

ACTIVIDAD INHIBITORIA DEL EXTRACTO DE BARBASCO (*Bonellia sprucei*) Y ACEITE ESENCIAL DE ANÍS ESTRELLADO (*Illicium verum*) COMO DESINFECTANTES PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS CRUDOS

INHIBITORY ACTIVITY OF BARBASCO EXTRACT (*Bonellia sprucei*) AND STAR ANISE ESSENTIAL OIL (*Illicium verum*) AS DISINFECTANTS FOR FOOD-CONTACT SURFACES

Evelyn Elizabeth Sánchez Castro¹, Doris Ximena Guilcamaigua Anchatuña², Zulema Layanara Zamora Mendoza³, Edison Fernando González Alberca⁴

{esanchez@uagraria.edu.ec¹, dg@uagraria.edu.ec², zz@uagraria.edu.ec³, edisonga24@uniandes.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 17/02/2026 / Fecha de aceptación: 12/02/2026 / Fecha de publicación: 13/02/2026

RESUMEN: La contaminación microbiológica de superficies en contacto con alimentos representa un riesgo significativo para la inocuidad alimentaria, especialmente durante la manipulación y procesamiento de productos crudos. Es por ello que, se necesitan otras alternativas de desinfección que sean eficaces y sostenibles para reducir el uso de compuestos químicos convencionales. El objetivo principal fue realizar una evaluación de la actividad inhibitoria del extracto de barbasco (*Bonellia sprucei*) y del aceite esencial de anís estrellado (*Illicium verum*) como desinfectantes para superficies que tengan un contacto directo con los alimentos crudos. No obstante, hubo una formulación de tres tratamientos con diferentes concentraciones de extracto y aceite esencial: T1 (0,05 % – 0,95 %), T2 (0,03 % – 0,97 %) y T3 (0,01 % – 0,99 %), y se analizaron mediante pruebas de difusión en disco e hisopado de superficies frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Por otro lado, con los análisis de las propiedades físico-químicas del tratamiento con mayor capacidad antimicrobiana se procedió a comparar su eficacia con un desinfectante comercial. El resultado final evidencio que el tratamiento T3 presentó la mayor capacidad inhibitoria frente a ambos microorganismos. Y con el resultado del análisis físico-químico demostro un perfil de

¹Carrera Agroindustria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-0502-3901> +593-90737713.

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0007-6959-3288>.

³Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0009-2537-9364>. ⁴Facultad de Sistemas Mercantiles, Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-9715-0444>.

tensoactivos totales de 92,2 %, material activo valorable de 8,1 %, alcalinidad libre de NaOH de 0,8 % y un pH de 4,0. En la comparación con el desinfectante comercial, T3 mostró igual eficacia frente a *S. aureus* y menor eficacia frente a *E. coli*. Se concluye que la formulación T3 constituye una alternativa viable para la desinfección de superficies en contacto con alimentos, con especial efectividad frente a microorganismos gram positivos.

Palabras clave: *Barbasco, desinfectante, aceite esencial, actividad antimicrobiana, anís estrellado*

ABSTRACT: Microbiological contamination of food-contact surfaces represents a significant risk to food safety, particularly during the handling and processing of raw products. Therefore, effective and sustainable disinfection alternatives are needed to reduce the use of conventional chemical compounds. The main objective of this study was to evaluate the inhibitory activity of barbasco extract (*Bonellia sprucei*) and star anise essential oil (*Illicium verum*) as disinfectants for surfaces in direct contact with raw foods. Three formulations with different concentrations of extract and essential oil were developed: T1 (0.05%–0.95%), T2 (0.03%–0.97%), and T3 (0.01%–0.99%). Antimicrobial activity was assessed using disk diffusion and surface swabbing tests against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Additionally, the physicochemical properties of the formulation with the highest antimicrobial capacity were analyzed and its efficacy was compared with a commercial disinfectant. The results showed that treatment T3 exhibited the highest inhibitory activity against both microorganisms. Physicochemical analysis of T3 revealed a total surfactant content of 92.2%, an active matter content of 8.1%, free NaOH alkalinity of 0.8%, and a pH of 4.0. When compared with the commercial disinfectant, T3 demonstrated equivalent efficacy against *S. aureus* and lower efficacy against *E. coli*. It is concluded that formulation T3 constitutes a viable alternative for the disinfection of food-contact surfaces, with particular effectiveness against Gram-positive microorganisms.

Keywords: *Barbasco, disinfectant, essential oil, antimicrobial activity, star anise*

INTRODUCCIÓN

La inocuidad en la seguridad alimentaria sigue siendo uno de los principales factores de riesgo de la salud pública y de la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios modernos. Uno de los principales riesgos asociados a la pérdida de inocuidad es la contaminación microbiológica de las superficies que entran en contacto directo con alimentos crudos durante las etapas de manipulación, procesamiento y almacenamiento. Estas superficies, cuando no son sometidas a procesos adecuados de limpieza y desinfección, pueden actuar como reservorios de microorganismos patógenos, favoreciendo la contaminación cruzada y la transmisión de enfermedades de origen alimentario (1,2).

La Organización Mundial de la Salud ha estimado que las enfermedades transmitidas por alimentos afectan anualmente a cientos de millones de personas a nivel mundial, siendo las deficiencias en las prácticas higiénico-sanitarias uno de los factores determinantes en su aparición [3]. En este contexto, bacterias como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* son ampliamente utilizadas como microorganismos indicadores de contaminación en superficies de contacto con alimentos. *E. coli* se asocia principalmente con contaminación de origen fecal y con cuadros gastrointestinales severos, mientras que *S. aureus* destaca por su capacidad de producir toxinas termoestables responsables de intoxicaciones alimentarias, incluso cuando el alimento ha sido sometido a procesos térmicos (4–6).

Tradicionalmente, la industria alimentaria ha recurrido al uso de desinfectantes químicos sintéticos, tales como compuestos clorados, amonios cuaternarios y alcoholes, debido a su alta eficacia antimicrobiana. No obstante, el uso continuo de estos agentes se ha relacionado con efectos adversos, entre ellos la generación de residuos químicos, el impacto ambiental negativo, la corrosión de superficies y equipos, así como el desarrollo de resistencia microbiana (7,8). Estas limitaciones han impulsado la búsqueda de alternativas naturales, seguras y sostenibles que permitan mantener niveles adecuados de higiene sin comprometer la salud humana ni el ambiente.

En los últimos años, diversos estudios han demostrado que los extractos vegetales y los aceites esenciales poseen compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas, entre los que destacan flavonoides, saponinas, compuestos fenólicos y terpenos. Estos metabolitos secundarios ejercen su acción principalmente mediante la alteración de la membrana celular bacteriana, la inhibición de enzimas esenciales y la interferencia en procesos metabólicos fundamentales para la supervivencia microbiana (9–11). Debido a estas características, los productos de origen vegetal han despertado un creciente interés como potenciales agentes desinfectantes en la industria alimentaria.

El barbasco (*Bonellia sprucei*) es una planta nativa de regiones tropicales de América del Sur, tradicionalmente utilizada por comunidades locales por sus propiedades biológicas. Investigaciones previas han reportado la presencia de saponinas y otros compuestos con actividad tensoactiva y biocida, lo que sugiere su posible aplicación como agente antimicrobiano (12,13). Por otro lado, el aceite esencial de anís estrellado (*Illicium verum*) es ampliamente reconocido por su alto contenido de anetol y otros compuestos aromáticos con demostrada actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas (14,15).

A pesar de la evidencia científica que respalda la actividad antimicrobiana individual del extracto de barbasco y del aceite esencial de anís estrellado, la información disponible sobre su uso combinado como desinfectantes para superficies en contacto con alimentos crudos es limitada, especialmente en el contexto agroindustrial ecuatoriano. Esta brecha de conocimiento justifica la necesidad de evaluar formulaciones alternativas que integren ambos compuestos y permitan determinar su eficacia real frente a microorganismos indicadores de contaminación.

En este sentido, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar la actividad inhibitoria del extracto de barbasco (*Bonellia sprucei*) y del aceite esencial de anís estrellado (*Illicium verum*) como desinfectantes para superficies en contacto con alimentos crudos. Como objetivos específicos se planteó: formular diferentes tratamientos con concentraciones variables de ambos compuestos, evaluar su actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, y comparar la eficacia del tratamiento más efectivo con un desinfectante comercial. La hipótesis del estudio establece que la combinación del extracto de barbasco y el aceite esencial de anís estrellado presenta una actividad antimicrobiana significativa y comparable a la de un desinfectante químico convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio adopta un enfoque experimental, de tipo cuantitativo, con un alcance descriptivo y comparativo. El estudio se realizó en condiciones controladas según las normas, con el objetivo de evaluar la actividad antimicrobiana del extracto de barbasco (*Bonellia sprucei*) y del aceite esencial de anís estrellado (*Illicium verum*) como desinfectantes para superficies en contacto con alimentos crudos (1,2).

Es por ello, que se utilizó material vegetal: barbasco (*Bonellia sprucei*), el cual fue proveniente de proveedores locales. El material vegetal fue sometido a un proceso de selección, lavado con agua potable para la eliminación de impurezas y secado a temperatura ambiente, evitando la exposición directa a la luz solar. Posteriormente, el barbasco fue triturado y sometido a un proceso de maceración (3). utilizando un solvente adecuado, con el propósito de obtener el extracto. El extracto resultante fue filtrado para eliminar residuos sólidos y almacenado en envases estériles hasta su utilización.

El aceite esencial de anís estrellado (*Illicium verum*) fue adquirido de un proveedor certificado, garantizando su pureza y calidad. Este aceite fue conservado en recipientes herméticos, protegidos de la luz y a temperatura ambiente, hasta su empleo en la formulación de los tratamientos (4).

Para la elaboración del desinfectante se formularon tres tratamientos experimentales, combinando el extracto de barbasco y el aceite esencial de anís estrellado en diferentes concentraciones. El tratamiento T1 se formuló con 0,05 % de extracto de barbasco y 0,95 % de aceite esencial; el tratamiento T2 con 0,03 % de extracto y 0,97 % de aceite esencial; y el tratamiento T3 con 0,01 % de extracto y 0,99 % de aceite esencial. Cada formulación fue homogenizada mediante agitación constante hasta obtener soluciones uniformes, las cuales se almacenaron en recipientes estériles debidamente rotulados.

La evaluación de la actividad antimicrobiana se realizó frente a cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, seleccionadas por su importancia en la inocuidad alimentaria (5). Se empleó el método de difusión en disco para determinar la capacidad inhibitoria de los

tratamientos. Para ello, se prepararon suspensiones bacterianas ajustadas a una concentración equivalente al estándar de McFarland, las cuales fueron sembradas uniformemente sobre placas de agar nutritivo. Discos de papel estériles impregnados con cada tratamiento fueron colocados sobre las placas, incluyendo un desinfectante comercial como control positivo. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas y la actividad antimicrobiana se evaluó mediante la medición de los halos de inhibición.

Adicionalmente, se realizó una evaluación microbiológica en superficies en contacto con alimentos mediante el método de hisopado. Las superficies fueron tratadas con las formulaciones desarrolladas y posteriormente muestreadas para determinar la reducción microbiana lograda por cada tratamiento (7). Los resultados fueron expresados en unidades formadoras de colonias.

El tratamiento que presentó la mayor actividad antimicrobiana fue sometido a análisis físico-químicos, evaluándose parámetros como pH, alcalinidad libre expresada como NaOH, material activo valorable y contenido de tensoactivos totales, siguiendo metodologías establecidas en normativas técnicas vigentes.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva, utilizando promedios y desviación estándar para comparar la eficacia de los tratamientos y del desinfectante comercial (8).

RESULTADOS

La estimación de la eficacia del extracto natural de barbasco en combinación con aceite esencial de anís estrellado como agente sanitizante alternativo para superficies en contacto con alimentos crudos se realizó mediante un conjunto de pruebas microbiológicas y análisis estadísticos rigurosos. Para ello, se formularon tres tratamientos experimentales, denominados T1, T2 y T3, los cuales variaron en las proporciones de extracto de barbasco y aceite esencial de anís estrellado, manteniendo constantes los demás componentes de la formulación. Esta estrategia permitió evaluar de manera objetiva la influencia de la concentración relativa de los compuestos activos sobre la capacidad antimicrobiana de cada tratamiento (1,2).

Tabla 1. Evaluación microbiológica de los diferentes tratamientos propuestos mediante difusión en disco.

Tratamiento	Halo de inhibición (mm)	Halo de inhibición (mm)
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
T3	24.80 ^C	23.00 ^C
T2	14.00 ^B	12.00 ^B

T1	6.60 ^A	5.11 ^A
p-valor	0.0001	0.0001
E.E.	0.730	0.841

La evaluación principal de la actividad antimicrobiana se llevó a cabo mediante la prueba de difusión en disco, técnica ampliamente utilizada para determinar la sensibilidad de microorganismos frente a agentes antimicrobianos (3,4). Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias claras y consistentes entre los tratamientos evaluados. Frente a *Staphylococcus aureus*, el Tratamiento 3 presentó la mayor capacidad inhibitoria, alcanzando un halo promedio de inhibición de 24,80 mm. Este valor refleja una acción antimicrobiana elevada y sostenida, superior a la observada en los demás tratamientos. El Tratamiento 2 mostró una respuesta intermedia, con un halo promedio de 14,00 mm, mientras que el Tratamiento 1 registró la menor eficacia, con un diámetro promedio de inhibición de 6,60 mm. El análisis de varianza confirmó que las diferencias observadas entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas, con un valor de p inferior a 0,0001, lo que indica una alta confiabilidad de los resultados obtenidos.

Al analizar la respuesta frente a *Escherichia coli*, se observó un comportamiento similar al registrado para *S. aureus*, aunque con ligeras variaciones en la magnitud de los halos de inhibición. El Tratamiento 3 volvió a destacarse como la formulación más eficaz, alcanzando un halo promedio de 23,00 mm, lo que evidencia una capacidad inhibitoria notable frente a esta bacteria Gram negativa. El Tratamiento 2 presentó una inhibición moderada, con un halo promedio de 12,00 mm, mientras que el Tratamiento 1 mostró una respuesta limitada, con un valor promedio de 5,11 mm. El análisis estadístico arrojó nuevamente un valor de p de 0,0001, confirmando diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores de error estándar calculados para ambas bacterias fueron bajos, lo que sugiere una adecuada precisión experimental y una buena repetibilidad de las mediciones realizadas.

El análisis conjunto de los resultados obtenidos mediante la prueba de difusión en disco permitió identificar una tendencia clara en el comportamiento de las formulaciones evaluadas. Se evidenció una relación inversa entre la concentración de extracto de barbasco y la eficacia antimicrobiana del desinfectante compuesto. A medida que disminuyó la proporción de barbasco y aumentó la concentración de aceite esencial de anís estrellado, se observó un incremento significativo en la capacidad inhibitoria, particularmente en el Tratamiento 3. Este comportamiento sugiere que los compuestos bioactivos presentes en el aceite esencial de anís estrellado, como el anetol y otros terpenos aromáticos, desempeñan un papel predominante en la acción biocida de la formulación. Al mismo tiempo, concentraciones más elevadas de extracto de barbasco podrían estar interfiriendo o antagonizando parcialmente dicho efecto en el sistema evaluado (6,7).

Además de las pruebas in vitro, se realizaron evaluaciones microbiológicas mediante el método de hisopado en superficies en contacto con alimentos crudos (1). Con el objetivo de analizar la eficacia de los tratamientos en condiciones más cercanas a una aplicación real. En el caso de *Staphylococcus aureus*, el recuento inicial en superficies sin tratamiento fue de $8,89 \times 10^2$ UFC/cm², valor que refleja una carga microbiana significativa. Tras la aplicación de los tratamientos desinfectantes, se observó una reducción variable según la formulación utilizada. El Tratamiento 1 logró disminuir la carga microbiana hasta $5,37 \times 10^2$ UFC/cm², evidenciando una eficacia limitada. En contraste, los Tratamientos 2 y 3 mostraron una reducción mucho más pronunciada, alcanzando valores finales de $2,48 \times 10^1$ y $2,35 \times 10^1$ UFC/cm², respectivamente. Estos resultados confirman la elevada capacidad del Tratamiento 3 para reducir la presencia de *S. aureus* en superficies, coincidiendo con lo observado en la prueba de difusión en disco.

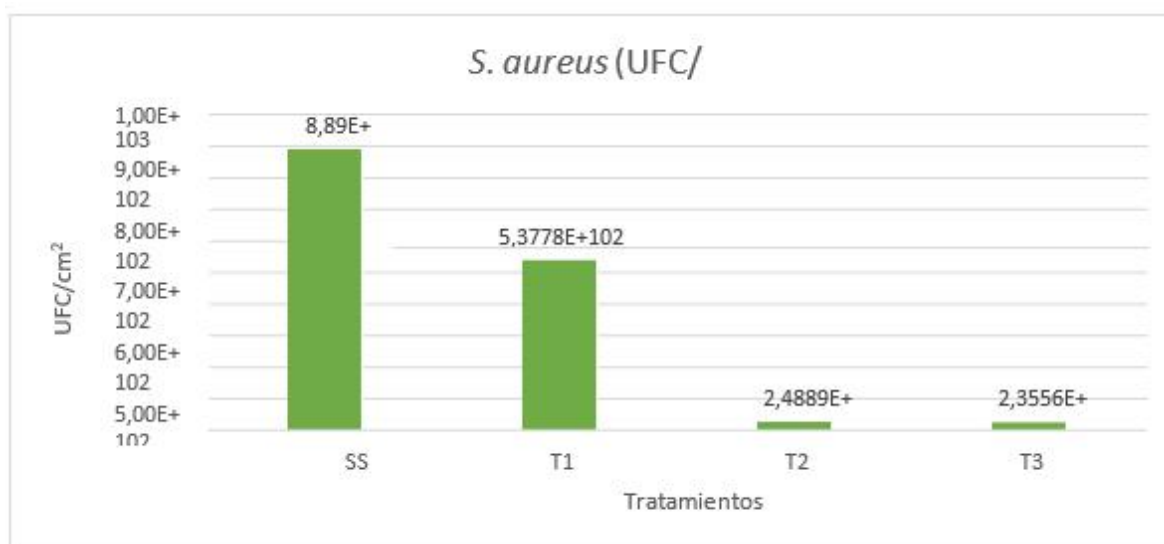


Figura 1. Análisis de hisopado a superficie previo a la prueba de difusión en disco para *S. aureus*.

Para *Escherichia coli*, el recuento inicial en superficies sin tratamiento fue de $4,67 \times 10^2$ UFC/cm². Tras la aplicación del Tratamiento 1, la carga bacteriana se redujo de manera moderada, alcanzando un valor de $3,13 \times 10^2$ UFC/cm². Sin embargo, los Tratamientos 2 y 3 lograron una eliminación prácticamente total de la bacteria recuperable, registrando recuentos finales de 20 UFC/cm² en ambos casos. Estos resultados son particularmente relevantes, ya que demuestran que, a pesar de que *E. coli* presenta una mayor resistencia intrínseca debido a su estructura de membrana externa (5). Las formulaciones con mayor contenido de aceite esencial de anís estrellado fueron capaces de reducir la carga microbiana a niveles mínimos detectables.

Una vez identificada la formulación con mejor desempeño antimicrobiano, correspondiente al Tratamiento 3, se procedió a la caracterización de sus propiedades fisicoquímicas, con el fin de verificar su cumplimiento con los criterios establecidos en la Norma INEN 2985 para desinfectantes de superficies [8]. El análisis reveló que el

contenido de tensoactivos totales alcanzó un valor de 92,2 %, lo que indica una adecuada capacidad detergente y favorece la acción del producto sobre las superficies tratadas. Asimismo, la biodegradabilidad del tensoactivo fue superior al 90 %, lo que sugiere un menor impacto ambiental y una mayor compatibilidad con criterios de sostenibilidad. La materia activa valorable se cuantificó en 8,1 %, manteniéndose por debajo del límite máximo permitido del 10 %, lo que garantiza la eficacia del producto sin comprometer la seguridad del usuario. La alcalinidad libre, expresada como hidróxido de sodio (NaOH), fue de 0,8 %, valor inferior al límite máximo permitido, lo que indica un bajo riesgo de corrosión y una manipulación segura. Finalmente, el pH de la formulación se determinó en 4,0, ubicándose dentro del rango establecido por la normativa y favoreciendo la estabilidad de los compuestos activos, así como la actividad antimicrobiana del producto

Tabla 2. Parámetros físico-químicos del tratamiento de desinfectante con mejor respuesta antimicrobiana.

Parámetros	Desinfectante de barbasco y anís estrellado	Parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2985 (2015)
Tensoactivos totales	92,2 %	≥ 90 %
Materia activa valorable	8,1 %	10 %
Alcalinidad libre como NaOH	0,8 %	1,0 %
pH	4,0	3,5 - 10

La fase final del análisis de resultados incluyó una comparación microbiológica entre el Tratamiento 3 y un desinfectante comercial de uso común para superficies en contacto con alimentos. Frente a *Staphylococcus aureus*, el desinfectante comercial presentó un halo de inhibición promedio de 24,20 mm, valor muy cercano al obtenido con la formulación natural. El análisis estadístico mediante la prueba t de Student no evidenció diferencias significativas entre ambos productos, lo que indica que el Tratamiento 3 posee una eficacia comparable al desinfectante comercial para el control de bacterias Gram positivas. No obstante, al evaluar la respuesta frente a *Escherichia coli*, el desinfectante comercial mostró un halo de inhibición superior, alcanzando 26,60 mm, mientras que el Tratamiento 3 presentó un valor menor. El análisis estadístico confirmó una diferencia significativa a favor del producto comercial, lo que sugiere que la formulación natural podría requerir ajustes adicionales para potenciar su acción frente a bacterias Gram negativas.

Tabla 3. Análisis comparativo entre el desinfectante comercial y el mejor tratamiento.

	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
T - student	-0.866	3.674

p-valor

0.7940

0.0003

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que el Tratamiento 3 se posiciona como un desinfectante natural prometedor, con una elevada eficacia frente a patógenos Gram positivos, propiedades fisicoquímicas adecuadas y un desempeño competitivo frente a productos comerciales, lo que respalda su potencial aplicación como alternativa sostenible en la desinfección de superficies en contacto con alimentos

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la combinación del extracto de barbasco (*Bonellia sprucei*) y el aceite esencial de anís estrellado (*Illicium verum*) constituye una alternativa viable para la desinfección de superficies en contacto con alimentos crudos, especialmente cuando se emplean proporciones adecuadas de ambos componentes. La variación en las concentraciones de los agentes naturales evaluados permitió demostrar que la eficacia antimicrobiana no depende únicamente de la presencia de ambos compuestos, sino del equilibrio entre ellos, lo cual resulta determinante para maximizar su acción biocida.

En este sentido, el Tratamiento 3, caracterizado por una menor proporción de extracto de barbasco y una mayor concentración de aceite esencial de anís estrellado, mostró la mayor capacidad inhibitoria frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Este comportamiento sugiere que los compuestos bioactivos presentes en el aceite esencial desempeñan un rol predominante en la actividad antimicrobiana de la formulación. Diversos estudios han señalado que metabolitos como el anetol, el estragol y el limoneno poseen una marcada afinidad por las membranas celulares bacterianas debido a su naturaleza lipofílica, lo que les permite alterar la permeabilidad de la bicapa lipídica, provocar la salida de componentes intracelulares esenciales y, finalmente, inducir la muerte celular (1–3).

Un aspecto relevante observado en este estudio es que el incremento en la concentración del extracto de barbasco, presente en los Tratamientos 1 y 2, no se tradujo en una mayor actividad antimicrobiana. Por el contrario, la eficacia global de la formulación disminuyó. Este efecto podría estar asociado a una posible interacción antagonista entre los compuestos del barbasco y los del aceite esencial de anís estrellado cuando el primero se encuentra en concentraciones más elevadas, o bien a un efecto de dilución de los principios activos más potentes del anís. Hallazgos similares han sido reportados en investigaciones donde la combinación inadecuada de extractos vegetales reduce la actividad biocida esperada (4,5).

Al contrastar estos resultados con la literatura científica, se observa coherencia con estudios que reportan una elevada eficacia del aceite esencial de anís estrellado frente a bacterias Gram positivas, con halos de inhibición comparables a los obtenidos en esta investigación [6]. Sin embargo, resulta particularmente relevante que, a diferencia de otros trabajos donde *E. coli* mostró resistencia a extractos de anís, el Tratamiento 3 logró una inhibición significativa de esta bacteria Gram negativa. Este efecto podría atribuirse a la alta pureza del aceite esencial empleado y a la sinergia específica alcanzada en la formulación evaluada, lo cual permitió superar parcialmente la barrera de la membrana externa característica de este grupo bacteriano (7).

Desde el punto de vista fisicoquímico, el Tratamiento 3 presentó características que refuerzan su potencial aplicación en la industria alimentaria. La elevada biodegradabilidad del tensoactivo responde a la creciente necesidad de productos más amigables con el medio ambiente, constituyendo una ventaja frente a los desinfectantes sintéticos convencionales, los cuales suelen ser persistentes y generar residuos contaminantes (8). Asimismo, el pH ácido de la formulación no solo cumple con los límites establecidos por la normativa vigente, sino que contribuye a potenciar la actividad antimicrobiana, dado que muchos patógenos presentan un crecimiento limitado en condiciones ácidas (9). La baja alcalinidad libre, por su parte, reduce el riesgo de corrosión y favorece la conservación de las superficies de trabajo.

Finalmente, la comparación con el desinfectante comercial permitió contextualizar el desempeño del producto desarrollado. La ausencia de diferencias significativas en la inhibición de *S. aureus* posiciona al Tratamiento 3 como una alternativa efectiva para el control de bacterias Gram positivas. No obstante, la mayor eficacia del producto comercial frente a *E. coli* pone en evidencia la complejidad estructural de las bacterias Gram negativas y la necesidad de optimizar formulaciones naturales que mejoren la penetración de sus compuestos activos, manteniendo al mismo tiempo un enfoque ecológico y sostenible (10).

CONCLUSIONES

La formulación del Tratamiento 3, compuesta por un 0.01% de extracto de barbasco y un 0.99% de aceite esencial de anís estrellado, demostró ser la más eficaz entre las alternativas evaluadas, logrando halos de inhibición significativos de 24.80 mm frente a *Staphylococcus aureus* y 23.00 mm frente a *Escherichia coli*. Esta actividad antimicrobiana superior se atribuye principalmente a la alta concentración de aceite esencial de anís, rico en compuestos como anetol y limoneno que desestabilizan las membranas bacterianas. Se concluye que existe una relación inversa en la interacción de los componentes, donde concentraciones mayores de extracto de barbasco, presentes en los otros tratamientos, afectan negativamente la potencia biocida de la mezcla, sugiriendo que la eficacia recae mayoritariamente en los principios activos del anís estrellado.

El análisis de las propiedades físico-químicas del Tratamiento 3 confirmó su idoneidad y seguridad como agente desinfectante, cumpliendo a cabalidad con los parámetros establecidos por la normativa NTE INEN 2985. El producto presenta una alta biodegradabilidad del 92.2%, lo que refuerza su perfil como una alternativa sostenible y ecológica. Además, su pH ácido de 4.0 y una baja alcalinidad libre garantizan no solo la estabilidad química y la potenciación de la actividad antimicrobiana, sino también la protección de las superficies tratadas contra la corrosión y la seguridad para el usuario, validando su potencial aplicación industrial.

Al comparar el desinfectante natural propuesto con un producto comercial, se determinó que el Tratamiento 3 posee una eficacia estadísticamente equiparable frente a bacterias Gram positivas como *S. aureus*, posicionándose como una alternativa viable y competitiva. Sin embargo, frente a bacterias Gram negativas como *E. coli*, el desinfectante comercial mantuvo una superioridad estadística, probablemente debido a ingredientes sintéticos diseñados para penetrar la compleja membrana externa de estos microorganismos. Esto indica que, aunque el Tratamiento 3 es efectivo, su formulación podría requerir ajustes o coadyuvantes naturales adicionales para maximizar su espectro de acción frente a patógenos Gram negativos y alcanzar niveles de eficacia idénticos a los de los desinfectantes químicos tradicionales en este grupo bacteriano específico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Food safety. Geneva: WHO; 2015.
2. Ulloa J, Hernández M, Zambrano J. Microbial contamination of food contact surfaces and its impact on food safety. *Int J Environ Health Res.* 2020;30(6):678–689.
3. Asogwa F. Hygienic and sanitary assessment of street food vendors in selected towns of Enugu North District of Nigeria. *Am Eurasian J Sci Res.* 2015;10(1):22–26.
4. Allocati N, Masulli M, Alexeyev MF, Di Ilio C. *Escherichia coli* in Europe: An overview. *Int J Environ Res Public Health.* 2013;10(12):6235–6254.
5. Ruiz A, López M, Hernández A. *Staphylococcus aureus* food poisoning and its public health relevance. *Foodborne Pathog Dis.* 2004;1(1):45–55.
6. O'Neill J. Antimicrobial resistance: tackling a global health crisis. *Lancet.* 2022;399(10325):629–636.
7. Jiménez J, Rodríguez L, Pérez M. Natural antimicrobials and their role in food safety. *Foods.* 2021;10(5):1134.

8. Celis A, Mendoza C, Pachón M, Cardona J, Delgado W, Cuca L. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en Piperaceae. *Agron Colomb.* 2008;26(1):97–106.
9. Mariños J, Flores E, Ponce J. Presencia de saponinas en especies vegetales utilizadas como barbasco. *Rev Peru Biol.* 2004;11(2):123–130.
10. Vijayakumar R, Muthukumar C, Kumar T, Saravanamuthu R. Antimicrobial activity of *Illicium verum* against human pathogens. *Asian Pac J Trop Med.* 2012;5(1):38–42.
11. Andrango A, Changoluisa D. Compuestos bioactivos del anís estrellado y su potencial antimicrobiano. *Rev Fitotec.* 2021;12(1):55–63.
12. Soto M, Valenzuela P, Gutiérrez J. Extraction of bioactive compounds from medicinal plants using maceration techniques. *Ind Crops Prod.* 2012;36:10–16.
13. Cuervo D, Vanegas J, Corzo D, Correa F. Capacidad bactericida de extractos vegetales frente a bacterias patógenas. *Rev Peru Biol.* 2019;26(1):135–142.
14. García F, Ángeles M. Efecto de extractos de plantas medicinales sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. *Rev Cient UNTRM.* 2021;3(3):31–35.
15. ISO. ISO 18593:2018. Microbiology of the food chain — Surface sampling methods. Geneva: International Organization for Standardization; 2018.
16. CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 30th ed. Wayne: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2020.
17. Kaper J, Nataro J, Mobley H. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nat Rev Microbiol.* 2004;2(2):123–140.
18. Escobedo J, Guerrero A, Villota M. Development of a natural disinfectant based on essential oils. *Foods.* 2023;12(7):1456.
19. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2985: Detergentes y desinfectantes. Requisitos. Quito: INEN; 2017.
20. Todorovic V, Markovic T, Ilic P. Environmental impact of synthetic disinfectants used in food industry. *Food Microbiol.* 2023;102:103904.