



***BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS COMO BIOCONSERVANTES
EN CARNES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA***

YENNY ALEJANDRA DIAZ CAÑÓN

JEIMI TATIANA SALGADO GASCA

ASESOR: ANA GRACIELA LANCHEROS DÍAZ

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, 2022**



**BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS COMO BIOCONSERVANTES
EN CARNES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

APROBADA _____

JURADOS _____

ASESORES _____

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, 2022.**

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres y hermana, quienes son el pilar de mi vida, la motivación para seguir mis sueños sin importar lo difícil que puedan parecer, para ser mejor día tras día y quienes me han enseñado que lo más importante es ser feliz.

A Sebastián, quien se ha convertido en mi confidente, mi apoyo en los días difíciles, y quien siempre logra sacarme una sonrisa.

A mis amigos, quienes hicieron de esta historia algo más alegre, algo más interesante; han sido una parte muy importante para mi.

Son 5 años llenos de experiencias simplemente imposibles de resumir, a todos gracias, por estar presentes de uno u otro modo, a Tatiana por dejarme ser parte de este proyecto, y bueno, ¡lo hemos logrado!

Alejandra Díaz

A Dios por darme el valor y la fuerza para afrontar cada reto de mi vida y porque sin su infinito amor por mí, no estaría aquí.

A mi familia, especialmente a mi mamá por sus esfuerzos y sacrificios para que yo esté en donde estoy hoy. Por su amor incondicional, por ser mi mejor ejemplo, por siempre creer en mí, por su apoyo y motivación en los peores días, por no dejarme rendir y luchar junto a mí cada día. Todos mis logros son siempre para ella.

A mi novio, Alejandro, por estar incondicionalmente a mi lado, por brindarme su amor, apoyo, paciencia, comprensión y por ser mi motivación para lograr todos mis propósitos.

A Gamito en el cielo, quien siempre fue un ejemplo a seguir, a quien le prometí iniciar y culminar esta etapa de mi vida y hoy estoy a punto de cumplirle.

A mi amiga y compañera de trabajo de grado Alejandra Díaz, quién decidió unirse y acompañarme en este maravilloso proyecto, gracias por tanto esfuerzo y dedicación, sin ella no habría sido posible su culminación.

Tatiana Salgado

RESUMEN	6
ANTECEDENTES	9
MARCO REFERENCIAL	19
2.1 Microbiota patógena de carne de pollo	19
2.2 Industria alimentaria y Salud Pública	20
2.3 Conservación tradicional de las carnes en la industria alimentaria	21
2.4 Bioconservación en la industria alimentaria	22
2.5 Antagonismo bacteriano	23
2.6 BAL cómo una innovación en la calidad microbiológica.	23
2.7 Mecanismos de acción de BAL	25
2.7.1 Bacterias Ácido Lácticas Homofermentativas	25
2.7.2 Bacterias Ácido Lácticas Heterofermentativas	25
2.8 Mecanismos de BAL: Bacteriocinas	26
2.8.1 Producción de las Bacteriocinas	29
2.8.2 Identificación de las obtencion de bacteriocinas	31
2.9 Bacteriocinas y su papel dentro de la industria alimentaria	32
2.10 Resistencia a las bacteriocinas	33
OBJETIVOS	34
3.1 Objetivo general	34
3.2 Objetivos específicos	34
DISEÑO METODOLÓGICO	35
4.1. Tipo de investigación	35
4.1.1 Nivel o enfoque investigativo	35
4.1.2 Población objeto de estudio	35
4.1.3 Muestra	36

4.2 Estrategias de búsqueda	36
4.3 Criterios de Inclusión y exclusión	36
4.4 Hipótesis	37
5. RESULTADOS	37
5.1 Uso de las BAL y sus mecanismos dentro de la industria alimentaria	37
5.2. Propuesta de protocolo para el uso de bacteriocinas dentro de la industria cárnica	42
5.2.1 Protocolo Ex Situ	43
5.2.2 Protocolo In Situ	44
6. DISCUSIÓN	45
7. CONCLUSIONES	49
8. RECOMENDACIONES	49
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA
BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS COMO BIOCONSERVANTES EN CARNES EN LA
INDUSTRIA ALIMENTARIA

RESUMEN

La conservación de las proteínas de origen animal , representa un reto para la industria alimentaria, ya que, además de asegurar la inocuidad del producto, de igual forma debe reducir al máximo las pérdidas económicas que puedan presentarse en consecuencia.¹ La presente monografía pretende fundamentar la importancia de nuevas alternativas para la conservación de carnes, haciendo uso de bacterias ácido lácticas (BAL), microorganismos habitualmente utilizados como probióticos en diferentes alimentos, gracias a que poseen mecanismos prometedores en funciones de biopreservación. Para ello, la presente revisión bibliográfica realizada en bases datos de carácter científico-académico tales como Scopus, ScienceDirect, Nature, ELSEVIER, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Pubmed, Taylor and Francis; destaca diferentes mecanismos, tales como la producción de ácido láctico, ácido acético, peróxido de Hidrógeno, dióxido de Carbono, así mismo la producción de metabolitos propios, dentro de ellos las bacteriocinas que utilizadas de forma individual o en conjunto tienen una alta versatilidad en la industria, agregando el hecho de que dada la naturaleza de estos compuestos, permite describirlos como sustancias seguras para la salud humana, por lo tanto, se deduce el uso de las BAL como potentes agentes microbianos además de ser una alternativa alimentaria segura y rentable.

Palabras clave: Bacterias ácido lácticas- bacteriocinas- carne de pollo- Microbiología alimentaria- Bioconservantes.

Abstract

The conservation of proteins of animal origin represents a challenge for the food industry, since, in addition to ensuring the ubiquity of the product, it must also minimize the economic losses that may arise as a result.¹ This monograph aims to substantiate the importance of new alternatives for meat preservation, making use of lactic acid bacteria (LAB), microorganisms commonly used as probiotics in different foods, thanks to their promising mechanisms in biopreservation functions. For this, the present bibliographic review carried out in scientific-academic databases such as Scopus, ScienceDirect, Nature, ELSEVIER, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Pubmed, Taylor and Francis; highlights different mechanisms, such as the production of lactic acid, acetic acid, hydrogen peroxide, carbon dioxide, as well as the production of their own metabolites, within them the bacteriocins that used individually or together have a high versatility in the industry, adding the fact that given the nature of these compounds, it allows to describe them as safe substances for human health, therefore, the use of LAB as powerful microbial agents is deduced in addition to being a safe and profitable food alternative.

Key Words:

Lactic acid bacteria- bacteriocins- meat- Food microbiology- Biopreservative

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que incluye una importante cantidad de proteínas de origen animal en su dieta. En los últimos cinco años se ha visto un aumento significativo del consumo de la carne de pollo, específicamente desde el año 2017, el consumo per cápita era de 33 kg/hab y hasta el año 2019 este consumo pasó a 36.47 kg/hab ², en segundo lugar se encuentra la carne de res con un consumo per cápita de 17.1 kg/año, seguido por la carne de cerdo 10.8 kg/hab y por el pescado con 7.7 kg/hab ³; considerando las estadísticas se afirma que el consumo de estos productos ha ganado terreno en la canasta familiar de los colombianos; argumentos como la economía, la facilidad a la hora de su preparación y los nutrientes que aportan, son prevalentes; sin embargo es vital que desde la crianza de los animales hasta el consumo final se mantengan estrictas medidas que aseguren la calidad del producto. Las proteínas de origen animal se consideran fuente potencial de contaminación, por la gran cantidad de patógenos que se pueden desarrollar en esta, algunos de los más representativos son: *Escherichia coli*, *Listeria spp*, *Staphylococcus spp*, *Salmonella spp*, entre otros de origen bacteriano, su importancia radica en el potencial de resistencia que desarrollan estos microorganismos así como el riesgo que representa para la salud humana; enfermedades tales como la listeriosis, salmonelosis, entre otras enfermedades entéricas son en su mayoría transmitidas por consumo de alimentos, conduciendo a una problemática de salud pública, no solo en Colombia sino a nivel mundial, entre los alimentos que encabezan la lista se encuentran la carne y los huevos de aves de corral¹. Dada la naturaleza de estos alimentos, no optan por el calificativo de estériles, sin embargo la vigilancia y las acciones meticulosas en la industria alimentaria permiten el control para minimizar los riesgos; las bacterias presentes desde el momento de la crianza de los animales, se pueden transportar tanto por aire, agua e incluso las superficies, sin dejar de lado el mismo animal. Sumado a esto, el procesamiento de las carnes, incluyendo los procesos de corte y mezclado pueden llegar a propagar la contaminación microbiana, ya sea de origen en equipos o personal; las superficies como equipos de empaque o ventilación, sin la

adecuada limpieza pueden convertirse en foco de biofilms que son claramente más difíciles de eliminar.⁴

A medida que la ciencia avanza, la industria alimentaria también lo ha hecho; a lo largo de los años se han investigado estrategias en pro de mejorar la conservación de alimentos y así minimizar la probabilidad del desarrollo de las problemáticas anteriormente mencionadas.

Este trabajo pretende investigar el efecto de las bacterias ácido lácticas (BAL), un grupo heterogéneo de bacterias que ha tenido una gran variedad de aplicaciones en la industria alimentaria, incluyendo, frutas, vegetales, bebidas y por supuesto la carne en sus variedades,⁵ el crecimiento de estas bacterias se ha descrito cómo útil en prolongar la vida de los alimentos así cómo inhibir los patógenos en estos, gracias a diferentes mecanismos propios de estos microorganismos.¹ Con esta revisión bibliográfica se espera tener un impacto a futuro en la industria alimentaria, tanto a nivel de producción como a nivel investigativo, ya que por un lado se pretende minimizar los riesgos de contaminación en el producto que consecuentemente disminuirá los casos de ETA y las pérdidas económicas por parte de productores, mientras por otro lado se pretende aumentar el interés hacia este campo de la biotecnología con todas las aplicaciones que esta conlleva.

1. ANTECEDENTES

Desde hace décadas el ser humano se ha tomado la tarea de buscar conservantes adecuados para conservar los alimentos; entre los convencionales se encuentra el uso de aditivos químicos, sin embargo en la época actual se ha aumentado la preocupación de los consumidores frente a estos, razón por la cual se han investigado algunas otras metodologías para evitar el daño en los productos alimentarios. Para comenzar, el artículo de revisión *Application of Bacteriocins in the Control of Foodborne Pathogenic and Spoilage Bacteria*, publicado por Gálvez et al⁵ en octubre de 2008, describe estudios que evidencian el uso de bacteriocinas en los alimentos y propone diferentes estrategias

basadas en la adición de preparados producidos ex situ o en la producción in situ por cepas bacteriocinogénicas.

En el estudio Screening of Antibacterial Activity of Lactic Acid Bacteria Against Different Pathogens Found in Vacuum-Packaged Meat Products en la revista Foodborne Pathogens and disease en el año 2009 por Saddams et al⁶, el cual tiene como objetivo utilizar cepas BAL productoras de bacteriocinas de diferentes fuentes para controlar e inhibir patógenos encontrados en carne cruda y en los productos cárnicos envasados al vacío. Se recolectaron muestras de heces humanas, de verduras fermentadas, de productos lácteos y de productos cárnicos, se realizaron diluciones para el aislamiento de Lactobacilos, luego se incubaron en ambiente anaeróbico, se utilizaron 12 cepas patógenas que representan los patógenos más comunes transmitidos por los alimentos asociados a los cárnicos y se mantuvieron en caldo BHI. Los resultados mostraron que 89 aislamientos eran inhibidores de al menos una cepa patógena, la mayor inhibición contra cepas de *L. monocytogenes* y *S. aureus* además que la mayor actividad antibacteriana de los aislados de carne fue contra *S. aureus* mientras que la más baja fue contra las cepas de *E. coli* y *Salmonella spp.*

El capítulo Main Concerns of Pathogenic Microorganisms in Meat del libro Safety of meat and processed publicado en el año 2009 por Norrung et al⁷, enfatiza la atención en los microorganismos transmitidos por alimentos responsables de la contaminación del 2 al 10% de las carnes rojas, bacteria tales como *Salmonella spp*, *C. jejuni*, *E. coli*, *Y. enterocolitica* y *E. coli verotoxigénica*, son sobresalientes en este sentido, así como también cuenta factores geográficos, climáticos, organismos y procedimientos en estos productos. Así mismo destaca la importancia de conocer la cadena de eventos que conduce a las enfermedades transmitidas por cárnicos debido a que involucra a aquellos animales portadores sanos de los patógenos que se transfieren a los seres humanos a través de procesos industriales.

Para el año 2009, el estudio titulado Effect of microbial cell- free meat extract on the growth of spoilage bacteria, publicado por Nychas et al⁸, tenía por objetivo examinar el

efecto de extracto de carne sin células microbianas (CFME) derivado de carne descompuesta en la que se encontraban compuestos de detección de quórum sobre la cinética de crecimiento de los microorganismos *Pseudomonas fluorescens* y *Serratia marcescens*, se utilizó carne de cerdo molida y tejido como control, se colocaron porciones en bandejas de espuma y se envolvieron con una película de polietileno permeable al aire, consecuentemente se tomaron paquetes duplicados de cada temperatura de almacenamiento para el análisis microbiano a intervalos de tiempo, para permitir la determinación de la cinética de crecimiento microbiano. Las enterobacterias y las BAL se inocularon y se realizó conteo de las colonias. Los resultados indicaron que en todas las condiciones, *Pseudomonas spp* y *B. thermosphacta* fueron la bacteria dominante en la carne de cerdo picada, además este tipo de carne a 5 °C dio como resultado una respuesta QS más fuerte en todos los tiempos de muestreo en comparación con el CFME respectivo de la carne almacenada a 20 °C. Se concluyó que la tasa de crecimiento de las bacterias del deterioro de la carne in vitro mejoró en muestras suplementadas con CFME que contienen compuestos QS en comparación con las muestras de control. Este comportamiento puede explicar el papel dominante de estas dos bacterias en el deterioro de la carne. Por lo que esta investigación permite tener una visión enriquecedora, demostrando el potencial de los compuestos de señalización liberados durante el almacenamiento de la carne sobre el comportamiento de los microorganismos que la deterioran; abarcar estos cambios e interacciones podría ayudar a controlar la calidad de los cárnicos y permitir extender su vida útil.

En el mismo año, 2009, un artículo titulado Mesophilic and Psychrotrophic Bacteria from Meat and Their Spoilage Potential in vitro and in beef publicado por Ercolini et al⁹, tenía por objetivo describir la diversidad microbiana de bacterias mesófilas y psicrotróficas aisladas de la carne e investigar el potencial de deterioro de los taxones microbianos identificados tanto in vitro como en chuletas de res envasadas. Para el aislamiento y los recuentos viables se utilizaron músculos de res y se seleccionaron cepas de *Serratia proteamaculans*, *Pseudomonas fragi* y *Carnobacterium maltaromaticum* por su actividad proteolítica. Se concluyó que las diferentes especies microbianas pueden contribuir al

deterioro de la carne liberando diferentes compuestos volátiles que concurren a la disminución general de la calidad de la carne en descomposición.

Para el año 2010, la revisión titulada *Role of lactic acid bacteria during meat conditioning and fermentation Peptides generated as sensorial and hygienic biomarkers* en el libro *Meat Science*, realizado por Fadda et al¹⁰, describió los desarrollos significativos en los cuales las BAL actúan como bioconservadores, también el papel en la degradación de las proteínas cárnicas; así como las estrategias que utilizan para crecer y sobrevivir en estos entornos. Finalmente se analizan las características más importantes de las BAL bacteriocinogénicas y sus bacteriocinas en la protección de productos cárnicos, de manera que se demuestra la contribución que realizan las LAB frente a la calidad y seguridad alimentaria.

Hacia el mismo año, un artículo de revisión titulado *Features and functional properties of lactic acid bacteria used as biological preservatives of meat processing*. *Journal of Agricultural Technology* publicado por Olaoye et al¹¹, informa sobre las características y propiedades funcionales de las bacterias del ácido láctico utilizadas como conservantes biológicos de productos cárnicos. Destaca que las LAB contribuyen al sabor del producto final a través de la formación de notables sabores ácidos y avinagrados, debido a la producción de ácidos orgánicos, este es el factor determinante sobre la vida útil, así mismo la inhibición de la flora patógena y de descomposición también depende de una rápida y formación adecuada de estos ácidos orgánicos. Por tal razón las BAL como probióticos incentivan a la industria no solo a disminuir el deterioro de los cárnicos sino además mejoras para los alimentos y la calidad de vida de los seres humanos.

Del mismo modo, el artículo de investigación *Efficacy of washing meat surfaces with 2% levulinic, acetic, or lactic acid for pathogen decontamination and residual growth inhibition* del libro *Meat Science* publicado en el año 2011 por Carpenter et al¹², el cual tenía por objetivo comparar el ácido levulínico con ácido láctico o acético para la descontaminación de bacterias patógenas inoculadas en las superficies de la carne y su protección residual contra el crecimiento posterior de bacterias patógenas. Para llevarlo a cabo, se tuvo en

cuenta modelos como *Escherichia coli* O157: H7 en ternera, *Salmonella* en piel de pollo y panceta de cerdo y *Listeria monocytogenes* en rollo de pavo. Como resultado el ácido acético previno el crecimiento residual de *E. coli* y *L. monocytogenes* y redujo el número de *Salmonella* en la piel de pollo por debajo de los niveles recuperables. Como conclusión de la investigación, el ácido levulínico no proporcionó una descontaminación tan eficaz como el ácido láctico el cual demostró una pequeña capacidad descontaminante en comparación con el agua, así como mostró actividad residual para prevenir el crecimiento de patógenos. Por consiguiente, el planteamiento anterior, demuestra la necesidad de reconsiderar la eficacia de los lavados con ácidos orgánicos en relación con su capacidad combinada para descontaminar los tejidos de la carne y posteriormente inhibir el crecimiento de patógenos.

Hacia agosto del año 2012 un estudio realizado por Rawdkuen et al¹³, titulado Antimicrobial activity of some potential active compounds against food spoilage microorganisms, en el cual se determinó la actividad antimicrobiana de seis compuestos (ácido acético, quitosano, catequina, ácido gálico, lisozima y nisina) contra el crecimiento de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria innocua*, y *Saccharomyces cerevisiae*. Para el estudio de estos microorganismos se cultivaron en caldo Mueller-Hinton, se probaron los agentes antimicrobianos para determinar su inhibición contra los microorganismos antes mencionados. Como resultado se observó la lisozima con mayor actividad antimicrobiana contra *L. innocua* y *S. cerevisiae*, en cuanto a la catequina, fue muy activa contra *E. coli*, *L. innocua* y *S. aureus*. *S. cerevisiae* fue el microorganismo más susceptible a la lisozima entre otros, ya que tanto su CMI como su MBC fueron los más bajos, sin embargo, la catequina y la lisozima se combinaron en cantidades iguales; todos los microorganismos probados fueron inhibidos eficazmente. Se concluyó que la combinación de catequina y lisozima pueden proporcionar una barrera funcional única que podría aumentar la vida útil de los productos alimenticios.

Posteriormente, en el mismo año, 2012, se publicó por Cháves et al¹⁴, el artículo Gas-producing and spoilage potential of Enterobacteriaceae and lactic acid bacteria isolated from chilled vacuum- packaged beef, el cual tuvo como objetivo identificar las BAL y las enterobacterias de la carne de res envasada al vacío refrigerada en mal estado y

determinar su potencial para causar deterioro del empaque por soplado; adicionalmente se obtuvieron paquetes no estropeados para aislar bacterias de ácido láctico y enterobacterias probadas por su capacidad para causar deterioro del paquete soplado. Se demostró que las poblaciones de bacterias del ácido láctico en el exudado de las muestras estropeadas y no estropeadas no fueron significativamente diferentes mientras que el número de bacterias del ácido láctico en la superficie fue significativamente mayor en las muestras estropeadas en comparación con las muestras no estropeadas. Finalmente, los resultados del potencial de deterioro mostraron que el deterioro del "paquete soplado" era notable después de 7 días a 15C° y después de 6 semanas a 4C° para las muestras inoculadas con *Hafnia alvei*. Por lo tanto esta investigación permitió entender la importancia de prácticas para comprender las interacciones y factores que presentan estos microorganismos para desarrollar o mejorar medidas que controlen el deterioro de los cárnicos.

El artículo Antimicrobial Packaging to Retard the Growth of Spoilage Bacteria and To Reduce the Release of Volatile Metabolites in Meat Stored under Vacuum at 1°C, publicado en el 2013 por Ferrocino et al¹⁵. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del envasado antimicrobiano en la carne vacuna durante el almacenamiento; para llevar a cabo el estudio se utilizó solución antimicrobiana de nisina-EDTA, la actividad antimicrobiana de la solución se evaluó frente a la cepa indicadora *B. thermosphacta* 1R2 y se realizó la extracción de ADN de carne vacuna. Los compuestos volátiles y las poblaciones microbianas se controlaron después de 0, 9, 20, 36 y 46 días de almacenamiento. *Brochothrix thermosphacta* no pudo crecer durante todo el tiempo de almacenamiento en muestras tratadas, mientras que los niveles de *Carnobacterium spp* en las muestras tratadas estuvieron por debajo del límite de detección durante los primeros 9 días. *Enterobacteriaceae* y *Pseudomonas spp* no eran afectados por el uso del envase antimicrobiano y crecieron en todas las muestras. Durante el almacenamiento de carne de res, se detectaron alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos. Se llegó a la conclusión de que el envasado activo reduce las cargas de poblaciones microbianas deterioradas y la liberación de metabolitos en el espacio de cabeza de la

carne de vacuno tienen un probable impacto positivo en la calidad de la carne.

Para este mismo año, 2013, se publicó un estudio publicado por Yang et al¹⁶ titulado *Optical Detection of Meat Spoilage Using Fluorescence Spectroscopy with Selective Excitation Wavelength*, el cual mostró el uso de espectros de fluorescencia para determinar el estado de deterioro en alimentos como la carne. Los espectros FL se extraen utilizando resolución de curva multivariante con mínimos cuadrados alternos (MCRALS). El cambio del dinucleótido de nicotinamida y adenina reducida (NADH) se encontró a partir de los espectros FL medidos y el análisis MCRALS, que refleja el deterioro microbiano de los alimentos musculares involucrado en los procesos metabólicos. Este estudio presentó la posibilidad que el cambio de contenido relativo de NADH determinado por FL puede usarse como "huella dactilar" o criterio de seguimiento para el estado de deterioro de los alimentos musculares.

Así mismo, en el 2013, el estudio publicado por Cizeikiene et al¹⁷, titulado *Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against pathogenic and spoilage microorganism isolated from food and their control in wheat bread*, el cual tenía por objetivo evaluar la actividad antimicrobiana de las cepas de *Lactobacillus sakei* KTU05-6, *Pediococcus acidilactici* KTU05-7, *Pediococcus pentosaceus* KTU05-8, KTU05-9 y KTU05-10 productora de ácidos orgánicos y bacteriocinas como sustancias inhibidoras para la industria alimentaria. Esto se logró utilizando un método de ensayo de difusión de pocillos de agar, en este caso, cepas aisladas de diversas verduras, carne grasas y agua. Se determinaron actividades antimicóticas frente a *Pichia brutonii*, *Saccharomycopsis capsularis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Kluyveromyces marxianus*, *Candida parapsilosis*, *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium cyclopium*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus terreus*. Se concluyó que los metabolitos de las bacterias del ácido láctico (LAB) inhibieron el crecimiento de bacterias patógenas pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Listeria* y *Escherichia* en varios grados. En cuanto a los ácidos orgánicos

y BLIS de LAB muestran actividades fungicidas y fungistáticas contra hongos y levaduras como *Fusarium culmorum*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus versicolor*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger*, *Debaryomyces hansenii* y *Candida parapsilosis*.

Para el año 2014, el estudio Formation of biogenic amines and growth of spoilage-related microorganisms in pork stored under different packaging conditions applying PCA. publicado por Miaoyun et al¹⁸, tuvo como objetivo investigar la evolución de aminas biogénicas y microorganismos relacionados con el deterioro de la carne de cerdo refrigerada almacenada a 5°C en diversas condiciones atmosféricas. Para llevarlo a cabo tomaron como muestra lomo de carne de cerdo y por medio de cromatografía líquida se realizó el análisis; como estándares y reactivos se utilizaron: putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, espermidina, espermina y cloruro de dansilo, hidróxido de sodio, bicarbonato de sodio, amoníaco acuoso, ácido perclórico. Los resultados mostraron que alrededor del 74,26% de la variabilidad podría explicarse por los primeros componentes principales analizados por PCA en el envasado en palet, mientras que en el envasado al vacío y en atmósfera modificada fueron del 85,21% y el 79,14%. La putrescina y la cadaverina podrían reflejar la evolución del deterioro de la carne de cerdo fresca.

También se encontró un estudio publicado en el 2014 por Han et al¹⁹, titulado Identification of Lactic Acid Bacteria in Pork Meat and Pork Meat Products Using SDS-PAGE, 16S rRNA Gene Sequencing and MALDI- TOF Mass Spectrometry el cual tuvo como objetivo realizar análisis bacteriológicos de muestras de productos cárnicos de cerdo para conocer la diversidad de BAL. Para esto, se recolectaron 31 muestras de carne de cerdo cruda, carne de cerdo semiprocesada y productos de carne de cerdo de cuatro carnes. Como técnica se utilizó SDS PAGE de proteínas de células completas. El ADN genómico se extrajo de cepas bacterianas, se realizó la secuenciación utilizando un secuenciador de ADN automatizado. Como resultados se identificaron 216 BAL mediante electroforesis en gel de poliacrilamida. *Lactobacillus sakei* fue el más dominante asociado con todas las muestras, independientemente del origen o empaque.

Las LAB predominantes fueron *Lactococcus lactis* y *Pediococcus pentosaceus* en muestras crudas, *L. plantarum* y *L. brevis* en muestras semielaboradas, y *Weissella viridescens* y *L. lactis* en muestras de productos. *L. plantarum*, *L. lactis* y *L. brevis* se encontraron LAB en todos los grupos de muestra. Se concluyó que las altas cargas de LAB detectadas en la carne de cerdo son indicadores de búsqueda de nuevas estrategias para reducir la carga microbiana y mejorar la seguridad alimentaria. Acorde a lo anteriormente expuesto se resalta la importancia de la identificación de las BAL no sólo en los productos cárnicos sino en todos los alimentos, ya que son fundamentales para comprender el inicio del deterioro y así mismo la prevalencia de esta problemática.

Para el año 2019, el estudio publicado por Skariyachan²⁰ Biopreservation potential of antimicrobial protein producing *Pediococcus spp*, towards selected food samples in comparison with chemical preservatives, tuvo como objetivo demostrar el potencial de biopreservación de la bacteriocina *Pediococcus* en varias muestras de alimentos. El estudio sugirió que *Pediococcus spp*. Puede ser utilizado como bioconservante, sin embargo, son necesarios más estudios para poder estandarizar y confirmar el aumento de la vida útil y sobre todo en qué otros alimentos podría funcionar sin alterar las propiedades organolépticas de estos.

Posteriormente en el año 2020, publicó Hernández et al²¹ el artículo: Aislamiento y caracterización parcial de una bacteriocina producida por *Pediococcus sp 347*, de origen cárnico, el cual tuvo como objetivo aislar e identificar la bacteriocina producida por *Pediococcus sp 347*, procedente de embutidos crudos curados. Para ello, analizaron su espectro antimicrobiano y verificaron sus propiedades bioquímicas e inmunológicas; pudieron determinar que la totalidad de la microbiota bacteriana está constituida por bacterias lácticas, las BAL seleccionadas para el estudio manifestaron actividad inhibitoria directa, variable y cuantificable frente a diversos microorganismos. El estudio anterior aporta fundamentalmente al trabajo puesto ya que demuestra cómo las bacteriocinas son el mecanismo más utilizado y óptimo para extender la vida útil de los cárnicos.

Para el año 2021, Peña et al²² publicó el artículo Aislamiento y purificación de bacteriocinas a partir de *Lactobacillus plantarum* para su uso como conservantes en carne de res, el cual tenía por objetivo aislar bacteriocinas a partir de *Lactobacillus* sobre bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*. Lo anterior se realizó mediante análisis a pH, enzimas, temperaturas de refrigeración, mediante electroforesis, evaluando la vida útil de las carnes. Se concluyó, el efecto bactericida por parte de las bacteriocinas en los cárnicos, sin embargo, se observó un cambio en las propiedades organolépticas a medida del paso del tiempo.

En el mismo año, 2021, el estudio: Efecto antagónico de bacterias ácido lácticas aisladas de Tocosh sobre *Listeria innocua*, publicado por Salcedo et al²³ tenía por objetivo determinar el efecto antagónico in vitro de las BAL aisladas de Tocosh frente a *Listeria innocua*. Para esto aislaron las bacterias ácido lácticas que probablemente se encontraban en el extracto de Tocosh, se caracterizaron bioquímica y morfológicamente. Las cepas presentaron efecto antagónico frente a *Listeria innocua*; pero estas sustancias se vieron afectadas por la presencia de proteasas como la proteinasa K, proteinasa de *Streptomyces*, alfa-quimiotripsina y tripsina. Además presentaron una identidad del 98% a *Lactobacillus brevis*.

Actualmente, 2022, se publicó una revisión por Salazar et al²⁴ sobre las bacteriocinas y su aplicación como bioconservante dentro de la industria alimentaria, la cual tuvo como objetivo estudiar las bacteriocinas y su aplicación como bioconservante, analizando el efecto bactericida de la nisina, evidenciando la prolongación de la vida útil, de los alimentos tratados. También se estudió la capacidad inhibidora in vitro de nuevas bacteriocinas frente a diferentes microorganismos como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* demostrando un alto espectro de inhibición. Se concluyó que las bacteriocinas son una alternativa potencial a los conservantes

químicos, para así aumentar el consumo de ingredientes naturales; sin embargo es necesario realizar más estudios para ampliar la variedad de bacteriocinas.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Microbiota patógena de carne de pollo

En la carne y sus derivados se pueden encontrar variedad de microorganismos en su mayoría patógenos para el humano, las bacterias son una clase relevante de microorganismos que pueden desarrollarse con facilidad en estos productos, dentro de estos se pueden encontrar *Salmonella spp*, *Campylobacter spp*, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, entre otros.²⁵

Es debido aclarar que esta carne no tiene una microbiota con potencial patógeno de manera inherente, más bien la adquiere por contaminación durante el procesamiento o de camino a este; esta se presenta como un lugar propicio para el crecimiento de bacterias, dadas las propiedades que presenta: un pH adecuado, nutrientes ricos en Nitrógeno, minerales, factores de crecimiento.²⁶

Dentro de las bacterias anteriormente mencionadas las de mayor relevancia son *Campylobacter spp* y *Salmonella Spp*, sin embargo, cabe resaltar que esto es subjetivo a cada país y a las diferentes prácticas que se manejan desde la crianza de las aves, hasta que llegan al consumidor final.²⁷

Una de las ETA más comunes que se pueden encontrar, causada por *Campylobacter spp*, de naturaleza termófila, es la campilobacteriosis humana, en su mayoría por *Campylobacter jejuni*, sin embargo, se pueden incluir otras especies como *Acrobacter* o *Helicobacter pullorum*. Tanto *Salmonella spp* como *Campylobacter spp* son capaces de invadir los órganos internos de las aves y sobrevivir en el ambiente natural de estas, de

allí la dificultad para eliminarlas a la hora de la cocción causando riesgo de intoxicaciones alimentarias que son consideradas al día de hoy como un problema de salud pública dadas sus implicaciones tanto en la salud cómo en la productividad.²⁸

En cuanto a *Clostridium perfringens*, adquiere importancia a la hora de evaluar los procesos microbiológicos convencionales; si bien este patógeno no causa un daño directo, tiene una característica especial, puede causar esporas, una forma de resistencia, que le permite sobrevivir a temperaturas extremas, para luego poder seguir con el ciclo de vida natural cuando las condiciones del medio le sean convenientes, produciendo enfermedades en el huésped posteriormente, a pesar de ello la refrigeración se ha presentado cómo una solución adecuada para este tipo de microorganismos, aunque no se puede aplicar la misma solución para todos; en el caso de *Listeria monocytogenes*, se requieren medidas extremas para evitar que lleguen a la etapa de consumo, dado que esta bacteria presenta altas tasas de morbilidad y mortalidad relacionada en la mayoría de los casos con la transmisión de alimentos, la particularidad de esta bacteria es la capacidad que tiene de infectar no sólo las proteínas sino también cualquier otro alimento que se encuentre en contacto con ella, por lo que la cadena de frío no es suficiente, es decir, se requiere de valores límite microbiológicos realmente bajos.²⁹

Escherichia coli no escala al primer lugar de patógenos en carne de pollo, sin embargo, cuando es capaz de transmitirse al ser humano causa consecuencias que algunas veces pueden llegar a ser mortales, la cepa de *E. coli* productora de verocitotoxinas (VTEC), ha sido identificada como responsable en brotes alimentarios, principalmente en Europa, EE, UU e Inglaterra; esta es capaz de producir desde síntomas como diarrea hasta desarrollar patologías como el Síndrome Hemolítico Urémico (SHU) y/o Púrpura Trombocitopénica Trombótica (PTT).³⁰

2.2 Industria alimentaria y Salud Pública

En primer lugar es necesario definir las ETA (Enfermedades Transmitidas por Alimentos), este se considera cómo un síndrome causado por la ingestión de alimentos y/o agua

contaminados con microorganismos patógenos que afectan la salud de un consumidor o varios a la vez, esto también se debe a causas adicionales como alteración en las características del alimento (temperatura, humedad, tiempo) que favorecen el crecimiento del agente etiológico.

Para entender la gravedad del contexto, en el año 2015 se reportan alrededor 600 millones de casos de ETA y 420.000 defunciones a expensas de esta misma, siendo los países en desarrollo los que ocupan el primer lugar, dentro de esto los infantes llegan a ocupar un 40% del total. La diarrea es el síntoma agudo más frecuente, se estima que cada año las enfermedades diarreicas de transmisión alimentaria se cobran la vida de 2.2 millones de personas; otras consecuencias del síndrome incluyen insuficiencia renal o hepática, trastornos cerebrales artritis reactiva, cáncer y muerte.³¹

Adicionalmente la importancia de buscar nuevas alternativas se basa en las predicciones del aumento en la producción y consumo de carnes en un futuro próximo, especialmente en los países en vía de desarrollo, donde un desarrollo tecnológico insuficiente pone en peligro la Seguridad Alimentaria.

2.3 Conservación tradicional de las carnes en la industria alimentaria

De manera general la conservación de las carnes busca prevenir o retrasar el deterioro del producto, además mantener las cualidades organolépticas de este, así como reducir cualquier pérdida económica; a través de los años esto se ha logrado gracias a 3 métodos: control de baja o alta temperatura, reducción de la actividad del agua o el uso de aditivos químicos.³² El uso de Cloruro de Sodio, Nitratos o Nitritos son comúnmente utilizados dada su efectividad, por ejemplo, el Cloruro de Sodio es capaz de inhibir el crecimiento bacteriano al aumentar la presión osmótica y disminuir la actividad del agua; además la adición de las sales de Nitrito, eficaces para controlar el color, lípidos u olor y al mismo tiempo proveer control sobre las bacterias anaerobias.

Por décadas los métodos anteriormente descritos han sido efectivos, sin embargo, dada la emergente preocupación desde la perspectiva de los consumidores, ha cambiado el criterio frente a estos mismos. Mientras que los procesos de control de temperatura siguen siendo altamente efectivos no están exentos de interferir en las propiedades organolépticas; por otro lado los aditivos alimentarios, han sido objeto de debate en el último tiempo ya que se han estudiado reacciones de nitrosación secundarias, con efectos cancerígenos y genotóxicos; aditivos como fosfatos, utilizados usualmente en procesamiento de carnes han sido descritos como asociados a problemas de salud en niños y adolescentes.³³ Además cabe resaltar los mecanismos de resistencia desarrollados por algunos microorganismos frente a mecanismos tradicionales, por ejemplo, *Micrococcus* muestra resistencia a altas concentraciones de sal.³⁴ Por consiguiente es de importancia reducir el uso de aditivos que se identifican como perjudiciales para la salud.³⁵

2.4 Bioconservación en la industria alimentaria

Dados los avances tecnológicos de todo tipo, incluyendo la industria alimentaria, ya no se busca solo mantener una Seguridad Alimentaria sino más bien una modernización de esta, por consiguiente, objetivos como una limpieza sostenible, tecnología más rápida, mayor respuesta frente a un mercado exigente, son algunos de los que se enfrentan los mercados a nivel mundial; frente a esto, la biotecnología se presenta como la mejor respuesta, esta permite la producción de bioproductos con una ventaja significativa en la calidad alimentaria promoviendo al mismo tiempo la sostenibilidad de tecnologías emergentes, dentro de estas se encuentran la aplicación de microorganismos, plantas, entre otros para un procesamiento en alimentos. De forma habitual, por años, en términos de preservación alimentaria se han utilizados métodos físicos y químicos, que en parte han sido de utilidad para reducir riesgos, por ejemplo, los nitritos, particularmente usado en conservación de carnes para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas ha sido identificado como un factor riesgo para desarrollar cáncer gástrico a largo plazo; actualmente los consumidores se preocupan más por las características de

los alimentos que consumen, contenidos bajos en sal y azúcar, libre de conservantes,³⁶ siendo sinónimo de la necesidad de evolucionar en términos de biotecnología.

Dentro de estas nuevas alternativas se encuentran las bacteriocinas, sustancias peptídicas, que pueden ser utilizadas en un amplio rango de alimentos como carnes, productos lácteos, mariscos, verduras, bebidas, etc, sus compatibilidades con estos además de los mecanismos de acción las hacen aptas para ser considerados herramientas de bioconservación.³⁷

2.5 Antagonismo bacteriano

Las bacterias suelen vivir en comunidades y para ello, buscan desarrollar mecanismos que les permitan adaptarse, sobrevivir y competir; por lo que se ha prestado importancia en investigar estos mecanismos, especialmente en la microbiota humana.

Se sabe por estas investigaciones que los microorganismos compiten bien sea por los recursos requeridos o lo que se conoce como “competencia por interferencia”, donde un microorganismo inhibe el crecimiento de otro mediante la producción de diferentes productos, dentro de estos se encuentran péptidos antimicrobianos, metabolitos, toxinas proteicas entre otros.³⁸

2.6 BAL cómo una innovación en la calidad microbiológica.

Las bacterias ácido lácticas son un grupo de bacterias Gram positivas, con unas características, morfológicas, metabólicas y fisiológicas especiales. Morfológicamente hablando se pueden describir como bacterias en forma de coco o bacilo no formadoras

de esporas; en un sentido bioquímico se presentan características fenotípicas como catalasa negativa, no productora de citocromos, aerotolerantes, ácido tolerantes.³⁹ El ácido láctico como el mayor producto de fermentación de crecimiento en hábitats llenos de nutrientes leche, carne, vegetales, hacen parte de la flora de la boca, intestinos y la vagina de los mamíferos.

En cuanto a su clasificación: Se habla de 4 géneros distintivos: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*. Sin embargo, se puede comprender alrededor de 20 géneros, dentro de los cuales, los mencionados a continuación se consideran los más representativos; *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillos*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Wissela*.⁴⁰

Las bacterias ácido lácticas pueden ser distinguidas por dos vías de fermentación del azúcar. Glucólisis: (Vía Embden-Meyerhof-Parnas) resulta exclusiva en la producción de ácido láctico, se conoce como fermentación homoláctica. La vía 6-fosfogluconato/ 6 fosfocetolasa resulta en otra variedad de productos como etanol, acetato y CO₂ adicionado el ácido láctico y se conoce como fermentación heteroláctica.⁴¹

Un cultivo conocido de microorganismos utilizado para inocular alimentos con el fin de producir los cambios deseados a través de la fermentación se conoce como cultivo iniciador. Las BAL tienen un estado generalmente considerado como seguro y se han utilizado ampliamente como iniciadores en la conservación industrial de carnes. Los cultivos iniciadores más utilizados son BAL homofermentativos como *Lactococcus*, *Pediococcus* y algunas especies de *Lactobacillus* que producen ácido láctico como el principal metabolito de carbohidratos dando el sabor característico y el desarrollo del sabor, así como la conservación de los productos cárnicos fermentados.⁴² Se ha descubierto que el uso de BAL como cultivos iniciadores reduce el tiempo de fermentación y mejora la seguridad de la mayoría de los productos alimenticios fermentados, especialmente en el procesamiento y conservación de carnes.⁴³

2.7 Mecanismos de acción de BAL

La conservación de alimentos a partir de las BAL, es decir, la inhibición de microorganismos con potencial patógeno, se da por los productos finales de la fermentación, producidos en grandes cantidades gracias a las variedades de carbohidratos que pueden fermentar, así como a los cambios de pH a los que pueden resistir. El ácido láctico, ácido acético, peróxido de hidrógeno, y por supuesto las bacteriocinas.⁴²

La acción antimicrobiana de estas bacterias se basa en el efecto altamente oxidante del peróxido de Hidrógeno, capaz de causar la peroxidación de los lípidos de la membrana y consecuentemente la destrucción de la estructura de proteínas celulares, por otro compuesto como el diacetilo es capaz de desactivar enzimas microbianas por bloqueo o modificación de la zona catalítica.⁴³

2.7.1 Bacterias Ácido Lácticas Homofermentativas

La acumulación de ácido láctico y otros ácidos en un ambiente específico, se traduce en una reducción del pH, útil para causar un efecto inhibitorio en bacterias Gram positivas cómo Gram negativas.

La forma no disociada del ácido láctico tiene facilidad para penetrar en la membrana celular, causando la liberación de iones Hidrógeno y el anión correspondiente de modo que ambos iones interfieren e inhiben el crecimiento celular.

2.7.2 Bacterias Ácido Lácticas Heterofermentativas

Por otro lado, el peróxido de hidrógeno, que causa la liberación de iones hidroxilo, precursores de la peroxidación de lípidos de la membrana y así mismo la susceptibilidad de la célula microbiana en cuestión.

De la misma manera el Dióxido de Carbono (CO₂), producto final propio de este tipo de fermentación de glucosa; promueve un ambiente anaerobio, acompañado de un pH bajo, que no es propicio para el crecimiento de algunos microorganismos, ya que interfiere en la integridad de su pared celular.

2.8 Mecanismos de BAL: Bacteriocinas

Las bacteriocinas de estructura tipo péptido o proteína, tienen un alto efecto bactericida sobre receptores específicos de la célula, la composición química de estas sustancias es altamente variada, sin embargo, su modo de acción muy específico, se ha conocido su actividad antimicrobiana contra patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp*, todos estos de importancia en la microbiología alimentaria.⁴²

Las bacteriocinas son péptidos con actividad antimicrobiana y representan un sustituto potencial de conservantes químicos, debido a que son producidas en su mayoría por BAL. El uso de las bacteriocinas como bioconservantes se atribuye a sus características como inhibir numerosos microorganismos patógenos, su acción en amplios rangos de pHs y termoestabilidad, proponiendo diferentes aplicaciones de las bacteriocinas en alimentos, ya sea en forma concertada, en algún sustrato de grado alimentario o agregando la bacteriocina a un soporte, actuando este como reservorio y difusor del péptido antimicrobiano concentrado a la comida. La mayoría de las bacteriocinas actúan sobre la membrana de células sensibles, desestabilizando y permeabilizando mediante la formación de canales o poros iónicos que van a dar salida a compuestos como fosfato, potasio, aminoácidos, ATP, disminuyendo la síntesis de macromoléculas y por consecuencia la muerte celular (Figura 1).⁴⁴

FIGURA 1: Modo de acción de bacteriocinas.

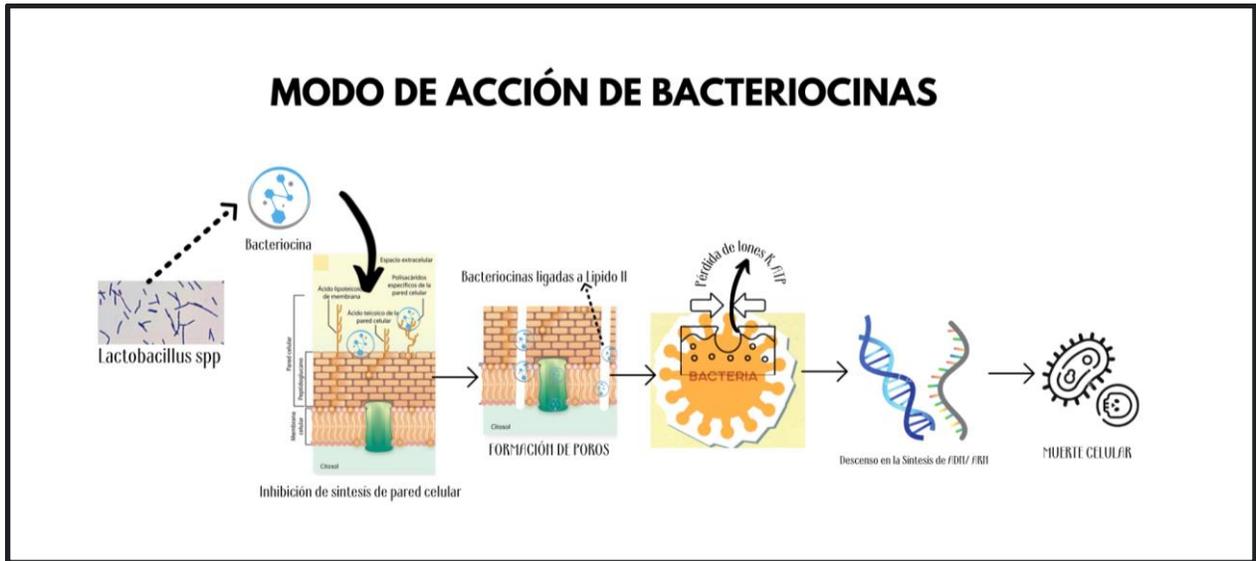


Figura 1. Modo de acción de bacteriocinas, Fuente: Propia. Las bacteriocinas son producidas por el género bacteriano *Lactobacillus spp* de manera extracelular, cuando se encuentran frente a una bacteria considerada competencia, la bacteriocina se liga a puntos blanco, posteriormente a la ligación, la membrana celular pierde su integridad dejando salir al medio extracelular compuestos vitales como K, ATP, entre otros iones; inhibiendo la síntesis de energía y ácidos nucleicos, por lo que a su vez se produce un fenómeno en donde la bacteria afectada consume sus propias reservas energéticas llevándola finalmente a la muerte celular.

Las bacteriocinas son un grupo de péptidos antimicrobianos que pueden ser modificados de forma postraduccional (PTM), de forma general estos péptidos son producidos por un gran número de bacterias y arqueas que pueden atacar a cepas similares a las productoras, al mismo tiempo estas con la ayuda de un gen específico, codifican una proteína de inmunidad que confiriendo protección frente a sus propios productos.⁴⁴

Debido a la heterogeneidad de estos productos, se le ha dado una clasificación de acuerdo a las modificaciones anteriormente mencionadas junto con su modo de acción, así como se describe en la tabla 1, sin embargo, esta no es una clasificación definitiva.⁴⁴

TABLA 1: Clasificación de bacteriocinas

Clase	Características	Ejemplo	Mecanismo de acción	Receptor	Microorganismo productor	Espectro Bacteriano	
I	Ia	Lantibióticos (-SKDa, estos péptidos contiene n Lantionina y B-Metil-lantionina)	Nisina	Permeabilización de la membrana mediante la formación de poros.	Lípido II	<i>L. lactis</i>	Bacterias Gram-positivas
	Ib	Lantibióticos carbocíclicos que contiene n laberintina y labionina	Laberintopeptina A1	No conocido	No conocido	<i>Actinoma dura namibiensis</i>	HIV, HSV
	Ic	Sactibióticos (antibióticos que contiene n azufre a carbono alfa)	Turidina CD	No conocido	No conocido	<i>B. thuringiensis</i>	Bacterias Gram-positivas
II	Ila	Pequeños péptidos estables al calor, sintetizados en forma de precursor que se procesa después de dos residuos de glicina, activos contra <i>Listeria</i> , tiene una secuencia de consenso de YGNGV-C en el N-terminal	Pediocina PA-1, Sakadinas A y P, Leucocina A	Permeabilización de la membrana mediante la formación de poros.	Permeasa de manosa	<i>P. pentosaceus, P. acidilactici, Lactobacillus sakei</i>	Bacterias Gram-positivas y bacterias Gram-negativas
	Iib	Sistemas de dos componentes: se requieren dos péptidos diferentes para formar un complejo de poración activo.	Lactococinas G, Plantaricina EF y Plantaricina IK	Permeabilización de la membrana mediante la formación de poros.	UppP (unde caprenilo pino fosfato fosfatado)	<i>L. lactis subsp. cremoris, Lb. plantarum</i>	Bacterias Gram-positivas
	Iic	Bacteriocinas circulares.	Gaseridina A, enterocina AS-48, Garvicina ML	Permeabilización de la membrana mediante la formación de poros.	Transportador ABC	<i>L. gasserii, E. faecalis, L. garvieae</i>	Bacterias Gram-positivas
	Iid	Bacteriocinas no modificadas, lineales.	Bactofencia A, LsbB	Permeabilización de la membrana mediante la formación de poros.	Metallopeptidasa	<i>L. salivarius, L. lactis subsp. Lactis</i>	Bacterias Gram-positivas
III	Moléculas grandes sensibles al calor.	Helveticina M, helveticina J y enterolaina A	Permeabilización de la membrana mediante la formación de poros.	No conocido	<i>Lb. crispatus, L. helveticus, E. faecalis</i>	Bacterias Gram-positivas y bacterias Gram-negativas	

Tabla 1. Kumariya R et al 44 . Clasificación de las bacteriocinas de acuerdo a sus características y microorganismos que la producen .[Internet].2019. Acceso: 26/03/2022. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.002>

En pocas palabras las bacteriocinas son sustancias con propiedades especiales que pueden ser la alternativa ideal para variedad de procesos, incluyendo los industriales alimentarios, una de estas propiedades es que estas pueden mantener su potencia y espectro de actividad tanto de forma *in vitro* como *in vivo*.⁴⁵

De forma *in vitro* se ha logrado observar que en general la clase I de bacteriocinas, donde se incluyen lantibióticos y tiopéptidos son más activos en contra de patógenos Gram positivos que incluyen *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Clostridium difficile*, entre otros; además se tiene conocimiento de bacteriocinas modificadas que tienen un alto potencial contra patógenos de importancia en la carne de aves como *Listeria monocytogenes*; para este último microorganismo también se ha documentado que bacteriocinas de clase II como las nisinas pueden ser utilizadas en bajas concentraciones.

Por otro lado, para bacterias Gram negativas se ha observado que bacteriocinas producidas por este mismo tipo de microorganismos, son efectivas, es decir, son un claro ejemplo de antagonismo bacteriano, normalmente estas son denominadas microcinas e incluyen un espectro de actividad contra patógenos como *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Salmonella spp*, entre otros.⁴⁶

Nisina A, Nisina P, Nisina K, Leucocina A, Pediocina PA-1 y Pediocina AcH son mencionadas como bacteriocinas eficientes en la aplicación para industria alimentaria, especialmente en productos cárnicos como la carne de aves (tabla 2).³²

TABLA 2: Aplicación de bacteriocinas en productos alimenticios.

BACTERIOCINA	MICROORGANISMO OBJETO	APLICACIONES
Nisina	<i>Listeria monocytogenes</i>	Productos cárnicos
Nisina	<i>Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus</i>	Queso ricotta, queso Carbement, quesos frescos, leche fresca, leche fermentada y leche en polvo
Nisina	<i>Brochothrix thermosphacta</i>	Productos cárnicos que contengan cerdo
Nisina	<i>Clostridium tyrobutyricum</i>	Queso truyere
Nisina	<i>Listeria monocytogenes</i>	Pescado fresco, salmón ahumado y langosta
Pediocina	Bacterias ácido lácticas	Vinos y cervezas
Pediocina AcH	<i>Listeria monocytogenes</i>	Queso munster
Pediocina AcH	<i>Listeria monocytogenes</i>	Embutidos de pollo y pollo crudo
Enterocina	<i>Listeria monocytogenes</i>	Leche fresca
Enterocina	<i>Staphylococcus aureus</i>	Embutidos cárnicos
Enterocina	<i>Listeria monocytogenes</i>	Queso manchengo
Piscicolina126	<i>Listeria monocytogenes</i>	Pasta de jamón
Leucocina A	<i>Lactobacillus sake</i>	Carne
Lactocina 705	<i>Listeria monocytogenes</i>	Carne molida
Lacticina 3147	<i>Listeria monocytogenes</i>	Queso cottage , Queso cheddar

Tabla 2. Londoño N .Aplicación de bacteriocinas en productos alimenticios .[Internet].2013. Acceso: 28/02/2022. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/1409>

2.8.1 Producción de las Bacteriocinas

La producción de estos metabolitos depende de factores tales como la actividad de la cepa productora, así como el pH y los nutrientes del medio que se proporcionen a esta misma. Es de gran importancia recalcar la relación que existe entre el aumento de la biomasa con la producción de las bacterias; en la fase de crecimiento se evidencia la mayor concentración de metabolitos y esto disminuye al terminar la fase exponencial, fenómeno que puede ser atribuido a la adsorción de la bacteriocina a su célula productora o a la degradación por enzimas (Figura 2).

FIGURA 2: Producción de Biomasa de BAL y relación con la producción de bacteriocinas.

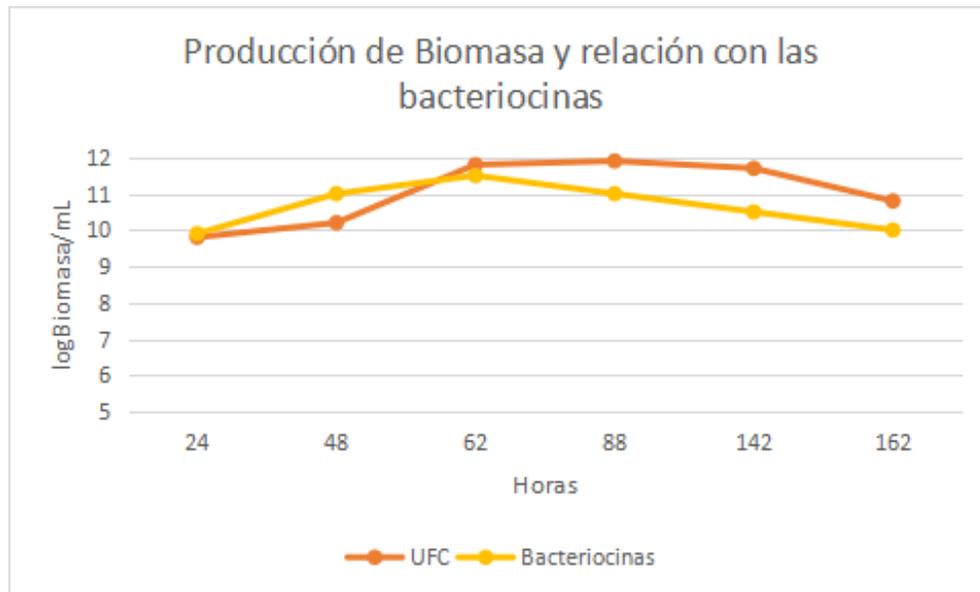


Figura 2. Fuente propia .Producción de biomasa de BAL y relación con la producción de bacteriocinas. La gráfica describe el comportamiento estándar de la producción de bacteriocinas correlacionadas directamente con el crecimiento bacteriano, siendo la fase exponencial de este donde mayor cantidad de bacteriocinas se puede encontrar en un cultivo y finaliza al terminar esta bien sea por fenómenos de reabsorción por parte de células productoras o degradación enzimática en el medio extracelular.

Para realizar estos procesos de forma In vitro, con el fin de una producción industrial como es la propuesta de esta revisión bibliográfica, es necesario realizar cultivos a gran escala que permitan tener un volumen de biomasa adecuado para asegurar la obtención de las bacteriocinas, en este paso es crucial el uso de cultivos ricos en nutrientes, en general se habla de medios que contengan una fuente rica en Nitrógeno, sin embargo estas no son las únicas condiciones interferentes: la temperatura de incubación, así como un pH de 5.5 a 6.0, agitación, aireación, entre otras pueden ser únicas para cada tipo de bacteriocina, por lo que es importante, elegir un medio de crecimiento adecuado, así como sus condicionantes.⁴³

En primer lugar hay que tener en cuenta que cada BAL, es productor de bacteriocinas diferentes y cada una de estas puede inhibir a ciertos microorganismos, por lo que para realizar un protocolo para la producción del metabolito es necesario saber que BAL puede estar disponible y cuál es el microorganismo blanco, en segundo es importante

reconocer los nutrientes necesarios para una buena producción de biomasa, para la obtención de una buena cantidad de contenido extracelular, en un comienzo los BAL muestran un buen crecimiento en agar MRS (Man, Rogosa y Sharpe). La peptona, el extracto de carne, el extracto de levadura y la glucosa constituyen la fuente nutritiva ya que aportan Nitrógeno, Carbono, vitaminas y minerales. El monoleato de sorbitán, las sales de sodio, magnesio y manganeso proveen cofactores para el crecimiento bacteriano y pueden inhibir el desarrollo de algunos microorganismos. El citrato de amonio actúa como agente inhibitorio del crecimiento de bacterias Gram negativas.⁴⁷

Después el tiempo de incubación adecuado, se recomienda el calentamiento del cultivo preferiblemente en un medio líquido, aproximadamente a 70°C, esto para inhibir la reabsorción del metabolito y la actividad de las proteasas, que pueden llevar a la degradación del mismo, de manera subsiguiente se recomienda la centrifugación del cultivo ya que se sabe, en el sobrenadante se debe encontrar la bacteriocina; para evitar la inhibición de la acción de la bacteriocina producida por los otros compuestos propios de las BAL como el ácido láctico, es importante la modificación del pH en el medio, así como su posterior filtración, de esta manera se puede obtener un metabolito purificado.⁴⁸

2.8.2 Identificación de las obtencion de bacteriocinas

Dada la naturaleza de las bacteriocinas, se necesitan de metodologías que permitan asegurar no solo la presencia de estas sino también su efectividad, ya que se busca estas puedan ser utilizadas como antimicrobianos contra microorganismos de interés en salud pública, siendo la *Salmonella spp* y la *Listeria monocytogenes* los patógenos con mayor incidencia en las ETA.

Se habla de diferentes métodos que pueden ir desde formas automatizadas y sencillas, hasta algo más modernas y sofisticadas. Los bioensayos pueden ser una herramienta útil, para determinar el efecto antagónico de este péptido, la CMI (Concentración Mínima

Inhibitoria) en placa microtituladora es calificada como una buena opción para conocer de manera cuantificable el efecto sobre un microorganismo en específico. La NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards) cuenta con un manual de procedimientos para determinar la sensibilidad de microorganismos frente a antibióticos, por lo que asumiendo el objetivo de la bacteriocina se pueden realizar modificaciones a estos ensayos ya establecidos, permitiendo la reproducibilidad de estos mismos.

Sin embargo, los bioensayos no son la única metodología, en la literatura se describen pruebas moleculares como técnicas de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) o de hibridación, aunque estas representan un alto grado de sensibilidad, no tienen una característica cuantitativa, además que representa un alto costo para los investigadores.

Por otro lado, las pruebas de ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay), son ensayos versátiles que se pueden aplicar a varios escenarios, gracias a su principio de medición colorimétrica por la unión de inmunocomplejos, lo que permite medir cualquier proteína bajo condiciones difíciles, sin embargo es necesario, el diseño de un ensayo específico para tal fin.⁴³

2.9 Bacteriocinas y su papel dentro de la industria alimentaria

Desde los comienzos de la microbiología en el siglo pasado se ha tratado de entender los mecanismos del antagonismo microbiano y la utilidad que este podría tener. En los años 90 se empiezan a describir los primeros métodos para hacer uso de las bacteriocinas a partir de BAL, se habla básicamente de 4 modos: 1) La adición de un cultivo puro de Bacterias Ácido Lácticas a un alimento, el éxito de esto depende de controlar condiciones como el pH, temperatura, entre otros, 2) Adición de una preparación de bacteriocinas a partir de un cultivo puro, 3) Adición de sustancias antagonistas a las bacteriocinas, 4) Agregar una BAAL de naturaleza mesófila como bioprotectora contra cambios de temperatura, por lo que esta se mantendrá en la

concentración inicial en condiciones de frío, en condiciones de aumento de temperatura la cepa bioprotectora crecerá y competirá con las bacterias patógenas.⁴⁷

Hoy en día se sigue indagando acerca del uso de estas sustancias en los alimentos, se han realizado estudios con la aplicación de bacteriocinas purificadas o semi purificadas directamente en el alimento, demostrando ser una buena alternativa al uso de nitritos por otro lado también se habla de utilizar un producto ya fermentado con la producción de la bacteriocina como un ingrediente en un alimento procesado.⁴⁴ Además de ser utilizadas como bioconservantes de manera individual se han realizado diferentes estudios que buscan potencializar estas moléculas con tratamientos físicos y químicos ya utilizados que lograron incrementar su actividad antimicrobiana.⁴³ Aunque las bacteriocinas tienen una gran cantidad de ventajas frente a los procesos tradicionales de conservación, aún presenta retos a nivel de una producción industrial ya que no están reguladas en un marco regulatorio general y por lo tanto no se han hecho ensayos a gran escala.⁴⁸

Las bacteriocinas pueden ser producidas por una gran variedad de bacterias, sin embargo son de mayor interés, los productos de BAL ya que estos son conocidos como metabolitos naturales y seguros para el consumo humano con el status de QPS (*qualified presumption of safety*), dado que al entrar en contacto con el sistema gastrointestinal son inactivadas por enzimas tales como la tripsina y pepsina, sin alterar la microbiota de este mismo, al contrario de los conservantes químicos tradicionales.

2.10 Resistencia a las bacteriocinas

La resistencia se puede dar de dos formas, natural o intrínseca, o puede generarse como resultado a la exposición continua, que se conoce como resistencia adquirida. La resistencia se puede relacionar con los cambios en la pared y membrana celular, como alteraciones en el potencial eléctrico, la fluidez, la composición y carga de lípidos de membrana o espesor de la pared celular. Estos mecanismos han sido estudiados en *L. monocytogenes*, *L. innocua*, *Streptococcus pneumoniae*, *S. bovis*, en donde se relacionan cambios como la variación en la composición de ácidos grasos de la membrana y reducción de la concentración de fosfolípidos lo que dificulta la formación

de poros.⁴⁸ La efectividad de la bacteriocina puede verse sujeta frente a microorganismos que pueden ser sensibles o resistentes o también se encuentra en la literatura etapas en las cuales el microorganismo en cuestión puede ser más sensible en ciertas etapas en su crecimiento que en otras, por ejemplo células de esporas con resistencia a los metabolitos son sensibles en la etapa de esporulación; también se menciona la importancia de identificar estos metabolitos ya que cada microorganismo produce una bacteriocina diferente característica que puede ser aprovechada en el campo de la industria alimentaria.⁴⁹ Además, se ha propuesto el uso de mezclas de bacteriocinas para disminuir la capacidad de resistencia que desarrollan estos microorganismos y mejorar el potencial de las bacteriocinas.⁴⁸

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Fundamentar la importancia de la implementación de nuevas alternativas para disminuir el efecto de los microorganismos patógenos que deterioran la carne de pollo en la industria alimentaria mediante el uso de bacterias ácido lácticas (BAL).

3.2 Objetivos específicos

- ❖ Describir el efecto de las bacterias ácido lácticas, sobre los microorganismos que deterioran las carnes en la industria alimentaria.
- ❖ Justificar cómo el uso de las bacterias ácido lácticas prolonga la vida útil o inhibe los patógenos de la causantes del deterioro en las carnes.

- ❖ Sugerir un procedimiento con bacterias ácido lácticas , que pueda ser incluido de manera experimental durante el procesamiento de carnes , con el fin de prevenir su deterioro.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de investigación

Es una investigación bibliográfica de carácter descriptivo, no experimental que pretende describir características, comportamiento y posible uso de las bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas sobre los cárnicos, con el fin de disminuir el deterioro y prolongar su vida útil.

4.1.1 Nivel o enfoque investigativo

Esta monografía presenta un enfoque exploratorio descriptivo, ya que pretende describir el comportamiento que tienen las bacteriocinas y otros metabolitos propios de las BAL como bioconservantes de manera general en los cárnicos, haciendo énfasis en la carne de pollo, proteína de mayor consumo en el país, con el fin de disminuir su rápido deterioro. La presente revisión bibliográfica pretende ampliar el bagaje sobre el tema y así mismo proponer investigaciones futuras sobre este mismo.

4.1.2 Población objeto de estudio

En esta revisión bibliográfica se han utilizado un total de 50 artículos, con características en común, que permiten analizar el tema en cuestión, así mismo conferir una opinión crítica y objetiva, la cual será reafirmada en las conclusiones de la monografía.

4.1.3 Muestra

Los 50 artículos seleccionados cuentan con criterios de inclusión y exclusión, centrados en el tema base de la búsqueda bibliográfica, como la descripción de las BAL, mecanismos de estas incluyendo las bacteriocinas, las cuales representan el objeto de estudio.

4.2 Estrategias de búsqueda

El trabajo se fundamenta en una revisión documental en bases de datos de carácter científico-académico como: Scopus, ScienceDirect, Nature, ELSEVIER, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Pubmed, Taylor and Francis, que aportan teóricamente y permiten dar una postura crítica frente al uso de las bacteriocinas y su uso en la industria alimentaria, adicionalmente basados en esta revisión, se pretende hacer una propuesta para la implementación de este bioconservante.

4.3 Criterios de Inclusión y exclusión

Los artículos incluidos debían centrarse en el tema principal: las bacterias ácido lácticas, describir sus características, clasificación, usos, aplicaciones, mecanismos de acción, destacando la bioconservación como eje central. Dichos artículos se eligieron después de validar el texto completo. Se excluyeron aquellos estudios basados en muestras

diferentes a los alimentos, que no fueran revisiones o estudios científicos y que estuvieran publicados en un idioma distinto al español o inglés.

Los artículos se evaluaron mediante una matriz que incluía datos como el nombre de los autores, el año de publicación, el título, el objetivo del estudio, la muestra, el mecanismo de acción y el tipo de bacteriocina utilizada, la metodología y los resultados obtenidos, observado en el Anexo 1.

4.4 Hipótesis

Las proteínas de origen animal ampliamente consumidas en la población, han sido usualmente conservadas mediante el uso de tratamientos químicos que representan un peligro para los consumidores, por ello el uso de BAL y sus mecanismos son una opción efectiva, segura y rentable para la bioconservación de estos alimentos.

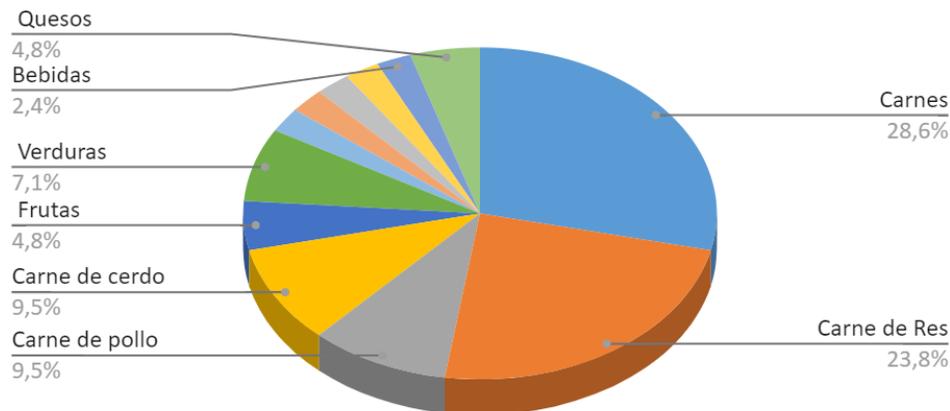
5. RESULTADOS

5.1 Uso de las BAL y sus mecanismos dentro de la industria alimentaria

En la revisión inicial se encontraron 100 artículos de los cuales 50 fueron incluidos en la matriz bibliográfica teniendo en cuenta los criterios de selección para cada estudio. Estos se realizaron en diferentes tipos de alimentos como frutas, verduras, lácteos (queso, leche y mantequilla), pescado, salami y pollo. Sin embargo, la mayoría estaban relacionados con las carnes en 28.6%, (Figura 3) sin discriminación en cuanto al tipo de proteína; la carne de pollo es uno de los alimentos con la minoría en los estudios tan sólo con 9,5%, por lo que si bien en la revisión, las carnes son el alimento con el mayor porcentaje, se requiere que este alimento tome aún más relevancia a un nivel global y

específicamente en cuanto a la carne de pollo se refiere; demostrando la importancia de la investigación de BAL dentro de esta industria.

FIGURA 3: Alimentos utilizados en estudios con bacteriocinas

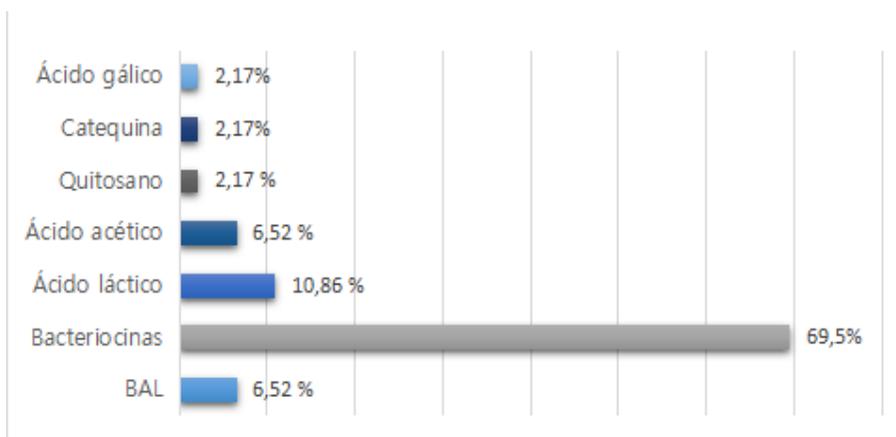


Hay gran variedad de alimentos en los que se han realizado investigaciones, desde verduras hasta bebidas, incluido vino y cerveza, permitiendo deducir la versatilidad de estas bacterias para ser consideradas bioconservantes en esta industria, si bien, cada alimento presenta diferentes características fisicoquímicas, así como organolépticas, también es amplia la variedad de *Lactobacillus* encontrados por lo que en un futuro sería posible encontrar una bacteria específica para cada alimento y mejorar aún más su conservación.

Como se ha descrito anteriormente son varios los mecanismos por los cuales las BAL son excelentes candidatos a bioconservadores, dentro de los más importantes, el ácido láctico, el peróxido de Hidrógeno, el Dióxido de Carbono y por supuesto las bacteriocinas, ya que además de proporcionar una protección frente a una degradación natural del alimento, aumenta sus propiedades organolépticas, siendo un plus para esta industria. Claro está que estos mecanismos son empleados por las BAL para competir por los nutrientes con otros de los microorganismos dentro de un ambiente específico; en la revisión bibliográfica se habló en un 69.5% de las bacteriocinas como se muestra en la Figura 4 demostrando ser especialmente prometedoras como la biotecnología del futuro

dentro de las industrias, no solo por el potencial antimicrobiano que poseen sino por la seguridad con la que se podrían consumir.

FIGURA 4: Mecanismos producidos por BAL ensayados en productos alimenticios.



Sin embargo otros mecanismos de estas bacterias tales como el ácido láctico con un 10,86% también toman una gran relevancia en estos ensayos, sin dejar de lado otros compuestos que destacan por su papel dentro de estos, bien sea de manera independiente o de manera conjunta 6.52%. Desde los años 60 se han descrito los mecanismos bactericidas de las BAL, tanto las de naturaleza homofermentativa así como heterofermentativa, siendo en la industria alimentaria estas últimas de mayor importancia, dado la producción de compuestos como acetaldehído y diacetilo, capaces de intensificar el sabor y olor de los alimentos; desde esta década también se han descrito bacteriocinas, moléculas que en un principio se pensaban eran principalmente secretadas frente a otros miembros de la misma familia; hasta la época actual se han descrito más de 40 bacteriocinas aisladas de diferentes alimentos, no siendo las únicas; en investigaciones recientes se han cultivado cepas más específicas o con modificaciones productoras de metabolitos especializados, sin embargo, aunque se conocen sus propiedades no se conocen sus características antimicrobianas con exactitud, se tiene una idea de que estas tienen una mayor capacidad de inhibición frente a patógenos que se vean relacionados, es decir, los *Lactobacillus* son bacterias Gram positivas con una mayor eficiencia contra patógenos de la misma naturaleza, sin

embargo, esto no quiere decir no pueden ejercer un efecto sobre los microorganismos Gram negativos, ya que se pueden utilizar tecnologías conjuntas que pueden mejorar la eficiencia de los productos. Por consiguiente, el utilizar varias sustancias antimicrobianas de forma conjunta en una apropiada combinación, aumenta el sinergismo,⁵⁰ en consecuencia, el efecto será aún mayor, adicionalmente el uso de tecnologías tales como atmósfera modificada, envasados a presión, entre otros, tendrán como resultado una exacerbación en el resultado esperado.⁴³

La variedad de bacteriocinas ha ido en aumento conforme se realizan investigaciones acerca del tema, así mismo también se han realizado modificaciones, aumentando la pluralidad disponible de metabolitos, por supuesto, algunas bacteriocinas han sido objeto de más estudio que otras (TABLA 3).

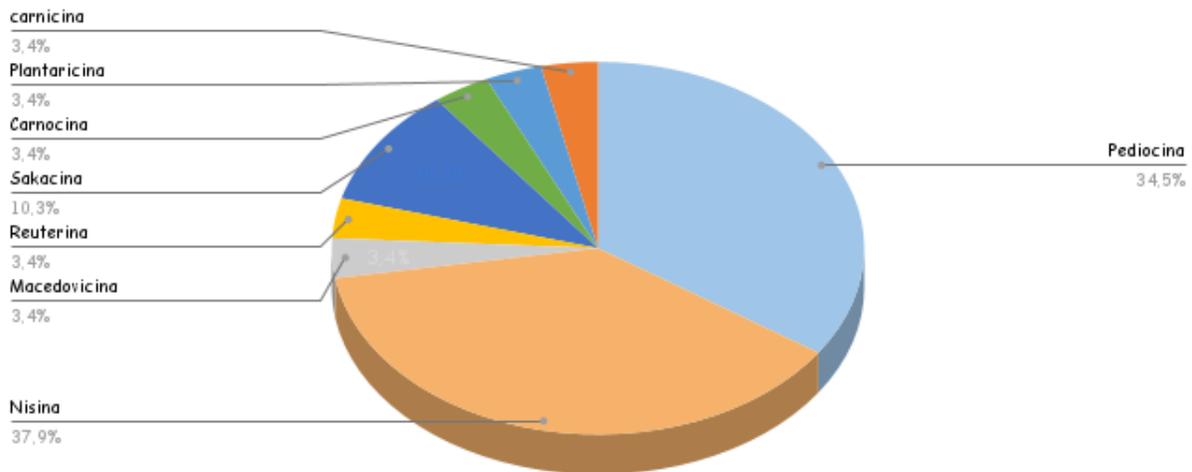
TABLA 3: Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas.

Bacteriocina	Microorganismo Productor
<i>Nisina</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>Pediocina PA-1</i>	<i>Pediococcus acidilactiti /Lactobacillus plantarum WHE E92</i>
<i>Pediocina JD</i>	<i>Pediococcus acidilactici JD1-23</i>
<i>Sakacina A</i>	<i>Lactobacillus sake 706</i>
<i>Sakacina P</i>	<i>Lactobacillus sake LTH673</i>
<i>Curvacina A</i>	<i>Lactobacillus curvatus LTH1174</i>
<i>Mesentericina Y105</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Plantaricina E/F</i>	<i>Lactobacillus plantarum C11</i>
<i>Lactococcina A</i>	<i>Lactococcus lactis supsp cremoris</i>
<i>Lactococcina B</i>	<i>Lactococcus lactis supsp cremoris 9B4</i>
<i>Lactacina F</i>	<i>Lactobacillus johnsonii</i>
<i>Divergicina</i>	<i>Carnobacterium divergens LV13</i>
<i>Helveticina</i>	<i>Lactobacillus helveticus</i>

Tabla 3. Monroy M, Castro T, Fernández F, Mayorga L. Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas. [Internet]. 2009. Acceso: 16/03/2022. <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n73ne/bacterio.pdf>

La Nisina es nombrada en 37.9% de la revisión; es actualmente la bacteriocina de uso principal como aditivo alimentario, de manera más específica se habla de la Nisina E-234, es la única bacteriocina purificada permitida como aditivo alimentario según la OMS y la FDA, además está clasificada como sustancia GRAS (Generally Regarded as Safe), debido a su potencial antimicrobiano, su poca interferencia con propiedades organolépticas, así como segura para el consumo humano;⁵⁰ no obstante no es el único metabolito con uso comercial, la Pediocina tiene un efecto inhibitorio frente a bacterias consideradas patógenas como *Listeria* o *Staphylococcus*, que afectan a alimentos tales como las verduras, cárnicos o lácteos. En esta revisión la Pediocina fue nombrada en un 34.5%; si bien no tiene el más alto espectro microbiológicamente hablando, cuenta con la capacidad de aumentar significativamente su efectividad al combinarse con otros péptidos. Bacteriocinas como Sakacina, carnicina, reuterina, macedovicina, plantaricina, estudiadas en una menor proporción muestran resultados favorables en los ensayos, por lo que es necesario entender el papel de estos compuestos dentro de la industria alimentaria (Figura 5). En el caso específico de la reuterina, es sólo producida por *Lactobacillus reuteri*, aislada del tracto gastrointestinal de personas y algunos animales; dada su naturaleza no se ha evaluado con exactitud dentro de la industria alimentaria, sin embargo, lo que llama la atención de esta bacteriocina es su potencial antimicrobiano tanto en bacterias Gram negativas, así como Gram positivas, además de levaduras, hongos y protozoos.⁵¹

FIGURA 5: Bacteriocinas producidas por BAL



Además de demostrar su capacidad conservadora en los alimentos, contrario a un conservante químico tradicional las bacteriocinas se inactivan, al menos, por un enzima proteolítica bien sea de origen pancreático (tripsina y alfa-quimiotripsina) o gástrico (pepsina) razón por la cual estos metabolitos bacterianos se consideran sustancias seguras para ser incluidas como preservantes de los alimentos, ya que al no ser absorbidos como compuestos activos no causan riesgos relacionados en la salud humana y ambiental .

Aun cuando este péptido es prometedor, las proteínas de origen animal contienen ciertas propiedades físico químicas que dificultan el uso de aditivos a diferencia de un alimento líquido, ya que se hace difícil lograr una distribución homogénea del metabolito, además de que este se puede separar en una fase grasa o ligarse a proteínas que no permitirán un alto espectro de actividad.⁴³

5.2. Propuesta de protocolo para el uso de bacteriocinas dentro de la industria cárnica

De manera general se ha descrito que el uso de bacteriocinas y otros compuestos producidos por las BAL pueden ser utilizadas de manera *IN SITU* o *EX SITU*. La primera consiste en inocular el alimento directamente con una cepa productora del metabolito, estos cultivos deben ser capaces de competir con la microflora y producir la bacteriocina bajo ciertas condiciones de pH y temperatura, asimismo no deben tener impacto en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del producto, al mismo tiempo se debe evitar la presencia de gas y viscosidades en el producto. El método *EX SITU*, consiste en añadir la bacteriocina de manera semi purificada o purificada, este método requiere de más procedimientos que aseguren su presencia y de igual manera su eficacia antagónica, la ventaja de estos es mejor distribución en el alimento y la disminución del riesgo de cambiar las propiedades de la proteína.⁴³

En cualquiera de los métodos, es importante tener en cuenta el tipo de alimento en el que se desea aplicar la bacteriocina y cuál es el microorganismo blanco, en los cárnicos, *Listeria monocytogenes* sigue siendo un reto, dada su capacidad para sobrevivir a condiciones de conservación tradicionales, por otro lado *Escherichia coli* y *Salmonella spp* también son de gran importancia dada su participación en las ETA.

5.2.1 Protocolo *Ex Situ*

1. Es importante mantener un cultivo puro de la BAL elegida, preferiblemente varios cultivos de una misma cepa.
2. La confirmación de la identidad de la cepa, se realiza acorde a su morfología, fisiología y propiedades bioquímicas, para ello pruebas tales como Simmon's

citrato, Indol, Voges Proskauer, Oxidasa y Catalasa son de gran utilidad en este tipo de microorganismos.

3. Se debe tener en cuenta la cantidad del cultivo, debido a que la cantidad de metabolitos es proporcional a la cantidad de biomasa.
4. Las BAL, se debe sembrar en un medio MRS a 37°C por al menos 48 horas, al obtener un cultivo óptimo, es decir, cuando la BAL haya alcanzado su fase exponencial de crecimiento, es recomendable repicar esta cepa en un caldo de cultivo.
5. Se recomienda el uso de caldos MRS o BHI para la inoculación, ya que estos medios de cultivo permiten un crecimiento óptimo del microorganismo.
6. Al alcanzar la fase exponencial de crecimiento en el caldo inoculado, este debe ser centrifugado a 4000 rpm por 5 o 6 minutos, paso clave para alcanzar la separación del sedimento del sobrenadante, en donde se espera se encuentre el metabolito.
7. Para la obtención de una proteína semi-purificada se realiza la precipitación de las proteínas, con el uso de Sulfato de Amonio, posteriormente a una nueva centrifugación el precipitado se separa y se disuelve en una solución tampón.
8. La solución obtenida es sometida a procesos de filtrado, bien sea, mediante el uso de membranas u otras metodologías más específicas como HPLC, en donde finalmente se obtendrá un extracto de bacteriocina.
9. Este filtrado final debe ser usado para evaluar la actividad antimicrobiana, mediante un ensayo cuantitativo como el MIC (Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria), ensayo que permite identificar la concentración mínima de la bacteriocina para inhibir el microorganismo patógeno en cuestión
10. Posterior a evaluar la actividad antimicrobiana se puede realizar la inoculación del extracto al alimento de manera directa, o en el empaque del producto que permita una distribución homogénea sobre este mismo.

5.2.2 Protocolo *In Situ*

1. Es importante mantener un cultivo puro de la BAL elegida, preferiblemente varios cultivos de una misma cepa.
2. La confirmación de la identidad de la cepa, se realiza acorde a su morfología, fisiología y propiedades bioquímicas, para ello pruebas tales como Simmon's citrato, Indol, Voges Proskauer, Oxidasa y Catalasa son de gran utilidad en este tipo de microorganismos.
3. Se debe tener en cuenta la cantidad del cultivo, debido a que la cantidad de metabolitos es proporcional a la cantidad de biomasa.
4. La BAL se debe sembrar en un medio MRS a 37°C por al menos 48 horas, al obtener un cultivo óptimo, es decir, cuando la BAL haya alcanzado su fase exponencial de crecimiento, es recomendable repicar esta cepa en un caldo de cultivo.
5. Se recomienda el uso de caldos MRS o BHI para la inoculación, ya que estos medios de cultivo permiten un crecimiento óptimo del microorganismo.
6. Para realizar la distribución del cultivo en el alimento se pueden realizar procesos de liofilización o por atomización directamente en este mismo.
7. Para realizar el seguimiento microbiológico, es recomendable someter el alimento con el cultivo iniciador a diferentes condiciones de temperatura y tiempo que permitan establecer las condiciones óptimas para que las BAL se desarrollen de una manera eficiente y así se puedan producir los metabolitos. ⁶¹

En ambas metodologías, es clave, mantener cepas madre en conservación de esta manera se asegura que los ensayos tengan reproducibilidad y se evita la mutación de las cepas en cada repique, lo que podría desestabilizar el metabolito producido.

6. DISCUSIÓN

Las bacteriocinas sustancias producidas en su mayoría por BAL, son utilizadas habitualmente como probióticos dado su efecto beneficioso en el tracto gastrointestinal humano; desde hace décadas se han utilizado en la industria por la capacidad para incrementar las características organolépticas de los alimentos, causando a la vez un descenso en el pH inhibiendo la microflora no deseada, además de ello es capaz de producir sustancias antimicrobianas tales como el peróxido de Hidrógeno o el ácido láctico, entre otros.³³ Sustancias seguras para bioconservación que no causan resistencia, como es usual con el uso de antibióticos, situación que se ha catalogado como una emergencia a nivel global, esto según la OPS (2020)⁵⁵.

Las bacteriocinas presentan un alcance importante en comparación frente a otros mecanismos producidos por las bacterias ácido lácticas. De la revisión realizada, un 76%, tiene alguna relación con el uso de estos metabolitos en diferentes tipos de alimentos, en donde su principal objetivo es comprobar el espectro de inhibición frente a microorganismos considerados potencialmente patógenos, contribuyentes a la incidencia de Enfermedades Transmitidas por Alimentos; evento especial en Salud pública, dada las condiciones de un país como Colombia, donde las industrias no cuentan con un alto nivel de tecnificación y avances en cuanto a desarrollos de biotecnología, ahora bien esto no significa la falta de investigación en este campo, ya que, se puede evidenciar la variedad de estudios en cuanto al tema.

Las bacteriocinas son moléculas candidatas para biopreservación de alimentos, dada su procedencia, actividad y amplio rango de aplicación, sin embargo, se encuentran diferencias puntuales entre el uso de una bacteriocina para un microorganismo específico, tal es el caso de Kumariya et al (2012)⁴⁴, quien propone bacteriocinas tales como nisina, leucocina A, pediocina, mesenterocina, con el objetivo de inhibir al bacilo Gram positivo *Listeria monocytogenes* mientras que autores Barcenilla et al (2021)⁵¹ proponen el uso de Nisina o Plantaricina; por otro lado, Sadam y Salam (2009)⁶ proponen el uso de cepas no solo de origen lácteo sino también de vegetales fermentados y tracto gastrointestinal humano, en su estudio, no solo se observó una inhibición frente a *Listeria monocytogenes*, también se observó este fenómeno frente a *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp* y *Escherichia coli*, todos patógenos de transmisión alimentaria.

La nisina es actualmente la única bacteriocina reconocida como GRAS por la FDA como conservante en alimentos, como sustentan Sánchez et al (2019), el efecto que tienen distintos factores físicoquímicos sobre la actividad de una bacteriocina no sólo tiene el fin de caracterizarla, sino también sirve para inferir su posible aplicación industrial, por ejemplo, las altas temperaturas y las amplias variaciones de pH son, entre otros, condiciones que debe resistir una bacteriocina para ser útil como potencial agente inhibidor de microorganismos no deseados. Se ha demostrado eficacia de la nisina frente a bacterias Grampositivas, particularmente sobre aquellas formadoras de esporas, ya que su efecto sobre ellas es el de bloquear sus membranas; también se emplea frente a *Clostridium botulinum* y *Bacillus cereus*, principales microorganismos causales de intoxicaciones alimentarias. Sin embargo, autores indican que a pesar de que las demás bacteriocinas no estén avaladas por la FDA, algunas presentan la misma actividad inhibitoria, tal es el caso de Moreira et al (2002), quien propone a la Pediocina y las otras cepas de *Pediococcus*, por su elevada actividad contra especies de *Listeria* y su potencial de prolongar la vida útil de una variedad de productos que se han estudiado. Así mismo, González (2012) propone la Plantaricina la cual es termorresistente y estable a pH ácido y neutro, con un espectro de inhibición alto pero restringido para microorganismos Grampositivos su blanco molecular al igual que la nisina es la membrana plasmática donde forma poros que permiten la salida de iones y otros metabolitos esenciales. Por otro lado, Rivas et al (2015) proponen en su estudio la Sakacina la cual se ha estudiado para su uso contra *Listeria*, también para reprimir el crecimiento bacteriano no deseado que podría causar viscosidad, mal olor y otros defectos del producto.

En este orden de ideas, la bacteriocina a utilizar no es el único punto de diferencia de opiniones entre autores, se discute acerca de la mejor forma de aplicación del metabolito, es decir, si se utiliza en un cultivo iniciador, se incorpora a un empaque, entre otras opciones; Chaves et al (2012)¹⁴, propone el uso de Enterobacterias o bacterias ácido lácticas y sus metabolitos en empaques al vacío, demostrando la disminución en el

deterioro de las carnes cuando se incluyen estos productos bacterianos, por otro lado Skariyachan y Govindarajan (2022)⁴⁴ proponen el uso del sobrenadante de forma directa sobre la proteína mejorando la vida útil de los alimentos, además de ser eficientes en comparación a aditivos químicos tradicionales; cabe resaltar que se mencionan condicionantes para el uso de bacteriocinas, por ejemplo, Londoño (2013) menciona la disminución en el espectro de inhibición cuando se someten a tratamientos tales como purificación, concentración de sobrenadante, entre otros; Moreira et al (2002) indica que la capacidad de producción de ácido sulfhídrico por parte de algunas BAL, puede ser perjudicial, ya que si prolifera en los alimentos, causa su deterioro.

Ahora bien, las variables para dar un uso eficaz a las bacteriocinas, pueden ser consideradas engorrosas, ya que para lograr llevar a cabo el antagonismo y por lo tanto la preservación del alimento se requieren de estudios para cada proceso, se incluye desde la estandarización del cultivo, pasando por curvas de crecimiento, hasta la selección de una metodología eficaz para la aplicación final, sin embargo no hay disimilitud en cuanto a la utilidad de las BAL y sus productos dentro de la industria. Estas bacterias no son solo útiles para la inhibición de microorganismos de su misma clase, tal es el caso de Cizeikiene et al, (2013)¹⁷ donde mencionan la actividad de la pediocina, que además de inhibir el crecimiento de bacterias del género *Listeria*, *Escherichia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, también mostró efecto fungicida/fungistático sobre hongos y levaduras.

Notablemente las bacteriocinas han sobresalido, pero, no se pueden obviar, los mecanismos adicionales de las bacterias ácido lácticas, que en conjunto con las proteínas mencionadas, amplifican su actividad; Hugas M (1998)⁴⁵, refiere la biopreservación de los alimentos gracias a la presencia de cultivos iniciadores productores tanto de ácido láctico como de bacteriocinas; Chaves R (2012)¹⁴, menciona el sinergismo entre el ácido láctico y las bacteriocinas, como resultado las muestras con la combinación de los compuestos mostraron un conteo bacteriano significativamente menor, es decir, una mejor conservación del alimento, en comparación con aquellas muestras que tenían los compuestos por separado o prescindir de ellos, en su defecto. Aún se desconocen las características inmunológicas específicas de cada bacteriocina

sin embargo, Moreira et al (2002) sustenta que algunas bacteriocinas de bacterias Gram negativas y positivas poseen propiedades antigénicas.

7. CONCLUSIONES

La importancia de buscar nuevas alternativas se basa en el reto de mantener una Industria alimentaria segura y sostenible, en donde hoy, los consumidores se preocupan aún más por la calidad de los alimentos, especialmente en países en vía de desarrollo donde un progreso insuficiente pone en peligro la seguridad alimentaria, por lo que el uso de las BAL se presenta como solución con ventajas significativas frente a técnicas tradicionales.

Las BAL son microorganismos idóneos para ser utilizados como bioconservantes dentro de la industria alimentaria, dados los mecanismos de competencia que poseen; debido a que pueden producir una disminución del pH, mediante la producción de ácidos orgánicos y péptidos biológicamente activos causando a su vez la inhibición o la disminución de microorganismos patógenos que consecuentemente pueden causar el deterioro de la proteína de origen animal.

Finalmente se plantea un procedimiento haciendo uso de las BAL, de forma teórica en donde se espera pueda ser utilizado como base para futuras investigaciones que pretendan indagar en el campo de la nano y biotecnología en pro de aportar a la conservación de las carnes en la industria alimentaria. Sugiriendo el protocolo de manera IN SITU con una mayor ventaja de aplicación ya que requiere menor costo tanto capital como en personal especializado, sin dejar de ser efectivo.

8. RECOMENDACIONES

El reto en la implementación de esta biotecnología, es la estandarización de la producción de grandes cantidades de cultivos o la producción específica del metabolito en su defecto; en consecuencia, es lógico empezar por ensayos a pequeña escala, en los cuales se deben tener en cuenta aspectos como el crecimiento de la BAL, microorganismo a inhibir y pruebas que permitan comprobar la eficacia de metabolitos y/o compuestos. Continuar con el estudio de las BAL amplía la posibilidad de encontrar nuevas bacteriocinas con un espectro de inhibición más alto, con mejores propiedades y características para su aplicación como bioconservantes, atacando especies altamente patógenas, además de las ya descritas, que afectan no solo a los cárnicos sino a gran variedad de alimentos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thyagarajan D, Punniamurthy N, Bhaisare DB, Thyagarajan D, Churchil RR, Punniamurthy N. Bacterial Pathogens in Chicken Meat: Review. Print International Journal of Life Sciences Research. [Internet]. 2014. [Cited 20 nov 2020]; 2(3): 1-7. Available in: https://www.researchgate.net/profile/R-Churchil/publication/347510610_Bacterial_Pathogens_in_Chicken_Meat_Review/links/5fdf431f45851553a0d65825/Bacterial-Pathogens-in-Chicken-Meat-Review.pdf
2. Información estadística - FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia. [Cited 20 nov 2020]. Available in: <https://fenavi.org/informacion-estadistica/>
3. Información estadística-FEDEGAN-Federación Colombiana de Ganaderos. [Cited 20 nov 2020]. Available in: <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/consumo-0>
4. Bintsis T. Lactic acid bacteria: their applications in foods . J Bacteriol Mycol Open Access. [Internet]. 2018. [Cited 14 oct 2020];6(2):89–94. Available in: 10.15406/jbmoa.2018.06.00182

5. Gálves A, López R, Abriouel H, Valdivia A, Ben N. Application of Bacteriocins in the Control of Foodborne Pathogenic and Spoilage Bacteria. *Revista Taylor & Francis*. [Internet]. 2008. [Cited 14 oct 2020]; 28(2). Available in :
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07388550802107202>
6. Saddam A, Salam I. Screening of Antibacterial Activity of Lactic Acid Bacteria Against Different Pathogens Found in Vacuum-Packaged Meat Products. *Revista Foodborne Pathogens and disease*. [Internet].2009. [Cited 15 oct 2020]; 6(9). Available in:
https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/fpd.2009.0272?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed
7. Norrung B, Andersen J, Buncic S. Main Concerns of Pathogenic Microorganisms in Meat. *Recopilado del libro: Safety of meat and processed*. España: Springer; 2009. [Internet]. [Cited 20 nov 2020]. Available in:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-89026-5_1
8. Nychas J, Dourou D, Skandamis P, Koutsoumanis K, Baranyi J, Sofos J. Effect of microbial cell- free meat extract on the growth of spoilage bacteria. *Journal of Applied Microbiology*. [Internet]. 2009. [Cited 14 oct 2020]; 1819-1829. Available in: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2672.2009.04377.x>
9. Ercolini D, Russo F, Nasi A, Ferranti P, Villani F. Mesophilic and Psychrotrophic Bacteria from Meat and Their Spoilage Potential in vitro and in beef. *Potential in Vitro and in Beef*. American Society for Microbiology. [Internet]. 2009. [Cited 15 oct 2020]; 75(7). Available in:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2663181/>
10. Fadda S, López C, Vignolo G. Role of lactic acid bacteria during meat conditioning and fermentation Peptides generated as sensorial and hygienic biomarkers. *Meat Science*. Corea: ScienceDirect; [Internet]. 2010. [Cited 15 oct 2020]. p. 80- 92. Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174010001555>
11. Olaoye O, Idowu O. Features and functional properties of lactic acid bacteria used as biological preservatives of meat processing. *Journal of Agricultural*

- Technology. [Internet]. 2010. [Cited 18 oct 2020]. 6(3): 449-460. Available in:
<https://www.researchgate.net/publication/277018649> Features and functional properties of lactic acid bacteria used as biological preservatives of meat processing A review article
12. Carpenter C, Smith J, Broadbent J. Efficacy of washing meat surfaces with 2% levulinic, acetic, or lactic acid for pathogen decontamination and residual growth inhibition. ScienceDirect. [Internet]. 2011. [Cited 18 oct 2020]. 88(2): 213-218. Available in:
<https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2163/science/article/pii/S0309174010004626>
13. Rawdkuen S, Suthiluk P, Kamhangwong D, Benjakul S. Antimicrobial activity of some potential active compounds against food spoilage microorganisms. AJOB. [Internet]. 2012. [Cited 18 oct 2020]. 11(74). Available in:
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/129338>
14. Chaves R, Silva A, SantAna A, Campana F, Massaguer P. Gas- producing and spoilage potential of Enterobacteriaceae and lactic acid bacteria isolated from chilled vacuum- packaged beef. International Journal of Food Science and Technology. [Internet]. 2012. [Cited 25 oct 2020]. Available in:
<https://www.researchgate.net/publication/263728451> Gas-producing and spoilage potential of Enterobacteriaceae and lactic acid bacteria isolated from chilled vacuum-packaged beef
15. Ferrocino I, La Stora A, Torrieri E. Antimicrobial Packaging to Retard the Growth of Spoilage Bacteria and To Reduce the Release of Volatile Metabolites in Meat Stored under Vacuum at 1°C. Journal of food protection. [Internet]. 2013. [Cited 25 oct 2020]. 76(1). Available in:
<https://meridian.allenpress.com/jfp/article/76/1/52/173850/Antimicrobial-Packaging-To-Retard-the-Growth-of>
16. Pu Y, Wang W, Alfano R. Optical Detection of Meat Spoilage Using Fluorescence Spectroscopy with Selective Excitation Wavelength. Sage Journals. [Internet]. 2013. [Cited 25 oct 2020]. 67(2). Available in:
<https://www.researchgate.net/publication/236457695> Optical Detection of Meat

[Spoilage Using Fluorescence Spectroscopy with Selective Excitation Wavelength](#)

17. Cizeikiene D, Juodeikiene G, Paskevicius A, Bartkiene E. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against pathogenic and spoilage microorganisms isolated from food and their control in wheat bread. Food control. [Internet].2013. [Cited 28 oct 2020]. 31(2). Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713512006561>
18. Miaoyun L, Tian L, Zhao G, Zhang Q, Gao X, Huang X, et al. Formation of biogenic amines and growth of spoilage-related microorganisms in pork stored under different packaging conditions applying PCA. Meat Science. [Internet]. 2014. [Cited 28 oct 2020]. 96:843-848. Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030917401300541X>
19. Han K, Hong Y, Kwak H, Kim E, Kim M, Shrivastav A, et al. Identification of Lactic Acid Bacteria in Pork Meat and Pork Meat Products Using SDS- PAGE, 16S rRNA Gene Sequencing and MALDI- TOF Mass Spectrometry. Wiley Library. [Internet]. 2014. [Cited 28 oct 2020]. 34(3). Available in:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfs.12117>
20. Skariyachan S, Govindarajan S. Biopreservation potential of antimicrobial protein producing *Pediococcus* spp. towards selected food samples in comparison with chemical preservatives. ScienceDirect. [Internet]. 2019. [Cited 30 oct 2020]; Vol 291: 189-196. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.002>
21. Moreira dos Santos, Wagner L, Aislamiento y caracterización parcial de una bacteriocina producida por *Pediococcus* sp 347 de origen cárnico. [Internet]. 2020. [Cited 30 oct 2020]. Available in: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/3192/>
22. Peña M, Bravo J. Aislamiento y purificación de bacteriocinas a partir de *Lactobacillus plantarum* para su uso como conservantes en carne de res. RRAAE. [Internet]. 2021. [Cited 20 oct 2020]. Available in:
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10459>

23. Salcedo M, Ricardo M. Efecto antagónico de bacterias ácido lácticas aisladas de Tocosh sobre *Listeria innocua*. BAN. [Internet]. 2021. [Cited 20 oct 2020]. Available in: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4818>
24. Salazar M, Catagña R. Revisión bibliográfica sobre las bacteriocinas y su aplicación como bioconservante dentro de la industria alimentaria. UNACH. [Internet]. 2022. [Cited 20 oct 2020]. Available in: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8643>
25. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS COLOMBIA. [Internet]. 2017. [Cited 25 april 2021]. Available in: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/ETA%202017.pdf>
26. Mead G. Microbiological quality of poultry meat: a review. Revista Brasileira de Ciência Avícola. [Internet]. 2004. [Cited 25 april 2021]; 6(3):135-142. Available in: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2004000300001&lng=en&nrm=iso&tlng=en
27. Kim M-, Lim T-, Jang J-, Lee D-, Kim B-, Kwon J-, et al. Prevalence and antimicrobial resistance of Salmonella species isolated from chicken meats produced by different integrated broiler operations in Korea. ELSEVIER. [Internet]. 2012. [Cited 25 april 2021]; 91(9):2370-2375. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119396993>
28. Moura G, Tomborelli P, Carvalho RCT, Sigarini C, Carvalho F, Vieira B, et al. *Listeria monocytogenes* and Other Species as Persistent Contaminants in the Processing of Chicken Meat. Journal of Applied Poultry Research. [Internet]. 2019. [Cited 10 june 2021]; 28(2):470-478. Available in: https://www.researchgate.net/publication/330990775_Listeria_monocytogenes_and_Other_Species_as_Persistent_Contaminants_in_the_Processing_of_Chicken_Meat
29. Castellanos R. Liliana C., Villamil J. Luis C., Romero P. Jaime R. Incorporación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en la legislación alimentaria. Rev. salud pública. [Cited 10 june 2021]; 6(3): 289-301. Available

in:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642004000300005&lng=en.

30. Caballero B. Preservation. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Elsevier. [Internet]. 2003. [Cited 10 June 2021]; 3772-7. Available in: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300082710>
31. Ministerio de Salud. Enfermedades transmitidas por alimentos ETA. [Internet]. 2019. [Cited 22 July 2021]. Available in: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/abece-eta-final.pdf>
32. Pal M, Devrani M. Application of various techniques for meat preservation. Journal of Experimental Food Chemistry. [Internet]. 2018. [Cited 22 July 2021]; Available in: https://www.researchgate.net/publication/322852341_Application_of_Various_Techniques_for_Meat_Preservation
33. Vásquez M, Suárez M, Zapata B. UTILIZACIÓN DE SUSTANCIAS ANTIMICROBIANAS PRODUCIDAS POR BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA CARNE. Rev. chil. [Internet]. 2009. [cited 03 May 2021]; 36(1): 64-71. Available in: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182009000100007&lng=es.
34. Mills S, Ross P, Hill C. Bacteriocins and bacteriophage; a narrow-minded approach to food and gut microbiology. FEMS Microbiology Reviews. [Internet]. 2017. [Cited 03 May 2021]; Vol 41(1), 129–153. Available in: <https://doi.org/10.1093/femsre/fux022>
35. Aguilar C, et al. Emerging strategies for the development of food industries. Taylor&Francis. [Internet]. 2019. [cited 05 Sep 2021]; 10(1) 522-537. Available in: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21655979.2019.1682109>
36. Cotter P, Ross R, Hill, C. Bacteriocins a viable alternative to antibiotics? Nature.[Internet]. 2012. [cited 05 Sep 2021] 11(2), 95–105. Available in: <https://www.nature.com/articles/nrmicro2937>

37. García L, Comstock L. Bacterial antagonism in host-associated microbial communities. *Science*. [Internet]. 2018. [cited 05 sep 2021]; 361(6408):1215. Available in: <https://science.sciencemag.org/content/361/6408/eaat2456.long>
38. Mondragón G, Escalente P, Osuna J, Ibarra V, Morlett J, Aguilar C, et al., Bacteriocinas: características y aplicación en alimentos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. [Internet]. 2013. [cited 05 sep 2021]; 36(1): 64-71. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/674/67430113008.pdf>
39. Menconi A, Kallapura G, Latorre J, Morgan M, Pumford N, Tellez G, et al. Identification and Characterization of Lactic Acid Bacteria in a Commercial Probiotic Culture. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*. [Internet]. 2014. [Cited 05 sep 2021]; Vol. 33(1), 25-30 Available in: https://www.jstage.jst.go.jp/article/bmfh/33/1/33_bmfh-2013-014/_pdf/-char/ja
40. Stiles M, Holpzafel W. Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy ELSEVIER. [Internet]. 1997. [Cited 05 sep 2021]. Vol 36 (1), 1-29. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160596012330S>
41. Faruk T, Ray B. Lactic Acid Bacteria. *Current Advances in Metabolism, Genetics and applications*. Springer. [Internet]. 1995. [Cited 28 nov 2021]. Vol 98. Available in: <https://books.google.com.co/books?id=eK3tCAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.
42. Ramirez J, Ulloa P, Velázquez M, Ulloa J, Romero F. Bacterias lácticas: importancia en los alimentos y sus efectos en la salud. [Internet]. 2011. [Cited 28 january 2022]; 2(7):1-13. Available in: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>
43. Londoño N. Estado del arte de la obtención de bacteriocinas a partir de bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. [Internet]. 2013. [Cited 28 february 2022]. Available in: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1409/Trabajo%20final.pdf?sequence=1>

44. Kumaruiya R, et al. Clasificación de las bacteriocinas de acuerdo a sus características y microorganismos que la producen. [Internet]. 2019. [Cited 26 march 2022]. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S088240101831828X?via%3Dihub>
45. Hugas M. Bacteriocinogenic lactic acid bacteria for the biopreservation of meat and meat products. Meat Sci. [Internet]. 1998. [Cited 30 march 2022]; 49:139–50. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174098900444>
46. Heredia P, Hernandez A, González F, Vallejo B. Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas: mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. Interciencia. [Internet]. 2017. [Cited 30 march 2022]. vol 42(6), pp 340-346. Available in: <https://www.redalyc.org/journal/339/33951621002/html/>
47. Olaoye O. Characteristics of lactic acid bacteria being proposed as starter cultures for extending the shelf life of a Nigerian grilled meat product tsire. Asian Journal of Science and Technology. [Internet]. 2014. [Cited 30 march 2020]. Available in: https://www.researchgate.net/publication/277021327_CHARACTERISTICS_OF_LACTIC_ACID_BACTERIA_BEING_PROPOSED_AS_STARTER_CULTURES_FOR_EXTENDING_THE_SHELF_LIFE_OF_A_NIGERIAN_GRILLED_MEAT_PRODUCT_TSIRE
48. Britania. MR Agar. Britanialab. [Internet]. 2017. [cited 29 march 2022]. Available in: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6092dd2543f1d.pdf
49. Gaspar C, Donders G, Palmeira R, et al. Bacteriocin production of the probiotic *Lactobacillus acidophilus* KS400. [Internet]. 2018. [Cited 16 march 2022]; 8, 153 Available in: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-018-0679-z>
50. Cavalieri I, Stephen J. Manual de pruebas de susceptibilidad microbiana. [Internet]. 2018. [Cited 24 march 2022]. Available in:

<https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2005/susceptibilidad-antimicrobiana-manual-pruebas-2005.pdf>

51. Barcenilla C, Ducix M, Lopez M, Prieto M, Alvarez Ordoñez A. Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review. [Internet]. 2021 [Cited 27 march 2022];183 Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160518309231?via3Dihub>
52. Ramirez J, Rosas P, Velásquez M, Ulloa J, Arce F. Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Aramara. [Internet]. 2013. [Cited 30 march 2022]. Available in: <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/436>
53. OPS. Resistencia antimicrobiana. [Internet]. 2016. [Cited 29 march 2022]. Available in: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
54. Soltani S, Hammami R, Cotter P, Rebuffat S, Said L, Gaudreau H et al. Bacteriocins as a new generation of antimicrobials: toxicity aspects and regulations. FEMS Microbiology Reviews. [Internet]. 2020; [Cited 30 march 2022]. 45(1). Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32876664/>
55. Arkoun M, Daigle F, Heuzey M, Aiji A. Mechanism of Action of Electrospun Chitosan-Based Nanofibers against Meat Spoilage and Pathogenic Bacteria. Molecules. Pubmed. [Internet]. 2017. [Cited 30 march 2022];22(4):585. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28383516/>
56. Sánchez M, Salgado M, Hernandez A, Pachon J, Rodríguez E, et al. Nisina (N 234), aditivo utilizado como conservante en alimentos. Gac Med Bilbao [Internet]. 2019. [Cited 16 may 2022];116(3):166-173. Available in: <http://www.gacetamedicabilbao.eus/index.php/gacetamedicabilbao/article/view/718/726>
57. González B. Detección, purificación y estudio del modo de acción de la plantaricina c; una bacteria producida por una cepa de *Lactobacillus plantarum* aislada del queso de cabrales. Repositorio Institucional de la Universidad de

Oviedo. [Internet]. 2012. [Cited 16 may 2022]. Available in:

<https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/16358>

58. Rivas F, Castro M, Campos C. Efectividad de la bacteriocina sakacina Q aplicada mediante inmersión sobre salchichas tipo Viena. La industria cárnica Latinoamericana. [Internet]. 2015. [Cited 16 may 2022]; 192: 32-36. Available in: <http://www.publitec.com.ar/contenido/objetos/EfectividaddelabacteriocinasakacinaQaplicadamedianteinmersion.pdf>

N°	AUTOR	AÑO DE PUBLICACIÓN	TÍTULO	OBJETIVO	ORGANISMOS UTIL	CRITERIOS DE SELECCIÓN				
						MUESTRA	MECANISMO DE ACCION	MÉTODO	TIPO DE BACTERIOCINA	RESULTADOS
1	Thyagarajan D, Purniamurthy N, Bhasare DB, Thyagarajan D, Churchill RR, Purniamurthy N.	2014	Bacterial Pathogens in Chicken Meat: Review	Revisar la información sobre contaminación microbiana, los principales microorganismos patógenos y las consecuencias de esta contaminación para la salud humana.	N/A	Carne de pollo	N/A	Revisión	N/A	Se debe prevenir la contaminación de aves y productos avícolas, de la revisión en total 139 muestras de carne de pollo dieron positivas para patógenos, como Salmonella, Campylobacter, Escherichia, Clostridium, Listeria y Staphylococcus.
2	FENAVI	2020	Información estadística	Dar información estadística sobre el consumo y producción de carne de pollo en Colombia	N/A	N/A	N/A	Estadístico	N/A	Para el año 2020 el consumo de pollo es de 34,02 año por persona en Colombia
3	Birtsis T.	2018	Lactic acid bacteria: their applications in foods .	Revisión sobre las BAL y su importancia como cultivos iniciadores	BAL	Saichichas, salami, pescado	Bacteriocinas	Revisión	Lacticina, Pediocina, Mucedobión, Reuterina, Salacin	Las LAB son los microorganismos más utilizados para la fermentación y conservación de alimentos. se han comercializado una variedad de cultivos iniciadores funcionales. biocentrinas.v.
4	Gálves A, López R, Abriouel H, Valdivia A, Ben N.	2008	Application of Bacteriocins in the Control of Foodborne Pathogenic and Spoilage Bacteria.	describir estudios que evidencian el uso de bacteriocinas en los alimentos y propone diferentes estrategias basadas en la adición de preparados producidos <i>in situ</i> o en la producción <i>in situ</i> por cepas	BAL	N/A	Bacteriocinas	Revisión de literatura acerca de las bacteriocinas como una nueva propuesta en seguridad alimentaria	N/A	Las bacteriocinas muestran eficacia en la seguridad alimentaria, no solo en carnes sino también en otros alimentos como vegetales, embutidos, etc
5	Saddam A, Salam I.S	2009	Screening of Antibacterial Activity of Lactic Acid Bacteria Against Different Pathogens Found in Vacuum-Packaged Meat Products.	utilizar cepas BAL productoras de bacteriocinas de diferentes fuentes para controlar e inhibir patógenos encontrados en carne cruda y en los productos cárnicos envasados al vacío.	BAL	Carnes	Bacteriocinas		N/A	La mayor inhibición contra cepas de <i>L. monocitogenes</i> y <i>S. aureus</i> además que la mayor actividad antibacteriana de los aislados de carne fue contra <i>S. aureus</i> mientras que la más baja fue contra las cepas de <i>E. coli</i> y <i>Salmonella</i> .

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte B

6	Norring B, Andersen J, Bunick S. M 2009	Main Concerns of Pathogenic Microorganisms in Meat. Recopilado del libro: Safety of meat and processed. 2009	enfátiza en los microorganismos transmitidos por alimentos que son responsables de la contaminación de al menos del 2 al 10% de las carnes rojas, bacterias como Salmonella spp, C. jejuni, E. coli, Y. enterocolitica y E. coli verotoxigénica	N/A	Carnes de Res	Bacteriocinas	Revisión	N/A	La cadena de eventos más frecuente que conduce a enfermedades transmitidas por la carne involucra animales destinados al consumo, que son portadores sanos de los patógenos que posteriormente se transfieren a los humanos a través de la producción, manipulación y consumo de carne y productos cárnicos. El estudio indicó que la tasa de crecimiento de las bacterias del deterioro de la carne in vitro mejoró en las muestras suplementadas con CPME que contenían compuestos QS en comparación con las muestras de control. Este comportamiento puede explicar el papel dominante de estas dos bacterias en el deterioro de la carne.
7	Nychas J, Dourou D, Skandamis P, Koutsourakis K, Barani J, Sofos J. 2009	Effect of microbial cell-free meat extract on the growth of spoilage bacteria	examinar el efecto de extracto de carne sin células microbianas (CFME) derivado de carne descompuesta en la que se encontraban compuestos de detección de quórum sobre la cinética de crecimiento de los microorganismos Pseudomonas fluorescens y Serratia marcescens	N/A	Carne de cerdo	N/A	Recuento en placa, Cromatografía de capa fina, CPME	N/A	Las diferentes especies microbianas pueden contribuir al deterioro de la carne liberando diferentes compuestos volátiles que concurren a la disminución general de la calidad de la carne en descomposición.
8	Ercolini D, Russo F, Nasi A, Ferranti P, Villani F. 2009	Mesophilic and Psychrotrophic Bacteria from Meat and Their Spoilage Potential in vitro and in beef. Potential in vitro and in Beef	describir la diversidad microbiana de bacterias mesofílicas y psicrotóficas aisladas de la carne e investigar el potencial de deterioro de los taxones microbianos identificados tanto in vitro como en chuletas de res envasadas.	N/A	Carne de Res	N/A	Amplificaciones por PCR	N/A	Se demuestra la contribución que realizan las LAB frente a la calidad y seguridad alimentaria.
9	Fadda S, López C, Vignolo G 2010	Role of lactic acid bacteria during meat conditioning and fermentation Peptides generated as sensorial and hygienic biomarkers	describió los desarrollos significativos en los que las BAL actúan como bioconservadores, también el papel en la degradación de las proteínas cárnicas; así como las estrategias que utilizan para crecer y sobrevivir en estos entornos.	BAL	Carnes	Bacteriocinas	Revisión	N/A	

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte C

10	Olaoye O, Idowu O.	2010	Features and functional properties of lactic acid bacteria used as biological preservatives of meat processing	informar sobre las características y propiedades funcionales de las bacterias del ácido láctico utilizadas como conservantes biológicos de productos cárnicos.	BAL	Carnes	N/A	Revision	N/A	Las BAL como probióticos incentivarían a la industria no solo a disminuir el deterioro de los cárnicos sino además mejoras para los alimentos y la calidad de vida de los seres humanos.
11	Carpenter C, Smith J, Broadbent J.	2011	Efficacy of washing meat surfaces with 2% levulinic, acetic, or lactic acid for pathogen decontamination and residual growth inhibition.	comparar el ácido levulinico con ácido láctico o acético para la descontaminación de bacterias patógenas inoculadas en las superficies de la carne y su protección residual contra el crecimiento posterior de bacterias patógenas	BAL	Carne de Pollo, Carne de Cerdo	N/A	Revision	N/A	El ácido levulinico no proporcionó una descontaminación tan eficaz como el ácido láctico que demostró una pequeña capacidad descontaminante en comparación con el agua, así como mostró actividad residual para prevenir
12	Raidikuan S, Sutthiuk P, Kamhangwong D, Benjakul S.	2012	Antimicrobial activity of some potential active compounds against food spoilage microorganisms.	Antimicrobial activity of some potential active compounds against food spoilage microorganisms	BAL	N/A	Compuestos ácido acético, quitosano, catequina, ácido gálico, lisozima y nisina	MIC, MBC	N/A	La combinación de catequina y lisozima pueden proporcionar una barrera funcional única que podría aumentar la vida útil de los productos alimenticios.
13	Chaves R, Silva A, Santana A, Campana F, Massagué P.	2012	Gas-producing and spoilage potential of Enterobacteriaceae and lactic acid bacteria isolated from chilled vacuum-packaged beef.	Identificar las BAL y las enterobacterias de la carne de res envasada al vacío refrigerada en mal estado y determinar su potencial para causar deterioro del empaque por soplado	BAL	Carne de Res	Bacteriocinas	Recuento en placa	N/A	Se demostró que las poblaciones de bacterias del ácido láctico en el envasado de las muestras estropeadas y no estropeadas no fueron significativamente diferentes mientras que el número de bacterias del ácido láctico en la superficie fue significativamente mayor en las muestras estropeadas en comparación con las muestras no estropeadas

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte D

	Ferrocino J, La Storia A, Torriani E.	2013	Antimicrobial Packaging to Retard the Growth of Spoilage Bacteria and To Reduce the Release of Volatile Metabolites in Meat Stored under Vacuum at 1°C	evaluar el efecto del envasado antimicrobiano en la carne vacuna durante el almacenamiento	BAL	Carne de Res	Bacteriocinas	PCR, secuenciación, determinación de componentes volátiles orgánicos	N/A	Durante el almacenamiento de carne de res, se detectaron a alcoholis, aldehidos, cetonas y ácidos carboxílicos. Se llegó a la conclusión de que el envasado activo reduce las cargas de poblaciones microbianas deterioradas y la liberación de metabolitos en el espacio de cabeza de la carne de vacuno tienen un probable impacto positivo en la calidad de la carne.
14										Este estudio presentó la posibilidad que el cambio de contenido relativo de NADH determinado por FL puede usarse como "huella dactilar" o criterio de seguimiento para el estado de deterioro de los alimentos musculares
	Yang P, Wu Bao W, Alfano R	2013	Optical Detection of Meat Spoilage Using Fluorescence Spectroscopy with Selective Excitation Wavelength.	uso de espectros de fluorescencia para determinar el estado de deterioro en alimentos como la carne	BAL	Carne de Res	Bacteriocinas	Fluorescencia	N/A	los metabolitos de las bacterias del ácido láctico (LAB) inhibieron el crecimiento de bacterias patógenas, pertenecientes a los géneros Bacillus, Pseudomonas, Listeria y Escherichia en varios grados. En cuanto a los ácidos orgánicos y BUS de LAB muestran actividades
15	Czakliene D, Juodeliene G, Paskevicius A, Bartkiene E.	2013	Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against pathogenic and spoilage microorganism isolated from food and their control in wheat bread. Food control	evaluar la actividad antimicrobiana de las cepas de Lactobacillus sakei KTU05-6, Pediococcus acidilactici KTU05-7, Pediococcus pentosaceus KTU05-8, KTU05-9 y KTU05-10 productores de ácidos orgánicos y bacteriocinas como sustancias inhibidoras para la industria alimentaria	BAL	Verduras, Carne, Grasas y Agua	Bacteriocinas	Difusión de pocillos en agar,	Pediocina	El sistema de envasado puede contribuir a discriminar la evolución y correlación de aminas biogénicas y microorganismos relacionados con el deterioro en el producto.
16										
	MiaoJun L, Tian L, Zhao G, Zhang Q, Gao X, Huang X, et al	2014	Formation of biogenic amines and growth of spoilage-related microorganisms in pork stored under different packaging conditions applying PCA	investigar la evolución de aminas biogénicas y microorganismos relacionados con el deterioro de la carne de cerdo refrigerada almacenada a 5 ° C en diversas condiciones atmosféricas	N/A	Carne de Cerdo	N/A	Cromatografía líquida	N/A	
17										

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte E

18	Han K, Hong Y, Kwak H, Kim E, Kim M, Shrivastava A, et al.	2014	Identification of Lactic Acid Bacteria in Pork Meat and Pork Meat Products Using SDS-PAGE, 16S rRNA Gene Sequencing and MALDI-TOF Mass Spectrometry.	realizar análisis bacteriológicos de muestras de productos cárnicos de cerdo para conocer la diversidad de BAL	BAL	Leche, Mantequilla	Carne de Cerdo	N/A	N/A	SDS PAGE	Las alias cargas de LAB detectadas en la carne de cerdo indican que se necesitan estrategias para reducir la carga microbiana y mejorar la seguridad alimentaria.
19	Siermachián S, Govindarajan S	2019	Biopreservation potential of antimicrobial protein producing <i>Pediooccus</i> spp. towards selected food samples in comparison with chemical preservatives.	demostrar el potencial de biopreservación de la bacteriocina <i>Pediooccus</i> en varias muestras de alimentos	BAL					Secuenciación, purificación	La aplicación de sobreinóculo libre de células de <i>Pediooccus</i> spp. que se puede utilizar como bioconservante en comparación con los conservantes químicos tradicionales.
20	Moyera dos Santos, Wagner L	2020	Aislamiento y caracterización parcial de una bacteriocina producida por <i>Pediooccus</i> sp 347 de origen cárnico.	aislar e identificar la bacteriocina producida por <i>Pediooccus</i> sp 347, procedente de embutidos crudos curados	BAL		Carnes		Nisina, Sakacin A, Carnocina	Cromatografía de fase reversa	Determinaron que la totalidad de la microbiota bacteriana está constituida por bacterias lácticas, las BAL seleccionadas para el estudio manifestaron actividad inhibitoria directa, variable y cuantificable frente a diversos microorganismos.
21	Peña M, Bravo J.	2021	Aislamiento y purificación de bacteriocinas a partir de <i>Lactobacillus plantarum</i> para su uso como conservantes en carne de res	aislar bacteriocinas a partir de <i>Lactobacillus plantarum</i> sobre bacterias patógenas como <i>Escherichia coli</i> y <i>Listeria monocitogenes</i>	BAL		Carne de Res			Electroforesis	Si hay efecto bactericida por parte de las bacteriocinas en los cárnicos, sin embargo, se observó un cambio en las propiedades organolépticas a medida que avanzó el tiempo.
22	Salcedo M, Ricardo M	2021	Efecto antagonico de bacterias ácido lácticas aisladas de Tocosh sobre <i>Listeria innocua</i> .	determinar el efecto antagonico in vitro de las BAL aisladas de Tocosh frente a <i>Listeria innocua</i> .	BAL					Caracterización bioquímica y morfológica	Las cepas presentaron efecto antagonico frente a <i>Listeria innocua</i> , pero estas sustancias se vieron afectadas por la presencia de proteasas como la proteinasa K, proteinasa de <i>Streptomyces</i> , alfa-quimiotripsina y tripsina. Además presentaron una identidad del

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte I

38	Menconi A, Kallapura G, Latorre J, Morgan M, Pumphord N, Teller G, et al.	2014	Characterization and Identification of Lactic Acid Bacteria in a Commercial Probiotic Culture	describir la identificación y caracterización (propiedades fisiológicas) de los cepas de bacterias ácido lácticas (LAB 18 y 48) presentes en un cultivo probiótico comercial	BAL	N/A	Bacteriocinas	Cultivos, pruebas bioquímicas y morfológicas, evaluaciones in vitro	N/A	La caracterización e identificación de aislados bacterianos de ácido láctico emérico beneficiosos depende en gran medida de la metodología. Las resistencias a la bilis y/a sal de la microflora residente emérica son altas, y se esperan tolerancias de la microflora residente. La actividad antimicrobiana de estos aislados efectivos puede contribuir a la eficacia, posiblemente por actividad antimicrobiana directa in vivo.
39	Siles M, Holzapfel W	1997	Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy	informar sobre los cambios taxonómicos y la relación de las bacterias con la fermentación y el deterioro de los alimentos.	BAL	N/A	Bacteriocinas	Revisión	N/A	-
40	Fanuk T, Ray B	1995	Lactic Acid Bacteria: Current Advances in Metabolism, Genetics and applications	Describe cada género de bacterias ácido lácticas	BAL	N/A	Bacteriocinas	Revisión	N/A	Nitina, Padiolina, carmicina
41	Ramírez J, Ulloa P, Velázquez M, Ulloa J, Romero F	2011	Bacterias lácticas: importancia en los alimentos y sus efectos en la salud	Revisa la importancia de las bacterias ácido lácticas, destaca sus características, clasificación, usos y aplicaciones.	BAL	Carnes, Frutas, Verduras	Bacteriocinas	Revisión	N/A	Las bacterias ácido lácticas son de gran importancia en la industria alimentaria para la conservación y desarrollo de características sensoriales en los alimentos
42	Hugas M.	1998	Bacteriocinogenic lactic acid bacteria for the biopreservation of meat and meat products.	describe las bacteriocinas transmitidas por la carne y su aplicación en la carne y los productos cárnicos, ya sea para prolongar la vida útil o para inhibir los patógenos de la carne. Se discute la aplicación de LAB bacteriocinogénicas junto con nuevos obstáculos tecnológicos.	BAL	Carnes	Bacteriocinas	Revisión	N/A	La bioconservación se refiere a la vida de almacenamiento prolongada y la seguridad mejorada de los alimentos utilizando su microflora natural o controlada y (o) sus productos antibacterianos. En las carnes, las bacterias del ácido láctico (BAL) constituyen una parte de la microflora inicial que se desarrolla fácilmente después de que se procesa la carne. El crecimiento de LAB en la carne puede causar interferencia

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte J

43	Heredia P, Hernandez A, Gonzalez F, Vallejo B	2017	Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas: mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos	Demstrar como la aplicación de las bacteriocinas sobre alimentos puede evitar la contaminación por patógenos.	BAL	Queso	Bacteriocinas	Revisión	Peridocina, Nisina	La utilización de bacteriocinas o BAL productoras de bacteriocinas en quesos podría ser viable para su utilización en el control sanitario para la industria quesera. Las actividades no proteolíticas y lipolíticas con reducción en la producción de ácido acético, así como una producción relativamente alta de ácido láctico, constituirían características significativas de las cepas de BAL que se adoptarían como cultivos iniciadores para extender la vida útil de un producto de carne a la parrilla de Nigeria.
44	Olaye O.	2014	Characteristics of lactic acid bacteria being proposed as starter cultures for extending the shelf life of a Nigerian grilled meat product tsire.	Investigar las características de cepas seleccionadas de bacterias del ácido láctico (BAL) que se proponen para su uso como cultivos iniciadores para extender la vida útil de tsire, un producto de carne a la parrilla de Nigeria	BAL	Carnes	Bacteriocinas	Determinaciones fisicoquímicas y cultivos	N/A	Las bacteriocinas tienen propiedades por las que se pueden utilizar para una amplia gama de aplicaciones alimentarias y médicas. Por lo tanto, la seguridad de las bacteriocinas requiere mucha atención. La actividad antimicrobiana de las bacteriocinas ha sido ampliamente estudiada; sin embargo, hay una falta de datos disponibles in vitro e in vivo con respecto a la seguridad y toxicidad de las bacteriocinas.
45	Soltani S, Hammami R, Comer PD, Rebuffas S, Said LB, Gaudreau H, et al.	2021	Bacteriocins as a new generation of antimicrobials: toxicity aspects and regulations	Se enfocan en las tendencias más recientes relacionadas con la aplicación de bacteriocinas, su toxicidad e impactos.	BAL	Carnes, Quesos, Frutas, Verduras	Bacteriocinas	Revisión	Nisina, Pediocina	Las bacteriocinas tienen propiedades por las que se pueden utilizar para una amplia gama de aplicaciones alimentarias y médicas. Por lo tanto, la seguridad de las bacteriocinas requiere mucha atención. La actividad antimicrobiana de las bacteriocinas ha sido ampliamente estudiada; sin embargo, hay una falta de datos disponibles in vitro e in vivo con respecto a la seguridad y toxicidad de las bacteriocinas.

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte K

46	Arkoun M, Dagle F, Heutzy M-C, Aji JA	2017		N/A	N/A	Probas antibacterianas, microscopia electrónica, MIC, MBC	N/A	Demostaron que la acción antibacteriana de los CNF depende de la protonación de sus grupos amino, independientemente del tipo bacteriano y su mecanismo de acción fue bactericida en lugar de bacteriostático, también que la susceptibilidad bacteriana no dependió de Gram sino de la cepa, con bacterias no virulentas que muestran una mayor susceptibilidad a una tasa de reducción de 99.9%. El orden de susceptibilidad fue E. coli > L. innocua > S. aureus > S. Typhimurium. Finalmente, se logró con éxito una extensión de una semana de la vida útil de la carne fresca
47	Barcelilla C, Duix M, Lopez M, Prieto M, Alvarez -Ordóñez A.	2021	Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review	BAL	Carnes	Bacteriocinas	Revisión	Ninguna
48			Revisión bibliográfica que abarca desde los conceptos básicos de una BAL hasta las posibles aplicaciones de estas en la industria alimentaria en diferentes tipos de alimentos, así como una descripción acerca de los productos que se han obtenido de estas en la época actual.	BAL	Queso, verduras, bebidas	Bacteriocinas	Revisión	Ninguna, Pediocina, Plantaricina, Divergicina, Helveticina
49	Sadia A, Mohammed H, Ashish S, Mohammed S, Mohammad N, Usam B.	2013	Characterization and profiling of bacteriocins like substances produced by Lactic Acid bacteria from cheese samples.	BAL	Queso	Bacteriocinas	Sistem BIOLOG, SDS-page, MIC	N/A

ANEXO 1: Matriz bibliográfica, parte L

50	Gaspar C, et al	2018	Bacteriocin production of the probiotic <i>Lactobacillus acidophilus</i> KS 400	El uso de probióticos ha llamado la atención para prevenir trastornos infecciosos, el objetivo del artículo es identificar y caracterizar a la cepa <i>Lactobacillus acidophilus</i> KS400 y probar su actividad antimicrobiana en contra de patógenos urogenitales de importancia clínica	BAL	N/A	Bacteriocinas	Electroforesis, MIC	N/A	La bacteriocina extraída a partir de la cepa muestra un espectro de inhibición favorable en contra de patógenos como <i>Gardnerella vaginalis</i> , <i>Streptococcus agalactiae</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , sin embargo en otros patógenos como <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Candida albicans</i> el efecto no fue el esperado.
----	-----------------	------	---	--	-----	-----	---------------	---------------------	-----	--