



Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto de mostaza (Sinapis alba) y su acción conservadora en la carne de Res

Evaluation of the antimicrobial activity of mustard (Sinapis alba) extract and its preservative action in beef

Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato de mostarda (Sinapis alba) e sua ação conservante em carne bovina

Giomira Lisbeth Andrade ^I

giomilisandrade@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2737-9204>

Ginger Elena Ostaiza ^{II}

gostaiza@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6376-0862>

Jhanneth Lorena Murillo ^{III}

jmurillo@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3475-8456>

Diana Karina Mosquera Cadena ^{IV}

dmosquera@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3475-8456>

Correspondencia: giomilisandrade@gmail.com

Ciencias Técnica y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de marzo de 2023 * **Aceptado:** 12 de abril de 2023 * **Publicado:** 31 de mayo de 2023

- I. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- II. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- III. Investigadora Independiente, Guayaquil, Ecuador.
- IV. Magister en Clínica y Cirugía Canina, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

El objetivo de la investigación consistió en evaluar la actividad antimicrobiana del extracto de mostaza –EM– (*Sinapis alba*) y su acción conservante en la carne de res (CR) aplicando una investigación experimental de laboratorio. Se utilizó un diseño experimental basado en 8 tratamientos (T) de EM en concentraciones de 1,5; 3; 10; 50; 100; 200; 1000 y 2000 miligramos (mg) / mililitros (mL) que fueron aplicados sobre muestras de carne a las cuales se les examinó los parámetros (sensoriales, físico químicos y microbiológicos), para determinar la eficacia del EM como agente de inhibición microbiana. Los resultados de la investigación que fue ejecutada a partir de cultivos de las bacterias *Escherichia coli* (EC), *Staphylococcus aureus* (SA) y *Salmonella* spp. (S) desarrollados a 37 °C durante 24 horas en medio agar Müeller-Hinton indicaron que, la efectividad del EM está sujeta a factores intrínsecos y extrínsecos, como la atmosfera, pH, temperatura, actividad de agua, potencial de óxido-reducción, tiempo de exposición y además su capacidad inhibitoria es superior en bacterias Gram negativas. Los resultados de las pruebas sensoriales mostraron que los T de aceite de mostaza (AM) no generan alteraciones en las características organolépticas propias de la CR y el análisis físico registró un pH de 6,2. A su vez, las pruebas microbiológicas de EC, SA y S indicaron que, la capacidad inhibitoria del AM presentó una mayor eficiencia en concentraciones de 2000 mg/mL, donde se obtuvo un mayor rango de acción bioconservadora alcanzando un tiempo de vida útil de 15 días.

Palabras Clave: Carne; bacterias; conservación; halo; microbiología.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the antimicrobial activity of mustard extract -EM- (*Sinapis alba*) and its preservative action in beef (CR) applying experimental laboratory research. An experimental design based on 8 treatments (T) of EM was used at concentrations of 1.5; 3; 10; fifty; 100; 200; 1000 and 2000 milligrams (mg) / milliliters (mL) that were applied on meat samples to which the parameters (sensory, physical, chemical and microbiological) were examined, to determine the effectiveness of EM as a microbial inhibition agent. The results of the investigation that was carried out from *Escherichia coli* (EC), *Staphylococcus aureus* (SA) and *Salmonella* spp. (S) developed at 37 °C for 24 hours in Müeller-Hinton agar medium indicated that the effectiveness of EM is subject to intrinsic and extrinsic factors, such as atmosphere, pH, temperature, water

activity, oxidation-reduction potential, exposure time and also its inhibitory capacity is higher in Gram negative bacteria. The results of the sensory tests showed that the T of mustard oil (AM) does not generate alterations in the organoleptic characteristics of CR and the physical analysis registered a pH of 6.2. In turn, the microbiological tests of EC, SA and S indicated that the inhibitory capacity of AM presented a greater efficiency in concentrations of 2000 mg/mL, where a greater range of biopreservative action was obtained, reaching a useful life of 15 days.

Keywords: Meat; bacteria; conservation; halo; microbiology.

Resumo

O objetivo da pesquisa foi avaliar a atividade antimicrobiana do extrato de mostarda -EM- (*Sinapis alba*) e sua ação conservante em carne bovina (CR) aplicando pesquisa experimental em laboratório. Foi utilizado um delineamento experimental baseado em 8 tratamentos (T) de EM nas concentrações de 1,5; 3; 10; cinquenta; 100; 200; 1000 e 2000 miligramas (mg) / mililitros (mL) que foram aplicados em amostras de carne nas quais os parâmetros (sensoriais, físicos, químicos e microbiológicos) foram examinados, para determinar a eficácia do EM como agente de inibição microbiana. Os resultados da investigação realizada de *Escherichia coli* (EC), *Staphylococcus aureus* (SA) e *Salmonella* spp. (S) desenvolvido a 37 °C por 24 horas em meio de ágar Müeller-Hinton indicou que a eficácia do EM está sujeita a fatores intrínsecos e extrínsecos, como atmosfera, pH, temperatura, atividade de água, potencial de oxidação-redução, tempo de exposição e também sua capacidade inibitória é maior em bactérias Gram negativas. Os resultados dos testes sensoriais mostraram que a T do óleo de mostarda (AM) não gera alterações nas características organolépticas do CR e a análise física registrou um pH de 6,2. Por sua vez, os testes microbiológicos de EC, SA e S indicaram que a capacidade inibitória de AM apresentou maior eficiência nas concentrações de 2000 mg/mL, onde se obteve maior amplitude de ação bioconservante, atingindo uma vida útil de 15 dias.

Palavras-chave: Carne; bactérias; conservação; aréola; microbiologia.

Introducción

El Código Orgánico de Salud establece la comunicación a la sociedad acerca de los alimentos y normas técnicas para garantizar el consumo de los mismos de forma segura y saludable. Así mismo, establece las responsabilidades de los productores y comercializadores de productos alimenticios

en el cumplimiento de las normas técnicas y leyes vigentes para garantizar la inocuidad de alimentos que sean aptos para el consumo de los seres humanos [1]. Las proteínas de la carne se caracterizan por tener un alto valor biológico, lo que implica una muy adecuada proporción entre los aminoácidos (AA) que la conforman ya que proporciona todos los AA esenciales en cantidades equivalentes a los requerimientos del humano [12].

El CODEX Alimentarius sobre los productos cárnicos, mediante un proceso evaluativo determina, que puede ser apta para el consumo humano o para un fin determinado. Está compuesta por AA, proteínas, grasas, agua, ácidos grasos (AG), entre otros componentes bioactivos, así como también carbohidratos [16]. Los jugos de la carne pueden transmitir patógenos al estar en contacto con otros tipos de productos cárnicos, desencadenando un crecimiento de bacterias. La incorrecta manipulación de carne cruda, inadecuada cocción y almacenamiento, puede presentar problemas de salud en el ser humano asociados a enfermedades bacterianas y virales, y parasitosis, como: *Escherichia coli* (EC), *Staphylococcus aureus* (SA) y *Salmonella* spp. (S) [15].

En este sentido, los antimicrobianos son agentes que provocan un efecto de interrupción en el desarrollo de microorganismos patógenos. Tienen una función antibiótica que resultan efectivos en la inhibición de diferentes clases de patógenos de amplio espectro y limitada variedad. Es importante la búsqueda de aditivos alimenticios con propiedades conservadoras, para productos alimenticios perecederos como la carne de res (CR) y sus derivados [15]. Por lo que se evidencia la importancia de lograr satisfacer los requerimientos nutricionales que deben estar presentes en la dieta alimenticia diaria [3].

EC forma parte de los patógenos que se transmiten a través de los productos alimenticios, está asociada a enfermedades que conllevan a una colitis hemorrágica. Los productos cárnicos provenientes del ganado vacuno (*Bos taurus*) se consideran como el principal reservorio de este patógeno [8]. El género SA es un agente patógeno Gram positivo, considerado potencialmente como causante de diversas infecciones de la epidermis y tejidos blandos en seres vivos, altamente virulentas que pueden llevar a la muerte. Es una bacteria de amplio espectro de enfermedades, es anaerobia facultativa, no móvil y no esporulada [9]. S es una bacteria Gram negativa intracelular anaerobia. Constituye un grupo importante de [patógenos](#) para animales y humanos. Se puede encontrar en muchos alimentos, entre ellos la CR, e incluso en alimentos procesados [7].

La M (*Sinapis alba*) proviene de una planta herbácea que se caracteriza por tener un color amarillo. El consumo de M se ha incrementado en los últimos años, debido a su efecto antimicrobiano sobre

los alimentos, como las carnes. Contiene agentes antifúngicos [8]. Es un cultivo invernal que se encuentra difundido en zonas templadas del mundo siendo la *Sinapis alba* la más cultivada con fines productivos a nivel mundial [11]. Se ha dado a conocer que la M ocupa el tercer lugar como el condimento más importante después de la sal y la pimienta. La M se define como el producto resultante de la molienda de las semillas de M (*Sinapis alba*). Además de tener la función de condimentar, ésta tiene compuestos antimicrobianos y conservantes que alargan la vida de anaquel de los alimentos [5].

En este contexto, la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), manifiesta la concentración o dosis más pequeña de antibiótico que inhibe o impide la proliferación de microorganismos. Permite comprender la cuantificación precisa que se debe obtener para que los microorganismos dejen de proliferarse; conocer que antibiótico es eficaz y su cantidad conveniente [16]. Es un proceso que se utiliza con el fin de determinar las diferencias existentes entre dos tipos de muestras de carnes que han sido sometidas a la aplicación de un elemento antibacteriano, con el fin de identificar dimensiones táctiles, visuales, de olor y sabor [1]. En este sentido, el objetivo de la investigación consistió en evaluar la actividad antimicrobiana del EM y su acción conservante en la CR, determinando la CMI del EM contra bacterias Gram-positivas: SA y Gram-negativas: EC y S.

Materiales y métodos

Descripción de la zona de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias de Ecuador, ubicada en Milagro, provincia de Guayas, Ecuador, ubicada a 45 kilómetros (km) de Guayaquil. Se localiza en las coordenadas 2°08'05"S 79°35'14"O, con altitud predominante de 8 y 15 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Temperatura promedio anual alrededor de 25° C y precipitación de 1.361 milímetros (mm) / año [10].

Tipo y diseño de investigación

De tipo experimental, se recopilaron datos, se pretendió evaluar la efectividad antimicrobiana y de conservación del EM en CR. Se diseñó utilizando dos distribuciones experimentales, valorando variables cuantitativas y cualitativas.

Variables

Variable independiente: concentraciones del EM y nitrato de sodio

Variable dependiente; CMI, dinámica poblacional de las bacterias Gram positivas y Gram negativas, parámetros físicos, sensoriales y microbiológicos de la CR.

NTE INEN 1338:2011

La investigación se fundamentó legalmente al cumplimiento de normas relacionadas con los productos cárnicos como es el caso de la NTE INEN 1338:201, utilizada por Castro y Jácome [2] que es empleada en la realización de estudios y pruebas para la carne y subproductos de la misma. En la TABLA I se refleja la composición nutricional de la especia M, en la TABLA II la composición de AG de la M, y en la TABLA III los valores químicos del EM [15].

TABLA I

Composición nutricional del EM

Composición	Por 100 gramos (g) de porción comestible
Energía kilocalorías (Kcal)	84
Lípidos totales (g)	4,4
Proteínas	4,7
Hidratos de carbón	6,4
AG saturados (g)	0,66
AG monoinsaturados (g)	2,54

TABLA II

Composición de ácidos grasos de la mostaza

Composición	Principios activos
Pálmítico	3,3 %
Esteárico	0,8 %
Oleico	17 %
Linoleico	12 %

Linoleico	15 %
Eicosenoico	9 %
Eurico	40 %

TABLA III
Valores químicos del EM

Datos	Mostaza
Aceite extraído por éter de petróleo	46,2 %
Ácidos grasos libres	2,6 %
Glicéridos	93,1 %
Materia saponificable	0,8 %
Isotiocianatos	0,28 %
Cianuro	0,02 %
Indice de saponificación	172 (miligramos-mg- KOH / g)
Indice de yodo	95 (cetigramos cg / g)

Tratamientos (T)

Los T comprendieron 8 concentraciones del AM en etanol absoluto: 1,5; 3; 10; 50; 100, 200; 1000 y 2000 miligramos mg / mililitros mL (TABLA IV).

TABLA IV
Tratamientos

	Producto	Dosis	Frecuencia
1	EM	1,5 mg/mL	Al inicio
2	EM	3 mg/mL	Al inicio
3	EM	10 mg/mL	Al inicio
4	EM	50 mg/mL	Al inicio
5	EM	100 mg/mL	Al inicio
6	EM	200 mg/mL	Al inicio
7	EM	1000 mg/mL	Al inicio

8 EM 2000 mg/mL Al inicio

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental basado en 8 T de EM aplicado sobre muestras de CR, a las cuales se les examinó los mismos parámetros (sensoriales, físico-químicos y microbiológicos) para determinar la eficacia del EM como agente de inhibición microbiana.

Determinación de la concentración mínima inhibitoria (MIC)

La evaluación de la actividad antimicrobiana se realizó por medio de discos de antibiograma (OXOID) en medio de cultivo Muller Hinton (TM media). Las bacterias evaluadas fueron SA (ATCC 25923), S (ATCC 15442) y EC (ATCC 25922). El efecto antimicrobiano del EM fue comparado a antibióticos sensibles para cada una de las bacterias ensayadas, es decir tobramicina 10 microgramos (μg) (*Pseudomonas aeruginosa*), ceftriaxona 30 μg (EC y SA). Las concentraciones bacterianas utilizadas para la siembra fueron correspondientes al tubo Mc Farland 0,5. (Patrón de turbidez BBL preparado McFarland Turbidity Standard).

La observación de los halos de inhibición se efectuó después de 24 horas (h) de realizadas las inoculaciones en cada uno de los ensayos por triplicado. Cada concentración del EM se igualó a la de los discos comerciales de los antibióticos control para cada una de las bacterias. Además, se utilizó una concentración más baja y una concentración más alta en base a la de los discos comerciales. El MIC se determinó mediante la medición de los halos de inhibición presentados al ser expuestos a las diferentes concentraciones del EM.

Análisis bacteriológicos

Los análisis de las muestras para la determinación de las bacterias fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador, previo al estudio en cada carne de los tratamientos y al final del estudio para determinar el control de las bacterias (TABLA V) [14].

TABLA V
Límites microbiológicos de los productos cárnicos

Bacterias	ECi	SA	S
-----------	-----	----	---

Niveles	m:50 ufc/g	m: 0 ufc/g	Aus: 25 g
	M:500 ufc/g	M:100 ufc/g	Pres: 25 g

Ufc/g: unidades formadoras de colonias por gramo de muestra; m= nivel de aceptación M= nivel de rechazo

Potencial de hidrógeno de la carne

Con utilización de un Phmetro marca Hanna Instruments, modelo HI122, Italia, se midió la maduración de la carne y la curva de descendimiento de pH cada 12 h.

Color de la carne

Esta variable se midió utilizando el método de la observación directa (escala visual de cromaticidad), basados en la escala de Hunter Lab., utilizada por Loayza y Pino [13] para determinar si presentaban alteraciones de color en su estructura normal.

Descripción del proceso

Recepción de materia prima (MP): se inspeccionó la MP cerciorándose que no tuviera algún daño fisiológico u objetos extraños para garantizar su calidad.

Selección: en esta operación se seleccionó la MP que fuera óptima para el proceso.

Pesado: se pesó la MP en una balanza analítica marca PuChun, modelo JX 3002, PuChun Shanghai CO, China.

Aplicación del extracto: se aplicaron las concentraciones de acuerdo al CMI del EM en las muestras de CR.

Almacenamiento de las muestras: se procedió a refrigerar (en un refrigerador marca American BioTech Supply modelo 1182U87A, EUA) las muestras a una temperatura de 4-5 °C en bolsas plásticas.

Determinación de la CMI del EM contra bacterias Gram-positivas: SA y Gram-negativas: EC y S.

Los ensayos de la detección de actividad antimicrobiana se ejecutaron a partir de cultivos de las bacterias EC, SA y S desarrollados a 37 °C durante 24 h en medio agar Müeller-Hinton. Se

seleccionaron 5 colonias de cada microorganismo de un cultivo puro, los cuales se transfirieron a un tubo de ensayo con solución salina estéril al 0,85 %, cuya concentración se ajustó mediante dilución al patrón de turbidez McFarland N° 0.5 ($1,5 \times 10^8$ UFC/mL). Se prepararon placas Petri con 20 mL de medio de cultivo agar Müeller-Hinton. Una vez solidificados, se colocó 150 microlitros (μ L) del inóculo bacteriano sobre la superficie de las placas y se realizó una siembra con un hisopo estéril. Para la evaluación, se prepararon 8 concentraciones del AM en etanol absoluto: 1,5; 3; 10; 50; 100; 200; 1000 y 2000 mg/mL además se evaluó el AM sin diluir.

Los discos en blanco estériles de 6 mm de diámetro, se impregnaron con 20 μ L de cada concentración y se colocaron en las placas previamente sembradas, colocándose también como control positivo, un disco de cefriaxone de 30 μ g como antibiótico de referencia en las placas sembradas con EC, SA y con tobramicina de 30 μ g en las placas con S. Como blanco negativo se utilizó etanol absoluto. Las placas se colocaron en refrigeración a 4 °C por 30 minutos (min) para la difusión del solvente y luego fueron puestas en incubación a 37 °C por 24 h. Los halos de inhibición se midieron mediante un calibrador vernier (marca Mituyoyo, modelo 500-196-30, Japón) señalando que los ensayos se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron de la valoración sensorial fueron organizados en una hoja de cálculo de Excel del Microsoft Office® versión 2010, para su procesamiento y luego sometidos al análisis de varianza con el fin de detectar diferencias significativas entre los T. Así mismo, como prueba de comparación de medias se utilizó el test de Tukey al 5 % de probabilidad; se utilizó el paquete estadístico SAS® [21].

Resultados y discusión

Evaluación del comportamiento de los tratamientos en estudio sobre el control de las bacterias Gram-positivas y Gram-negativas

Los resultados obtenidos sobre la acción del efecto antimicrobiano, tanto con el AM y los antibióticos de control, indicaron la presencia de halos de inhibición únicamente en los discos antibióticos en las placas sembradas con EC con un diámetro de $38,7 \pm 7$ mm y en el caso de SA se indicó un halo con un diámetro de $26,4 \pm 2$ mm. En las placas sembradas con S se observaron halos de inhibición en los discos antibióticos de tobramicina, en etanol (blanco negativo) con un diámetro de $22,3 \pm 0,5$ mm. En el caso de los resultados obtenidos por el AM cabe señalar que solo en el caso de la S se presentó un halo de inhibición de 8 mm en dos de las réplicas evaluadas con el disco de prueba con aceite puro.

Definición de los parámetros físicos, sensoriales y microbiológicos de la CR, para determinar el potencial de conservación de cada tratamiento en estudio

Los resultados indicaron que las muestras de carne no presentaron alteraciones en sus características sensoriales (TABLA VI).

TABLA VI
Resultados de la valoración sensorial

Parámetro	Unidad	Resultado	Requisito	Métodos de referencia
Color	Propio/objetable	Propio	Propio	Sensorial
Olor	Propio/objetable	Propio	Propio	Sensorial
Sabor	Propio/objetable	Propio	Propio	Sensorial
Aspecto	Propio/objetable	Propio	Propio	Sensorial

Los resultados coincidieron con Montes de Oca y col. [15] indicando, que se puede lograr una buena aceptación en el mercado, con buena puntuación por parte de los catadores en cuanto a color, olor, sabor y textura. Así mismo, Castro y Jácome [2] señalaron valores aceptables de pH y humedad y características en cuanto a color, olor, sabor y textura, demostrando propiedades organolépticas positivas en el producto final. El análisis microbiológico realizado presentó valores que se encuentran dentro de lo establecido en la respectiva norma.

En la TABLA VII se muestra el resultado de la medición del pH, registrando un valor de 6,2; cabe mencionar que no existe un valor de referencia para este parámetro en las carnes.

TABLA VII
Resultados de la valoración físico química

Parámetro	Unidad	Resultado	Requisito	Métodos de referencia
pH	6,2	NTE INEN 783

- **Análisis de la calidad microbiológica**

Para validar la efectividad del EM en la conservación de las muestras de carnes se analizó su capacidad inhibitoria sobre EC, SA y S, donde se observa la capacidad inhibitoria. Los resultados cumplieron con los requisitos establecidos (TABLA VIII).

TABLA VIII
Resultados obtenidos para los diferentes tratamientos

Tratamiento	SA UFC/g	EC UFC/g	S
1	$1,2 \times 10^4$	$3,6 \times 10^7$	Ausencia/25g
2	$1,6 \times 10^4$	$3,2 \times 10^3$	Ausencia/25g
3	$1,4 \times 10^4$	$2,7 \times 10^3$	Ausencia/25g
4	$1,1 \times 10^4$	$5,0 \times 10^2$	Ausencia/25g
5	$0,6 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	Ausencia/25g
6	$0,8 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	Ausencia/25g
7	$0,6 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	Ausencia/25g
8	$0,5 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	Ausencia/25g

Los resultados muestran que a mayor cantidad de solución o EM sobre la superficie de la carne, su capacidad inhibitoria aumenta sobre EC, SA y S. Los resultados coincidieron con Díaz y col. [6]

sugiriendo la utilización de M como una alternativa para combatir las enfermedades originadas por los microorganismos EC, SA y S.

Los datos obtenidos sobre el análisis de la capacidad inhibitoria del EM sobre EC, SA y S, se analizaron mediante una prueba ANOVA, para determinar la existencia de diferencias estadísticas medibles. Se usó como muestra de estudio a EC y SA, ya que en su caso se obtuvieron datos numéricos a diferencia de la S, que se calificó como ausencia/presencia. Los datos obtenidos del análisis ANOVA señalaron un nivel de significancia (P-valor) de 0,33 teniendo presente que un valor $< 0,05$ indica la presencia de diferencias medibles, se puede indicar que, a pesar de haber obtenido resultados numéricos diferentes para ambos microorganismos, estadísticamente no se registran diferencias, ya que ambos resultados se agruparon bajo un mismo subconjunto (A) (TABLA IX).

TABLA IX
Análisis ANOVA

Microorganismo	N	Media	Agrupación
EC	8	45.928	A
SA	8	761	A

Los resultados indicaron que el EM posee la misma eficacia para EC y SA. Adicionalmente, se determinó el intervalo de confianza, dando como resultado que oscilaron entre los 0,6 y 1,3 en la media cuyo nivel de confianza fue del 95 %. Los resultados de las pruebas estadísticas indicaron que si existen diferencias significativas en los resultados según la cantidad usada de EM en cada microorganismo de manera particular.

Para analizar el tiempo de vida útil de la carne conservada con la aplicación de EM se utilizó el T8, debido a que registró los mejores resultados en la inhibición microbiana. Se analizó la incidencia del T ante la presencia de aerobios *mesófilos*, *Clostridium perfringes*, SA y S a partir del día (d) 1, manteniéndose sin alteraciones hasta el d 15, con lo cual se establece un tiempo de vida de 15 d (TABLA X).

TABLA X

Resultados de análisis de vida útil

Parámetro	Unidad	Resultado		Requisitos
		(día 1)	(día 15)	
<i>Aerobios mesófilos</i>	UFC/g	$4,4 \times 10^3$	$4,6 \times 10^3$	1×10^7
<i>Clostridium perfringes</i>	UFC/g	$5,2 \times 10^2$	$5,6 \times 10^3$	1×10^4
SA	UFC/g	$7,8 \times 10^2$	$7,8 \times 10^2$	1×10^3
S	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g	Ausencia/25g

Según Rodríguez [19] existen factores intrínsecos y extrínsecos que se encuentran vinculados con la efectividad de sustancias naturales con efecto antimicrobianos utilizados en los alimentos, los cuales se han determinado en pruebas *in vitro*. Entre estos factores se menciona la atmosfera, pH, temperatura, actividad de agua y potencial de óxido-reducción, tiempo de exposición, señalándose que el mayor grado de eficacia de los aceites naturales para la obtención de resultados significativos se obtiene al llevar un riguroso control de estos factores. Chévez [4] reportó que la mayor efectividad microbiana del AM ante la S se da a pH 4 y en el caso al usar un pH 5 se obtuvo los mejores resultados.

En este sentido, se observó que la inhibición bacteriana a causa del ingrediente activo 4-hidroxibencil-isocianato presente en el AM aumenta en rangos de pH ácido de 4 o 5 y además de debe tener en cuenta factores intrínsecos y extrínsecos para lograr reducir la carga bacteriana.

Se realizó la evaluación del comportamiento de los T en estudio sobre el control de las bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, dando como resultado que solo en el caso de S se presentó un halo de inhibición de 8 mm en dos de las réplicas evaluadas con el disco de prueba con aceite puro y en los estudios de EC y SA no se registraron halos de inhibición. Según Shiva [20], las bacterias Gram negativas registran un mayor grado de susceptibilidad ante la presencia del AM. Según su estudio, el rango de inhibición del AM ante S no fue eficiente al no haber ajustado el pH, lo cual

afectó el efecto bactericida a diferencia de las muestras donde se registró un rango de pH de 4, donde se obtuvieron halos de $26,7 \pm 4$ mm.

Reyes y col. [18] señalaron que el AM tiene acción bacteriostática ante S, por lo que se indicó que al aplicar el EM ante bacterias Gram positivas se requiere ajustar el pH en valores menores a 5, para inhibir su crecimiento a diferencias de las bacterias Gram negativas en donde el AM tiene un mayor efecto bacteriostático tanto a niveles ácido o neutro en tiempos de incubación de 24 h.

En cuanto a los parámetros físicos, sensoriales y microbiológicos (vida útil) de la CR, los resultados del análisis sensorial indicaron que las muestras de carne no presentaron alteraciones en sus características sensoriales por el EM registrando un pH de 6,2. Además, se analizó la capacidad inhibitoria de los 8 T sobre SA, EC y S, presentándose mejores resultados en el T8 con una concentración de 2000 mg/mL, alcanzando un tiempo de vida útil de 15 d. Palacios y Vélez [17] reportaron que el extracto de orégano (*Origanum vulgare*) posee un efecto bioconservador ante EC y SA al ser usado en concentraciones de 1 % sobre muestras previamente tratadas (en el refrigerador mencionado) a temperaturas de 5 °C a 10°C.

Conclusiones

El EM posee actividad antimicrobiana y acción conservante en la CR. Es una opción viable para desarrollar nuevas alternativas en la conservación de alimentos que permitan reducir el uso de conservantes químicos que puedan afectar la salud humana. La efectividad está sujeta a factores intrínsecos y extrínsecos como la atmosfera, pH, temperatura, actividad de agua y potencial de óxido-reducción, tiempo de exposición, ya que en el caso de no tener en cuenta estos parámetros se tiene un mayor grado de probabilidad de obtener resultados negativos.

El EM tiene poca efectividad ante bacterias Gram positivas en medio de pH neutro o básico, sin embargo, al ajustar el pH en valores menores a 5, su eficacia aumenta. Tiene capacidad inhibitoria ante bacterias Gram negativas. No se presentaron alteraciones en las características organolépticas propias de la carne.

Referencias

1. ASAMBLEA NACIONAL. ECUADOR. Código orgánico de salud. 35 pp. 2016.

2. CASTRO, A.; JÁCOME, S. Evaluación de una carne vegetal elaborada con Gandul (*Cajanus cajan* (L.) Huth), Lenteja (*Lens culinaris* Medik) y Chía (*Salvia hispanica* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 39(2): 106 – 111. 2022.
3. CASTRO, A.; NAVA, J. Uso de harina de gandul en la alimentación de cuyes de engorde en Milagro, Ecuador. *Rev. Cientif. FCV-LUZ*. XXXI (4): 141 - 146, 2021.
4. CHÉVEZ, Z. Efecto del pH en la actividad antimicrobiana del aceite esencial de mostaza blanca contra microorganismos de interés en alimentos. Universidad Agrícola Panamericano, Zamorano. Trabajo de Grado. 46 pp. 2018.
5. CLEMENTE, K.; PÉREZ, R. Evaluación de la actividad antimicrobiana de oleífera en bacterias patógenas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. Trabajo de Grado. 79 pp. 2017.
6. DÍAZ, M.; LUGO, Y.; FONTE, L.; CASTRO, I.; LÓPEZ, O.; MONTEJO, I. Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos frescos de hojas de *Morus alba* L. *Past. y Forr.* 40(1): 43-48. 2017.
7. EHUWA, O.; JAISWAL, A.; JAISWAL, S. Salmonella, Food Safety and Food Handling Practices. *Foods*. 10:907. 2021.
8. GARCÍA, M.; CAÑON, H.; ALFONSO, C.; CAVALLERO, M.; CURIONI, A. Efecto de la fecha de siembra sobre la fenología y el rendimiento en un cultivo de Mostaza blanca (*Sinapis alba* L.) en Luján, provincia de Buenos Aires. *Hort. Arg.* 36: 17-27. 2017.
9. GEDDES, E.; LI, Z.; HERGENROTHER, P. An LC-MS/MS assay and complementary web-based tool to quantify and predict compound accumulation in *E. coli*. *Nat. Protoc.* 16(10): 4833–4854.2021.
10. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. (INAMHI). Boletín Agroclimático Decadal informativo. Litoral ecuatoriano, situación climatologica y perspectivas. No. DEI-BAD-30-2018. Quito. 42 pp. 2018.

11. ISAJA, M.; PIZINGRILLI, P.; BRITOS, P.; DONADIO, M.; FOIS, G.; AGÜERO, G.; ARGAÑARAS, P.; VILUGRON, M.; MONTOYA, M; BRITOS, P.; BONIS, G. Estudio de comportamiento de cultivo de mostaza blanca *Sinapis alba* L. *ATICA*. 8: 499-508. 2020.
12. LEÓN, M.; ORDUZ, C.; VELANDIA, M. Composición fisicoquímica de la carne de ovejo, pollo, res y cerdo. *Aliment. Tech.* 15(2): 62 – 75. 2017.
13. LOAYZA, S.; PINO, J. Control de calidad de la carne de bovino en el mercado municipal de la ciudad de Piñas, provincia de El Oro. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Trabajo de Grado. 132 pp. 2011.
14. MEJÍA, B.; LÓPEZ, A. Mostaza: características químicas, botánicas y sus aplicaciones en el área de alimentos. *Ing. Alim.* 5: 32-40. 2011.
15. MONTES DE OCA, R.; MACÍAS, E.; DEMERA, F.; PILOSO, K.; GARCÍA, M.; LOOR, M. Efecto de la incorporación de tres tipos de almidones en las propiedades texturales de una carne vegetal. *Alim. Hoy.* 28(50): 13-27. 2020.
16. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (FAOSTAT). Plan de acción sobre la resistencia a los antimicrobianos. 54 pp. 2020.
17. PALACIOS, J.; VÉLEZ. C. Efecto bioconservador del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) aplicado en filetes de pollo almacenados a diferentes temperaturas. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Félix López. Calceta. Trabajo de grado. 52 pp. 2017.
18. REYES, F.; LÓPEZ, M.; PALOU, E. Antimicrobial activity of individual and combined essential oils against foodborne pathogenic bacteria. *Food Protect.* 79(2): 309-315. 2016.
19. RODRÍGUEZ, E. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Rev. Soc. Cul. Des. Sust.* 7(1): 153-170. 2011.
20. SHIVA, C. Estudio de la actividad antimicrobiana de extractos naturales y ácidos orgánicos. Posible alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento. Universidad Autónoma de Barcelona. Trabajo de Grado. 104 pp. 2007.

21. STATISTICAL ANALISYS SYSTEM INSTITUTE. SAS/STAT User's guide, Rel. 9.1.3. 2014.

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).