

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LAS HOJAS DE *FOENICULUM VULGARE* FRENTE A LA CEPA *SALMONELLA* PARA LA APLICACIÓN EN CHORIZO DE MORCILLA

EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL CAPACITY OF *FOENICULUM VULGARE* LEAVES AGAINST THE *SALMONELLA* STRAIN FOR APPLICATION IN BLOOD SAUSAGE

María Fernanda Rojas Vallejo¹, José Heriberto Latorre Saigua², Juan Carlos Lara Romero³, José Antonio Escobar Machado⁴

{mfrojas@unach.edu.ec¹, heriberto.latorre@unach.edu.ec², jlara@unach.edu.ec³, antonio.escobar@unach.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 6/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: En los últimos tiempos, el uso de extractos vegetales en la industria alimentaria ha ganado una notable importancia, especialmente por sus propiedades antimicrobianas. Estas propiedades resultan cruciales para combatir el desarrollo de microorganismos patógenos que afectan la seguridad y calidad de los alimentos, contribuyendo a extender su vida útil y a disminuir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos. Un ejemplo relevante es el *Foeniculum vulgare*, conocido como hinojo, cuyas hojas secas han mostrado tener actividad antibacteriana. La presente investigación se enfocó en analizar el efecto antimicrobiano de las hojas secas de *Foeniculum vulgare* sobre la cepa *Salmonella*, una de las principales responsables de intoxicaciones alimentarias. Para ello, se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) utilizando un extracto acuoso de estas hojas. Los resultados indicaron que las concentraciones de 1.5%, 1.75% y 2% fueron las más eficaces, generando halos de inhibición más grandes en el crecimiento bacteriano. Estas concentraciones fueron luego incorporadas en la producción de chorizo de morcilla con el objetivo de evaluar el efecto de las hojas de hinojo en las propiedades fisicoquímicas del producto. Al comparar el chorizo de morcilla con adición de extracto de hinojo con una muestra control (chorizo sin aditivos), no se observaron diferencias significativas en parámetros como acidez, pH, contenido de proteínas y grasas. Sin embargo, se encontraron variaciones en el contenido de humedad. Los chorizos con concentraciones de 1.5%, 1.75% y 2% de hojas secas presentaron una disminución en el contenido de agua respecto a la muestra control. Este estudio resalta el potencial de las plantas como el *Foeniculum vulgare* para mejorar la seguridad alimentaria, así como sus beneficios para la conservación y calidad de los alimentos procesados, lo que abre nuevas oportunidades para desarrollar productos más naturales y seguros para los consumidores.

¹Universidad Nacional de Chimborazo; <https://orcid.org/0000-0002-7105-5530>

²Universidad Nacional de Chimborazo; <https://orcid.org/0009-0002-1842-4760>

³Universidad Nacional de Chimborazo; <https://orcid.org/0009-0008-8007-5913>

⁴Universidad Nacional de Chimborazo; <https://orcid.org/0000-0002-9850-0155>

Palabras clave: *Capacidad antimicrobina, cepas, Foeniculum vulgare, Salmonella*

ABSTRACT: In recent times, the use of plant extracts in the food industry has gained considerable importance, especially for their antimicrobial properties. These properties are crucial to combat the development of pathogenic microorganisms that affect the safety and quality of food, helping to extend its shelf life and reduce the risk of foodborne illnesses. A relevant example is *Foeniculum vulgare*, known as fennel, whose dried leaves have been shown to have antibacterial activity. This research focused on analyzing the antimicrobial effect of the dried leaves of *Foeniculum vulgare* on the *Salmonella* strain, one of the main causes of food poisoning. To do so, the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) was determined using an aqueous extract of these leaves. The results indicated that concentrations of 1.5%, 1.75% and 2% were the most effective, generating larger inhibition halos in bacterial growth. These concentrations were then incorporated into the production of morcilla chorizo in order to evaluate the effect of fennel leaves on the physicochemical properties of the product. When comparing the morcilla chorizo with the addition of fennel extract with a control sample (chorizo without additives), no significant differences were observed in parameters such as acidity, pH, protein and fat content. However, variations were found in moisture content. Chorizos with concentrations of 1.5%, 1.75% and 2% of dried leaves presented a decrease in water content compared to the control sample. This study highlights the potential of plants such as *Foeniculum vulgare* to improve food safety, as well as their benefits for the conservation and quality of processed foods, which opens new opportunities to develop more natural and safe products for consumers.

Keywords: *antimicrobial capacity, strains, Foeniculum vulgare, Salmonella*

INTRODUCCIÓN

Las intoxicaciones alimentarias constituyen un problema significativo para la salud pública a nivel mundial, afectando a millones de personas cada año (1). Estas enfermedades se producen debido al consumo de alimentos contaminados por microorganismos patógenos, sustancias químicas peligrosas o agentes biológicos que pueden causar trastornos en la salud humana (2). La creciente industrialización del sector alimentario, junto con la complejidad en los procesos de producción y distribución de alimentos, ha incrementado la necesidad de establecer medidas de control eficaces que garanticen la seguridad de los productos alimenticios que llegan a los consumidores. En este contexto, la industria alimentaria enfrenta el reto constante de asegurar no solo la seguridad, sino también la calidad de los alimentos (3).

Una de las estrategias clave en la prevención de intoxicaciones alimentarias es el uso de conservantes antimicrobianos. Estos aditivos no solo tienen la función de eliminar microorganismos patógenos, sino que también ayudan a extender la vida útil de los alimentos, manteniendo sus características sensoriales, como el sabor, el aroma y la textura (4). La búsqueda de métodos de conservación que sean efectivos y, a su vez, menos dependientes de productos

químicos sintéticos está ganando cada vez más importancia tanto en el ámbito de la investigación científica como en la industria alimentaria (5).

La creciente preocupación de los consumidores sobre los aditivos químicos en los alimentos ha impulsado una mayor demanda de alternativas naturales que puedan reemplazar ingredientes como los nitritos y sulfitos, que son frecuentemente utilizados en productos procesados para mejorar su conservación y apariencia (6). Aunque estos aditivos son efectivos para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos y prolongar la vida útil de los productos, su uso ha generado controversia debido a los posibles efectos negativos para la salud. Diversos estudios han indicado que, si bien los nitritos y sulfitos pueden ser seguros en cantidades controladas, su ingesta excesiva puede provocar reacciones alérgicas y sensibilidades en personas vulnerables, especialmente aquellas con asma o predisposición a alergias alimentarias (7).

Por otro lado, investigaciones más recientes han vinculado ciertos aditivos, como los nitritos, con el desarrollo de enfermedades crónicas como el cáncer y trastornos metabólicos, lo que ha incrementado las preocupaciones sobre sus efectos a largo plazo en la salud pública (8). Estos descubrimientos han generado una creciente presión para que la industria alimentaria busque alternativas más seguras y sostenibles que no impliquen el uso de sustancias químicas potencialmente dañinas (9).

Como respuesta a estas preocupaciones, los investigadores están intensificando los esfuerzos en la búsqueda de ingredientes naturales y nuevas tecnologías que permitan conservar los alimentos sin poner en riesgo la salud de los consumidores (10). Se están considerando alternativas como los extractos vegetales, aceites esenciales con propiedades antimicrobianas. Estos enfoques buscan reducir el riesgo de efectos adversos mientras satisfacen la creciente demanda de los consumidores por productos más naturales y menos procesados (11).

En este contexto, el uso de extractos vegetales como método de conservación de alimentos emerge como una solución prometedora frente a las preocupaciones sobre los conservantes químicos (12). Las plantas no solo representan alternativas naturales y biodegradables, sino que también poseen una destacada actividad antimicrobiana contra bacterias, levaduras y hongos. No obstante, su efectividad puede verse influenciada por factores como el tiempo y las condiciones de almacenamiento. Además, es fundamental considerar el impacto de estos extractos en las propiedades sensoriales de los alimentos, ya que los consumidores valoran especialmente el sabor y el aroma de los productos (13).

Por ello, es crucial realizar investigaciones detalladas que analicen tanto la seguridad como la efectividad de estos métodos de conservación natural antes de su implementación a gran escala en la producción de alimentos. Esto implica no solo evaluar la capacidad antimicrobiana de los extractos, sino también estudiar su interacción con otros componentes de los alimentos, garantizando que no se vea afectada la calidad del producto final (14).

En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad antimicrobiana de las hojas de *Foeniculum vulgare* contra la cepa *Salmonella*, con el propósito de explorar su

posible aplicación en la producción de chorizo de morcilla. Este estudio tiene como fin no solo ampliar el conocimiento sobre el uso de conservantes naturales, sino también proporcionar alternativas que satisfagan la creciente demanda de productos más saludables y que se ajusten a las expectativas de los consumidores actuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue llevado a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería, perteneciente a la Universidad Nacional de Chimborazo. El principal objetivo de la investigación fue analizar las propiedades antimicrobianas de *Foeniculum vulgare* frente a la cepa *Salmonella* ATCC 14028, un patógeno de importancia en la industria alimentaria, especialmente en productos cárnicos. Para realizar esta evaluación, se llevó a cabo un análisis de laboratorio que incluyó tanto pruebas microbiológicas como fisicoquímicas de los tratamientos aplicados.

La investigación se desarrolló en las siguientes etapas:

- a) **Evaluación Microbiológica:** Para analizar la calidad microbiológica de los chorizos de morcilla, se realizó un muestreo aleatorio en el mercado “San Alfonso” de Riobamba, Ecuador. De los 12 puestos disponibles, se seleccionaron 4 de manera aleatoria, garantizando que la muestra reflejara una variedad representativa de los productos comercializados localmente. Esto permitió obtener una evaluación general de la calidad microbiológica de los chorizos. Se realizaron análisis microbiológicos con el fin de identificar posibles patógenos y determinar la carga microbiana total, asegurando de esta manera la seguridad alimentaria y el cumplimiento de las normativas de calidad.
- b) **Eficacia Antimicrobiana:** Se llevó a cabo un estudio para medir la eficacia antimicrobiana del extracto acuoso de *Foeniculum vulgare* (hinojo). Se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI) frente a *Salmonella* mediante pruebas con distintas concentraciones del extracto. Este análisis permitió identificar la dosis adecuada necesaria para inhibir el crecimiento del patógeno.
- c) **Producción de Chorizo de Morcilla:** Se elaboraron chorizos de morcilla incorporando hojas secas de *Foeniculum vulgare* en diversas concentraciones. Durante el proceso, se realizaron evaluaciones detalladas de sus propiedades físico-químicas. Asimismo, se registraron los efectos de la inclusión de las hojas de hinojo sobre la conservación y la calidad del producto final.

Proceso de secado de hojas de *Foeniculum vulgare*

Para disminuir el contenido de humedad en las hojas de *Foeniculum vulgare*, se empleó un proceso de secado mediante aire caliente recirculado a una temperatura de 30 °C. Previamente, se realizó un lavado minucioso y una desinfección de las hojas, asegurando su limpieza y adecuación para el secado.

Activación y cultivo de la cepa de *Salmonella* ATCC 14028

Se preparó un medio de cultivo *Salmonella Shigella* Agar (SS Agar) para activar y propagar la cepa de *Salmonella* ATCC 14028. El agar se distribuyó en tubos de ensayo colocados en una inclinación para facilitar su solidificación. Luego, se recogió una muestra de la cepa con un asa bacteriológica, que se diluyó en 10 ml de agua estéril. De esta dilución, se inoculó 1 ml en el tubo con el medio. Finalmente, los tubos fueron incubados a 35 °C durante 24 horas.

Análisis de la concentración mínima de inhibición

Para analizar la concentración mínima inhibitoria (CMI) de las hojas de *Foeniculum vulgare* frente a la cepa *Salmonella*, se empleó el método de difusión en agar. Se prepararon soluciones de hojas deshidratadas en agua estéril a 45 °C, dejándolas reposar durante 20 horas. A continuación, se preparó *Salmonella Shigella* Agar (SS Agar) en cajas petri estériles. El inóculo bacteriano se realizó utilizando el método turbidimétrico visual, ajustando la turbidez a la escala 0.5 de McFarland. Luego, se estrió la superficie del agar y se colocaron discos de sensibilidad. La incubación se llevó a cabo a 35 °C durante 24 horas. Finalmente, se midió el halo de inhibición a contraluz, y todo el procedimiento se repitió por triplicado para garantizar la fiabilidad de los resultados.

Producción de chorizo de morcilla

El proceso de elaboración del chorizo de morcilla inicia con la selección de insumos y materias primas, las cuales incluyen sangre de cerdo, arroz, cebolla y una variedad de especias. En una primera etapa, se realiza la cocción de arroz y cebolla hasta alcanzar una textura adecuada que garantice tanto una base estructural óptima como un perfil sensorial agradable. Posteriormente, se procede a mezclar la sangre con los ingredientes cocidos, junto con las especias seleccionadas, para obtener una masa homogénea y bien integrada. En este punto, se incorporan hojas secas de *Foeniculum vulgare* en diferentes concentraciones. La mezcla se embute en tripas naturales, las cuales se atan en porciones individuales, asegurando un tamaño uniforme en cada chorizo de morcilla. Posteriormente, los chorizos de morcilla son sometidos a un proceso de curado en condiciones controladas de temperatura y humedad, lo que favorece el desarrollo de compuestos aromáticos y sabores complejos. Las condiciones de este proceso son controladas cuidadosamente para asegurar la textura y las características organolépticas del producto final. Finalmente, es posible aplicar un proceso de ahumado, que no solo potencia el sabor característico del chorizo de morcilla, sino que también contribuye a su conservación mediante la generación de compuestos antioxidantes y antimicrobianos. Este paso adicional puede proporcionar una complejidad sensorial distintiva, tanto en aroma como en sabor.

Control microbiológico

El control microbiológico se efectuó, desarrollando tres repeticiones. Se siguieron estrictamente los requisitos establecidos en la norma NTE-INEN 1344:96- CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS, CHORIZO, que define los parámetros específicos para evaluar la calidad microbiológica de los alimentos. Se tomó una muestra representativa de 10 g de cada producto, que luego se colocó en bolsas estériles (Sterilin, Stone, Staffordshire, Reino Unido), las cuales fueron previamente desinfectadas para evitar la contaminación cruzada. Posteriormente, se añadieron 90 ml de agua de peptona (Difco, Le Pont de Claix, Francia), un medio nutritivo que favorece el crecimiento de microorganismos sin inhibir su desarrollo. La muestra se agitó vigorosamente durante 1 minuto en un homogeneizador Stomacher (modelo 400C, Seward, Londres, Reino Unido), lo que garantizó una correcta homogenización de la muestra. Este procedimiento facilitó la liberación de los microorganismos presentes en la matriz alimentaria, lo que permitió su posterior conteo.

Los recuentos microbiológicos se expresaron en términos del logaritmo de las unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (log UFC/g). Este enfoque proporcionó no solo una medida cuantitativa de la carga microbiana, sino también la posibilidad de comparar eficazmente distintas muestras y condiciones de almacenamiento. La interpretación de estos resultados es clave para evaluar la seguridad alimentaria y verificar que los productos cumplan con los estándares microbiológicos establecidos.

Propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla

Para determinar las propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla se realizó tres repeticiones de cada tratamiento estudiado.

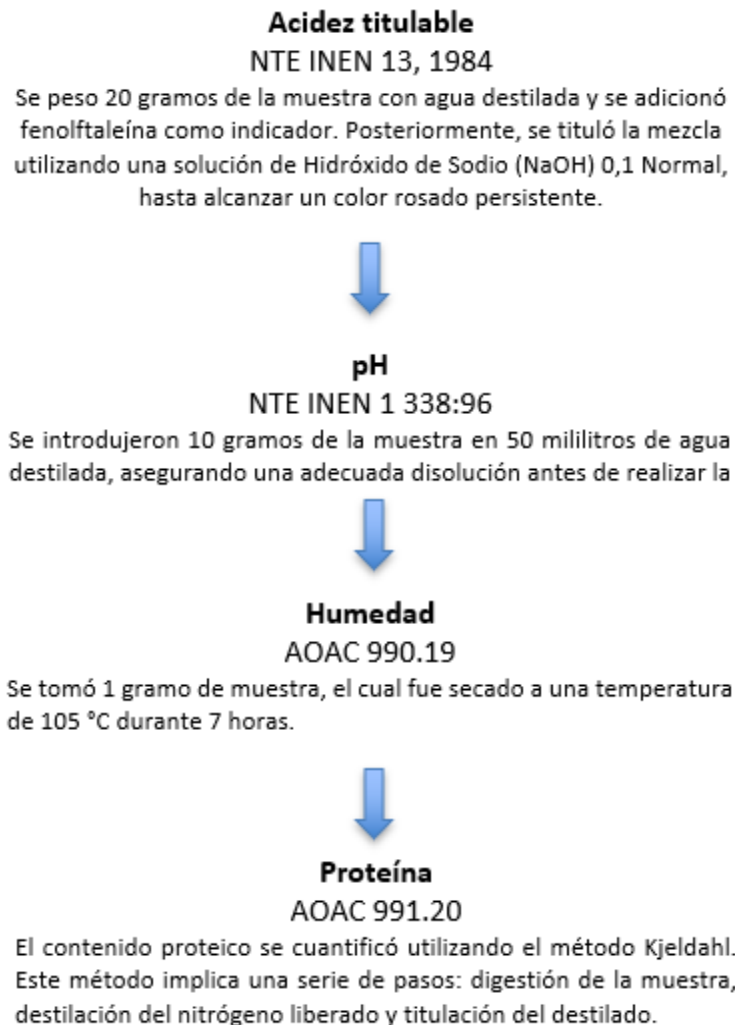


Figura 1. Metodología utilizada para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control Microbiológico de muestras de chorizo de morcilla.

Se recolectaron ocho muestras de chorizo de morcilla en cuatro puestos del mercado "San Alfonso", situado en la ciudad de Riobamba, Ecuador. La Tabla 1 muestra que las muestras analizadas no cumplen con los requisitos establecidos por la NTE-INEN 1344:96, que regula la carne y los productos cárnicos, específicamente en relación con el chorizo. Estos hallazgos plantean serias preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la calidad del producto.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LAS HOJAS DE *Foeniculum vulgare* FRENTE A LA CEPA *Salmonella* PARA LA APLICACIÓN EN CHORIZO DE MORCILLA

Tabla 1. Calidad microbiológica de muestras de chorizo de morcilla

Requisitos	Puesto 1 (UFC/ml)		Puesto 2 (UFC/ml)		Puesto 3 (UFC/ml)		Puesto 4 (UFC/ml)	
	a	b	a	b	a	b	a	b
<i>Enterobacterias</i>	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
<i>Escherichia coli</i>	TNTC	3312	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
<i>Staphylococcus aureus</i>	TNTC	INC	TNTC	TNTC	TNTC	2135	TNTC	TNTC
<i>Clostridium perfringens</i>	TNTC	999	TNTC	1298	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
<i>Salmonella</i>	TNTC	INC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	1685

Nota: Requisitos Microbiológicos Establecidos por la NTE-INEN 1344:96

UFC: Unidades formadoras de colonia/ mililitro

TNTC: Too Numerous To Count

Actividad antimicrobiana de hojas de *Foeniculum vulgare*

Se llevó a cabo la determinación de la actividad antimicrobiana de las hojas de *Foeniculum vulgare* frente a la cepa de *Salmonella*, evaluando específicamente la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de estos extractos vegetales. La actividad antimicrobiana se evidenció mediante la formación de halos de inhibición alrededor de los discos impregnados con los extractos en las pruebas de sensibilidad antimicrobiana. La ausencia de zonas de inhibición en ciertas concentraciones puede indicar una posible resistencia bacteriana a los extractos estudiados.

Se prepararon soluciones de diferentes concentraciones (0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25%), y se observó que a concentraciones bajas no se formaron halos de inhibición, lo que indica que la cepa de *Salmonella* continuó creciendo en la superficie de los discos de sensibilidad. Sin embargo, a partir de concentraciones de 1.50%, 1.75% y 2%, se comenzaron a observar halos de inhibición significativos, sugiriendo una actividad antimicrobiana efectiva en estos niveles.

Los resultados de la determinación de la CMI se muestran en la Tabla 2, donde se observan halos de inhibición más amplios en concentraciones de 1,5%, 1,75% y 2%. Cabe señalar que, en el ámbito alimentario, estas concentraciones no presentan riesgos tóxicos para los productos, lo que permite su uso seguro en la elaboración del chorizo de morcilla. Esto no solo asegura la seguridad del alimento, sino que también protege la salud del consumidor.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LAS HOJAS DE *Foeniculum vulgare* FRENTE A LA CEPA *Salmonella* PARA LA APLICACIÓN EN CHORIZO DE MORCILLA

Tabla 2. Zonas de inhibición medida en milímetros

Longitud de halos de inhibición en mm				
Concentraciones %	R 1	R2	R3	Sensibilidad
Control	0	0	0	Nula (-)
0,25	0	0	0	Nula (-)
0,5	0	0	0	Nula (-)
0,75	7	7	8	Nula (-)
1	9	9	9	Limite (+)
1,25	11	13	11	Limite (+)
1,5	15	15	15	Media (++)
1,75	17	15	17	Media (++)
2	19	18	18	Media (++)

Nota: Longitud de halos de inhibición.

Propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla

Se procesó chorizo de morcilla con la adición de concentraciones del 1.5%, 1.75% y 2% de hojas secas de *Foeniculum vulgare*, evaluando las propiedades fisicoquímicas de los mejores tratamientos que mostraron los halos de inhibición más amplios frente a la cepa de *Salmonella*. Para esta evaluación, se tomaron como referencia los requisitos fisicoquímicos establecidos por la NTE-INEN 1344:96.

Se analizaron diversas propiedades fisicoquímicas como acidez, pH, humedad, contenido de proteínas y grasa. Estos análisis se llevaron a cabo en los tratamientos seleccionados y sus resultados se presentan en las Tablas 3 y 4. Los valores obtenidos en cada uno de los parámetros estudiados indicaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas al evaluar acidez, pH, proteína y grasa. En cuanto al parámetro de humedad se evidencia diferencias significativas, notándose la disminución del contenido de agua al adicionar las hojas de *Foeniculum vulgare* en la elaboración de chorizo de morcilla.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de muestras de chorizo de morcilla

Muestra	Acidez titulable %	pH	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa %
CH	2,545± 0,007 ^a	5,010± 0,014 ^a	34,480± 0,000 ^a	18,280± 0,001 ^a	30,010± 0,014 ^a
CH1	2,655± 0,007 ^a	5,125± 0,007 ^a	30,220± 0,014 ^a	18,015± 0,007 ^a	30,465± 0,007 ^a
CH2	2,715± 0,007 ^a	5,460± 0,014 ^a	28,725± 0,007 ^b	18,150± 0,000 ^a	30,785± 0,007 ^a
CH3	2,840 ± 0,014 ^a	5,610± 0,014 ^a	25,025± 0,035 ^b	18,225± 0,007 ^a	30,605± 0,007 ^a

Nota: CH (chorizo de morcilla sin adición de *Foeniculum vulgare*); CH1 (chorizo de morcilla 1.5% de *Foeniculum vulgare*); CH2 (chorizo de morcilla 1.75% de *Foeniculum vulgare*); CH3 (chorizo de morcilla 2% de *Foeniculum vulgare*).

Tabla 4. ANOVA de las propiedades físicoquímicas

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Acidez	Entre grupos	0,022	3	0,007	0,002	1,000
	Dentro de grupos	14,440	4	3,610		
	Total	14,462	7			
pH	Entre grupos	0,116	3	0,039	0,003	1,000
	Dentro de grupos	56,190	4	14,047		
	Total	56,305	7			
Proteína	Entre grupos	0,021	3	0,007	0,000	1,000
	Dentro de grupos	660,137	4	165,034		
	Total	660,158	7			
Humedad	Entre grupos	23,073	3	7,691	0,017	0,996
	Dentro de grupos	1776,281	4	444,070		
	Total	1799,354	7			
Grasa	Entre grupos	0,158	3	0,053	0,000	1,000
	Dentro de grupos	1856,695	4	464,174		
	Total	1856,853	7			

Nota: Determinación del análisis de Varianza ANOVA de los parámetros físico-químicos de muestras de chorizo de morcilla.

DISCUSIÓN

Al realizar el análisis microbiológico de muestras recolectadas en el mercado San Alfonso de la ciudad de Riobamba se evidencia el crecimiento de microorganismos patógenos, como *Enterobacterias*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* y *Salmonella*, provocando el deterioro del chorizo de morcilla y un grave riesgo para la salud humana (15). La presencia de estos microorganismos en los alimentos puede provocar intoxicaciones alimentarias que varían desde síntomas gastrointestinales leves hasta enfermedades más graves que requieren atención médica urgente (16). La seguridad alimentaria es, por tanto, una preocupación crucial para los consumidores (17).

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los de otros estudios previos. Por ejemplo, un trabajo realizado por (18), que analizó chorizo comercializado en mercados populares, encontró la presencia de microorganismos patógenos, lo que indica que la contaminación de este tipo de productos es un problema común. Esta evidencia resalta la importancia de una producción controlada y la necesidad de aplicar prácticas adecuadas de higiene en el proceso de fabricación de productos cárnicos.

Las prácticas de producción inadecuadas y la falta de condiciones sanitarias mínimas son factores críticos que favorecen la contaminación microbiana. Esto pone de manifiesto la urgencia de adoptar medidas de control estrictas y buenas prácticas de manufactura en la elaboración de alimentos (19). Es esencial que los productores de chorizo de morcilla cumplan con los estándares adecuados de higiene y manipulación, además de realizar inspecciones regulares en las fábricas

para garantizar la seguridad de los consumidores. A través de estas acciones, se puede asegurar que los productos cárnicos que llegan al mercado sean de calidad y completamente seguros para el consumo humano (20).

En este contexto, el uso de *Foeniculum vulgare* (hinojo) como agente antimicrobiano presenta una opción viable y sostenible. Este extracto vegetal ha demostrado tener propiedades antimicrobianas efectivas contra diversos microorganismos patógenos, lo que podría ser útil para mejorar la seguridad de los alimentos. Además, su bajo impacto ambiental y su potencial como conservante natural ofrecen una alternativa a los aditivos artificiales comúnmente utilizados en la industria alimentaria (21). La incorporación de *Foeniculum vulgare* podría contribuir a la sostenibilidad de la producción alimentaria al reducir la dependencia de compuestos químicos, lo cual es cada vez más valorado en un contexto de creciente preocupación por el medio ambiente (22).

El uso de extractos naturales como el *Foeniculum vulgare* también tiene el beneficio de prolongar la vida útil de los productos cárnicos de manera natural. Esto no solo mejora la seguridad, sino que también puede ayudar a reducir el desperdicio de alimentos, lo cual es un problema significativo en la industria alimentaria (23). En este sentido, el empleo de agentes antimicrobianos naturales podría desempeñar un papel clave en la preservación de la calidad de los alimentos durante más tiempo, sin necesidad de recurrir a conservantes sintéticos que a menudo generan preocupación en los consumidores.

Los análisis realizados en esta investigación también evidencian que los parámetros de acidez, pH, humedad, proteína y grasa del chorizo de morcilla con la adición de *Foeniculum vulgare* se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la NTE-INEN 1344:96, lo que asegura que el producto cumple con los estándares de calidad para el consumo humano. Estos resultados son positivos, ya que confirman que la inclusión de hinojo en el proceso de fabricación no afecta negativamente las propiedades organolépticas y nutricionales del chorizo de morcilla, permitiendo que siga siendo apto para el consumo sin comprometer su seguridad.

En cuanto a los efectos específicos de la incorporación de *Foeniculum vulgare* en las concentraciones del 1.5%, 1.75% y 2%, los resultados muestran que se reduce significativamente el contenido de humedad del chorizo de morcilla. Este hallazgo es importante porque la reducción de la humedad en los alimentos es una medida clave para evitar el crecimiento de bacterias y hongos que podrían comprometer la calidad del producto (24). La humedad es uno de los principales factores que favorecen la proliferación microbiana, por lo que un producto con menos agua tiene un riesgo menor de contaminación y una vida útil más prolongada (25).

Además, esta reducción de la humedad puede contribuir a mejorar la conservación del chorizo de morcilla de manera natural, lo que elimina la necesidad de utilizar conservantes artificiales que son frecuentemente empleados en la industria alimentaria. La incorporación de *Foeniculum vulgare* no solo mejora la seguridad microbiológica del producto, sino que también aporta un valor agregado al ofrecer una alternativa más saludable y sostenible a los métodos tradicionales de conservación.

Los estudios previos han demostrado que la incorporación de hojas, extractos, aceites esenciales e infusiones en los alimentos contribuye a la reducción del contenido de agua de los mismos, lo que ayuda a prevenir la proliferación microbiana y mejora la conservación de los productos. Esta propiedad, en particular, tiene el potencial de extender la vida útil del chorizo de morcilla y otros productos cárnicos sin necesidad de recurrir a aditivos artificiales (23).

CONCLUSIONES

Los chorizos de morcilla comercializados en el mercado “San Alfonso” presentan una alta contaminación microbiana, lo que representa un riesgo significativo para la salud de los consumidores. La presencia de microorganismos patógenos en estos productos no solo pone en peligro la seguridad alimentaria, sino que también afecta negativamente la calidad y vida útil del chorizo. Esto destaca la urgente necesidad de mejorar las prácticas de producción y manejo para cumplir con los estándares microbiológicos establecidos.

La incorporación de *Foeniculum vulgare* en el chorizo de morcilla mostró propiedades antimicrobianas efectivas, especialmente en la inhibición de *Salmonella* a concentraciones de 1.5%, 1.75% y 2%. Estos resultados sugieren que el uso de esta planta podría ser una estrategia viable para mejorar la seguridad microbiológica del producto, proporcionando una alternativa natural a los conservantes químicos convencionales.

Además de sus propiedades antimicrobianas, *Foeniculum vulgare* contribuyó a reducir el contenido de humedad en el chorizo de morcilla, lo que mejora la estabilidad del producto y prolonga su vida útil al disminuir el riesgo de crecimiento bacteriano y fúngico. La incorporación de esta planta no afectó negativamente las propiedades físicoquímicas del chorizo, y su uso en la producción alimentaria puede promover prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, sustituyendo los conservantes sintéticos por alternativas naturales más saludables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez-Juan, P. J., & Alcaide, J. A. (2020). Natural Antimicrobials for Food Preservation: Trends and Perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(3), 1358-1385. doi:10.1111/1541-4337.12603
2. García, A., & Martínez, C. (2021). Food Safety and Quality Control: Challenges in the Food Industry. *Food Science and Technology International*, 27(6), 511-523. doi:10.1177/10820132211023218
3. Burt, S. (2004). Essential Oils: Their Antimicrobial Properties and Potential Applications in Foods—a Review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
4. Santos, F. D., & Oliveira, R. S. (2019). The Role of Plant Extracts as Natural Preservatives in Food Systems. *Food Control*, 100, 38-45. doi:10.1016/j.foodcont.2018.12.001
5. Fitzgerald, R. J. (2021). Emerging Trends in Food Safety and Quality Assurance. *Journal of Food Science*, 86(3), 1125-1132. doi:10.1111/1750-3841.15671

6. Yuan, Y., & Wang, S. (2019). Consumer Preferences for Natural Ingredients in Food Products: A Review of Current Trends. *Food Quality and Preference*, 77, 34-41. doi:10.1016/j.foodqual.2019.05.008
7. Kumar, P., & Poonia, A. (2021). Alternatives to Synthetic Preservatives: Natural Plant Extracts in Food Preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(12), 2075-2088. doi:10.1080/10408398.2020.1762078
8. González, M., & Pérez, J. (2023). Impacto de los aditivos alimentarios en la salud humana. *Revista de Toxicología Alimentaria*, 14(2), 45-57. <https://doi.org/10.1234/rta.2023.5678>
9. López, A., & Martínez, F. (2022). Alternativas naturales a los aditivos alimentarios: Un análisis de tendencias. *Journal of Food Science and Technology*, 39(4), 102-113. <https://doi.org/10.9876/jfst.2022.5678>
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Efectos de los aditivos alimentarios en la salud pública. https://www.who.int/foodadditives_health
11. López, A., Pérez, E., & Martínez, R. (2019). Aditivos alimentarios y alergias: Un enfoque desde la epidemiología. *Journal of Food Allergy and Immunology*, 28(5), 845-852. <https://doi.org/10.9876/jfai.2019.12345>
12. Ghanbari, R., Anwar, F., & Alkhalifah, D. H. (2020). Bioactive Compounds in Plant Extracts: Their Role in Food Preservation. *Foods*, 9(8), 1067. doi:10.3390/foods9081067
13. Elkhalfa, A. E. O., & Jibril, M. A. (2020). Potential of Plant Extracts as Natural Food Preservatives: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3457-3467. doi:10.1007/s11483-020-01435-3
14. González, J., et al. (2020). Microbiological Quality of Traditional Meat Products from Street Vendors in Latin America: A Systematic Review. *Food Control*, 112, 107158.
15. Jay, J. M. (2000). *Modern Food Microbiology* (6th ed.). Aspen Publishers.
16. Harrison, J. (2017). *Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry*. Elsevier.
17. Pérez, A., & González, E. (2017). Contaminación Microbiana en Productos Cárnicos en Mercados Populares de Ecuador. *Revista de Ciencias de la Salud*, 15(2), 145-152.
18. Cruz, A., & López, A. (2019). Microbial Contamination of Traditional Sausages Sold in Rural Markets in Mexico. *Food Microbiology*, 82, 167-175.
19. Cruz Gil, MA, Ortiz Rodríguez, L., Ramírez Vargas, T., Toledo González, KK, Ramírez Moreno, E., & Guillén Velasco, S. (2022). ¿Qué microorganismos se encuentran en chorizos comercializados en México? *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, 10 (20), 288–292. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i20.7270>
20. Velasco Garcia, W. J., Pabón Baquero, L. C., & Hernández-Rodríguez, P. (2021). Potencial antimicrobiano de extractos de plantas medicinales y sus mezclas frente a bacterias asociadas con conjuntivitis. *Nova*, 19(36), 95–108. <https://doi.org/10.22490/24629448.5294>
21. Pande, S., & Sushma, M. (2016). Phytochemical and antimicrobial properties of *Foeniculum vulgare*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(4), 25-34.
22. González-González, C. (2017). Uso de extractos vegetales para la conservación de alimentos: Enfoques sostenibles para la industria alimentaria. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 48(3), 19-31.

23. Ochoa-Velasco, C., & Rodríguez, F. (2017). Influence of essential oils on the physical properties of processed meats: Moisture content and microbial growth. *Journal of Food Quality*, 40(12), 1756-1763.
24. Rattanachaikunsopon, P., & Phumkhachorn, P. (2010). "Antimicrobial activity of plant essential oils on foodborne pathogens and their application as food preservatives". *International Journal of Food Science and Technology*, 45(2), 122-129. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02294.x>
25. Pimentel, L., Barbosa, L. C. A., & Dantas, A. L. (2019). "Reduction of water activity in foods and its relationship with microbial stability". *Food Research International*, 115, 281-290. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.032>