciones del ajo como antimicrobiano como lo indica (14) donde se evalúa el uso de aceite esencial de ajo como agente fungicida y antimicótico en maíz almacenado, buscando así dar solución a una gran problemática presente en la industria de los cereales estudiada de igual manera por la agroindustria; así mismo un estudio del 2024 (15) evaluó el cambio de las comunidades microbianas y perfiles de metabolitos al usar diferentes tipos de ajo como ingrediente en la fermentación de kimchi, la adición de ajo afectó directamente el perfil de sabor del kimchi.

El uso del ajo se extiende incluso a la industria de la alimentación animal que también presenta problemas con el uso e inclusión de antibióticos como promotores del crecimiento en los piensos para rumiantes lo que puede llevar a la resistencia bacteriana y a la presencia de residuos de antibióticos en los productos derivados de estos animales. Por lo tanto, existe una gran preocupación pública por los residuos de antibióticos en los productos de rumiantes y la amenaza que representan para la salud humana. Como consecuencia, la incorporación de plantas y sus derivados en los alimentos para rumiantes, como una alternativa a los antibióticos, ha ganado considerable atención en los últimos tiempos.

El ajo y sus derivados, ricos en compuestos organosulfurados, han sido ampliamente utilizados como aditivos naturales en la producción animal. La revisión recoge conocimientos recientes sobre la adición de productos de ajo (en polvo, piel, aceite, hojas y extractos) en las dietas de rumiantes. Evaluando los productos de ajo en términos de su composición química, compuestos bioactivos y sus efectos sobre el ecosistema ruminal, el estado antioxidante, la respuesta inmunitaria, las infecciones parasitarias, el rendimiento del crecimiento y la calidad de los

productos de rumiantes. Con el objetivo de promover el crecimiento y la salud de los rumiantes, reducir las emisiones de metano y mejorar la calidad de los productos derivados. Los extractos de ajo tienen el potencial de controlar las infecciones parasitarias disminuyendo el recuento de huevos en las heces. El ajo en polvo, el aceite y la alicina pueden reducir las emisiones de metano de los rumiantes. Los compuestos del ajo pueden inhibir la síntesis de lípidos de membrana de las arqueas, influyendo así en la población de arqueas metanogénicas y reduciendo las emisiones de metano.

Algunos productos de ajo también pueden aumentar la ganancia diaria promedio (piel de ajo, extracto acuoso y hoja) y mejorar la eficiencia de conversión alimenticia (piel y hoja de ajo) en rumiantes. El ensilaje de tallos de ajo para alimentar a ovejas puede mejorar el valor nutricional del cordero al incrementar las concentraciones de ácidos linoleico y linolénico, así como de aminoácidos esenciales. Las ovejas alimentadas con dietas que contienen ajo en polvo o aceite pueden producir leche con mayores concentraciones de ácidos linoleicos conjugados y ácidos grasos n-3, lo cual es beneficioso para la salud de los consumidores debido al reconocido impacto positivo de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 y los ácidos linoleicos conjugados en la salud cardiovascular humana, mejorando la agregación plaquetaria, la vasodilatación y la tendencia trombotica (16).

Dentro de la industria aceitera se encuentran estudios como el de (17) cuyo objetivo fue describir la calidad de los aceites de oliva Empeltre aromatizados con romero y ajo en diferentes concentraciones y métodos (maceración y coprocesamiento durante la malaxación). De igual manera dentro de la producción agrícola en el desarrollo de biopesticidas investigaciones como la realizada por (18) indica que se ha descubierto recientemente que los extractos acuosos de ajo (AGE) y el disulfuro de dialilo (DADS), un aleloquímico del ajo, tienen propiedades bioactivas que pueden estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como modificar la fisiología relacionada con la defensa. Planteándose como objetivo realizar un bioensayo para investigar estos compuestos como posibles bioestimulantes para la defensa contra *Verticillium dahliae* en plántulas de berenjena.

Una vez dada una visión sobre el tema, el presente artículo surge para buscar, recopilar y organizar toda la información posible mediante la búsqueda exhaustiva de literatura actualizada que documente tanto las propiedades antimicrobianas del ajo y el potencial uso que este tiene y puede llegar a tener para sustituir a los antimicrobianos tradicionales que se usan en la agroindustria y así ofrecer una alternativa biológica y saludable dentro de algunas de las distintas áreas que componen la agroindustria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El despliegue y enfoque metodológico mediante el cual se va a desarrollar este artículo encuadra en el enfoque de investigación cualitativa iniciando desde el mismo instante en que se introduce y plantea la temática a desarrollarse, ya que desde esa instancia se da inicio a la filtración y registro de las referencias documentales, constanding de diferentes orígenes y niveles, que permitan construir las argumentaciones e exégesis tomando como eje central las

propiedades antimicrobianas del ajo (*Allium sativum*) y su potencial uso en la agroindustria como sustituto de antimicrobianos tradicionales.

El estudio comprendió algunos pasos o fases, que se incorporan o complementan. En una búsqueda de indagación inicial se identificaron documentos publicados en bases de datos digitales, de carácter multi y transdisciplinarios como son ScienceDirect, PubMed, Google Académico, Redalyc y Scielo, además de algunos repositorios de universidades en Latinoamérica y otras partes del mundo. La búsqueda documental en los diferentes motores de búsqueda se realizó, partiendo de la búsqueda mediante palabras claves, como: ajo; antimicrobiano; agroindustria; conservantes naturales; antibióticos; propiedades del ajo; industria alimentaria. Ya realizada la búsqueda inicial, se procedió a seleccionar la documentación más adecuada enfocando los criterios de “pertinencia temática” y “actualidad”.

Estos criterios indican que se tomaron aquellos productos intelectuales, ya sean artículos, tesis, investigaciones académicas, que se ubican, temporalmente entre el 2018 y el 2024 (eventualmente, se incluyeron una del 2017 y uno del 2011 hasta el momento) y; los textos que tocando directamente los temas expresados en palabras claves. El proceso de selección de estudios se desarrolló en tres etapas: identificación, cribado y elegibilidad. En la etapa de identificación, se recopiló un conjunto inicial de artículos a partir de las búsquedas en las bases de datos mencionadas. Luego, se realizó un cribado de títulos y resúmenes para determinar la relevancia de los estudios con respecto a los objetivos de la revisión. En la etapa de elegibilidad, se llevó a cabo una revisión completa de los textos completos de los artículos seleccionados para confirmar su pertinencia y calidad metodológica.

Los resultados se presentaron de manera descriptiva, organizados en secciones temáticas que abordan los objetivos principales de la revisión. Se realizó una comparación crítica de los hallazgos y se discutieron las implicaciones prácticas y teóricas de los mismos. De manera general, sin hacer una separación por base de datos o los criterios de escogimiento se analizaron 23 documentos, entre artículos científicos como investigaciones académicas, varios generados en inglés, pero la gran mayoría en español, mismo análisis se observa en el citado general del artículo y las referencias que se detallan al final. Para finalizar esta sección de la metodología en la que se basó la realización de este artículo, se presenta en la tabla 1, un resumen de la cantidad de documentos encontrados por base de datos, así como la cantidad seleccionada por los criterios ya señalados.

Tabla 1. Cantidad de documentos ubicados y seleccionados.

Bases de datos	<ul style="list-style-type: none">● Google Académico● Redalyc● Scielo● PubMed
-----------------------	--

Palabras claves	<ul style="list-style-type: none"> ● ajo ● antimicrobiano ● agroindustria ● conservantes naturales ● propiedades del ajo ● industria alimentaria ● antibióticos
Criterios de selección	<ul style="list-style-type: none"> ● pertinencia temática ● actualidad
Cantidad de Documentos encontrados en total	32
Cantidad de documentos seleccionados según criterios de búsqueda y enfoque de la investigación	21

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación se han desarrollado a lo largo de la misma, en esta sección se presenta un compendio considerando, considerando la paráfrasis general de la literatura. Como se introdujo en la información previa el ajo (*Allium sativum*) por sus tantas propiedades es el más estudiado principalmente en el área farmacéutica. Destacando sus componentes azulfurados donde el principal de ellos es el sulfóxido de alilo, la alicina cuya característica es antibiótica idónea para la inhibición del desarrollo de gérmenes patógenos sobre todo en agentes como *E. coli* y *Staphylococcus aureus* como lo resalta (19).

Por lo que se han desarrollado un sinnúmero de estudios e investigaciones para analizar estas propiedades y comprobar su uso para inhibir el crecimiento microbiano y así llegar a sustituir a los antimicrobianos tradicionales. Dentro de los principales usos en la industria resalta el estudio en la industria cárnica ya que es una de las más afectadas por actividad microbiana principalmente de las bacteria patógenos como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli enterotoxigénica*, *Listeria monocytogenes* y *Yersinia enterocolitica* y las más viables para el uso de ajo como antimicrobiano por la naturaleza misma de los alimentos estudios donde se usaron extractos de ajo como el de (1) evalúa su efecto con extractos acuosos de ajo fresco y ajo negro en carne, cuyos resultados son interesantes ya que solamente el extracto de ajo fresco

presentó actividad antimicrobiana en las bacterias ensayadas en el estudio dentro de las que resaltan *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Lactobacillus sakei* y *Carnobacterium divergens* mientras que el extracto de ajo negro no presentó inhibición bacteriana, otro resultado importante obtenido en el estudio es que se investigó con bacterias ácido lácticas que producen colores y sabores anómalos en los productos cárnicos a las cuales también inhibió el extracto de ajo fresco.

Resultados que se corroboran con lo realizado por (6) donde estudió con extractos de ajo elefante y ajo negro, pero solamente en la bacteria *E. coli* y obtuvo inhibición por parte del extracto del ajo elefante, pero igualmente el extracto del ajo negro no presentó inhibición sobre la bacteria. En la revisión de extracto de ajo al 10% realizado por (7) también se observó una inhibición sobre la *E. coli* y *Salmonella entérica*. Pero en estudios como el de (13) donde se evalúa igualmente el efecto antimicrobiano de extracto de ajo y también de cebolla en carne de res y pollo, muestra que el extracto de ajo si presentó actividades inhibitorias y bactericidas en algunos organismos patógenos como *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella typhimurium* más sin embargo no en la *E. coli* lo que nos da a entender que la actividad inhibitoria va a depender mucho del método de extracción usado y la concentración utilizada.

Otra forma de uso como antimicrobiano en la industria cárnica del ajo son los aceites esenciales y las investigaciones como la de (3) que usó un aceite con una concentración de 2,5% en carnes para hamburguesas y se determinó que después de 8 días de almacenamiento en refrigeración si bien no se inhibió el crecimiento y desarrollo de mesófilos si lo ralentizó, esto se debe a que durante la extracción del aceite esencial se puede perder algunas propiedades antimicrobianas.

En la investigación realizada por (10) estudió el crecimiento microbiano en hamburguesas de carne vacuna refrigerada añadida un combinado de aceite esencial de orégano y de ajo mismo que si presentó un efecto antimicrobiano en una concentración de 8% incluso hasta para bacterias psicrófilas, por lo que incluso se aumenta el tiempo de vida útil en 3 días. En el estudio de la actividad antimicrobiana de aceite esencial de romero y ajo en carne de hamburguesa que realizó (11) mostró que todas las muestras en las que se adicionó el aceite esencial de romero y de ajo presentaron actividad antimicrobiana en donde se evaluaron las bacterias: *S. aureus*, *Salmonella spp*, *Pseudomonas spp* y *Brochothrix thermosphacta*.

Otra combinación de los mismos aceites esenciales, pero en carne de cuy realizada por (12) donde se usó aceite esencial de ajo en concentraciones de 0.3% a 1% obtuvo una actividad antimicrobiana de mesófilos aerobios reducida específicamente en las concentraciones que van de 0.7% a 1%, inhibición de *S. aureus* a concentraciones de 0.3% y 1% para *E. coli* se observó una disminución de la carga bacteriana. Sin embargo, el estudio demostró que pasadas 72 horas el aceite esencial de ajo no puede detener el aumento de la concentración microbiana.

DISCUSIÓN: En el estudio de (20) donde se usó un aceite esencial con ajo con un rendimiento (concentración) de 0.25% a un nivel de 4% en carne de res empacada al vacío y almacenada en refrigeración evitó el crecimiento de *S. aureus* desde el día 1 hasta el día 5, igualmente se evidenció ausencia de crecimiento de *L. monocytogenes*.

En otro ámbito de la Agroindustria se encuentran usos en la industria de frutas y hortalizas dónde principalmente se encuentra el uso en varias hortalizas y sus productos como los que menciona en donde se usa la liberación controlada de aceite esencial de ajo encapsulado para proteger tomates frescos troceados, donde el aceite redujo el crecimiento microbiano, lo que prolonga su vida útil hasta cinco semanas.

Así también en el estudio dónde se evalúa el efecto de ajo pretratado en la fermentación de kimchi donde se obtuvo una reducción de *Trichocoleus caatingensis*, pero un aumento de los niveles de *L. sakei* en la segunda semana de fermentación, la abundancia relativa de *Leuconostoc mesenteroides* aumentó a partir de la semana 1 y alcanzó el >20% durante el período de fermentación tardía (en la semana 6). La dominancia inicial de *Leuconostoc spp.* en kimchi pretratado con ajo fue baja y aumentó lentamente en las últimas etapas de la fermentación. Las bacterias dominantes por tipo de kimchi también se observaron abundantemente en las comunidades microbianas de la col kimchi y el ajo, que son las materias primas del kimchi.

Dentro del ámbito de conservación en el caso de la investigación de (14) que evaluó el aceite esencial de ajo como agente antifúngico y antimicotoxinas en el maíz almacenado obteniendo resultados positivos en la eficacia antifúngica que posee el aceite esencial de ajo ya que en concentraciones de 1000 $\mu\text{L/L}$ fue capaz de disminuir el crecimiento de todas las especies en los granos de maíz almacenados, pero 100 $\mu\text{L/L}$ también presentaron un efecto significativo contra *A. parasiticus* y *F. verticillioides*, demostrando que las dosis intermedias del aceite pueden ser utilizadas en estudios posteriores. Lo que demuestra que se puede utilizar como un agente fumigante natural para evitar el crecimiento de hongos, y la consiguiente producción de micotoxinas, y el deterioro en los granos de maíz.

Sin embargo, no fue capaz de reducir directamente las micotoxinas en los cereales y puede que no mitigue el efecto de estas toxinas en la salud animal si se utiliza como aditivo para piensos. También se ha evaluado su uso en quesos como el que desarrolló (21) donde se observó que el extracto de ajo si tiene actividad inhibitoria para *Salmonella typhi* con una concentración de 3.12 $\mu\text{g/mL}$, pero para *S. aureus* y *E. coli* la mejor fue la concentración de 25 $\mu\text{g/mL}$ para las dos bacterias, en lo que menciona (7) en el uso de extracto de ajo en el queso fresco para el inoculado a 4°C.

Para los días de estudio hubo crecimiento de *Listeria monocytogenes* lo cual confirma la supervivencia de la bacteria, para el inoculado con adición de ajo para los 7 días de estudio se obtuvo una reducción considerable a través del tiempo y no se evidenció en las características organolépticas del queso trazas del extracto del ajo. Los resultados y discusiones de las investigaciones indican que el ajo y sus productos poseen un uso potencial en la agroindustria ya que en la mayoría de las fuentes se presentaron resultados positivos frente a la mayoría de patógenos y microorganismos que afectan los productos agroindustriales.

CONCLUSIONES

El ajo (*Allium sativum*) ha demostrado ser una poderosa herramienta antimicrobiana en la agroindustria. Diversos estudios han corroborado que los compuestos bioactivos presentes en el ajo, especialmente los compuestos azufrados como la alicina, poseen capacidades significativas para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas. Investigaciones específicas han mostrado que el ajo puede inhibir eficazmente el desarrollo de patógenos como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Además, su uso en productos cárnicos y lácteos ha resultado en una considerable reducción de bacterias nocivas sin alterar las propiedades organolépticas de los productos, lo que sugiere que el ajo puede ser una alternativa viable a los conservantes sintéticos en la industria alimentaria.

El ajo no solo es efectivo contra bacterias patógenas, sino que también muestra potencial como agente conservante natural en la conservación de frutas y hortalizas. El uso de extractos de ajo en la conservación de estos alimentos ha demostrado reducir significativamente la carga microbiana, prolongando la vida útil y manteniendo la calidad del producto. Por ejemplo, estudios han demostrado que el aceite esencial de ajo puede ser utilizado como un fumigante natural para evitar el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas en granos almacenados. Esto no solo mejora la seguridad alimentaria, sino que también contribuye a la sostenibilidad al reducir la necesidad de pesticidas y conservantes sintéticos.

Las investigaciones revisadas sugieren que el ajo y sus derivados tienen un amplio rango de aplicaciones potenciales en la agroindustria. La implementación de extractos de ajo en la agroindustria no solo podría mejorar la seguridad y calidad de los alimentos, sino también ofrecer una alternativa más sostenible y ecológica frente a los conservantes tradicionales. Así, se abre un campo de investigación prometedor que podría transformar las prácticas de conservación de alimentos en el futuro. Estas conclusiones, basadas en un análisis exhaustivo de la literatura disponible, resaltan el valor del ajo como un componente clave en la mejora de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en la agroindustria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sierra C. Estudio del efecto inhibitor de extractos de *Allium sativum* en bacterias patógenas y alterantes de la carne. [Online].; 2022. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/61252/TFG-M-N3101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. García KB, Sanguino BAQ, Arévalo YES, Carrascal ODC, Galvis JGG. Aceite con extracto de orégano (*Origanum vulgare*) y ajo (*Allium sativum* L.) como agentes conservantes orgánicos en hamburguesa. [Online].; 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jhon-Guerrero-Galvis-2/publication/362293647_Aceite_con_extracto_de_oregano_Origanum_vulgare_y_ajo_Allium_sativum_L_como_agentes_conservantes_organicos_en_hamburguesa/links/62e191564246456b55eef030/Aceite-con-extracto-

3. Jiménez L. Extracción por ultrasonido de compuestos bioactivos de ajo (*Allium sativum*) para su aplicación como antioxidante natural en carne para hamburguesa. [Online].; 2023. Disponible en: <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TESO1000837726/3/0837726.pdf>.
4. Herrera A. El ajo y los hongos, una relación fatal. [Online].; 2021. Disponible en: https://gaceta.cch.unam.mx/sites/default/files/revistas/2022-05/consciencia5_ok.pdf#page=58.
5. Rodríguez E. USO DE AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS. [Online].; 2011. Disponible en: https://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-19articulosPDF/14-USO%20DE%20AGENTES%20ANTIMICROBIANOS%20%20NATURALES%20EN%20LA%20%20CONSERVACION_Elvia%20Rguez.pdf.
6. Alpizar V. ESTUDIO COMPARATIVO In vitro DE LA INHIBICIÓN BACTERIANA DEL AJO ELEFANTE (*Allium ampeloprasum* complex) Y AJO NEGRO (*Allium sativum*) SOBRE *Escherichia coli* ATCC® 25922". [Online].; 2020. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109930/TESIS%20FINAL%20VANIA%20110320%20RCT%20COMPLETA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
7. Garzon J. USO DEL AJO Y/O SUS COMPUESTOS ACTIVOS COMO AGENTE ANTIMICROBIANO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. [Online].; 2018. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21491/81754429.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
8. Chumbe P. EFECTO DEL EXTRACTO DE AJO (*Allium sativum*) EN EL CONTROL DE LOS TRES PRINCIPALES AGENTES INFECCIOSOS DE LA MASTITIS BOVINA. [Online].; 2020. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2284/Chumbe%20Valqui%20Wuilder%20Pablo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
9. Bohórquez N, Lamilla R. Inhibición in vitro del crecimiento de *Vibrio parahaemolyticus* mediante el uso de extracto de ajo y aceite esencial de orégano. [Online].; 2024. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/60854/1/T-76904%20BOHORQUEZ-LAMILLA.pdf>.
10. Castillo M. EFECTO COMBINADO DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO Y EXTRACTO DE AJO, EN LA CONSERVACIÓN DE HAMBURGUESAS DE CARNE VACUNA REFRIGERADA. [Online].; 2017. Disponible en: https://tesisenfermeria.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8750/tesis-brom.-castillo-mara-paula-2017.pdf.
11. Olivas P. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE OLEORRESINA DE CHIPOTLE (*Capsicum annum*) Y ACEITES ESENCIALES DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*) Y AJO (*Allium sativum*) EN CARNE DE HAMBURGUESA. [Online].; 2020. Disponible en: <http://repositorio.uach.mx/312/1/Tesis.pdf>.
12. Andree J. Actividad antimicrobiana mediante tratamiento combinado de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.), ajo (*Allium sativum*) y ácido láctico para la bioconservación de carne de cuy (*Cavia porcellus*). [Online].; 2019. Disponible en: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2448/T030_44522797

- _T%20%20%20PORTAL%20ARBIETO%20JOSE%20MARKO%20ANDREE.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
13. Mutiat B, Olalekan S, Oyeyimka S. Antimicrobial properties of onion and garlic extracts in beef and chicken. [Online].; 2023. Disponible en: <https://pdf.sciencedirectassets.com/780605/1-s2.0-S2772753X23X00021/1-s2.0-S2772753X23003404/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEHgaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDFE2EZIK7ISlpqzPpkKJyr4pfSmJb8C9u41Wij90fCAIgb05NKWrsWlVwY1Je25k2L1ILOe3%2Fnd73yiCT%2BEgZ>.
 14. Karla P, Alberto G, Bittencourt F. Garlic essential oil as an antifungal and anti- mycotoxin agent in stored corn. [Online].; 2021. Disponible en: <https://pdf.sciencedirectassets.com/272383/1-s2.0-S0023643821X00084/1-s2.0-S0023643821007532/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEHkaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIEjsFuyLUy0D9MyWufgzTYIVNJQDoc3RJ24ZvD8r7XKQAIeAnhZJTFghge61ZtbhMEJgs1DCx0OYJMhXnZ0nsY2qYI8q>.
 15. Yun-Jeong , Y-J C, J-Y L, M-J K, J-Y C, J-H Y, et al. Changes in bacterial composition and metabolite profiles during kimchi fermentation with different garlic varieties. [Online].; 2024. Disponible en: <https://pdf.sciencedirectassets.com/313379/1-s2.0-S2405844023X00152/1-s2.0-S2405844024003141/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEHkaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIBSEe9N9KR1m3wYxTc9H4IYN1cnpSjVOJt%2B6p7BXTB9oAiAaKO59puAm3rWThLJy6WtMzxDijZ2skirDCU2N9oeYuS>.
 16. Ding H, Ao C, Zhang X. Potential use of garlic products in ruminant feeding: A review. [Online].; 2023. Disponible en: <https://pdf.sciencedirectassets.com/312440/1-s2.0-S2405654523X00031/1-s2.0-S2405654523000847/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEHgaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQCicXVeo%2F3jV0BiSBabQRglJcSI7S%2ByQWal%2F3jhg62xmQlhAJOEDRV3trOoEmNZqmLgWxC8Od1wYIJrD7Zfe>.
 17. Avenosa M, Sanchez A. Increasing the stability of Empeltre olive oils by aromatization with rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and garlic (*Allium sativum*). [Online].; 2021. Disponible en: <https://pdf.sciencedirectassets.com/282117/1-s2.0-S1878450X21X00029/1-s2.0-S1878450X21000329/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEHkaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIA0W8OQmodmKYKSUvtdW3cMv7ewvQ2yDSRYT0eziCXvAiA0I9M%2FSyH5WSoyHS5FCobMUHv0z9CnaLNVWHKh0fs2wC>.
 18. Ali M, Ahmad H, Hayat S, MI G, Amin B, Atif M, et al. Application of garlic allelochemicals improves growth and induces defense responses in eggplant (*Solanum melongena*) against *Verticillium dahliae*. [Online].; 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321002438>.
 19. Monroy E. ELABORACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA ACTIVA COMESTIBLE CON CAPACIDAD ANTIMICROBIANA QUE AUMENTE LA VIDA DE ANAQUEL EN PESCADO FRESCO A PARTIR DE COLÁGENO. [Online].; 2019. Disponible en: [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104910/tesis%20%20DIEGO%](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104910/tesis%20%20DIEGO%20)

20ERNESTO%28sin%20datos%20sensibles%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

20. Carhuallanqui A. Evaluación del efecto combinado bactericida del aceite esencial del ajo (*Allium sativum*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre *Listeria monocytogenes* ATCC) y *Staphylococcus aureus* (ATCC) en carne de res empacada al vacío y almacenada en refrigeración (4°C). [Online].; 2020. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/bf8547b2-209b-416a-a299-dfcec487e623/content>.
21. Velázquez C. Efecto de la adición de nanopartículas de óxido de hierro funcionalizadas con extracto de ajo sobre la vida de anaquel de un queso panela.[Online].; 2023. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/3417/1/ATD70.pdf>.