

Evaluación antimicrobiana de dos aceites esenciales de *Vaccinium corymbosum* y las hojas de *Moringa oleifera* frente a la bacteria *Escherichia coli*

Antimicrobial evaluation of two essential oils from *Vaccinium corymbosum* and *Moringa oleifera* leaves against *Escherichia coli* bacteria

Avaliação antimicrobiana de dois óleos essenciais de folhas de *Vaccinium corymbosum* e *Moringa oleifera* contra a bactéria *Escherichia coli*

Junior Rodolfo López Engracia

juniorlopeze@hotmail.com

Universidad Agraria del Ecuador - Ecuador

Universidad internacional Iberoamericana – México

Estudiante de la Maestría innovación y Biotecnología de los Alimentos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6582-0224>

María José Rodríguez Andaluz

majoandaluz10@gmail.com

Universidad Agraria Del Ecuador – Ecuador

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5649-3711>

RESUMEN

El uso de aceites esenciales ha incrementado de forma notable por sus características bactericidas, fungicidas y antioxidantes. El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad antimicrobiana en combinación de los dos aceites esenciales en el control de *Escherichia coli* bajo condiciones *in vitro*. Los aceites esenciales se obtuvieron a través del método de destilación por arrastre de vapor y sometido a decantación. Se realizaron 7 tratamientos y 3 repeticiones, los tratamientos contienen diferentes porcentajes de los aceites (T1:75%-25%, T2:50%-50%, T3:25%-75%, T4:100%-0%, T5:0%-100% T6: penicilina y T7: eritromicina) estos últimos antibióticos antes mencionados fueron testigos y todos los tratamientos contienen 10 µl. Las características evaluadas son los halos de inhibición y las unidades formadoras de colonias (UFC) se aplicó un análisis de varianza y prueba Tuckey al 5 % de probabilidad. Como resultado el tratamiento 3 presentó un promedio de 26,15 mm de halos de inhibición y un promedio de la carga microbiana de 28,5 en (UFC) antes de los diferentes tratamientos. En conclusión, se evidenció que la combinación de los aceites esenciales a un 50% en ambos poseen un elevado poder inhibitorio ante a la bacteria *Escherichia coli* en condiciones *in vitro*.

Palabras clave: Aceites esenciales; actividad microbiana; inhibición; *Escherichia coli*.

ABSTRACT

The use of essential oils has increased notably due to their bactericidal, fungicidal and antioxidant characteristics. The objective of this research was to evaluate the antimicrobial activity in a combination of the two essential oils in the control of *Escherichia coli* under *in vitro* conditions. The essential oils were obtained through the steam distillation method and subjected to decantation. 7 treatments and 3 repetitions were carried out, the treatments contain different percentages of the oils (T1:75%-25%, T2:50%-50%, T3:25%-75%, T4:100%-0%, T5:0%-100% T6: penicillin and T7: erythromycin) these last-mentioned antibiotics were witnessed and all the treatments contain 10 µl. The characteristics evaluated are the inhibition halos and the colony-forming units (CFU). An analysis of variance and the Tuckey test at 5% probability were applied. As a result, treatment 3 presented an average of 26.15 mm of inhibition halos and an average microbial load of 28.5 in (CFU) before the different treatments. In conclusion, it was evidenced that the combination of essential oils at 50% in both have a high inhibitory power against *Escherichia coli* bacteria *in vitro* conditions.

Keywords: Essential oils; microbial activity; inhibition; *Escherichia coli*.

RESUMO

A utilização de óleos essenciais tem aumentado notavelmente devido às suas características bactericidas, fungicidas e antioxidantes. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a atividade antimicrobiana da combinação dos dois óleos essenciais no controle de *Escherichia coli* em condições *in vitro*. Os óleos essenciais foram obtidos pelo método de destilação a

vapor e submetidos à decantação. Foram realizados 7 tratamentos e 3 repetições, os tratamentos contêm diferentes porcentagens dos óleos (T1:75%-25%, T2:50%-50%, T3:25%-75%, T4:100%-0%, T5 :0%-100% T6: penicilina e T7: eritromicina) estes últimos antibióticos mencionados foram testemunhas e todos os tratamentos contêm 10 µl. As características avaliadas são os halos de inibição e as unidades formadoras de colônias (UFC), sendo aplicados análise de variância e teste de Tuckey a 5% de probabilidade. Como resultado, o tratamento 3 apresentou uma média de 26,15 mm de halos de inibição e uma carga microbiana média de 28,5 in (UFC) antes dos diferentes tratamentos. Em conclusão, evidenciou-se que a combinação de óleos essenciais a 50% em ambos possui alto poder inibitório contra a bactéria *Escherichia coli* em condições *in vitro*.

Palavras-chave: Óleos essenciais; atividade microbiana; inibição; *Escherichia coli*.

1. INTRODUCCIÓN

Los productos alimenticios están frecuentemente sensibles a la contaminación causada por agentes patógenos, ciertos de ellos generados en todo el almacenamiento, el transporte o el procesamiento después de la cosecha, lo que implica pérdidas significativas en la calidad, cantidad y composición de nutrientes, con la consecuente reducción del precio en el mercado. De acuerdo con la ONU para la Agricultura y la Ingesta de alimentos, los casos registrados de pérdidas de alimentos en mal estado en los que se incorporan cereales, granos, nueces, frutas, vegetales, carnes y especias, se reportan en cifras equivalentes a toneladas métricas de alimentos todos los años (ONU, 2015).

Los microorganismos se encuentran ampliamente distribuida en la naturaleza, en reservorios acuáticos y animales, cepas patógenas de *Escherichia coli* fueron identificada como el fundamental agente etiológico responsable de los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos; esta bacteria está vinculada a patologías gastrointestinales producto del consumo de alimentos contaminados tanto en origen como en proceso por falta de limpieza e inadecuadas prácticas de procesamiento y conservación (Shah, 2017).

Sin embargo, para asegurar la seguridad alimentaria, existe la necesidad de crear medidas de control eficaces con conservantes antimicrobianos, que garanticen la inactivación bacteriana y paralelamente no generen efectos colaterales por su consumo; los métodos de conservación de alimentos que se estén exentos de productos químicos pero que presenten compuestos antimicrobianos seguros y eficaces abren paso a diversos estudios con productos naturales. En este entorno, en los últimos años los aceites esenciales naturales se han convertido en un asunto de averiguación en beneficio de la industria alimentaria pues han demostrado una fundamental actividad bacteriana ante microorganismos Gram positivos y Gram negativo (Prakash, et al. 2015).

Los principales componentes químicos de los arándanos son las proantocianidinas, mayoritariamente del tipo A, las antocianinas, los flavonoles, ácidos fenólicos, ácidos málico y cítrico, iridoides, ácido ursólico, fructosa y otros azúcares, donde se há observado un efecto beneficioso sobre el mantenimiento de la salud debido a su composición que le proporciona un beneficio adicional gracias a la actividad inhibitoria de la adherencia bacteriana, por lo que puede presentar un efecto beneficioso en determinada patologías (Risco *et al.*, 2010).

Moringa oleifera es una planta que pertenece al género *Moringa* de la familia Moringaceae. Este género está constituido por 13 especies, de las que *Moringa oleifera* es la más diseminada, presente en climas tropicales y subtropicales. Posee diferentes ecotipos entre los que se hallan Supergenius, Plain y Criolla, los cuales se cultivan bajo las condiciones climatológicas específicas de cada territorio. (Hernández *et al.*, 2022).

El uso de *Moringa oleifera* para el control de diversas infecciones provocadas por microorganismos bien conocido como *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*, en años recientes se han generado resultados científicos que confirman su actividad antimicrobiana. Estudios *in vitro* han comprobado la actividad de diferentes partes de la planta sobre los microorganismos patógenos (Cáceres *et al.*, 1991).

La hoja de moringa tiene un alto contenido de proteína y contiene vitaminas A, B, C. en la cual es considerada como una planta medicinal que se emplea para dolores de cabeza, mensuales,

de parto, fiebres entre otra, también se una para repelar insectos, plagas y parásitos (Martin *et al.*, 2013).

Según Dinesha *et al.* (2018) uno de lo mas importante productos logrados desde las semillas y de las hojas de moringa es el aceite esencial debido a que es una excelente fuente de tocoferoles y este aceite de moringa puede utilizarse para el consumo humano sin ningún problema.

La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se encuentra relacionada con la composición química, por ejemplo, el arándano azul y la hoja de moringa cuentan con varios compuestos, los cuales se ven influenciados por métodos específicos de cultivo, extracción y separación; los aceites esenciales de arándano azul se encuentran principalmente en la cáscara de la fruta y la moringa en su hojas y semillas, su extracción es económicamente sostenible, ya que la cáscara de los arándanos constituye una pérdida para la industria de jugos de frutas; en consecuencia, el interés de estos como agentes antimicrobianos y conservantes en los alimentos abre una viable elección para reemplazar los conservantes y antibióticos convencionales (AL-Jabri & Hossain, 2018).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad antimicrobiana de dos aceites esenciales en combinación frente a *Escherichia coli* bajo condiciones *in vitro*.

3 PROCEDIMIENTOS METODOLOGICOS

La investigación experimental se realizó en el laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad Agraria del Ecuador, Campus Milagro, ubicada en el cantón Milagro, Guayas, Ecuador. El estudio se realizó en un ambiente controlado a 20 °C y humedad relativa de 48%, utilizando la cámara de flujo laminar para evitar contaminación.

Los aceites esenciales se obtuvieron mediante el método de hidrodestilación y las variables de la operación fueron: combinación de los aceites, carga microbiana UFC y los halos de inhibición. Las muestras que mayor efecto inhibitorio obtuvo se sometieron a análisis de solubilidad, pH e índice de acidez.

Extracción de los aceites esenciales

Para la obtención de los aceites esenciales tanto de arándanos azules como de las hojas de moringa se aplicó el método de arrastre por vapor, donde se calentó el balón que contienen agua destilada a una temperatura de 150°C - 175 °C, el vapor pasa por un tubo de vidrio que lo conlleva al segundo balón con la muestras, donde este vapor se mezcla con la muestra para extraer su propiedades volátiles como es el aceite, luego llega a un refrigerante serpentín teniendo una temperatura de 18 °C donde se condensa el vapor y ese vapor se transforma en aceites esenciales en el cual se lo recolecto en frasco ámbar de 30 ml.

Aislamiento y Preparación del Inóculo

Se aislaron las bacterias certificadas a partir de la técnica de siembra en estría por agotamiento en Agar MacConkey se incubaron a 37 °C por 24 h. En la preparación del inóculo se utilizó medios de cultivo líquido de Kirby-Bauer, para lo cual se tomó en asa bacteriológica cinco colonias aisladas de cada una de las cepas certificadas y se las transfirió mediante un hisopo a 5 ml de caldo en Agar MacConkey y Eosin Methylene Blue Agar para ser incubadas a 37 °C por 2 h. Fueron estandarizadas al 0.5 de la escala de MacFarland a 620 nm en espectrofotómetro, obteniéndose 1.5x10⁸ Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Discos de Sensibilidad

Se impregnó una gota para cada disco de sensibilidad con las cinco concentraciones combinada de los aceites esenciales de arándanos azules y hojas de moringa, se refrigeraron por 24 h para evitar que el aceite se disemine por el agar. La valoración de la actividad antibacteriana de las concentraciones de los aceites esenciales se realizó mediante la técnica de difusión en disco agar: Se sembraron las cepas en la superficie del agar MacConkey y azul de metileno con los discos de

sensibilidad. Se incubaron a 37 °C por 24 h y se evaluó el diámetro del halo de crecimiento con una regla milimétrica Hiantibiotic ZoneScale.

Actividad antimicrobiana

Para determinar la actividad antimicrobiana se utilizó la técnica de difusión en agar, según metodología descrita por (Evans et al., 1966), empleándose cepa de bacteria certificada Gram negativa (*Escherichia coli* pertenecientes a la Colección Americana de Cultivos Tipo ATCC). La misma consistió en impregnar discos estériles de papel de filtro Whatman N° 3 de 5 mm de diámetro con 10 µl de los aceites esenciales en diferentes porcentajes a evaluar. Estos discos se colocaron dentro de cajas de Petri que contenían agar MacConkey y Eosin Methylene Blue Agar, inoculadas con una suspensión bacteriana de concentración conocida (1x10⁸ bacterias/ml), las cajas se pre incubaron a 5°C durante 12 horas, para permitir la difusión del extracto, y luego, se incubaron a 37°C durante 48 horas, para permitir el crecimiento bacteriano. Las zonas claras que se formaron alrededor de los discos, se consideraron halos de inhibición, los cuales fueron medidos, registrando para cada caso el diámetro en milímetros de los halos de inhibición del crecimiento bacteriano.

Tratamientos

Tabla 1: Combinación de los aceites esenciales de arándanos azules (AEA) y aceite de hojas de moringa (AEM)

Combinación de los aceites esenciales de arándanos azules (AEA) y aceite de hojas de moringa (AEM)

Tratamientos	AEA %	AEM %	µL	TOTAL µL
T1	75%	25%	7,5+2,5	10
T2	25%	75%	2,5+7,5	10
T3	50%	50%	5+5	10
T4	100%	0%	10	10
T5	0%	100%	10	10
T6	Penicilina			
T7	Eritromicina			

AEA significa aceite esencial de arándanos azules y AEM significa aceite esencial de hojas de moringa

Para valorar estadísticamente los resultados de las variables se emplearon un diseño completamente al azar, considerando tres repeticiones por cada tratamiento (7). Como consecuencia de este ensayo se obtendrá 21 unidades experimentales (3 cajas Petri por tratamiento) en las cuales se realizarán evaluaciones del efecto inhibitor de los aceites esenciales como antimicrobiano en el control de *E. coli* como se puede observar en la tabla 1.

Análisis estadísticos

Para valorar estadísticamente los efectos de los tratamientos se empleó el análisis de varianza, cuyo esquema se indica en la Tabla 1. Los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad y homocedasticidad. Donde se utilizará la prueba de Tuckey. Estos análisis se analizarán al 5 % de probabilidad de error tipo 1. Cabe mencionar que el análisis se realizara con el programa Excel del paquete office y con el software estadístico InfoStat.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del rendimiento de los aceites extraído se muestra en la tabla 2. Para calcular el rendimiento de la extracción de los aceites esenciales de los arándanos azules se utilizó la siguiente ecuación: % Rendimiento = (ml de aceite esencial) / (g de muestras) x 100.

Tabla 2: Rendimiento de los aceites esenciales extraído.

Materia prima	Materia seca	Cantidad de aceite	Rendimiento
Azul	200 g	3 ml	1,5 %
Hojas de moringa	150g	3.7 ml	2,46 %

En la tabla 2 se observan los porcentajes de los rendimientos de extracción de aceites esenciales tanto como en el arándano y como en las hojas de moringa, pudiéndose notar que *M. oleífera* presento el rendimiento más altas con respecto al fruto *V. corymbosum*. Segun Fernández Sobrados et al., (2018) en su estudio de investigación en la cual extrajo aceite esencial de la semilla de moringa por medio del procedimiento de prensa expeller donde obtuvo un 48,23 % de aceite esencial en comparativamente de nuestro estudio que obtuvimos el 1.5% de aceite esencial por medio del método arrestre por vapor.

Actividad antimicrobiana

La Tabla 3 muestra los resultados de los promedios obtenidos, sobre los halos de inhibición del crecimiento bacteriano y el promedio de las unidades formadoras de colonia, por efecto de los extractos metanólicos de la combinación de dos aceites esenciales ensayadas por el método del antibiograma, con cepas de bacterias Gram (-) que en está estudio fue *E. coli*.

Tabla 3: Promedios de halos de inhibición y unidades formadoras de colonias

Promedio de halos de inhibición (mm) y Unidades Formadoras de Colonias (UFC)		
Tratamientos	Promedios de Halos (mm)	UFC
T1	16,95	40,3
T2	17,10	38,0
T3	26,15	28,5
T4	20,15	35,6
T5	19,25	36,9
T6	8,05	85,9
T7	20,15	36,7

En la tabla 3 se observa que el aceite esencial de arándanos azules y aceite esencial de moringa en combinación del 50% que es el T3 presenta los halos de mayor tamaño que los demás tratamientos, referentes a los testigos el antibiótico Eritromicina presenta los halos de mayor tamaño que la penicilina, esto quiere decir que la *Escherichia coli* es muy resistente a la penicilina. En lo cual el T3 y el T7 con respecto que es antibióticos tienen menor carga microbiana frente a la *Escherichia coli* ya que este tratamiento y el testigo presentaron menor unidades formadoras de colonias. Teniendo así una diferencia significativa correspondiente a la combinación de los aceites esenciales de arándanos azules y hojas de moringa.

Tabla 4: Resultados de los análisis fisicoquímicos del T3 que es el ganador.

ANALISIS		RESULTADO
FÍSICO	Solubilidad en alcohol	Insoluble
	pH	6.2
QUIMICO	Índice de acidez	0,2950 mg KOH / g

En la tabla 4 se muestra los resultados de los análisis físicos químicos en la cual la combinación de los aceites esenciales de arándanos azules y hojas de moringa son insolubles en alcohol y muestran un pH de 6,2 con un índice de acidez de 0,2950 mg KOH. Además, se puede observar que los aceites esenciales extraídos y en combinación de ambos aceites exhibieron una acción bactericida contra la cepa de *E. coli*. Escobar (2018) en su estudio de investigación obtuvo aceite esencial a partir del mucilago del cacao, en el cual le aplicaron tres diferentes tratamientos con diferentes temperaturas de vapor y diferentes temperaturas de enfriamientos, en lo cual obtuvieron lo mismo resultados en los tres tratamientos una solución líquida turbia blanquecina, en que el porcentaje promedio del aceite esencial del mucilago del cacao fue del 1,5 %. Corroborando con nuestra investigación en la extracción del aceite esencial de arándanos azules obtuvimos un promedio similar de un 1.5 % de rendimiento de este aceite esencial. Luengo (2004), mostro que el aceite esencial, normalmente componen del 0,1 al 1 % del peso seco de la planta. Son líquidos con escasas solubilidad en agua, solubles en alcohol y en disolventes orgánicos. Cuando están a temperatura ambiente y fresco son incoloros, ya que al oxidarse se resinifican y toman un color amarillento. La mayoría de los aceites son menos densos que el agua y con un alto índice de refracción. Por lo tanto, según el autor a los componentes de los aceites esenciales se corrobora con nuestra investigación añadiendo que el aceite de arándanos azules y el aceite de hojas de moringa si se encuentra dicho componente y tienen una similitud en el color indicado.

Stansheko (2009), añade que las propiedades principales físicas de los aceites esenciales son un olor pronunciado y fuerte; el sabor cáustico, irritante y concentrado, a veces dulce o amargo, o el sabor aromático y sensación de fármaco. Los aceites esenciales son activos; de peso específico de 0,8 a 2,0 a temperatura de 15 °C; con punto de ebullición de 150 a 300 °C; índice de refracción de 1,45 a 1,5. Además, se trastornan fácilmente bajo la acción de la luz, tornándose oscuro y modificando su olor. Este autor corrobora la investigación realizada de la extracción de dos aceites esenciales de arandanedos azules y hojas de moringa, donde podemos indicar que cuenta con las principales propiedades físicas para determinar que si existe algún método que pueda extraer aceite esencial, donde el método más eficaz es el de arrastre por vapor y así conociendo con los resultados de nuestra investigación.

Neumayer (2015), determino que los aceites esenciales son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden tener la siguiente naturaleza química con un pH de 5,9, también realizo análisis de índice de acidez teniendo un resultado de 0,40 mg. Los Compuesto alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), Monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropano; como lo demuestra en la extracción del aceite esencial de limón, que contiene alrededor de 2 % de sustancias no volátiles en su mayoría en la forma de coumarine, alrededor de 18 alcoholes, 16 aldehídos, 11 esterres, 3 cetonas, 4 ácidos y 23 hidrocarburos. Los componentes mayoritarios del aceite esencial obtenido por prensado de la cascara son: 63 % de limoneno, sin embargo el aceite esencial de limón contiene propiedades antioxidantes y antimicrobiana, donde en nuestra investigación se evaluó la actividad antimicrobiana del aceite esencial del arándano azul, donde se determina que el arándano tiene propiedades antimicrobianas y antioxidantes y comparando los resultados de la investigación citada hay una diferencia significativa leve en lo que en nuestro resultado del pH es 6,2 y índice de acidez es 0,2950 mg KOH / g.

Vignola, Serra y Andreatta (2020) observaron diversos diámetros de los halos de inhibición (6 a 19 mm), entre ellos sobresalió en promedio el diámetro de 6,3 mm en cepas de *Lactobacillus plantarum* ES147 y *Escherichia coli* ATCC 25922. Los aceites esenciales usados fueron limón y eucalipto, los cuales presentaron respuestas estadísticamente significativas.

Los aceites esenciales como aditivos naturales son importante para la preparación de variedades de productos, son muy importante ya que preserva sus propiedades organolépticas, y paralelamente conservan el producto. Según (Maguna et al., 2006), desarrollo su investigación titulado Actividad Antimicrobiana de un grupo de Terpenoides, manifiesta que los Terpenoides son los principales contribuyentes de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales, siguiendo en orden de actividad los Terpenoides que contiene grupo alcoholes, luego poseen aldehídos y por último los que tienen grupos cetónicos.

Después de hacer la sensibilidad antimicrobiana de la mezcla de los aceites esenciales de arándanos azules y hojas de moringa ante a la *Escherichia coli*, se obtuvo que el T3 presento mayor actividad antimicrobiana con halos de inhibición de 26,15 mm de diámetro en cuanto a los demás tratamientos, en lo que además supero a 2 antibióticos testigos, teniendo presente que la Eritromicina además presento actividad antimicrobiana con promedio de halos de inhibición de 20,15. Conforme con la averiguación de (Nanasombat & Lohasupthawee, 2005) demostraron que el aceite esencial de canela inhibe el crecimiento de *S. typhimurium* con halos de inhibición entre 8 mm y 9 mm, mientras su control positivo Amoxicilina manifestó mayor sensibilidad antimicrobiana con halo de inhibición de 29mm.

Jácome (2019) en su investigación evaluó el efecto bactericida de aceites esenciales de canela, jengibre y clavo de olor para aplicaciones agroindustriales donde obtuvo 6 tratamientos donde los evaluó ante bacterias patógenas, para esto primero extrajeron aceites esenciales por medio del procedimiento de hidrodestilación, después han realizado la evaluación microbiológica con *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* en Muller-Hinton Agar, donde en tratamiento 1 (AE de canela) presento gran capacidad bactericida con 43,23 mm es sus halos frente a *S. aureus* y en *E. coli*. Nuestra investigación además presento actividad antimicrobiana en cepas control de *E. coli*, donde el tratamiento 3 ha sido el ganador con un promedio de 26,15 mm en halos de inhibición.

Solís (2016) en su estudio de investigación concluyeron la actividad antimicrobiana de 2 aceites esenciales de albahaca y canela ante *Salmonella typhimurium* por medio de la técnica de difusión de disco en agar Kirby-Bauer, como control positivo usaron Amikacina y como control negativo Tween 80 al 1 %. Donde obtuvo como resultado que el 100 % del aceite esencial de canela tiene mayor efecto inhibitorio ante a *S. typhimurium* con un promedio de porcentaje de inhibición 38,60 % y un promedio de halo inhibitorio 11,50 mm y en el aceite esencial de albahaca cuyo promedio de porcentaje de inhibición es de 19,03 % y en el promedio de halo inhibitorio de 5,75 mm, referente a nuestra investigación como resultado tenemos un promedio del T3 y el testigo T7 que mostraron mayor efecto antimicrobiano con un promedio de 26,15 en lo cual es la combinación de los dos aceites esenciales y 20,15 en lo cual es el antibiótico Eritromicina, lo cual sugiere el potencial antimicrobiano en la combinación de ambos aceite esencial de arándanos azules y hojas de moringa debido a que se lo puedo usar como conservantes en la industria de alimentos para inhibir otros microorganismo.

5. CONCLUSIÓN

La combinación de los dos aceites esenciales extraídos de arándanos azules y hojas de moringa son capaces de inhibir *E. coli* a nivel *in vitro*, tal como se demostró en la medición de los halos de inhibición donde se observó que la combinación de los dos aceites esencial a un 50% fue capaz de evitar el crecimiento del patógeno en el medio de cultivo. La investigación experimental analizado constituye una información novedosa sobre la actividad antimicrobiana de la combinación de dos especies usadas tradicionalmente en la medicina popular de Ecuador, el cual es de gran utilidad desde el punto de vista farmacológico para valorar su uso como agentes terapéuticos. Para futuras investigaciones se recomienda utilizar la semilla de la moringa para la extracción de aceites esenciales. Y también se recomienda investigar estos dos aceites esenciales combinados frente a hongos para probar si posee propiedades antifúngicas.

REFERENCIAS

- AL-Jabri, N. N., & Hossain, M. A. (2018). Chemical composition and antimicrobial potency of locally grown lemon essential oil against selected bacterial strains. *Journal of King Saud University. Science*, 30(1), 14–20. doi: 10.1016/j.jksus.2016.08.008
- Cáceres, A., Cabrera, O., Morales, O., Mollinedo, P., & Mendia, P. (1991). Pharmacological properties of Moringa oleifera. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 33(3), 213–216. doi:10.1016/0378-8741(91)90078-r.
- Dinesha, B. L., Udaykumar-Nidoni, C. T., Ramachandra, N. N., & Sankalpa, K. B. (2018). Effect of extraction methods on physicochemical, nutritional, antinutritional, antioxidant and antimicrobial activity of Moringa (Moringa oleifera Lam.) seed kernel oil. *J. Appl. Natural Sci. (IJANS)*, 10(1), 287–295.
- Escobar, Y. N. (2018). Obtención de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor a partir del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*). Milagro : Universidad Agraria Del Ecuador .
- Evans, P. R., Bauer, K. M., & von Blotzheim, U. N. G. (1970). Handbuch der Vogel Mitteleuropas. Vol. 1. Gaviiformes-Phoenicopteriformes (1966). Pp. 484; black-&-white drawings; text-figures. Vol. 2. Anseriformes (Part 1) (1968). Pp. 536; 5 colour plates; black-and-white drawings; text-figures. Vol. 3. Anseriformes (Part 2) (1969). Pp. 504; 1 colour plate; black-and-white drawings; text-figures. *The journal of animal ecology*, 39(2), 552. doi:10.2307/2998
- Fernández Sobrados, J., Pascual Chagman, G., Silva Jaimes, M. I., Salvá Ruíz, B., Guevara Pérez, A., & Encina Zelada, C. (2018). Efecto del tratamiento enzimático de la semilla de moringa (*Moringa oleifera*) sobre las características físico-químicas del aceite obtenido por extracción con prensa expeller. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 371–380.
- Hernández, E. A., Abascal, V. L., Borges, R. M., Arana, O. E., García, K. G., Rivero, Y. H., & Jiménez, E. R. (2022). Evaluación farmacognóstica de extractos de hojas secas de Moringa oleifera Lam. del ecotipo criolla cultivada en Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, (3).
- Jacome, J. J., & Canela, J. (2019). Evaluación Del Efecto Bactericida De Aceites Esenciales De (*Cinnamomum verum*), *JENJIBRE (Zingiber officinale)* Y *CLAVO DE OLOR (Syzygium aromaticum)* PARA APLICACIONES AGROINDUSTRIALES. Quito.
- Luengo, M. T. (2004). Los aceites esenciales. Offarm Ámbito Farmacéutico, 89. Recuperado el 14 de febrero de 2022, de Labohevea.com website: http://es.labohevea.com/downloads/HE_es.pdf
- Maguna, F. P., Romero, A. M., Garro, O. A., & Okulik, N. B. (2006). Actividad Antimicrobiana de un grupo de Terpenoides. En *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas en Internet. Argentina: Facultad de Agroindustrias*.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, Teresa, Hernández, Ena, & Puls, Jürgen. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36(2), 137-149. Recuperado en 08 de febrero de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942013000200001&lng=es&tlng=es
- Nanasombat, S., & Lohasupthawee, P. (2005). Actividad antibacteriana de extracto etanólico crudo y aceites esenciales de especias contra Salmonella y otras entero bacterias. *Investigación. Departamento de Biología Aplicada*.
- Neumayer, M. C. (agosto de (2015)). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. redalyc.org, 149-151. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87701214>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Pérdidas y desperdicio de alimentos el mundo. Roma (Italia): 2015, 42 p
- Prakash, B. et al. Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities – potentials and challenges. *Food Control*, 47, 2015, p. 381–389.
- Risco, E., Miguélez, C., Sánchez de Badajoz, E., & Rouseaud, A. (2010). Efecto del arándano americano (Cysticlean®), sobre la adherencia de Escherichia coli a células epiteliales de vejiga: Estudio in vitro y ex vivo. *Archivos españoles de urología*, 63(6). doi:10.4321/s0004-06142010000600003
- Shah, M.K. et al. Efficacy of vacuum steam pasteurization for inactivation of Salmonella PT 30, Escherichia coli O157:H7 and Enterococcus faecium on low moisture foods. *Food Microbiology*, 244, 2017, p.111-118.
- Solís, A. J., & De; Estudio De La Actividad Antimicrobiana De Los Aceites Esenciales. (2016). *ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE: ALBAHACA (Ocimum basilicum L) Y CANELA (Cinnamomum zeylanicum) FRENTE A LA BACTERIA: Salmonella typhimurium*.
- Stansheko, E. (2009). ACEITES ESENCIALES. Recuperado de: <http://cenivam.uis.edu.co/cenivam/documentos/libros/1.pdf>
- Vignola, M. B., Serra, M., y Andreatta, A. E. (2020). Actividad antimicrobiana de diversos aceites esenciales en bacterias benéficas, patógenas y alterantes de alimentos. *Revista Tecnología y Ciencia*, 18(37), 92-100. Recuperado el 14 de febrero de 2022, de Gov.ar website: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/132393/CONICET_Digital_