

**Capacidad Bioconservante de Bacterias Ácido Lácticas y/o Metabolitos en Productos  
Pesqueros y sus Derivados**

Lida María Rada Anillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Programa de Biotecnología Alimentaria

2023

**Capacidad Bioconservante de Bacterias Ácido Lácticas y/o Metabolitos en Productos  
Pesqueros y sus Derivados**

Esp. Lida María Rada Anillo

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de: Magister en Biotecnología  
Alimentaria

Directora de trabajo de grado  
PhD. Liliana Londoño Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Programa de Maestría en Biotecnología Alimentaria  
CEAD Santa Marta, Colombia

2023

### **Declaración De Derechos De Propiedad Intelectual**

Yo Lida María Rada Anillo como autora de la presente propuesta manifiesto que conozco el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conozco el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

## **Agradecimientos**

Expreso mis agradecimientos a: A mi directora de tesis Dra. Liliana Londoño, a las docentes Dra. Laura Reyes y Dra. Bibiana Rosero y al docente Dr. Vicente Ortiz por guiarme convenientemente en cada etapa de mi trabajo de monografía, muchas gracias.

## Resumen

A nivel mundial los pescados tienen una gran demanda por su alto contenido nutricional, debido a la buena calidad de sus proteínas, de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), vitaminas y minerales, los cuales generan impacto en la salud humana asociados a efectos protectores frente a diferentes enfermedades. Sin embargo, su contenido nutricional y acuoso los hace altamente perecederos. Existen diferentes métodos de conservación de los productos pesqueros. La bioconservación se presenta como una opción importante empleando bacterias ácido lácticas (BAL) productoras de ácido láctico y metabolitos. Esta monografía analiza bibliográficamente la capacidad que tienen las BAL para controlar microorganismos deteriorantes y/o patógenos en productos pesqueros (PP) y sus derivados. La información se obtuvo a través de bases de datos electrónicas como ScienceDirect con 123 artículos, Scopus 206 artículos y PubMed con 78 artículos empleando diferentes ecuaciones de búsquedas. A través de las referencias bibliográficas se analizaron procedimientos con BAL prevaleciendo la utilización de las bacterias *Pediococcus*, *Lactobacillus plantarum* y bacteriocinas aplicadas mediante inoculación, inmersión, espolvoreado, rociado, microencapsulado en productos como surimi, salchichas, hamburguesas, enlatado, ahumado de pescado y otros, logrando inhibir microorganismos patógenos y deteriorantes. También otros artículos mostraron mecanismos ejecutados por las BAL como la producción de compuestos inhibidores actuando en la membrana citoplasmática, deteniendo así la fuerza motriz del protón para reducir la formación de toxinas y patógenos. Además, bibliográficamente se seleccionaron parámetros utilizados en la bioconservación de PP con BAL, como pH inferior a 4,5, rangos de temperaturas entre 10° - 45°C y tiempos determinados para cada proceso que mejoran considerablemente la calidad aumentando la vida útil. En general, todos los procedimientos analizados en esta monografía han demostrado una

buena efectividad para controlar el crecimiento de microorganismos deteriorantes y patógenos en PP manteniendo sus características nutricionales y sensoriales.

***Palabras clave:*** Bacteriocinas; Bioconservación; Microorganismos deteriorantes; Microorganismos patógenos; Vida útil.

### Abstract

Worldwide, fish are in great demand due to their high nutritional content, due to the good quality of their proteins, polyunsaturated fatty acids (PUFA), vitamins and minerals, which generate an impact on human health associated with protective effects against to different diseases. However, their nutritional and water content makes them highly perishable. There are different methods of preserving fishery products. Biopreservation is presented as an important option using lactic acid bacteria (LAB) that produce lactic acid and metabolites. This monograph bibliographically analyzes the capacity of LAB to control spoilage and/or pathogenic microorganisms in fishery products (PP) and their derivatives. The information was obtained through electronic databases such as ScienceDirect with 123 articles, Scopus 206 articles and PubMed with 78 articles using different search equations. Through bibliographic references, procedures with BAL were analyzed, prevailing the use of *Pediococcus* bacteria, *Lactobacillus plantarum* and bacteriocins applied by inoculation, immersion, dusting, spraying, microencapsulation in products such as surimi, sausages, hamburgers, canning, smoking fish and others. , managing to inhibit pathogenic and deteriorating microorganisms. Other articles also showed mechanisms executed by LAB such as the production of inhibitory compounds acting on the cytoplasmic membrane, thus stopping the proton motive force to reduce the formation of toxins and pathogens. In addition, parameters used in the biopreservation of PP with LAB were selected bibliographically, such as pH less than 4.5 temperature ranges between 10° - 45°C and specific times for each process that considerably improve quality by increasing useful life. In general, all the procedures analyzed in this monograph have demonstrated good effectiveness in controlling the growth of spoilage and pathogenic microorganisms in PP while maintaining its nutritional and sensory characteristics.

**Keywords:** Bacteriocins; Bioconservation; Deteriorative microorganisms; Pathogenic microorganisms; Useful life.

## Tabla de contenido

Introducción .....	14
Planteamiento del Problema .....	18
Justificación .....	21
Objetivos .....	23
Objetivo General .....	23
Objetivos Específicos.....	23
Marco Conceptual y Teórico .....	24
Aspectos Nutricionales y de Calidad del Pescado .....	24
Agentes Deteriorantes del Pescado.....	24
Microorganismos Patógenos en el Pescado .....	25
Bacterias Ácido Lácticas (BAL) Empleada en Bioprocesos de Pescados .....	26
Tipos de Procesos o Transformación de Pescado .....	28
Metodología .....	30
Análisis de Búsqueda en Bases de Datos.....	30
Capítulo 1. Productos Pesqueros Bioconservados con Bacterias Ácido Lácticas .....	37
Tipos de Procesos de Pescado con Bacterias Ácido Lácticas.....	37
Salchichas De Pescado Fermentadas .....	37
Pescado pasado por Salmuera y Secado .....	40
Hamburguesas de Pescado .....	40

Ahumado de Pescado .....	42
Pulpa de Pescado.....	44
Filete de Pescado.....	44
Pescado Fresco Refrigerado.....	49
Surimi, Paté y Pasta de Pescado .....	51
Pescado Enlatado .....	53
Suanyu (Pescado Fermentado).....	54
Identificación de Algunas BAL y/o sus Metabolitos en PP.....	54
Capítulo 2: Mecanismos de Acción de las Bacterias Ácido Lácticas y/o sus Metabolitos sobre Microorganismos Patógenos y Deteriorantes en Productos Pesqueros .....	57
Capítulo 3. Parámetros Utilizados en Bioconservación de Productos Pesqueros con Bacterias Ácido Lácticas .....	62
Conclusiones .....	66
Recomendaciones .....	67
Referencias Bibliográficas .....	68
Anexos .....	85

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Porcentaje de artículos por año. Herramienta Excel .....	32
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de artículos por países. Herramienta Excel. ....	33
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de revistas de los artículos. Herramienta Excel.....	35
<b>Figura 4.</b> Mecanismos de inhibición de patógenos por BAL. Fuente: Adaptada de Vieco-Saiz et al. (2019). ....	58
<b>Figura 5.</b> Modo de acción de las bacteriocinas. Fuente: Hernández-González, (2021); Adaptación al español propia.....	59

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Clases y propiedades de bacteriocinas de bacterias del ácido láctico.....	28
<b>Tabla 2.</b> Resultados de búsqueda en bases de datos .....	31
<b>Tabla 3.</b> Tabla de frecuencia agrupada de los países que han publicado artículos del tema. ....	34
<b>Tabla 4.</b> Tabla de frecuencia agrupada de las revistas que han publicado artículos del tema .....	36
<b>Tabla 5.</b> Estrategias de bioconservación a escala de laboratorio para merluza joven fresca ( <i>Merluccius merluccius</i> ) y gallo ( <i>Lepidorhombus boscii</i> ). Fuente: Gómez-Sala et al. (2016).....	49
<b>Tabla 6.</b> Origen y efectos de BAL en algunos productos pesqueros .....	55
<b>Tabla 7.</b> Resumen de las principales actividades de las BAL para la bioconservación de PP ....	61
<b>Tabla 8.</b> Parámetros determinados por algunos estudios para los PP bioconservados con BAL	64

## **Lista de Anexos**

**Anexo 1.** Selección de artículos de las bases de datos Scopus, ScienceDirect y PubMed..... 85

### **Lista de símbolos y abreviaturas**

BAL: Bacterias ácido lácticas

CMB: Concentración mínima bactericida

CMI: Concentración mínima inhibitoria

KHz: Kilohercio

MPa:  $10^6$  pascales = Newton por milímetro cuadrado (N/mm<sup>2</sup>)

MRS Agar: Medio de cultivo sólido de Man, Rogosa y Sharpe

PP: Productos pesqueros

SLC: Sobrenadante libre de células

UA/mL: Unidad arbitraria por mililitro

UFC/g: Unidades formadoras de colonia por gramo

## Introducción

La situación mundial de la pesca y la acuicultura, según FAO (2022) muestra que entre los años 1976 y 2020 las exportaciones de los productos pesqueros y acuícolas incrementaron el valor a un ritmo de crecimiento medio anual del 6,9 % en términos nominales y un 3,9 % en términos reales. Durante el 2020, la producción pesquera y acuícola a nivel mundial alcanzó un total de 178 millones de toneladas, incluyendo capturas por pesca y cultivos acuícolas. El comportamiento de la acuicultura en Colombia se asemeja a las tendencias mundiales, puesto que desde el 2011 el pescado producido por la actividad acuícola ha ascendido, logrando las 174.067 toneladas en el 2020 (Roca-Lanao et al., 2022). Esta actividad pesquera y acuícola en el país, es efectuada en las costas del Caribe y del Pacífico, así mismo en múltiples cuencas de aguas continentales que alojan a una de las mayores variedades de peces en el planeta (OCDE, 2016). De acuerdo a Currey (2021), la demanda de productos pesqueros a nivel global no pretende disminuir, continúan siendo uno de los bienes más comercializados mundialmente. Esto, debido a que son fuente de nutrientes y proteínas esenciales fundamentales en la alimentación de muchas personas porque favorecen el desarrollo de músculos y huesos, también en la reparación, creación de células entre muchos otros beneficios. Por otro lado, además de la extensa importancia que presenta, el pescado es un alimento extremadamente perecedero, con una pérdida poscosecha calculada del 10% de la producción total debido al deterioro (Odeyemi et al., 2018; Saelens & Houf, 2022). Según Jääskeläinen et al., (2019), las comunidades de peces silvestres o autóctonas del planeta anualmente se pierden por deterioro en un promedio de 4 y 5 millones de toneladas entre peces y camarones de arrastre, calculando así, que el 30% de los pescados desembarcados son perdido solamente por procesos microbianos. Así mismo se tiene

que en países del continente africano existen altos niveles de pérdidas de pescado poscosecha que oscila entre un 10 y un 50 % por detrimento (Mindjimba et al., 2019).

Para contrarrestar dichas pérdidas existen muchos métodos de preservar el pescado. Entre los métodos más antiguos y tradicionales se encuentran el secado, salado o salazón, técnica de curado, escabeche, ahumado, glaseado, marinado, refrigeración, congelación, etc. Así mismo, métodos de conservación innovadores como, campos eléctricos pulsados, ultrasonidos, altas presiones atmosféricas, plasma atmosférico y otros (Speranza et al., 2021). Todos estos métodos son aplicados en diferentes alimentos siendo de mucho interés en aquellos altamente perecederos como los productos pesqueros que son procesos que se obtienen empleando diferentes componentes y formulaciones. A continuación se presenta algunas técnicas de conservación de pescado.

- Técnica secada de pescado: Método de conservación sencillo y económico utilizado en países asiáticos y europeos. Es la eliminación de agua del cuerpo del pescado mediante evaporación por exposición al sol y a la aireación, proporcionando color, textura y sabor característicos al pescado seco (Lyashenko et al., 2023).
- Ahumado de pescado: Método efectivo para la conservación del pescado sin embargo, (Assogba et al., 2021), realizaron una investigación sobre las características fisicoquímicas y la seguridad de los productos pesqueros ahumados en hornos de industria artesanal, obtuvieron como resultado que en estos hornos se presentan temperaturas de combustión del ahumado- secado superiores a 450°C. Temperatura a la que la pirolisis de la madera genera hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), por lo cual el pescado queda altamente contaminado con HAP: benzopireno, criseno, benzofluoranteno y benzantraceno, que son compuestos cancerígenos para los seres humanos.

- Procesamiento por campo eléctrico pulsado (PEF): De acuerdo a (Gómez et al., 2019), este método es la aplicación de pulsos de alto voltaje por períodos cortos a los alimentos colocados entre dos electrodos. El PEF afecta a las células biológicas modificando estructuras específicas con alteración de la membrana celular. De manera que sugieren más estudios sobre el impacto de este tratamiento en los parámetros de calidad de los productos pesqueros como color, textura, oxidación, pérdida de peso y capacidad de retención de agua.
- El ultrasonido: Son ondas sonoras con altas frecuencias (>20 kHz) empleada en el procesamiento, la conservación y la seguridad de los alimentos (Zhao et al., 2018). El ultrasonido modifica propiedades fisicoquímicas debido al efecto de cavitación. Es usado para extraer componentes esenciales destruyendo las paredes celulares. Actualmente hay poca literatura sobre la aplicación de ultrasonido en el procesamiento de pescados (Sireesha et al., 2022).
- Altas presiones atmosféricas: Realiza modificaciones texturales y funcionales mediante gelificación en frío. En la industria pesquera se produce surimi, kamaboko u otros productos. Aplicando baja presión se conserva la funcionalidad de la proteína, pero superior a 400 MPa, se modifican las propiedades (Kunnath et al., 2022).

La bioconservación de alimentos se puede determinar como un método emergente donde se utilizan microorganismos beneficiosos o sus metabolitos para asegurar u obtener mejoras de su calidad. Muchas de las especies utilizadas para la bioconservación de alimentos por la industria alimentaria en general son bacterias del ácido láctico pertenecientes a los géneros *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Carnobacterium* entre otros. Estos métodos son aplicados en diferentes alimentos, siendo de mucho interés en aquellos altamente perecederos como los

productos pesqueros, que son procesos que se obtienen empleando diferentes componentes y formulaciones, pero son esencialmente a base de pescado.

Las bacterias bioconservadoras o sus metabolitos, compiten y dominan la microbiota indeseable utilizando los nutrientes disponibles, esta actividad antimicrobiana, por lo tanto, aumenta la vida útil (Rathod et al., 2021). Las cepas iniciales que son adecuadas para la salchicha no solo deben poseer una buena capacidad de producción de ácido y tener tolerancia a la sal, sino que no deben producir aminas biogénicas (Li et al., 2021). El uso de cultivos protectores es una alternativa a los aditivos químicos. Por tanto, la bioconservación puede satisfacer las expectativas del consumidor en alimentos “más sanos” y naturales contribuyendo a indicaciones nutricionales encaminadas a la reducción de sales, azúcares y aditivos (Borges et al., 2022).

Esta monografía pretende mediante investigaciones bibliográficas analizar la capacidad bioconservante de las bacterias ácido lácticas y/o sus metabolitos para inhibir microorganismos deteriorantes y patógenos en productos pesqueros. En el primer capítulo se exponen referencias sobre procesos de productos pesqueros bioconservados con BAL como las salchichas de pescado, hamburguesas, ahumado, filete, en el segundo capítulo se presentan algunos mecanismos de las BAL y/o sus metabolitos sobre microorganismos patógenos y deteriorantes en PP y en el tercer capítulo se hace referencia sobre diferentes parámetros utilizados en bioconservación de PP con BAL.

## Planteamiento del Problema

La demanda de alimentos, especialmente con altos valores nutricionales, es cada vez mayor en todos los lugares del planeta, por lo cual los recursos hidrobiológicos llegan a ser relevantes en la dieta alimentaria (Torres, 2020). Se conoce además que el requerimiento necesario de proteínas a nivel global se duplicará para el año 2050 (Aspevik et al., 2017). La acuicultura es el sistema productor de proteína animal de más rápido crecimiento en el mundo (Venslauskas et al., 2021). La producción pesquera y acuícola a nivel mundial logró para el 2020 una representación en toneladas de 178 millones, con 90,3 millones de capturas pesqueras y 87,5 millones de cultivos acuícolas (FAO, 2022). El incremento de volúmenes de producción indica un futuro de crecimiento de la producción de pescado a nivel acuícola (Roca-Lanao et al., 2022). Esto teniendo en cuenta además que las poblaciones de peces silvestres del mundo se pierden en millones de toneladas debido al deterioro (Jääskeläinen et al., 2019).

Por lo cual se requiere mejores métodos de conservación, debido a que, inmediatamente después de la captura del pescado, se inicia su rápido deterioro y el rigor mortis provoca cambios en el pescado después de su muerte (Tavares et al., 2021).

El deterioro microbiológico limita la vida útil y los hace altamente perecederos (Chintagari et al., 2017). El pescado se deteriora con mayor rapidez que quizá cualquier otro alimento, pasando a ser muy peligroso para la salud a causa de alteración en la composición química, proliferación microbiana y deterioro por enzimas endógenas (FAO, 2016).

Así mismo, muchas técnicas de conservación de alimentos alteran su estado y pierden algunos nutrientes. El superenfriamiento para no congelar es ventajoso, pero tiende a generar recristalización por las fluctuaciones de temperaturas, disminuyendo la calidad de los productos pesqueros (Yu et al., 2019). Según Pal et al, (2018), en la estructura muscular del pescado el

agua se encuentra firmemente unida a las proteínas y no se puede expulsar con facilidad ni incluso con presión, pero, a pesar de ello, el almacenamiento del pescado en refrigeración o congelación por tiempo prolongado hace que las proteínas no puedan retener toda el agua, por lo cual una parte sale junto con sustancias disueltas perdiéndose por goteo. Una alta pérdida por goteo es inconveniente debido a los procesos hidrolíticos y oxidativos de los microorganismos intensificados con la purga, provocando una baja de la calidad (Chan et al., 2022). La conservación con presiones hidrostáticas es una técnica para conservación de productos pesqueros mínimamente procesados (Gámez-Villazana et al, 2021), no obstante, se ha reportado cambios en la composición química, apariencia y textura en la pulpa de pescado cuando se aplican en condiciones severas (Alves de Oliveira et al., 2017 ). Aunque la alta presión hidrostática y la irradiación tienen ciertas ventajas, sin embargo, conducen a una oxidación o decoloración acelerada de los lípidos, lo que limita la aceptabilidad (Yu et al., 2019).

El pescado por su carácter perecedero aún con procedimientos de conservación posee una vida anaquel muy corta. El deterioro microbiano es producido aceleradamente por la presencia de cantidades de compuestos de bajo peso molecular, alta actividad del agua y alto pH post-mortem (>6) en los músculos del pescado (Jääskeläinen et al., 2019), por lo cual la prolongación de la vida útil del pescado y sus productos representa un desafío. De acuerdo a lo anteriormente señalado, se hace necesario documentaciones bibliográficas que relacionen diferentes formas de acción para la bioconservación de PP. La bioconservación se presenta como una técnica donde la microbiota o antimicrobianos naturales o controlados, como las bacterias ácido lácticas y sus compuestos (ácidos orgánicos) son utilizados para mejorar la calidad y prolongar la vida útil de los alimentos (Singh, 2018).

¿Qué relación existe entre la capacidad bioconservante de bacterias ácido lácticas y/o sus metabolitos y la calidad, vida útil e inocuidad de los productos derivados pesqueros, según documentación bibliográfica?

## Justificación

La industria pesquera es una fuente económica importante a nivel internacional debido a la creciente demanda de alimentos nutritivos (Prabhakar et al., 2020). Así mismo, la seguridad alimentaria y el aseguramiento de la calidad están relacionados con la nutrición y la salud, los cuales son temas de interés y atención de las industrias de pescados y cárnicos (Senapati & Sahu, 2020). Los pescados obtenidos de la pesca natural o de la producción acuícola, representan un extraordinario recurso de proteínas y otros nutrientes dietéticos esenciales (Tacon & Metian, 2017), como los lípidos, los cuales poseen considerables cantidades de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) (Tayel, 2016). Las proteínas, los péptidos y los PUFA n-3 del pescado no solo tienen un alto valor nutricional, sino también un impacto beneficioso en la salud humana. Así mismo, el pescado es considerado una buena fuente de minerales, vitaminas y micronutrientes (Khalili Tilami & Sampels, 2017). Las proteínas del pescado contienen aminoácidos esenciales para los seres humanos (Mielcarek et al., 2020). Actualmente, los consumidores son más conscientes de la relación entre salud y dieta (Tayel, 2016), también de los efectos negativos para la salud los conservantes químicos en los alimentos, lo cual ha llevado a la industria alimentaria junto con investigadores a encontrar alternativas como conservantes naturales, que puedan inhibir el crecimiento de bacterias y hongos en alimentos (Mei et al, 2019).

Los métodos de conservación y almacenamiento son convenientes para aumentar la vida útil, garantizar la calidad, además de proporcionar la seguridad del pescado desde la captura hasta el consumo (Duarte et al., 2020). Las bacterias ácido lácticas (BAL) disponen de un enorme potencial para ser usadas en bioconservación, debido a que originan una serie de subproductos o metabolitos activos como los antimicrobianos (bacteriocinas) ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno, etanol entre otros (Kumariya et al., 2019). Las bacterias ácido

lácticas (BAL) generalmente son consideradas como seguras (GRAS del inglés Generally Reconized As Safe) y se utilizan ampliamente en la industria alimentaria (Zapašnik et al 2022). Es posible conseguir la desintoxicación biológica de los alimentos mediante el uso de varias BAL debido a su capacidad de degradar, metabolizar o absorber toxinas neutralizándolas de manera certera (Petrova et al., 2022). También se puede argumentar que las BAL tienen efectos beneficiosos en la salud humana y esto es entendido desde hace años, así mismo es conocido el potencial anticancerígeno prometedor (Garbacz, 2022). Además, los alimentos pesqueros bioconservados con BAL, tienen beneficios como mejoramiento de cualidades sensoriales, bajo costo de proceso, mayor valor nutricional, aumento de vida útil, mejor digestibilidad, destacándose estas bacterias como prometedoras para la producción mejorada de productos pesqueros (Speranza et al., 2017).

Este compilado de información bibliográfica proporciona variados estudios relevantes, así mismo actualizados sobre la importancia de la bioconservación con BAL junto con sus metabolitos en diferentes productos pesqueros y la capacidad que éstas bacterias tienen para contrarrestar microorganismos tanto patógenos como deteriorantes que conlleven a mejorar la calidad, además de prolongar de la vida útil en los pescados enteros y procesados.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar bibliográficamente la capacidad bioconservante de las bacterias ácido lácticas (BAL) y/o sus metabolitos para inhibir microorganismos deteriorantes y/o patógenos en productos pesqueros y sus derivados

### **Objetivos Específicos**

Examinar mediante referencias bibliográficas los procedimientos biotecnológicos aplicados en la bioconservación con BAL y/o sus metabolitos para control de microorganismos patógenos y deteriorantes en productos pesqueros y sus derivados.

Determinar bibliográficamente los mecanismos de acción de las BAL, sus metabolitos sobre los microorganismos específicos patógenos y deteriorantes en productos pesqueros.

Seleccionar por medio de referencias bibliográficas parámetros físicos empleados en la bioconservación con BAL para mejorar la calidad, características sensoriales y vida útil de productos pesqueros y derivados.

## Marco Conceptual y Teórico

### Aspectos Nutricionales y de Calidad del Pescado

El músculo del pez consta de una serie de segmentos denominados miómeros, separados por mioseptos que son capas de tejido conectivo (Skjelvareid et al., 2017). La carne de pescado tiene como principal componente el agua, que corresponde aproximadamente el 80 % del peso de una carne fresca de pescado. En tanto que, en pescados grasos, la humedad es del 70 % (Pal et al., 2018). El contenido de grasa en el músculo del pescado varía entre diferentes especies y representa una fuente relevante de energía metabólica, así mismo está involucrada en diversas funciones, que incluye la elaboración de membranas celulares y tisulares (Ahmed et al., 2022). Diferentes especies de pescados, particularmente las especies marinas grasas como el salmón, son una abundante fuente de ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga omega-3 como el ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6) y el ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5) (Strasburg & Xiong, 2017). El pescado presenta otros nutrientes como, yodo, zinc, hierro y calcio, igualmente vitamina A, vitamina D, B<sub>12</sub>, entre otros (Aakre et al., 2020).

En cuanto a la proteína se tiene que, en el músculo del pescado la composición de proteína contiene aproximadamente entre el 16 % al 25 % (Strasburg & Xiong, 2017). Muchos estudios han indicado que la proteína extraída del pescado demostraban actividades antioxidantes (Chen et al., 2022).

### Agentes Deteriorantes del Pescado

Los agentes deteriorantes del pescado destruyen las características sensoriales como el color, el olor, el sabor y la textura del pescado. Dentro de las principales enzimas que causan deterioro al pescado están la triacil lipasa y la fosfolipasa (Prabhakar et al., 2020). Muchas bacterias también son responsables del deterioro del pescado (Wright et al., 2018). *Shewanella*

*spp.* especialmente *S. baltica* y *S. putrefaciens*, son las bacterias psicrotróficas que prevalecen a temperaturas bajas causando deterioro del pescado fresco y envasado, produciendo trimetilamina, sulfuro de hidrógeno, metil mercaptano, sulfuro de dimetilo y otros compuestos causantes de intensos olores (Yang et al., 2019). Por consiguiente, *Shewanella putrefaciens* se contempla como uno de los principales agentes relacionados al detrimento de los pescados almacenados a bajas temperaturas (Yi & Xie, 2021). *Shewanella spp.*, causa deterioro al pescado, debido a que además de su condición psicrotolerantes, tiene un amplio rango de tolerancia de pH y pueden crecer de manera aerobia y anaerobia (Wright et al., 2018). Dentro de las bacterias deteriorantes que participan en cambios bioquímicos como degradación de proteínas, catabolismo de nucleótidos, acumulación de aminas biogénicas y producción de compuestos volátiles en matriz de pescado están *Shewanella*, *Aeromonas*, *Acinetobacter* y *Pseudomonas* como *P. helmanticensis* (Liu et al., 2018).

La actividad microbiana en la degradación de aminoácidos como la desaminación y descarboxilación de aminoácidos en carpa herbívora provocan generalmente los cambios de su calidad, donde *P. putida* es considerada la bacteria más activa en la desaminación y producción de amoníaco (Zhuang et al., 2023). Así mismo, Zhuang et al. (2021) descubrieron la fuerte acción de *S. putrefaciens* para provocar el deterioro del pescado, donde resaltan la inhibición de *Shewanella* en la preservación de la calidad del pescado. Igualmente Zhuang et al. (2022) demostraron que *Aeromonas rivipollensis*, *Pseudomonas putida* y *Shewanella putrefaciens* eran las bacterias dominantes del deterioro en filetes de carpa herbívora almacenados a bajas temperaturas.

### **Microorganismos Patógenos en el Pescado**

Las bacterias patógenas causan enfermedades transmitidas por alimentos. Se pueden

transmitir al ser humano al consumir pescado crudo o ligeramente cocido, éstas son *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, algunas especies de *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Vibrio* y *Aeromonas* (Yemmen & Gargouri, 2022). Los patógenos como *Salmonella*, *L. monocytogenes* y *A. hydrophilase* han sido detectados en diferentes grados en pescados y productos pesqueros en todo el mundo, estas bacterias tienen la capacidad de proliferar a niveles altos aunque estén en bajos niveles (Sheng & Wang, 2020). Los peces de la familia Scombridae se encuentran entre los que pueden verse afectados por una infección bacteriana y su consumo representa un peligro potencial para la salud del consumidor. Estudios han revelado la presencia de patógenas en peces Scombridae (Yemmen & Gargouri, 2022).

### **Bacterias Ácido Lácticas (BAL) Empleada en Bioprocesos de Pescados**

Las BAL son un tipo de bacterias grampositivas no formadoras de esporas, son aerotolerantes, sintetizan ácido láctico como uno de los productos fundamentales durante el proceso de fermentación empleando carbohidratos durante el proceso (Ayivi et al., 2020). Generalmente estas bacterias son cocos o bacilos y tienen una gran tolerancia al pH bajo. Aunque las del ácido láctico incluyen más de 60 géneros (Wang, 2021), las que están asociadas con alimentos incluyen especies de los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* y *Weissella* (Azam et al., 2017).

Debido a la seguridad por los efectos benéficos a la salud humana y su potencial biotecnológico muchas cepas de BAL son consideradas como probióticos, definidas como “microorganismos vivos que administrados en cantidades adecuadas confieren un beneficio a la salud del consumidor” (Levit et al., 2020). Poseen gran capacidad de transformar sustratos de

carbohidratos en ácidos orgánicos y generar una amplia gama de metabolitos (Bangar et al., 2022).

Las BAL y sus metabolitos son conocidas como conservantes de alimentos. Producen sustancias antimicrobianas como el diacetilo, el peróxido de hidrógeno, la acetoína, la reuterina, la reuteriicina y las bacteriocinas, inhibidores de patógenos transmitidos por alimentos y microorganismos causantes de deterioro (Hammami et al., 2019), además los ácidos orgánicos como los propiónico, fórmico, acético y láctico originan un ambiente desfavorable para el crecimiento de microorganismos patógenos y de descomposición (Bangar et al., 2022).

Se ha demostrado en diferentes alimentos la eficiencia de las bacteriocinas y sus cepas productoras, para inhibir muchos microorganismos transmisores de enfermedades (Hammami et al., 2019). Las bacteriocinas son oligopéptidos de origen ribosomal ejercen acción antimicrobiana con capacidad para inhibir bacterias y hongos patógenos transmitidos por los alimentos (Kumariya et al., 2019). Las bacteriocinas tienen diferentes propiedades y son clasificadas por clases (**tabla 1**).

**Tabla 1**

*Clases y propiedades de bacteriocinas de bacterias del ácido láctico*

Clase	Especies productoras típicas	Propiedades	Ejemplos
I	<i>Lactobacillus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Contiene aminoácidos únicos, es decir, lantionina y metillantionina; <5kDa	Nisina, lactocina, mersacidina
IIa	<i>Leuconostoc gelidum</i>	Péptidos hidrófobos, catiónicos, estables al calor, no modificados; contienen un péptido líder de doble glicina; péptidos similares a pediocina; <10 kDa	Pediocina PA1, sakicina A, leucocina A
IIb	<i>Enterococo faecium</i>	Requiere sinergia de dos péptidos complementarios; principalmente péptidos catiónicos	Lactococina G, plantaricina A, enterocina X
IIc	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Afecta la permeabilidad de la membrana y la formación de la pared celular.	Acidocina B, enterocina P, reuterina 6
III	<i>Lactobacillus helveticus</i>	Termolábil; péptidos de masa molecular; >30 kDa	Lisostafina, enterolisina A, helveticina J

Fuente: Mokoena, (2017)

Las BAL pueden ser inoculadas en productos alimenticios para mejorar la calidad y seguridad del producto elaborado (Jérôme et al., 2022).

### **Tipos de Procesos o Transformación de Pescado**

- Filete de pescado: Se realiza el corte detrás de la cabeza donde se elimina la espina dorsal separando la carne de la piel. El filete puede ser de corte mariposa.
- Surimi: Pasta base de pescado. Proteína miofibrilar con sucesivos lavados y desaguado de pescado picado, con adición de crioprotectores generando la capacidad de formar gel. El surimi congelado normalmente se mezcla con otros componentes para elaborar otros nuevos producto pesqueros (OMS & FAO, 2022).

- Embutido de pescado: Proceso de emulsionado y estabilización de la carne de pescado, la cual se realiza con hidratación, activación de las proteínas, gelificación, adicción de formulación y utilización de fundas naturales o sintéticas para embutir la emulsión (Gámez-Villazana, et al., 2021b). Entre los principales tipos de embutidos de pescados están el salchichón, salchicha, hamburguesa, mortadela entre otros.
- Ahumados: Procedimiento donde el pescado es colocado en contacto con humo procedente de la combustión sin llama de leña o materia vegetal en una cámara de ahumado. El ahumado puede ser en frío en caliente o semi-caliente (OMS & FAO, 2022).

## Metodología

Búsqueda sistemática en bases de datos electrónicas: Science Direct, Scopus y PubMed. Los criterios de inclusión para la búsqueda fueron artículos indexados como los artículos científicos de investigación y revisión literaria, teniendo en cuenta un rango de año de publicación entre 2016 – 2023. Documentos con idioma original en Inglés, español, portugués, mandarín. También fueron empleadas otras fuentes de información como el Códex Alimentarius, FAO, OMS y OPS. Se tuvo en cuenta criterios de exclusión artículos con fecha de publicación antes del año 2016 y documentos, revistas o videos no indexados.

Definición de términos de búsqueda y palabras clave: Fishing processes; Surimi; Pathogenic microorganisms; Spoilage microorganisms; bacteriocins; useful life. Biopreservative, lactic acid bacteria (LAB), metabolites, fish products, pathogens, shelf life. Para el logro de los objetivos se utilizaron ecuaciones de búsquedas con los operadores booleanos: AND y OR

### **Análisis de Búsqueda en Bases de Datos**

La **tabla 2** presenta la búsqueda en tres bases de datos y las ecuaciones utilizadas. El total de artículos fue de 406, los cuales se analizaron y se seleccionaron 115 que son los que tienen mayor relación con la temática de la monografía.

**Tabla 2**

*Resultados de búsqueda en bases de datos*

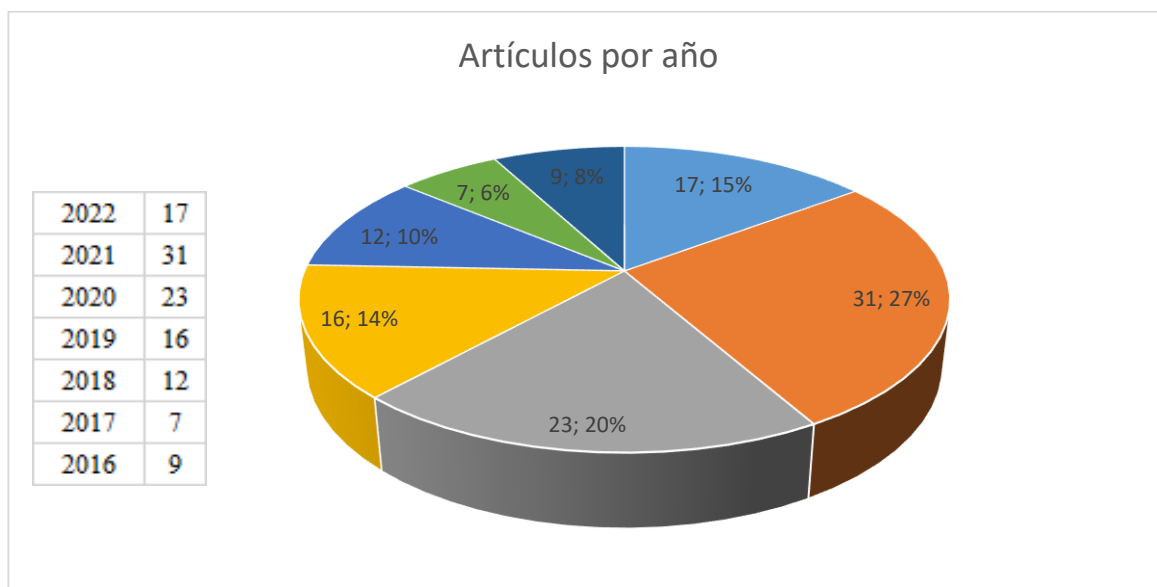
<b>Ecuaciones de búsqueda</b>	<b>Bases de Datos</b>	<b>Artículos</b>
"Fish products" AND "Food-borne pathogens" AND "Lactobacillus"	Scopus	205
"lactic fermentation" AND surimi		
"Fish biopreservation" "lactic acid bacteria" "Lactobacillus plantarum" AND fish	ScienceDirect	123
"Biopreservation fish" "fishery products" "lactic acid bacteria"		
"Self-life" AND Bioprotection AND storage	PubMed	78
Lactic acid bacteria AND pathogens AND Fish products		
"fish fillets" AND "lactic bacteria" AND spoilage		
"lactic acid bacteria" AND "sausages fish"		
"lactic acid bacteria" AND "fish fillets"		
"lactic acid bacteria" AND "sausages fish"		
Total artículos (2016 – 2023)		406

Fuente: Autoría propia

La **figura 1** muestra que las veces en el año en que más se han realizado las publicaciones han sido en el 2021 con un total de 31 artículos, representando el 27 % del total. Esta fue la mayor cantidad referente al tema de trabajo, seguido del año 2020 con 23 artículos que equivale al 20%, y la menor cantidad de artículos se produjo en el 2017 con 7 publicaciones (6%).

**Figura 1**

*Porcentaje de artículos por año. Herramienta Excel*

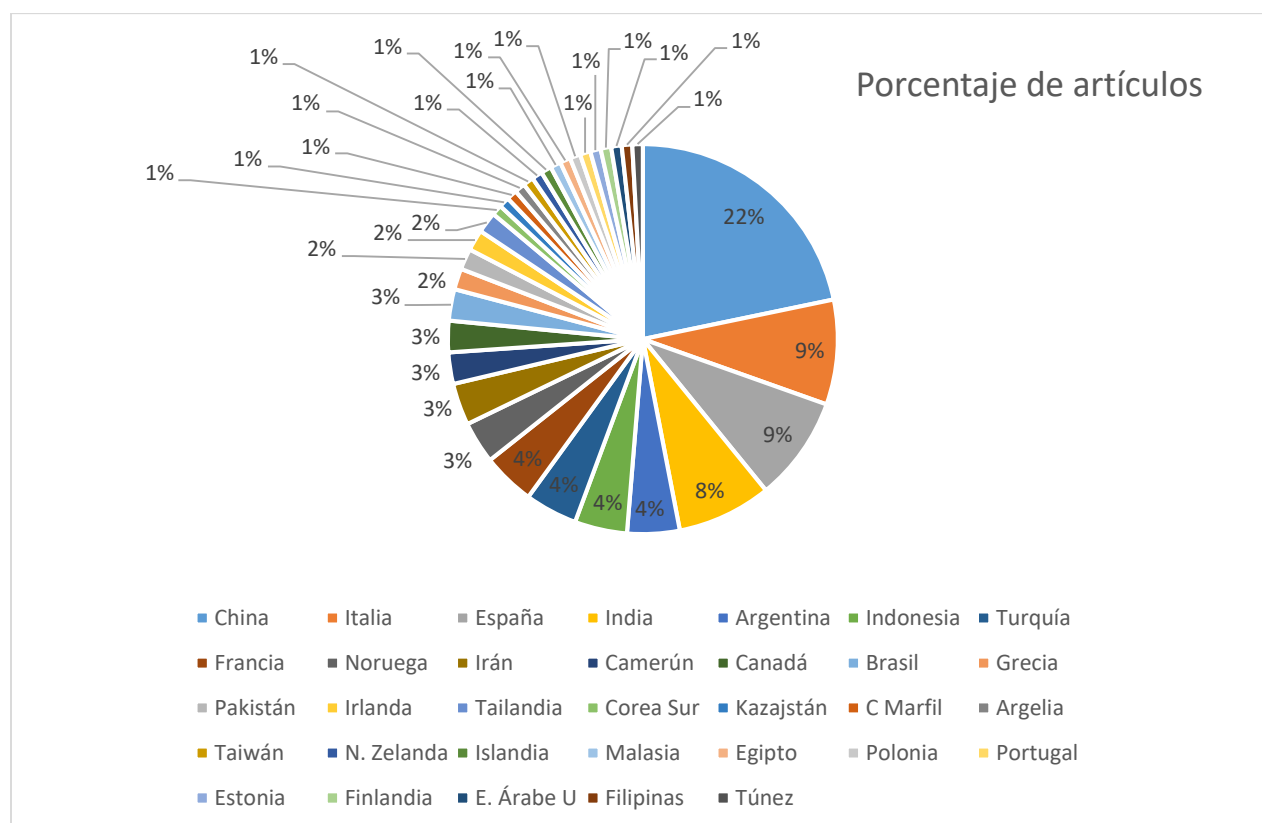


Fuente: Autoría propia

En la **figura 2**, se presentan los países en donde se han producido los artículos seleccionados. El país con mayor artículo referente a la temática de la monografía es China con un porcentaje del 22% del total de artículos escritos, seguidos de Italia, España e India.

**Figura 2**

*Porcentaje de artículos por países. Herramienta Excel.*



Fuente: Autoría propia

La **tabla 3** analiza la frecuencia agrupada. La cual muestra que en 33 países se escribieron sobre el tema y de estos, 29 escribieron entre un rango de 1 a 5 artículos por país, representado el 88% del total de los países, entre ellos están: Noruega, Francia, Portugal, Estonia, Túnez, Finlandia entre otros. Mientras que en el rango de 21 a 25 artículos escritos corresponde a un solo país que es la república de China con un porcentaje de 3% del total.

**Tabla 3**

*Tabla de frecuencia agrupada de los países que han publicado artículos del tema*

Intervalo	$X_i$	$f_i$	$h_i$	$F_i$	$H_i$
1 - 5	3	29	$29/33 = 0.88$	29	0.88
5 - 9	7	1	$1/33 = 0.03$	30	0.91
9 - 13	11	2	$2/33 = 0.06$	32	0.97
13 - 17	15	0	$0/33 = 0$	32	0.97
17 - 21	19	0	$0/33 = 0$	32	0.97
21 - 25	23	1	$1/33 = 0.03$	33	1
$\Sigma$	33	33	1		

Fuente: Autoría propia

$X_i$  = Marca de clase

$f_i$  = frecuencia absoluta

$h_i$  = frecuencia relativa

$F_i$  = Frecuencia absoluta acumulada

$H_i$  = Frecuencia relativa acumulada

En la **figura 3** se muestran 59 revistas a la cual pertenecen los artículos seleccionados y los porcentajes de publicaciones de cada revista, donde la revista LWT tuvo el mayor porcentaje con 7%. De la tabla de frecuencia agrupada (**Tabla 4**) se tiene que la mayoría de las revistas fueron escritas entre un rango de 1 a 2 artículos del tema, equivalente a 47 artículos, es decir el 79 % del total. Por consiguiente, la revista LWT escribió entre un rango de 7-8 documentos.



**Tabla 4**

*Tabla de frecuencia agrupada de las revistas que han publicado artículos del tema*

Intervalos	$X_i$	$f_i$	$h_i$	$F_i$	$H_i$
1 – 2	1.5	47	$47/59 = 0.79$	47	0.79
2 – 3	2.5	1	$1/59 = 0.017$	48	0.807
3 – 4	3.5	4	$4/59 = 0.07$	52	0.877
4 – 5	4.5	4	$4/59 = 0.07$	56	0.947
5 – 6	5.5	1	$1/59 = 0.017$	57	0.964
6 – 7	6.5	1	$1/59 = 0.017$	58	0.981
7 – 8	7.5	1	$1/59 = 0.017$	59	$0.99 \approx 1$
$\Sigma$		59			

Fuente: Autoría propia

## Capítulo 1. Productos Pesqueros Bioconservados con Bacterias Ácido Lácticas

### Tipos de Procesos de Pescado con Bacterias Ácido Lácticas

#### *Salchichas De Pescado Fermentadas*

Las salchichas de pescados bioconservadas con BAL son elaboradas empleando diferentes formulaciones y procedimientos. Li et al. (2021), realizaron bioconservación de salchichas de pescado con BAL. Emplearon tilapias frescas, las cuales escamaron, descabezaron, eviscerado, filetearon, lavaron y procesaron en picadora. Luego la pulpa obtenida la mezclaron con cloruro de sodi, glucosa y sacarosa (2 %, 0,5 % y 0,5 %, respectivamente). Posteriormente la mezcla de surimi preparada la dividieron en tres grupos de fermentación, un grupo llamado P<sub>7</sub> inoculado con *Pediococcus pentosaceus* 30-7 hasta una concentración final de  $1 \times 10^6$  UFC/g, un grupo P<sub>15</sub> inoculado con *P. pentosaceus* 30-15 a una concentración final de  $1 \times 10^6$  UFC/g, y un grupo control al cual le añadieron solución salina estéril al mismo volumen. Las mezclas de surimi de tilapia de cada grupo las colocaron en fundas plásticas de 15 cm de largo, finalmente los embutidos los sometieron a fermentación a 30°C durante 30 h. Obtuvieron que las cepas *P. pentosaceus* 30-7 y *P. pentosaceus* 30-15 inhibieron la formación de aminas biológicas en la salchicha de tilapia fermentada, también demostraron que *P. pentosaceus* 30-15 acelera la formación de propiedades físicas en salchichas de tilapia en 18 h, mientras que *P. pentosaceus* 30-7 mejora las características físicas, como la elasticidad, fuerza del gel, masticabilidad, cohesión y dureza. Por otro lado, Speranza et al. (2017), prepararon salchichas de filetes de dorada (*Sparus aurata*) bioconservadas con BAL. El pescado lo descongelaron en agua, luego evisceraron, deshuesaron y pasaron por colador para separar escamas, espinas, desechos y tejidos conectivos. La pulpa le agregaron NaCl 30 g/kg, NaNO<sub>2</sub> 0,10 g/kg, glucosa 40 g/kg, pimienta blanca 10 g/kg. Además, la inocularon con tres cepas prometedoras seleccionadas

(11, 68 y 69), identificadas como integrante del género *Lactobacillus* hasta un nivel final de  $10^6$  UFC/g. También elaboraron una muestra control con los mismos ingredientes pero sin inóculo. Seguido realizaron el embutido en fundas de colágeno (28 mm de diámetro) y fermentaron a  $30^{\circ}\text{C}$  por 7 días. Como resultado el uso de las cepas seleccionadas disminuyó el tiempo de fermentación (2 días) y garantizó la buena calidad microbiológica del producto terminado, además sugirieron la posibilidad de uso prometedor para el diseño de nuevos productos fermentados. Así mismo, para salchicha de pescado, Fotso Techeu et al. (2022), realizaron ensayos de bioconservación con bacteriocina de BAL parcialmente purificada. La masa total de la salchicha estaba compuesta de aceite, salmuera, carne y piel de pescado. La salmuera contenía apio, ajo, cabezas y piel de pescado calentada a  $80^{\circ}\text{C}$  durante por 15 min. A la concentración final se le agregó sal nitrada al 0,2 % y harina de trigo al 12,94 % ambas de la masa total. También le agregaron pimienta 10 g/kg de pulpa, ajo 6 g/kg de pulpa, aceite 25 ml/kg por último le adicionaron conservantes, bacteriocina (1 ml/50 g = 243 AU/g) y conservante químico (benzoato de sodio 1 g/kg). Del procedimiento obtuvieron que la bacteriocina producida presentó una buena capacidad para inhibir el crecimiento de patógenos y/o deteriorantes, también exhibió fuerte estabilidad térmica y de pH, no es tóxica para las células eucariotas y redujo la carga bacteriana en salchichas de pescado durante el almacenamiento, por lo cual consideran un bioconservante natural fiable y económico para embutidos de pescado o mariscos. Por otra parte, Zhao et al. (2021), analizaron en la salchicha de tilapia fermentada naturalmente, la textura, color, fuerza del gel, aminoácidos libres, aminos biogénicas, compuestos volátiles del sabor y comunidades microbianas durante el progreso de la fermentación. Para lo cual elaboraron salchicha de tilapia fresca mediante escamado, eviscerado, fileteado y lavado. La pulpa la procesaron y mezclaron con glucosa al 0,5 %, cloruro de sodio al 2 % y sacarosa al 0,5 %,

posteriormente el surimi lo agregaron en tripas plásticas de 30 mm de diámetro con 15 cm de largo y procedieron a fermentar a 30°C, luego tomaron tres salchichas de cada lote a las 0, 18, 24 y 30 h para su estudio. En los estudios observaron que en el surimi de tilapia se mejoraron significativamente muchas propiedades después de la fermentación natural y los géneros que crecieron de manera acelerada durante la fermentación fueron *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* y *Lactobacillus*, donde *Lactococcus* fue el género más abundante aumentando significativamente del 12,6 % al 64,9 % en 18 h, continuando con *Pediococcus* en una abundancia relativa del 13,2% tras 30 h de fermentación, así mismo presentan los beneficios de estas bacterias para el aislamiento de microorganismos funcionales indicados para la fermentación de surimi de tilapia. Así mismo, Li et al. (2022), realizaron bioconservación de salchichas de pescado con *Pediococcus pentosaceus*, para lo cual compraron tilapias, las cuales filetearon, lavaron con agua estéril y picaron en máquina picadora, el surimi le agregaron glucosa al 0,5 %, sacarosa al 0,5 %, sal al 2 % y el cultivo iniciador de  $1 \times 10^6$  UFC por gramo de surimi a muy baja temperatura, seguido realizaron el embutido en fundas plástico de 3 cm de diámetro y 15 cm de largo, durante 30 h a 30°C. Tomaron muestras de salchichas fermentadas a las 0, 18, 24, 30 horas respectivamente para su posterior estudio. Del análisis obtuvieron que la diversidad microbiana en la salchicha de tilapia disminuyó significativamente según el aumento del tiempo de fermentación, también comprobaron la abundancia de los anaerobios como *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Enterobacter* y *Citrobacter* que aumentaron después del proceso, principalmente *Pediococcus* y *Lactococcus* que al final de la etapa fermentativa alcanzaron una abundancia de más del 95%, por lo cual lograron inhibición de microorganismos deteriorantes y aceleración de formación de sabores volátiles.

### ***Pescado pasado por Salmuera y Secado***

Feng et al. (2021), realizaron bioconservación de caballa española (*Scomberomorus niphonius*) secadas al sol, para lo cual los pescados frescos los evisceraron, escamaron, lavaron, sacaron dos filetes que sumergieron en salmuera al 16 % por 10 min (relación de pescado y volumen de salmuera: 1:1), posteriormente rociaron  $1 \times 10^7$  UFC/mL de solución de *Lactobacillus plantarum*X23 en ambos lados de los filetes de pescado, también usaron caballa española sin *Lactobacillus* como control. Luego los filetes fueron atados y colgados para secar en condiciones de sol, sombra y viento fuerte natural. La bacteria bioconservante utilizada la obtuvieron de muestra comprada de caballa secada al sol comercialmente disponible, de la cual aislaron una cepa dominante con potencial bioconservador identificada como *L. plantarum* especie por secuenciación 16SrDNA, y asignada como *L. plantarum*X23. La cepa aislada *L. plantarum*X23 de la muestra de pescado no tenía capacidad para deteriorar, aunque si para mejorar la calidad de la especie de pescado secado tradicionalmente. *L. plantarum*X23 mostró una disminución significativa del contenido de histamina y putrescina, con una mayor cantidad de aminoácidos libres y una puntuación sensorial más alta comparada con las muestras de pescado secada al sol sin tratamiento con *L. plantarum* X23 por la cual la bacteria presentó gran capacidad bioconservadora para la preparación y mejora de la calidad del pescado secado al sol.

### ***Hamburguesas de Pescado***

Iacumin et al. (2022) bioconservaron hamburguesa utilizando dos especies de pescado lubina (*Dicentrarchus labrax*) y dorada (*Sparus aurata*), las cuales filetearon, lavaron y procesaron en picadora, de la mezcla formaron cinco lotes iguales, cada hamburguesa estaba compuesta por 68% de pescado picado (50% lubina y 50% dorada), patata 20,5%, agua 5,5%, harina de arroz 3%, fibra vegetal 2% y NaCl 1%. Con el primer lote formaron hamburguesa y

envasaron como muestra control, los otros lotes antes de elaborarlas las inocularon con cultivos iniciadores a una concentración final de  $10^5$  UFC /g de hamburguesas, luego las envasaron en atmósfera modificada y almacenaron a  $4 \pm 2$  °C durante 10 días, luego a  $8 \pm 2$  °C durante 20 días posteriormente las analizaron los días 0, 6, 12, 18, 24 y 30 por triplicado, con las muestras bioconservadas lograron evitar deterioro por hinchazón, mejorar parámetros sensoriales y extender la vida útil de las hamburguesas.

Así mismo, en otro ensayo de bioconservación de hamburguesa de pescado, Kuley et al. (2021) estudiaron los efectos antimicrobianos de sobrenadante libre de células (SLC) microencapsulado de *Lactobacillus* y extracto de propóleo sobre la oxidación y el crecimiento microbiológico en hamburguesa de sardina (*Sardine aurita*). Para la microencapsulación realizaron tres grupos uno con solo SLC de *L. reuteri*, otro grupo con SLC combinados de *L. reuteri* con 1% v/v de extracto etanólico y por último SLC combinados con 1% v/v de extracto acuoso de propóleo, luego a todos los grupos le adicionaron maltodextrina a una dosis del 25% (p/v) como material de recubrimiento, posteriormente realizaron proceso de secado por aspersión con tiempo y temperatura controlada. Para la hamburguesa elaboraron cuatro muestras de pescado picado mezcladas con 6,8% harina de maíz, 4,5% de harina de trigo, 1,4% de sal y 0,7% de azúcar. El primer grupo fue el control no contenía ninguna muestra microencapsulada, el segundo grupo incluía solo SLC microencapsulado de *L. reuteri* a dosis del 0,5 %. Y los grupos tercero y cuarto estaban compuestos por SLC microencapsulado de *L. reuteri* combinado con extracto etanólico y extracto acuoso de propóleo a dosis de 0,5%, respectivamente. Las muestras de hamburguesa con o sin microencapsulado las colocaron en placas de espuma de poliestireno las envolvieron con film transparente y almacenaron a 4°C durante 15 días. Como resultado obtuvieron que los microencapsulados lograron prolongar la vida útil del producto y además la

combinación de CFS microencapsulado de *L. reuteri* con extractos de propóleo mejoró mucho más la calidad sensorial por sus propiedades antioxidantes.

### ***Ahumado de Pescado***

Aymerich et al. (2019) evaluaron el potencial bioprotector de las bacterias ácido láctica frente a *Listeria monocytogenes* en salmón ahumado en frío (filetes), aislaron de salmón ahumado las bacterias *Lactobacillus curvatus* y *Carnobacterium maltaromaticum* y las productoras de bacteriocinas bioprotectoras de origen cárnico, *Lactobacillus sakei*CTC494. Obtuvieron como resultado que *L. sakei*CTC494 inhibió el crecimiento de *L. monocytogenes* después de 21 días de almacenamiento a 8 °C en todos los productos probados, mientras que *L. curvatus*CTC1742 solo limitó el crecimiento del patógeno (<2 log de aumento). También presentan que la eficacia de *C. maltaromaticum*CTC1741 dependía del tipo de producto, solamente en un tipo de ahumado esta cepa limitó el crecimiento del patógenos. Los autores presentan un conocimiento más sobre la aplicación potencial de *L. sakei*CTC494 como cultivo bioprotector antilisterial adecuado en salmón ahumado en frío listo para el consumo.

Bolívar et al. (2021), midieron los efectos bioprotectores de *Lactobacillus sakei*CTC494 frente a *Listeria monocytogenes* en dorada (*Sparus aurata*) ahumada en caliente envasada al vacío y almacenada en refrigeración. Antes de la inoculación, los filetes ahumados se cortaron en trozos de 5 cm<sup>2</sup> y 10 g. Para los ensayos en cocultivo realizaron lotes, para lo cual inocularon el patógeno al producto dejándolo por 10 min en la cabina de seguridad para permitir la fase de unión celular, continuando, dispersaron BAL en las porciones ahumadas y esperaron un tiempo apropiado, este tratamiento lo realizaron para simular un caso de contaminación y un posterior bioprotector en el ahumado. Con lo anterior concluyen que los estudios corroboran que la cepa bacteriocinogénica *L. sakei*CTC494 puede controlar el crecimiento del patógeno en productos

pesqueros, demostrando con la prueba de desafío el potencial de *L. sakei*CTC494 aplicado en dosis de 4 log CFU/g para limitar o inhibir el crecimiento de *L. monocytogenes* en dorada ahumada en caliente almacenada en refrigeración. Así mismo Xuan Nguyen et al. (2022), evaluaron la actividad anti *Listeria* mediante la elaboración de una membrana plástica bioprotectora en salmón ahumado en frío (CSS) utilizando una película de polipropileno tratada con plasma que funcionalizaron con *Carnobacterium divergens*V41, la cual es una cepa productora de bacteriocina, con el propósito de inhibir el crecimiento de *Listeria monocytogenes* a temperaturas de refrigeración. Para ello realizaron primeramente un cultivo nocturno de *L. monocytogenes* diluido para alcanzar  $10^4$  UFC/mL, el cual rociaron uniformemente en todas las rebanadas de salmón (1 % v/p) para obtener un nivel de aproximadamente  $10^2$  UFC /g de salmón, después de 1 h de conservación a 4°C para absorción, cubrieron un grupo de las rodajas del pescado con membranas plásticas bioprotectoras (membrana tratada con plasma y con *C. divergens*), además incorporaron *Carnobacterium divergens* en otro lote de ahumado en frío por el método de aspersion (1% v/p) con un nivel de alrededor de  $10^6$  UFC/g de salmón y un grupo control de rebanadas de pescado cubiertas con membrana tratada con plasma sin la adición de *C. divergens*. Lograron obtener que la membrana de polipropileno tratada con plasma bioprotector fue altamente efectiva contra el crecimiento de *Listeria monocytogenes* en CSS durante el almacenamiento refrigerado, por lo cual los investigadores sugieren distintas evaluaciones con otras bacterias patógenas así como del deterioro, además de las características sensoriales del producto, cuyo resultados pueden ser a nivel industrial muy importante en la protección de estos tipos de alimentos.

### ***Pulpa de Pescado***

Xu et al. (2022), aplicaron bioconservación para investigar los efectos de *Lactobacillus plantarum* junto con flavourzyme sobre las propiedades fisicoquímicas y de seguridad de un pescado de agua dulce la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*), los peces los procesaron extrayéndoles la carne dorsal la cual cortaron en cubos de 3 cm × 2 cm × 2 cm y curaron con sal y azúcar (3 % p/p y 2 % p/p respectivamente) a 4 °C durante 24 h, posteriormente maceraron con maíz tostado molido 20 % p/p. Las muestras de pescado resultantes las dividieron en tres lotes y prepararon diferentes cultivos iniciadores, incluidos 1 % de *Lactobacillus plantarum* y una combinación de 10 U/g de flavourzyme y 1 % de *Lactobacillus plantarum* y un lote sin ningún iniciador (fermentación natural), al final tuvieron como resultados que la fermentación con *Lactobacillus plantarum* y flavourzyme pueden acelerar la producción de ácido en la carne de pescado, debilitar su capacidad de retención de agua, inhibir su grado de oxidación y promover un mejor sabor y calidad de seguridad para las muestras fermentadas.

### ***Filete de Pescado***

Costa et al. (2019), evaluaron los efectos de la cepa bioprotectora productora de sakacina *Lactobacillus sakei* CTC494 contra *L. monocytogenes* CTC1034 en jugo de pescado con aplicación y validación de tres modelos de interacción microbiana con prueba de confrontación con filetes de dorada (*Sparus aurata*) en atmósfera modificada almacenados en condiciones isotérmicas y no isotérmicas. Al final de los procedimientos obtuvieron resultados que comprobaron la utilización de la cepa bacteriocinogénica *L. sakei* CTC494, como cultivo bioprotector y definieron que es una estrategia adecuada para el control del crecimiento de *L. monocytogenes* CTC1034 en productos de pescado fresco mínimamente procesados (es decir, dorada fileteada) en almacenamiento refrigerado. Por otro lado Ceylan et al. (2019) llevaron a

cabo bioconservación de trucha arcoíris y caballa del Atlántico (*Oncorhynchus mykiss* y *Scomber scomber*) utilizando *Lactobacillus reuteri* nanoencapsulada para obtener filetes de pescado funcionales. Para la preparación tomaron un total de 60 filetes sin piel a unos 10 °C con un peso aproximado 5,3 g cada uno, trataron las muestras con *L. reuteri* E81 nanoencapsulado en bolsas estériles y almacenaron en refrigeración a 4 °C. Al final observaron aumento significativo de la actividad antioxidante de los filetes de pescado tratados con *L. reuteri* nanoencapsulada al compararlos con el grupo control, demostrando la funcionalización de los filetes de pescado bioconservados.

En una investigación de Sarika et al. (2019) analizan la biopreservación de filetes de pescado con la bacteriocina GP1 producida por *Lactobacillus rhamnosus*GP1 a temperaturas de 4° y 0°C. Utilizaron bacalao, el cual evisceraron, deshuesaron, le quitaron la piel, lo filetearon y lavaron con agua, esterilizaron superficialmente exponiéndolos a luz ultravioleta a 265 nm durante 15 min y determinaron la esterilidad por medio de análisis microbiológicos. Prepararon cuatro soluciones conservantes distintas de 2 ml cada una, la primera con 800 AU/ml de nisina producida por *Lactococcus lactis*MTCCB440, la segunda con 1.200 UA/ml de bacteriocinaGP1, la tercera con 0,1% de benzoato de sodio y la cuarta agua destilada que sirvió de control. Luego rociaron uniformemente las muestras cada una de 10 g quedando intactas durante 20 min, después los pescados los envolvieron con papel de aluminio estéril, colocaron en cajas estériles separadas y almacenaron a temperaturas de 4 y 0°C. Tomaron muestras para análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales a los 0, 7, 14, 21 y 28 días de refrigeración. Posteriormente compararon la carga bacteriana entre los tratamientos realizados, obteniendo que las muestras tratadas con bacteriocina retardaron la proliferación bacteriana comparada con las muestras no tratadas, también observaron que la eficacia de la bacteriocina GP1 en el control de

las bacterias del deterioro está a la par con el bioconservador nisina y el químico benzoato de sodio, por lo cual sugieren la posibilidad de mayor purificación de la bacteriocina GP1 para utilizar en peces marinos de alto valor para su bioconservación.

Giribaldi et al. (2018) evaluaron la calidad de filetes marinados de pez espada (*Xiphias gladius*) listos para el consumo con y sin inoculación con *Lactobacillus paracasei* IMPC 2.1. Los pescados los compraron congelados, luego realizaron los ensayos 2 veces con 3 repeticiones cada una, posterior a la de la descongelación, el pescado fileteado, marinado a 25 °C durante 42-48 h, lo escurrieron y sumergieron en solución de NaCl (30 g kg<sup>-1</sup>) y cepa probiótica con concentración final de aproximadamente 7 log CFU g<sup>-1</sup> a 4 °C por 2 días, posteriormente de la salmuera los filetes los escurrieron, sazonaron y almacenaron a 4 °C envasándolos al vacío en bandejas separadas con duplicado, además prepararon un producto control sin el paso de salmuera con probiótico. La solución de agua de adobo o sazonado contenía vinagre, ácido láctico, jugo de cítricos como acidificantes, para obtener un pH final de 4,0, y NaCl 30 g kg<sup>-1</sup> (p/v). Con la experiencia concluyeron que el crecimiento de la cepa probiótica fue exitosa e impidió el crecimiento de otras BAL. La inoculación de probióticos mostró retraso de la oxidación de los lípidos de la pulpa de pescado y aumento de la retención de ácidos grasos poliinsaturados.

De igual manera, Lv et al. (2018), realizaron bioconservación de filete de pescado, en este caso para el control de *Pseudomonas fluorescens*. Utilizaron una nueva bacteriocina producida por *Lactobacillus plantarum* DY4-2 que aislaron de sable (*Trichiurus lepturus*), la cual purificaron y caracterizaron. Para la investigación adquirieron rodaballos (*Scophthalmus maximus*) frescos, inmediatamente los evisceraron, descamaron, lavaron, filetearon y separaron en cuatro grupos, el primer lote, control negativo sin ningún tratamiento, el segundo lo

sumergieron en 1 MIC (Concentración mínima inhibitoria) de bacteriocina parcialmente purificada durante 5 min, para el tercer grupo los filetes los introdujeron en *P. fluorescens* P001 suspensión ( $10^6$  UFC/ml) durante 5 min determinado como control positivo, el cuarto grupo lo sumergieron en 1 MIC de bacteriocina parcialmente purificada durante 5 min, seguidamente lo metieron en suspensión de *P. fluorescens* P001 ( $10^6$  UFC /ml) durante 5 min. Luego estos lotes de filetes con y sin tratamiento los envasaron en bolsas de cloruro de polivinilo sellándolas y posteriormente almacenándolas a 4°C, tomando muestras para análisis. Obtuvieron como resultados que la bacteriocina DY4-2 tenía potencial como bioconservante efectivo en productos pesqueros. La cual fue competente para retrasar el deterioro de la calidad de los filetes de rodaballo, igualmente la bacteriocina DY4-2 parcialmente purificada en filetes de rodaballo redujo el número de *P. fluorescens* en 2,7 unidades logarítmicas a 4 °C de almacenamiento durante 12 días.

Por otro lado, en un modelo de bioconservación con BAL unido a otra sustancia, Kuley et al. (2021 b) analizaron las propiedades antibacterianas del sobrenadante libre de células (SLC) microencapsulado de *Lactobacillus plantarum* combinado con extracto de propóleo acuoso o etanólico en dosis del 1 % contra bacterias deteriorantes del pescado. Probaron la actividad antimicrobiana del microencapsulado contra cuatro bacterias de deterioro, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas luteola*, *Proteus mirabilis* y *Photobacterium damsela*. Estas bacterias fueron aisladas e identificadas en carne en mal estado de anchoa, caballa y sardina en la investigación de Kuley et al. (2016). Posteriormente para el proceso de microencapsulación realizaron tres grupos uno de control que encapsuló individualmente de SLC proveniente de *L. plantarum* FI 8595, otro grupo de extracto de propóleo acuoso o etanólico a dosis del 1% y el tercero la co-microencapsulaciones de SLC de *L. plantarum* FI 8595 con extracto etanólico o

acuoso de própolis (1%). Emplearon para los grupos maltodextrina con dosis de 25% (p/v) como agente de recubrimiento, también le realizaron proceso de secado por aspersión. Obtuvieron que los microencapsulados fueron de formas cilíndricas irregulares y todos los grupos con propiedades antimicrobianas para bacterias de deterioro, también la combinación de *L. plantarum* y el sobrenadante con extractos de propóleos, especialmente su extracto acuoso presentó el mayor impacto antimicrobiano sobre las bacterias de deterioro del pescado, asumen que es debido a que las microcápsulas que generaron en el ensayo se encuentran pulverizadas y se pueden disolver con facilidad y aplicar directamente a la formulación del alimento. También mostraron que SLC puro de *L. plantarum* tuvo la actividad antibacteriana más alta contra *P. damsela* y *P. luteola* pero la acción antibacteriana más baja contra *P. mirabilis*.

Igualmente Jo et al. (2020) mejoraron la vida útil del pez marino cinta o sable *Trichiurus lepturus*, utilizando cultivos libres de células de bacterias del ácido láctico (BAL). Las bacterias para la investigación fueron *Lactobacillus plantarum* SKD4 y *Pediococcus stilesii* SKD11. El pescado fue eviscerado, cortado, lavado, fileteado, y tratado con cultivo libre de células BAL, además un grupo control positivo lo trataron con una solución de ácido cítrico (pH 4,8) y un grupo de filetes tratados con agua destilada lo consideraron control negativo. Las muestras las sumergieron en soluciones de tratamiento durante 30 min en una proporción de 1:1 (p/v), luego de escurridas por 10 los filetes del ensayo los almacenaron a 4 °C o a temperatura ambiente de 25 °C. De la investigación obtuvieron, mayor vida útil, reducción de carga bacteriana y de trimetilamina (TMA), también se suprime el deterioro microbiológico en las muestras tratadas con sobrenadantes libre de células de BAL. Por lo anterior, los autores recomiendan mejorar la vida útil de los pescados crudos en la industria pesquera empleando tratamiento con cultivos libres de células de *Lactobacillus plantarum* SKD4 y *Pediococcus stilesii* SKD11.

### ***Pescado Fresco Refrigerado***

Gómez-Sala et al. (2016), aplicaron en pescado fresco merluza y gallo bioconservación con BAL aisladas de productos marinos, seleccionaron las cepas bacteriocinogénicas, *Lactobacillus curvatus*BCS35 y *Enterococcus faecium*BNM58, con capacidad para inhibir crecimiento de bacterias patógenas y del deterioro del pescado, para lo cual en la investigación emplearon diferentes técnicas y muestras de control como se presenta en la **tabla 5**. Demostraron por vez primera el potencial que poseen estas cepas de BAL y sus bacteriocinas como bioconservantes en pescado fresco durante el almacenamiento refrigerado, en cuanto a recuentos de microorganismos fueron significativamente inferiores a las de los lotes de control no tratados, tanto para merluza como para gallo. Además, la presencia de *Listeria spp.*, en pescado gallo fue inhibido en los análisis, aseguran también que *Lb. curvatus*BCS35 puede ser considerado como un candidato para aplicaciones como bioconservante apropiado y eficaz en pescado fresco.

#### **Tabla 5.**

*Estrategias de bioconservación a escala de laboratorio para merluza joven fresca (Merluccius merluccius) y gallo (Lepidorhombus boscii)*

Lote	Descripción <sup>a</sup>	Técnica(s) de conservación
Pescado Merluza		
A	Control	Hielo y refrigeración
B	Inmersión en cultivo <i>Lb. curvatus</i> BCS35	Cultivo protector, hielo y refrigeración.
C	Inmersión en cultivo de <i>E. faecium</i> BNM58	Cultivo protector, hielo y refrigeración.
D	Inmersión en una mezcla (1:1) de <i>Lb. curvatus</i> BCS35 y cultivos de <i>E. faecium</i> BNM58	Cultivo protector, hielo y refrigeración.

Lote	Descripción <sup>a</sup>	Técnica(s) de conservación
Y	Pulverizar con una mezcla (1:1) de <i>Lb. curvatus</i> BCS35 y <i>E. faecium</i> BNM58 sobrenadantes de cultivo	Ingrediente alimentario, hielo y refrigeración.
F	Espolvorear con un sobrenadante de cultivo liofilizado de <i>Lb. curvatus</i> BCS35	Ingrediente alimentario liofilizado, hielo y refrigeración.
G	Espolvorear con un sobrenadante de cultivo liofilizado de <i>E. faecium</i> BNM58	Ingrediente alimentario liofilizado, hielo y refrigeración.
H	Espolvorear con una mezcla (1:1) de sobrenadantes de cultivo liofilizados de <i>Lb. curvatus</i> BCS35 y <i>E. faecium</i> BNM58	Ingrediente alimentario liofilizado, hielo y refrigeración.
Pez gallo		
A	Control	Hielo y refrigeración
B	Inmersión en cultivo <i>Lb. curvatus</i> BCS35	Cultivo protector, hielo y refrigeración.
C	Inmersión en cultivo de <i>E. faecium</i> BNM58	Cultivo protector, hielo y refrigeración.
D	Inmersión en una mezcla (1:1) de <i>Lb. curvatus</i> BCS35 y cultivos de <i>E. faecium</i> BNM58	Cultivo protector, hielo y refrigeración.
Y	Inmersión en sobrenadante de cultivo <i>Lb. curvatus</i> BCS35	Ingrediente alimentario, hielo y refrigeración.
F	Inmersión en sobrenadante de cultivo de <i>E. faecium</i> BNM58	Ingrediente alimentario, hielo y refrigeración.
G	Inmersión en una mezcla (1:1) de <i>Lb. curvatus</i> BCS35 y <i>E. faecium</i> BNM58 sobrenadantes de cultivo	Ingrediente alimentario, hielo y refrigeración.
H	Espolvorear con un sobrenadante de cultivo liofilizado de <i>Lb. curvatus</i> BCS35	Ingrediente alimentario liofilizado, hielo y refrigeración.

Lote	Descripción <sup>a</sup>	Técnica(s) de conservación
I	Espolvorear con un sobrenadante de cultivo liofilizado de <i>E. faecium</i> BNM58	Ingrediente alimentario liofilizado, hielo y refrigeración.
J	Espolvorear con una mezcla (1:1) de sobrenadantes de cultivo liofilizados de <i>Lb. curvatus</i> BCS35 y <i>E. faecium</i> BNM58	Ingrediente alimentario liofilizado, hielo y refrigeración.

<sup>a</sup> Los cultivos, sobrenadantes de cultivo y sobrenadantes de cultivo liofilizados utilizados se suplementaron con NaCl (3%, p / v o p / p ).

Continuación

Fuente: Gómez-Sala et al. (2016)

### ***Surimi, Paté y Pasta de Pescado***

Kaktcham et al. (2019), analizaron BAL de peces de agua dulce separando una cepa para caracterizar las bacteriocinas producidas y evaluar su potencial bioconservante en paté de pescado. Para ello utilizaron tilapia (*Oreochromis niloticus*) fresca, la cual procedieron a procesar quitando las escamas, cabeza, aletas, vísceras, piel, formando filetes y lavando con agua destilada estéril por 2 min. Los filetes y el hígado los trituraron, también elaboraron salmuera utilizando cabezas, espinas y piel del pescado calentando a 75°C durante 30 min, al terminar decantaron y colaron la parte líquida sin residuos. A la salmuera le agregaron la mezcla de leche harina de trigo (1 g/100 g: 12,94 g/100 g de carne + hígado respectivamente), pimienta blanca, ajo (10 g/kg y 9 g/kg de carne + hígado en el orden dado) y huevos. Con todo formaron el paté que dividieron en cuatro lotes de 600 g cada uno en recipientes de plástico estériles con tapas. El primer lote fue el control negativo, solamente paté; el segundo grupo fue el control positivo al cual inocularon con *Vibrio sp.*1T1 (10<sup>4</sup> UFC/g aproximadamente); el tercer lote conformado por paté de pescado, *Vibrio sp.*1T1 y bacteriocina parcialmente purificada y el cuarto compuesto por paté de pescado, *Vibrio sp.*1T1 y benzoato de sodio (1 g/kg), seguidamente todos los lotes fueron

colocados en baño de agua a temperatura constante (75°C durante 1 h) y enfriaron en agua helada a 5°C durante 15 min y finalmente las mezclas las almacenaron durante 20 días a 10°C . La bacteriocina que evaluaron era productora de nisina Z identificada como *L. lactis subsp. lactis*3MT, la cual mostró alta estabilidad al calor, el pH y a los productos químicos, además tuvo la capacidad de reducir la carga de *Vibrio* en el paté durante el almacenamiento sin trascender en las características sensoriales del producto pesquero.

Xu et al. (2019), elaboraron pasta de pescado fermentada con carpa común (*Cyprinus carpio*). El músculo junto con agua desionizada lo molieron en una proporción de 1:2 (p/p) y luego homogenizaron con cloruro de sodio al 3 % y glucosa al 2 %, la mezcla la dividieron en dos grupos con o sin la adición de butilhidroquinona terciaria (TBHQ) al 0,03% (p/p). Con la anterior formulación Li & Xu, (2020) investigaron la influencia de *Lactobacillus plantarum* en pasta de pescado sobre el desarrollo microbiano, la lipólisis, la oxidación de lípidos y el desarrollo del sabor de *Staphylococcus xylosus* y *Saccharomyces cerevisiae*, en el cual la pasta preparada la llevaron por igual a 18 botellas cónicas esterilizándolas en autoclave a 121 °C durante 15 min, luego las dispersaron uniformemente en seis grupos en condiciones asépticas empleando diferentes procedimientos, un primer lote control estéril no inoculado; segundo cultivo inoculado solo con *Lactobacillus plantarum* 120 (Lp-120) al 1% (v/v); tercer cultivo de *Staphylococcus xylosus* 135 (Sx-135) con 1% (v/v); cuarto cultivo únicamente *Saccharomyces cerevisiae* 31 (Sc-31) al 1% (v/v); quinto lote cocultivado Lp-120 y Sx-135, inoculados Lp-120 al 1% (v/v) y Sx-135 al 1% (v/v) y sexto cocultivado Lp-120 y Sc-31, administrados Lp-120 al 1% (v/v) y Sc-31 al 1% (v/v). Posteriormente cada grupo los incubaron en un agitador a 120 r/min a 35 °C durante 5 días y tomaron muestras los días 0, 3 y 5 para análisis microbiológicos, lípidos y pH. Concluyendo que el cocultivo con *Lactobacillus plantarum* inhibe notablemente el

crecimiento de *Staphylococcus xylosus* promoviendo levemente crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*, aparte el cocultivo con *Lactobacillus plantarum* mermó la liberación de ácidos grasos libres e inhibió la generación de volátiles por *Staphylococcus xylosus* y *Saccharomyces cerevisiae*, además la reacción inhibidora sobre *Saccharomyces cerevisiae* resultó más fuerte.

Por otro lado, Bolívar et al. (2021), evaluaron la capacidad bioprotectora de *Lactobacillus sakei* CTC494 contra *Listeria monocytogenes* en productos pesqueros listos para el consumo, para lo cual obtuvieron directamente del productor surimi en bandejas plásticas individuales de ocho rebanadas con un peso promedio cada una de  $13,5 \pm 0,5$  g con temperatura de 2 °C y paté de atún en envases mono dosis de 25 g fabricados con papel de aluminio semirrígido en condiciones de ambiente normal. Con la investigación consideraron la importancia de modelos de interacción microbiana en diferentes matrices alimentarias específicamente sobre la eficacia de cultivos de BAL bacteriocinogénicos contra patógenos. Del experimento sugieren que el efecto inhibidor de *L. sakei* CTC494 sobre el crecimiento de *L. monocytogenes* dependía del producto alimenticio. *L. sakei* CTC494 limitó el crecimiento de *L. monocytogenes* en paté de atún, en el surimi, observaron una reducción del tiempo de latencia de ambas cepas al crecer en cocultivo a 2 °C, continuando con la inhibición de la bacteria patógena cuando el bioprotector *L. sakei* CTC494 alcanzó la máxima densidad de comunidad.

### ***Pescado Enlatado***

Hamad et al. (2022), investigaron productos pesqueros egipcios (enlatados) para detección e inhibición de *Clostridium botulinum* de sobrenadante libre de células a partir de cultivos probióticos. Las superficies de las latas las limpiaron, secaron cubriéndolas con etanol al 96 % y se dejaron durante 2 min. Las latas se abrieron con un abrelatas estéril y los productos pesqueros fueron tratados. Concluyeron la alta incidencia del patógeno en los productos

pesqueros investigados, el sobrenadante de *L. bulgaricus* EMCC1102 mostró un efecto inhibitorio y antioxidante *C. botulinum* tipo E.

### ***Suanyu (Pescado Fermentado)***

Por otra parte, Liu et al. (2021), examinaron la comunidad bacteriana de un proceso de pescado fermentado con alto contenido de sal (Suanyu) tradicional chino, obteniendo como bacterias dominantes las *Lactobacillus*, *Tetragenococcus* y *Weissella*, y mediante análisis de las secuencias de ARNr 16S mostraron que la especie abundante más adecuada fue *L. plantarum* B7. Además realizaron proceso de fermentación inoculada con carpa fresca a la cual quitaron escamas, cola, vísceras y cortaron en trozos para preparar suanyu agregándole al pescado 5 % de sal, 4 % de jengibre fresco, 2 % de sacarosa y 1 % de especias los cuales mezclaron uniformemente en escabeche durante 24 h, después adicionaron harina de arroz, 3% chile en polvo, 5% sal, jengibre 4%, sacarosa al 2%, *L. plantarum* B7 preparada, la inocularon en harina de arroz glutinoso en una proporción de  $10^8$  UFC/g y mezclaron uniformemente. Finalmente obtuvieron que con la inoculación de B7 las BAL fueron dominantes en las primeras etapas de fermentación con alta tolerancia a la sal, acelerada producción bacteriana en masa, formación rápida de ácidos orgánicos y otras sustancias antibacterianas, así como disminución del pH del sistema de fermentación a 4,5 en 3 días.

### **Identificación de Algunas BAL y/o sus Metabolitos en PP**

En la **tabla 6** se muestra diversas representaciones de BAL empleadas en los procesos de bioconservación y la capacidad que ejercen sobre algunos tipos de productos pesqueros.

Tabla 6.

Origen y efectos de BAL en algunos productos pesqueros

Producto pesquero bioconservado	BAL y/o bacteriocina	Origen de la BAL	Capacidad en el producto	Referencias
Salchichas de pescado	<i>Pediococcus pentosaceus</i> : <i>P. pentosaceus</i> 30-7 y <i>P. pentosaceus</i> 30-15	Aisladas de salchichas de tilapia fermentadas naturalmente en medio de agar MRS.	- Eliminación de aminas biogénicas - Mejora de las propiedades fisicoquímicas - Inhibición significativa de <i>Enterobacter</i> , <i>Citrobacter</i> y <i>Streptococcus</i> productores de aminas.	Li et al. (2021) Speranza et al. (2017)
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Aislada de la microbiota intestinal de peces: dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) y lubina ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	- Reductora de carga bacteriana en salchichas de pescado. - Conservante natural fiable. - Inhibir el crecimiento de bacterias del deterioro y <i>Listeria</i>	Fotso Techeu et al. (2022)
	<i>Lactococcus lactis</i> F01 productora de bacteriocina	Intestino de <i>Cyprinus carpio</i>	- Control del crecimiento de <i>L. monocytogenes</i> CTC1034	
Pescado ahumado	Bacteriocinas de <i>Lactobacillus curvatus</i> y <i>Carnobacterium maltaromaticum</i>	-Aisladas de pescado ahumado	- Bioprotector antilisterial adecuado en salmón ahumado	Aymerich et al. (2019)
	<i>L. sakei</i> CTC494	Peces	- Efecto listeriostático en el salmón ahumado en frío	Bolívar et al. (2021)
Filetes de pescado	<i>L. reuteri</i> E81	- Aislada de masa fermentada tradicional de panaderías	- Actividad antioxidante de los filetes de pescado tratados con <i>L. reuteri</i> nano encapsulada, filetes funcionales.	Ceylan et al. (2019)

Producto pesquero bioconservado	BAL y/o bacteriocina	Origen de la BAL	Capacidad en el producto	Referencias
	<i>Lactobacillus sakei</i> CTC494. <i>L. sakei</i> CTC494 productora de bacteriocina	- Cultivada en medio MRS	- Supresión total del crecimiento de <i>L. monocytogenes</i> por <i>L. sakei</i> CTC494 - Control de las bacterias del deterioro.	Costa et al. (2019)
	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GP1 productora de bacteriocina GP1		- Control del crecimiento de <i>L. monocytogenes</i> CTC1034 - Actividad actimicrobiana - Actúan contra patógenas y productoras de deterioro.	Sarika et al. (2019)
Pescado fresco refrigerado	cepas bacteriocinogénicas, <i>Lactobacillus curvatus</i> BCS35 y <i>Enterococcus faecium</i> BNM58	- Aisladas de pescado y productos pesqueros	- Inhibición de <i>Listeria spp.</i> - Bioconservante de pescado.	Gómez-Sala et al. (2016)
Paté de pescado	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 3MT	Peces de agua dulce	- Capacidad de reducir la carga de <i>Vibrio</i> en el paté de pescado durante el almacenamiento. - Capacidad de producir sustancias similares a las bacteriocinas.	Kaktcham et al. (2019)

Continuación

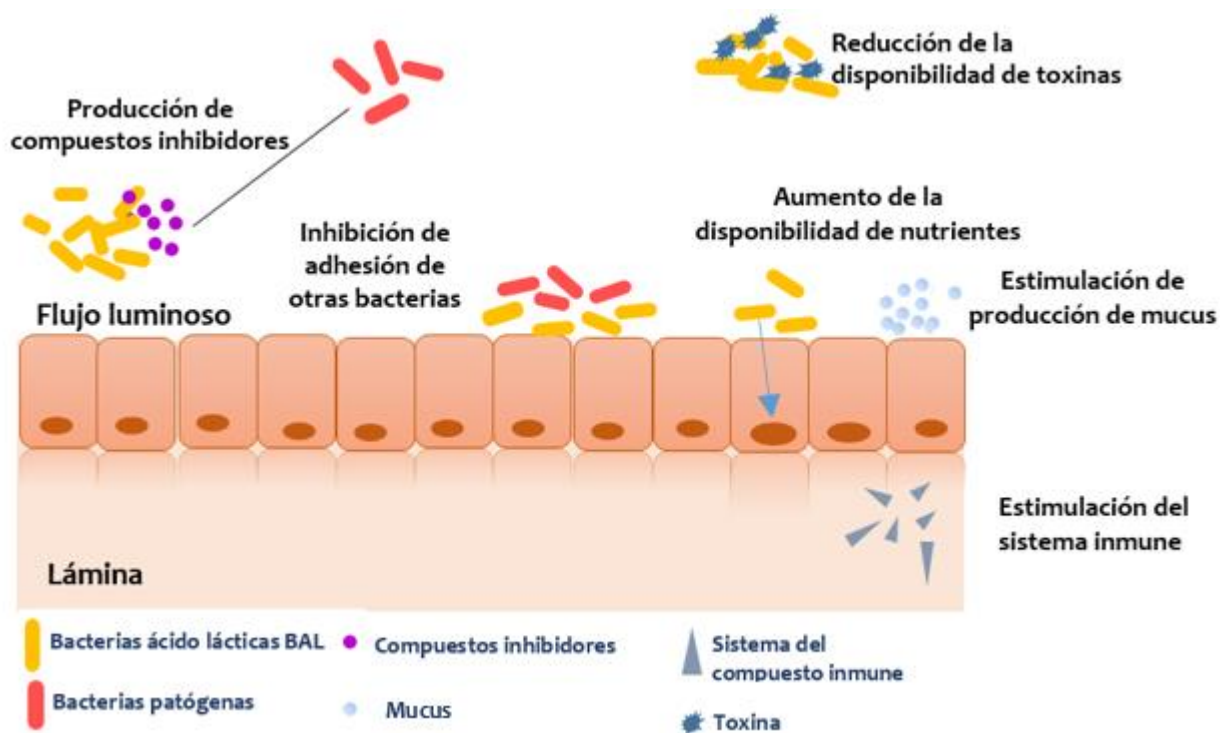
Fuente: Autoría propia.

## **Capítulo 2: Mecanismos de Acción de las Bacterias Ácido Lácticas y/o sus Metabolitos sobre Microorganismos Patógenos y Deteriorantes en Productos Pesqueros**

Durante el proceso de fermentación de salchichas de pescado, las bacterias del ácido láctico incorporadas, actúan catabolizando pentosas o hexosas (Zhou et al., 2021), es decir, que en lugar de seguir la vía de la glucólisis, utilizan las vías de la hexosa monofosfato o la de la pentosa, promoviendo la producción de ácidos orgánicos, como el ácido acético e incrementando la producción de ácido láctico (Belleggia et al., 2022). Las BAL producen compuestos inhibidores que permiten la reducción de toxinas, también inhiben la formación de bacterias patógenas como se muestra en la **figura 4** (Vieco-Saiz, et al., 2019). Las bacteriocinas son péptidos antimicrobianos producidos por las BAL que actúan en las membranas citoplasmáticas bacterianas trasladándose hacia las vesículas de la membrana energizadas con el fin de detener la fuerza motriz del protón (Plaza-Díaz et al., 2019). Inhiben el crecimiento bacteriano formando poros que trastornan la integridad de la membrana de la célula diana y en ocasiones conducen a la muerte celular (Darbandi et al., 2019), **Figura 5**. Estos péptidos han demostrado la capacidad para matar bacterias patógenas y no patógenas, hongos, virus envueltos e incluso células transformadas utilizando diferentes mecanismos como desestabilizar la membrana de la célula huésped o formar canales en la transmembrana de la célula huésped (Ibrahim, 2019). Por lo cual poseen propiedades eficaces para la inactivación de patógenos, con amplia actividad antimicrobiana (Darbandi et al., 2022). Un avance para purificar parcialmente sustancias antimicrobianas es obteniendo los sobrenadantes libres de células continuando con neutralizar el pH para favorecer la extracción de metabolitos celulares (Fuentes et al., 2017).

**Figura 4**

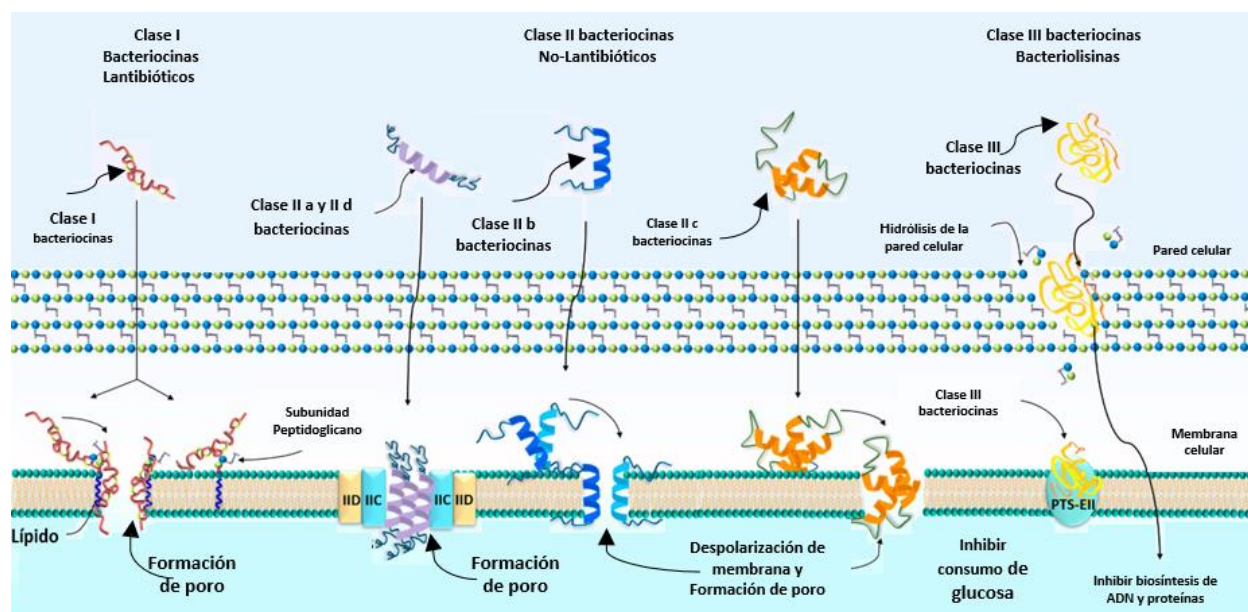
*Mecanismos de inhibición de patógenos por BAL.*



Fuente: Vieco-Saiz et al. (2019). Adaptada

**Figura 5**

*Modo de acción de las bacteriocinas.*



Fuente: Hernández-González et al. (2021) – Traducción propia del idioma inglés al español

Algunas investigaciones exponen los mecanismos de las BAL para eliminación de las causas de deterioro de alimentos pesqueros, como son las aminas. Las aminas biogénicas más frecuentes relacionadas con el deterioro del pescado y PP son las histamina, tiramina, putrescina y la cadaverina formadas especialmente por descarboxilación de aminoácidos libres por parte de los microorganismos (Visciano et al., 2020). Un ejemplo se presenta en el estudio de Li et al. (2021), en el cual para la elaboración de salchichas de tilapia aislaron cepas biogénicas de *P. pentosaceus* que eliminan aminas, que fueron 30-1, 30-3, 30-4, 30-7 y 30-15, cuya secuencias del gen 16SrRNA que obtuvieron las examinaron con las secuencias del gen 16SrRNA de las cepas existentes en la base de datos EzBioClou, posteriormente realizaron precultivo de BAL. Las bacterias precultivadas las incubaron anaeróbicamente en medio líquido MRS con inoculación del 2 % durante 12 h. El análisis filogenético les mostró que el género era

*Pediococcus* y más cercano a la especie *P. pentosaceus* DSM 20336. De lo anterior obtuvieron que las cepas iniciales adecuadas para la salchicha de tilapia fermentada deben ser buenas productoras de ácido, ser tolerante a la sal y no deben producir aminas biogénicas. Al final obtuvieron como resultados que las cinco cepas de *P. pentosaceus* exhibieron capacidad de eliminación de amina biogénica, especialmente 30-4, 30-7 y 30-15 para *putrescina*, *cadaverina*, *espermidina* y *espermina*, cuyas tasas de eliminación superaron el 30 %. El *P. pentosaceus* negativo para aminas que mostraron buen crecimiento, producción de ácido, tolerancia a la sal, así como la capacidad de eliminación de aminas biogénicas, fueron seleccionadas como cepas iniciadoras para la fermentación de salchichas de tilapia.

Čanak et al. (2018), realizaron el aislamiento y caracterización de *L. plantarum* O1 productor de plantaricina como cultivo iniciador potencial para la bioconservación de productos alimenticios pesqueros. Las bacterias fueron aisladas del intestino de dorada (*Sparus aurata*) y la identificaron con la prueba bioquímica del índice de perfil analítico con un 99,9% de similitud con *L. plantarum*. Prepararon la suspensión de células bacterianas realizando centrifugación del cultivo de *L. plantarum* O1 a  $8000 \times g$  durante 10 min, eliminaron el sobrenadante, lavaron las células en solución salina estéril al 0,5 % luego centrifugaron nuevamente y resuspendieron en 5 ml de solución salina al 0,5 %. Posteriormente determinaron las condiciones óptimas de crecimiento, presentando que *L. plantarum* O1 tiene supervivencia buena en presencia de NaCl al 3,5 % ( $10^6$  UFC/ml) por lo cual afirman que su supervivencia a una concentración alta de sal se debe a la estabilidad de la membrana celular y la capacidad de resistir el estrés osmótico. Así mismo observan que esta especie tiene un alto grado de tolerancia a la osmolaridad elevada y además tiene supervivencia a temperatura de refrigeración, también es muy eficaz contra el deterioro común y las cepas patógenas de los productos alimenticios pesqueros y no produce

histidina descarboxilasa. Por lo anterior este análisis de la cepa les indicó que *L. plantarum* O1 tiene un potencial prometedor, para la bioconservación de pescados. En la **tabla 7**, se presenta un resumen de las principales actividades de las BAL para la bioconservación de PP.

**Tabla 7**

*Resumen de las principales actividades de las BAL para la bioconservación de PP*

<b>Actividades de bioconservación de las BAL en PP</b>	<b>Referencia</b>
• Catabolizan pentosas o hexosas durante la fermentación.	Zhou et al. (2021)
• Producen compuestos inhibidores que reducen toxinas e inhiben la formación de bacterias patógenas.	Belleggia et al. (2022)
• Actúan en las membranas citoplasmáticas bacterianas para detener la fuerza motriz del protón.	Vieco-Saiz et al. (2019)
• Mecanismos de desestabilización de la membrana de la célula huésped formando poros que trastornan la integridad de la membrana de la célula diana y en ocasiones conducen a la muerte celular.	Plaza-Díaz et al. (2019)
• Eliminan aminas biogénicas relacionadas con el deterioro del pescado y PP	Darbandi et al. (2019) Ibrahim (2019)
• Producen péptidos con la capacidad para matar bacterias patógenas y no patógenas, virus cubiertos, hongos y hasta células modificadas.	Visciano et al. (2020)

Fuente: Autoría propia

### **Capítulo 3. Parámetros Utilizados en Bioconservación de Productos Pesqueros con Bacterias Ácido Lácticas**

Según la investigación de Speranza et al. (2017), los productos de pescado bioconservados son preparados generalmente mezclando el sustrato de pescado con sal y carbohidratos, bajo condiciones de fermentación a varias temperaturas que oscilan entre 10°C a 45°C durante un período que va de una semana a varios meses. Las bacterias son encargadas de transformar los carbohidratos disponibles para disminuir el pH. El pH disminuye por debajo de 4,5, se producen ácidos orgánicos para la inhibir el crecimiento de microbianos patógenos y deteriorantes. Por lo anterior los principales parámetros dentro del proceso de bioconservación están la temperatura, el pH y Cloruro de Sodio (NaCl) en un rango de 2 – 4%.

Así mismo Racioppo et al. (2022), realizaron un modelo predictor para el crecimiento de BAL, de manera que pudieran optimizar los procedimientos de un producto de pescado fermentado ahumado. Para ello utilizaron un modelo predictivo que determinara cada uno de los factores implicados en la formulación y por medio de la cual asegurar un correcto proceso de fermentación y calidad del producto terminado. Para el estudio emplearon software Food Spoilage and Safety Predictor, modelando el crecimiento de las BAL en función de los parámetros importantes como la temperatura, el pH, incluyendo conservantes (Cloruro de sodio y nitritos), el humo líquido, el dióxido de carbono. La simulación a través de los softwares, mostró que el humo líquido es el factor más crítico que afecta la fermentación, continuando con la temperatura y NaCl, por lo cual recomiendan una temperatura de fermentación entre 20 - 25°C, siendo posible, temperaturas de fermentación baja, debido a que también obtuvieron predicción de crecimiento a 10 –15°C. Por lo anterior presentan que el uso de BAL es una forma prometedora de valorizar los productos del mar.

Speranza et al. (2020), propusieron optimizar la producción de un producto tipo salami (embutido) fermentado de pescado con iniciadores de *Lactiplantibacillus plantarum* (*L. plantarum* 11 y 69). Por consiguiente, realizaron dos fases primero la optimización de la composición de productos pesqueros fermentados utilizando un diseño factorial, probando variables como concentraciones de nitritos, cloruro de sodio, sacarosa, pimienta blanca y temperatura de fermentación (10 – 30°C), probaron ocho combinaciones durante la investigación y una muestra control en la que las variables ensayadas las determinaron en el nivel 0. En la segunda fase realizaron el producto y analizaron perfil microbiológico entre ellos BAL, también examinaron parámetros químico-físicos (pH y  $a_w$ ) y realizaron análisis sensorial como olor, color, textura y apariencia para determinar calidad, durante el tiempo de almacenamiento a 4°C durante 21 días. Con todos los ensayos concluyeron que la fermentación natural no daba seguridad básica a los productos como sí el bajo pH (4,4). Por lo cual sugieren el uso de cultivos iniciadores *L. plantarum* que proporcionó buen rendimiento, buena calidad microbiológica y buenos puntajes sensoriales. Parámetros destacados en los ensayos son la temperatura, que influye tanto en el crecimiento de los microorganismos y en el tiempo de proceso e ingredientes como los nitritos y el azúcar, para aumentar la tasa de acidificación en los procesos de fermentación.

Además proponen que cada industria de productos pesqueros fermentados podría formular sus propios iniciadores (recomendando *L. plantarum* 11 y 69) y parámetros para estandarizar los procesos.

Por otro lado, Ramona et al. (2023), realizaron estudios utilizando BAL para la supresión de la formación de histamina en atún procesado, esto debido a que, la histamina es un riesgo importante en las especies de mar.

Para ello investigaron la eficacia de la combinación de *Lactiplantibacillus plantarum* BY- 45 y la concentración de cloruro de sodio in vitro e in vivo. En las muestras de atún obtuvieron que *Escherichia coli* perteneciente a la familia Enterobacteriaceae son bacterias formadoras de histaminas, las cuales fueron predominante y contaminantes en los ensayos con atún. Del estudio obtuvieron que *L. plantarum* BY- 45 fue muy útil para suprimir la tasa de formación de histamina. Así mismo al combinar BAL con sal, mejoró aún más la supresión de la formación de histamina en el lomo de atún procesado. Lograron la combinación de suspensión de *L. plantarum* BY- 45 a una densidad de  $20 \times 10^5$  UFC/ml en NaCl al 4 % p / v, los anteriores parámetros les permitió eliminar completamente la formación de histamina en ensayo in vitro incubada a 2°C.

En la **tabla 8** se resumen los principales estudios empleando diferentes parámetros para la bioconservación de PP con BAL.

**Tabla 8**

*Parámetros determinados por algunos estudios para los PP bioconservados con BAL*

PP	BAL y otros aditivos y/o conservantes	Parámetros	Rango	Resultados	Referencia
Salchicha de pescado fermentada	<i>Lactobacillus</i> Cloro de Sodio	Temperatura pH	10° - 45°C < 4,5	Producción de ácidos orgánicos por debajo de 4,5 de pH inhibe crecimiento de microbianos patógenos y deteriorantes.	Speranza et al. (2017)
Pescado fermentado ahumado	BAL Cloro de Sodio Nitritos Humo líquido Dióxido de carbono	Temperatura pH	20° -25°C 3,1 Humo en términos	BAL valoriza los productos del mar. Una concentración de humo > 20 ppm no es	Racioppo et al. (2022)

			lineales $\mu$ máx = - 48,844 CO <sub>2</sub> en términos lineales $\mu$ máx = -2,502	aconsejable porque podría provocar un retraso significativo en el crecimiento del iniciador. 3 – 3,5% (p / p) es la concentración de sal recomendada por el Codex Alimentarius en productos pesqueros con sabor ahumado para evitar la proliferación de bacterias perjudiciales.	
Salami (embutido) fermentado	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> (L. <i>plantarum</i> 11 y 69) Nitritos Cloro de Sodio Sacarosa Pimienta blanca (Combinaciones).	Temperatura  pH  Tiempo	10° -  30°C  4,4  7 días	Recomendado <i>L. plantarum</i> 11 y 69 y parámetros para estandarizar los procesos en industria de productos pesqueros.	Speranza et al. (2020)
Atún procesado	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BY- 45 Cloro de Sodio	Cloro de Sodio (NaCl)  Temperatura	2 - 4%  2°C para eliminación histamina.	<i>L. plantarum</i> B Y-45 eficaz para suprimir la tasa de formación de histamina.	Ramona et al. (2023)

Continuación.

Fuente: Autoría propia

## Conclusiones

Mediante referencias bibliográficas se presentan procedimientos biotecnológicos que se utilizan para la bioconservación de PP con BAL, donde se destacan el uso de bacterias, como *Pediococcus*, *Lactobacillus plantarum*, bacteriocinas, entre otras. Dichas cepas son obtenidas en su mayoría a partir de microbiota de peces y de pescados procesados. Los procedimientos aplicados a PP por inmersión, inóculo de cultivos, espolvoreado, rociado de cultivos, sobrenadante libre de células, microencapsulado de *Lactobacillus* logran inhibir microorganismos patógenos y deteriorantes, así como prolongar la vida útil mejorando las características sensoriales de productos a base de pescados como filete, ahumado, paté, hamburguesa, salchicha, surimi, y otros.

Bibliográficamente se determina que el mecanismo de las BAL y sus metabolitos como las bacteriocinas, es desestabilizar la membrana de las células de los microorganismos patógenos y deteriorantes, produciendo poros que trastornan la integridad de la membrana de la célula diana y en algunas situaciones provocan la muerte celular.

Por medio de referencias bibliográficas se seleccionan parámetros óptimos para la bioconservación de PP con BAL. Entre ellos están la temperatura, el pH, el tiempo y algunos aditivos y/o conservantes como cloruro de sodio, nitritos, humo líquido, sacarosa, aplicados en salchicha de pescado fermentada, pescado ahumado fermentado, embutidos y atún bioconservado. En donde se logran manejar parámetros específicos, dependiendo de la selección de la cepa y del tipo de producto pesquero, además, se obtiene que el pH menor de 4,5 es importante en estos procesos. Los aditivos pueden variar, pero la eficacia en la conservación de PP para mejorar, tanto la calidad como las propiedades sensoriales y aumentar la vida útil, es en especial, debido a la bioconservación con BAL.

## **Recomendaciones**

Este compilado de investigaciones bibliográfica presenta información con procedimientos actualizados para prolongar y mejorar la calidad de los productos pesqueros, por lo cual se recomienda indagar más detalladamente estos métodos de bioconservación con BAL desde la forma de aislar, caracterizar e inocular las bacterias más aptas para usarse contra microorganismos específicos tanto patógenos como deteriorantes para que puedan tener mayor reconocimiento además de ser incorporadas en la industria de alimentos pesqueros de manera efectiva con su debida regulación de partes de autoridades de salud y la alimentación.

### Referencias Bibliográficas

- Aakre, I., Bøkevoll, A., Chaira, J., Bouthir, F. Z., Frantzen, S., Kausland, A., & Kjellevoid, M. (2020). Variation in Nutrient Composition of Seafood from North West Africa: Implications for Food and Nutrition Security. *Foods (Basel, Switzerland)*, *9(10)*, 1516.  
<https://doi.org/10.3390/foods9101516>
- Ahmed, I., Jan, K., Fatma, S., & Dawood, M. A. O. (2022). Muscle proximate composition of various food fish species and their nutritional significance: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *106(3)*, 690–719.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jpn.13711>
- Alves de Oliveira, F., Neto, O.C., Rodrigues dos Santos, L.M., Rocha Ferreira, E.H. & Rosenthal, A. (2017). Effect of high pressure on fish meat quality – A review. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.014>
- Aspevik, T., Oterhals, Å., Rønning, S. B., Altintzoglou, T., Wubshet, S. G., Gildberg, A., Afseth, N.K., Whitaker, R.D. & Lindberg, D. (2017). Valorization of Proteins from Co- and By-Products from the Fish and Meat Industry. *Topics in Current Chemistry*, *375(3)*.  
<https://doi.org/doi:10.1007/s41061-017-0143-6>
- Assogba, M. F., Afé, O. H. I., Ahouansou, R. H., Anihouvi, D. G. H., Kpoclou, Y. E., Djago, D., ... Anihouvi, V. B. (2021). Performances of the barrel kiln used in cottage industry for fish processing and effects on physicochemical characteristics and safety of smoked fish products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.  
<https://doi.org/doi:10.1002/jsfa.11421>
- Ayivi, R.D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S.O., Worku, M., Tahergorabi, R., da Silva, R.C. & Ibrahim, S. A. (2020). Lactic Acid Bacteria: Food Safety and Human Health

Applications. *Dairy*, 1, 202–232. <https://doi.org/doi:10.3390/lácteos1030015>

Aymerich, T., Rodríguez, M., Garriga, M., & Bover-Cid, S. (2019). Assessment of the bioprotective potential of lactic acid bacteria against *Listeria monocytogenes* on vacuum-packed cold-smoked salmon stored at 8 °C. *Food Microbiology*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.04.011>

Azam, M., Mohsin, M., Ijaz, H., Tulain, U. R., Ashraf, M. A., Fayyaz, A., Abadeen, Z., & Kamran, Q. (2017). Review - Lactic acid bacteria in traditional fermented Asian foods. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30 (5), 1803–1814.

Bangar, S., Suri, S., Trif, M. & Ozogul, F. (2022). Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach. *Food Bioscience*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101615>.

Belleggia, L., Ferrocino, I., Corvaglia, M.R., Cesaro, C., Milanović, V., Cardinali, F., Garofalo, C., Cocolin, L., Aquilanti, L. & Osimani, A. (2022). Profiling of autochthonous microbiota and characterization of the dominant lactic acid bacteria occurring in fermented fish sausages. *Food Research International*, 154. <https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996922000473>

Bolívar, A., Correia Peres Costa, J. C., Posada-Izquierdo, G. D., Bover-Cid, S., Zurera, G., & Pérez-Rodríguez, F. (2021). Quantifying the bioprotective effect of *Lactobacillus sakei* CTC494 against *Listeria monocytogenes* on vacuum packaged hot-smoked sea bream. *Food Microbiology*, 94, 103649. <https://doi.org/doi:10.1016/j.fm.2020.103649>

Bolívar, A., Tarlak, F., Costa, J. C. C. P., Cejudo-Gómez, M., Bover-Cid, S., Zurera, G., & Pérez-Rodríguez, F. (2021). A new expanded modelling approach for investigating the bioprotective capacity of *Lactobacillus sakei* CTC494 against *Listeria monocytogenes* in

ready-to-eat fish products. *Food Research International*, 147, 11054.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.foodres.2021.110545>

Borges, F., Briandet, R., Callon, C., Champomier-Vergès, M-C., Christieans, S., Chuzeville, S., Denis, C., Desmasures, N., Desmonts, M-H., Feurer, C., Leroi, F., Leroy, S., Mounier, J., Passerini, D., Pilet, M-F., Schlusshuber, M., Stahl, V., Strub, C., M. (2022). Contribution of omics to biopreservation: Toward food microbiome engineering. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/doi10.3389/fmicb.2022.951182>

Čanak, I., Markov, K., Melvan, E., Starčević, A., ... Živković, M. (2018). Isolation and Characterisation of *L. plantarum* O1 Producer of Plantaricin as Potential Starter Culture for the Biopreservation of Aquatic Food Products. *Food Technology and Biotechnology*, 56(4). <https://doi.org/doi:10.17113/ftb.56.04.18.5707>

Ceylan, Z., Uslu, E., İspirli, H., Meral, R., Gavgalı, M., Yılmaz, M. T., & Dertli, E. (2019). A novel perspective for *Lactobacillus reuteri*: Nanoencapsulation to obtain functional fish fillets. *LWT*, 115, 10842. <https://doi.org/doi:10.1016/j.lwt.2019.108427>

Chan, S. S., Roth, B., Jessen, F., Jakobsen, A. N., & Lerfall, J. (2022). Water holding properties of Atlantic salmon. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 477–498. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12871>

Chen, J., Jayachandran, M., Bai, W., & Xu, B. (2022). A critical review on the health benefits of fish consumption and its bioactive constituents. *Food Chemistry*, 369.

Chintagari, S., Hazard, N., Edwards, G., Jadeja, R. & Janes, M. (2017). Risks Associated with Fish and Seafood. *Microbiol Spectrum*, 5(1):PFS00, 123–142. <https://doi.org/doi:10.1128/microbiolspec.pfs-0013-2016>

Costa, J. C. C. P., Bover-Cid, S., Bolívar, A., Zurera, G., & Pérez-Rodríguez, F. (2019).

- Modelling the interaction of the sakacin-producing *Lactobacillus sakei* CTC494 and *Listeria monocytogenes* in filleted gilthead sea bream (*Sparus aurata*) under modified atmosphere packaging at isothermal and non-isothermal conditions. *International Journal of Food Microbiology*. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2019.0>
- Currey, R. (2021). Pesca sostenible, mayor rendimiento pesquero y abastecimiento mundial de alimentos. In . *MSC. Marine Stewardship Council*. [https://www.msc.org/docs/default-source/es-files/notas-de-prensa-completas/msc\\_insights\\_espanol.pdf%0A%0A](https://www.msc.org/docs/default-source/es-files/notas-de-prensa-completas/msc_insights_espanol.pdf%0A%0A)
- Darbandi, A., Asadi, A., Mahdizade Ari, M., Ohadi, E., Talebi, M., Halaj Zadeh, M., Darb Emamie, A., Ghanavati, R., & Kakanj, M. (2019). Bacteriocins: Properties and potential use as antimicrobials. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, *36*(1).  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8761470/>
- Duarte, AM, Silva, F., Pinto, FR, Barroso, S., & Gil, M. (. (2020). Evaluación de la Calidad del Pescado Refrigerado y Congelado-Mini Revisión. *Foods (Basilea, Suiza)*, *9*.  
<https://doi.org/10.3390/foods9121739>
- FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. 224 p. <https://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf>.
- FAO. (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Feng, L. U., Li, Y., Ma, C., & Tuo, Y. (2021). Bacterial Diversity of Sun-Dried Spanish Mackerel in Dalian and Application of *Lactobacillus plantarum* X23 as a Biopreservative. *Journal of Food Protection*, *84*(12), 2133–2142. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/JFP-21-057>
- Fotso Techeu, U. D., Kaktcham, P. M., Momo, H. K., Foko Kouam, E. M., Tchamani Piamé, L.,

- Ngouenam, R. J., & Zambou Ngoufack, F. (2022). Isolation, Characterization, and Effect on Biofilm Formation of Bacteriocin Produced by *Lactococcus lactis* F01 Isolated from *Cyprinus carpio* and Application for Biopreservation of Fish Sausage. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2022/8437926>
- Fuentes, M., Londoño, A., Durango, M., Gutiérrez, M., Ochoa, S. & Sepúlveda, J. (2017). Capacidad antimicrobiana de bacterias ácido lácticas autóctonas aisladas de queso doble crema y quesillo colombiano. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15n1/v15n1a06.pdf>
- Gámez-Villazana, J., Fernández-Molina, J. & Ojeda, J. (2021a). Principios de la tecnología de obstáculos en productos pesqueros. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 29 (53). <https://www.researchgate.net/publication/353765046>
- Gámez-Villazana, J., Fernández-Molina, J. & Ojeda, J. (2021b). Pulpa De Pescado De Aguas Continentales Y Su Potencial Utilización En La Elaboración De Embutidos. *Revista Alimentos Hoy, Vol 29, No.* <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/592/454>
- Garbacz, K. (2022). Anticancer activity of lactic acid bacteria. *Seminars in Cancer Biology*, Volume 86, 356–366. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2021.12.013>
- Giribaldi, M., Gai, F., Peiretti, P. G., Ortoffi, M. F., Lavermicocca, P., Lonigro, S. L., ... Cavallarin, L. (2018). Quality of ready-to-eat swordfish fillets inoculated with *Lactobacillus paracasei* IMPC 2.1. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/doi:10.1002/jsfa.9161>
- Gómez-Sala, B., Herranz, C., Díaz-Freitas, B., Hernández, P. E., Sala, A., & Cintas, L. M. (2016). Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish:

- Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin. *International Journal of Food Microbiology*. *International Journal of Food Microbiology*, 223, 41–49.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.005>
- Gómez, B., Munekata, P. E. S., Gavahian, M., Barba, F. J., Martí-Quijal, F. J., Bolumar, T., Lorenzo, J. M. (2019). Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. *Food Research International*. doi:10.1016/j.foodres.2019.04.04
- Hamad, G., Ombarak, R., Eskander, M., Mehany, T., Anees, F., Elfayoumy, R., Omar, S., Lorenzo, J., & Abou-Alella, S. (2022). Detection and inhibition of *Clostridium botulinum* in some Egyptian fish products by probiotics cell-free supernatants as bio-preservation agents. *LWT, Volume 163*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113603>.
- Hammami, R., Fliss, I., & Corsetti, A. (2019). Application of Protective Cultures and Bacteriocins for Food Biopreservation. *Frontiers in Microbiology*, 10.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01561>
- Hernández-González, J. C., Martínez-Tapia, A., Lazcano-Hernández, G., García-Pérez, B. E., & Castrejón-Jiménez, N. S. (2021). Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria. A Powerful Alternative as Antimicrobials, Probiotics, and Immunomodulators in Veterinary Medicine. *Animals*, 11(4), 979. <https://doi.org/doi:10.3390/ani11040979>
- Iacumin, L., Pellegrini, M., Sist, A., Tabanelli, G., Montanari, C., Bernardi, C., & Comi, G. (2022). Improving the Shelf-Life of Fish Burgers Made with a Mix of Sea Bass and Sea Bream Meat by Bioprotective Cultures. *Microorganisms*, 10(9), 178.  
<https://doi.org/10.3390/microorganisms10091786>
- Ibrahim, O. (2019). Classification of Antimicrobial Peptides Bacteriocins, and the Nature of Some Bacteriocins with Potential Applications in Food Safety and Bio-Pharmaceuticals”.

*EC Microbiology*, 15.7, 591–608. [https://www.researchgate.net/profile/Osama-Ibrahim-26/publication/334139250\\_EC\\_MICROBIOLOGY\\_Classification\\_of\\_Antimicrobial\\_Peptides\\_Bacteriocins\\_and\\_the\\_Nature\\_of\\_Some\\_Bacteriocins\\_with\\_Potential\\_Applications\\_in\\_Food\\_Safety\\_and\\_Bio-Pharmaceuticals\\_Classi](https://www.researchgate.net/profile/Osama-Ibrahim-26/publication/334139250_EC_MICROBIOLOGY_Classification_of_Antimicrobial_Peptides_Bacteriocins_and_the_Nature_of_Some_Bacteriocins_with_Potential_Applications_in_Food_Safety_and_Bio-Pharmaceuticals_Classi)

Jääskeläinen, E., Jakobsen, L. M. A., Hultman, J., Eggers, N., Bertram, H. C., & Björkroth, J. (2019). Metabolomics and bacterial diversity of packaged yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and salmon (*Salmo salar*) show fish species-specific spoilage development during chilled storage. *International Journal of Food Microbiology*. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12>

Jérôme, M., Passerini, D., Chevalier, F., Marchand, L., Leroi, F. & Macé, S. (2022). Development of a rapid qPCR method to quantify lactic acid bacteria in cold-smoked salmon. *International Journal of Food Microbiology*, 363. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109504>.

Jo, D.-M., Park, S.-K., Khan, F., Kang, M.-G., Lee, J.-H., & Kim, Y.-M. (2020). An approach to extend the shelf life of ribbonfish fillet using lactic acid bacteria cell-free culture supernatant. *Food Control*, 107731. <https://doi.org/doi:10.1016/j.foodcont.2020.1077>

Kaktcham, P. M., Tchamani Piame, L., Sandjong Sileu, G. M., Foko Kouam, E. M., Temgoua, J.-B., Zambou Ngoufack, F., & de Lourdes Pérez-Chabela, M. (2019). Bacteriocinogenic *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 3MT isolated from freshwater Nile Tilapia: isolation, safety traits, bacteriocin characterisation, and application for biopreservation in fish pâté. *Archives of Microbiology*. <https://doi.org/doi:10.1007/s00203-019-01690-4>

Khalili Tilami, S., & Sampels, S. (2017). Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243–253.

<https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>

Kuley, E., Durmus, M., Balikci, E., Ucar, Y., Regenstein, J. M., & Özoğul, F. (2016). Fish spoilage bacterial growth and their biogenic amine accumulation: Inhibitory effects of olive by-products. *International Journal of Food Properties*, *20*(5), 1029–1043.

<https://doi.org/doi:10.1080/10942912.2016.1193516>

Kuley, E., Kuscu, M. M., Durmus, M., & Ucar, Y. (2021). Inhibitory activity of Co-microencapsulation of cell free supernatant from *Lactobacillus plantarum* with propolis extracts towards fish spoilage bacteria. *LWT*, *146*, 11143.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.lwt.2021.111433>

Kuley E., Yazgan, H., Özogul, Y., Ucar Y., Durmus, M., Özyurt, G. & Ayas, D. (2021). Effectiveness of *Lactobacilli* cell-free supernatant and propolis extract microcapsules on oxidation and microbiological growth in sardine burger. *Food Bioscience*, *Volume 44*.

<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101417>

Kumariya, R., Garsa, A. K., Rajput, Y. S., Sood, S. K., Akhtar, N., & Patel, S. (2019).

Bacteriocins: Classification, synthesis, mechanism of action and resistance development in food spoilage causing bacteria. *Microbial Pathogenesis*, *128*, 171–177.

<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.002>

Kunnath, S., Jaganath, B., Panda, S. K., Ravishankar, C. N., & Gudipati, V. (2022). Modifying textural and functional characteristics of fish (*Nemipterus japonicus*) mince using high pressure technology. *Journal of Food Science and Technology*, *59*(10), 4122–4133.

<https://doi.org/10.1007/s13197-022-05466-5>

Levit, R., Savoy de Giori, G., de Moreno de LeBlanc, A. & LeBlanc, J. (2020). *Recent update on lactic acid bacteria producing riboflavin and folates: application for food fortification and*

- treatment of intestinal inflammation*. 30(5), 1412–1424. <https://doi.org/10.1111/jam.14854>
- Li, C., Zhao, Y., Wang, Y., Li, L., Huang, J., Yang, X., Chen, S. & Zhao, Y. (2022). Contribution of microbial community to flavor formation in tilapia sausage during fermentation with *Pediococcus pentosaceus*. *LWT*, 154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112628>.
- Li, C., Zhao, Y., Wang, Y., Li, L., Yang, X., Chen, S., ... Zhou, W. (2021). Microbial community changes induced by *Pediococcus pentosaceus* improve the physicochemical properties and safety in fermented tilapia sausage. . . *Food Research International*, 147. <https://doi.org/doi:10.1016/j.foodres.2021.11047>
- Li, L., & Xu, Y. (2020). Influence of *Lactobacillus plantarum* on managing lipolysis and flavor generation of *Staphylococcus xylosus* and *Saccharomyces cerevisiae* in fish paste. *LWT*, 110709. <https://doi.org/doi:10.1016/j.lwt.2020.110709>
- Liu, J., Lin, C., Zhang, W., Yang, Q., Meng, J., He, L., ... Zeng, X. (2021). Exploring the bacterial community for starters in traditional high-salt fermented Chinese fish (Suanyu). *Food Chemistry*, 358. <https://doi.org/doi:10.1016/j.foodchem.2021.129863>
- Liu, X., Huang, Z., Jia, S., Zhang, J., Li, K., & Luo, Y. (2018). The roles of bacteria in the biochemical changes of chill-stored bighead carp (*Aristichthys nobilis*): Proteins degradation, biogenic amines accumulation, volatiles production, and nucleotides catabolism. *Food Chemistry*, 255, 174–181. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.foodchem.2018.02.069>
- Lv, X., Ma, H., Sun, M., Lin, Y., Bai, F., Li, J., & Zhang, B. (2018). A novel bacteriocin DY4-2 produced by *Lactobacillus plantarum* from cutlassfish and its application as bio-preservative for the control of *Pseudomonas fluorescens* in fresh turbot (*Scophthalmus*

*maximus*) fillets. *Food Control*, 89, 22–31.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.foodcont.2018.02.002>

Lyashenko, S., Chileh-Chelh, T., Rincón-Cervera, M. Á., Lyashenko, S. P., Ishenko, Z., Denisenko, O., Karpenko, V., Torres-García, I., & Guil-Guerrero, J. L. (2023). Screening of Lesser-Known Salted-Dried Fish Species for Fatty Acids, Tocols, and Squalene. *Foods*. *Basel, Switzerland*, 12(5), 108. <https://doi.org/10.3390/foods12051083>

Mei, J., Ma, X., & Xie, J. (2019). Review on Natural Preservatives for Extending Fish Shelf Life. *Basel, Switzerland*. <https://doi.org/10.3390/foods8100490>

Mielcarek, K., Puścion-Jakubik, A., Gromkowska-Kępcza, K. J., Soroczyńska, J., Naliwajko, S. K., Markiewicz-Żukowska, R., Moskwa, J., Nowakowski, P., Borawska, M. H., & Socha, K. (2020). Proximal Composition and Nutritive Value of Raw, Smoked and Pickled Freshwater Fish. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(12), 1879. <https://doi.org/doi:10.3390/foods9121879>

Mindjimba, K., Rosenthal, I., Diei-Ouadi, Y., Bomfeh, K. and Randrianantoandro, A. (2019). FAO-Thiaroye processing technique: towards adopting improved fish smoking systems in the context of benefits, trade-offs and policy implications from selected developing countries. In *FAO Fisheries and Aquaculture Paper* (639th ed.).

Mokoena, M. P. (2017). Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(8), 125. <https://doi.org/10.3390/molecules22081255>

OCDE. (2016). *Pesca y acuicultura en Colombia*.

[https://www.oecd.org/colombia/Fisheries\\_Colombia\\_SPA\\_rev.pdf](https://www.oecd.org/colombia/Fisheries_Colombia_SPA_rev.pdf)

Odeyemi, O. A., Burke, C. M., Bolch, C. C. J., & Stanley, R. (2018). Seafood spoilage

microbiota and associated volatile organic compounds at different storage temperatures and packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 280, 87–99.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12>

OMS & FAO. (2022). *Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros*.

<https://doi.org/10.4060/cb0658es>

Pal, J., Shukla, BN., Maurya, A., Verma, H., Pandey, G. & A. (2018a). A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 427–430.

<https://www.fisheriesjournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartF/6-2-50-593.pdf>

Pal, J., Shukla, BN., Maurya, A., Verma, H., Pandey, G. & A. (2018b). A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2):, 427–430.

<https://www.fisheriesjournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartF/6-2-50-593.pdf>

Petrova P, Arsov A, Tsvetanova F, Parvanova-Mancheva T, Vasileva E, Tsigoriyna L, P. K. (2022). The Complex Role of Lactic Acid Bacteria in Food Detoxification. *Nutrients*, 14(10), 2038.

Plaza-Diaz, J., Ruiz-Ojeda, F. J., Gil-Campos, M., & Gil, A. (2019). Mechanisms of Action of Probiotics. *Advances in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy063>

Prabhakar, P. K., Vatsa, S., Srivastav, P. P., & Pathak, S. S. (2020). A Comprehensive Review on Freshness of Fish and Assessment: Analytical Methods and Recent Innovations. *Food Research International*, 133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109157>

Racioppo, A., Campaniello, D., Sinigaglia, M., Bevilacqua, A., Speranza, B., & Corbo, M. R. (2022). Use of Food Spoilage and Safety Predictor for an “A Priori” Modeling of the

- Growth of Lactic Acid Bacteria in Fermented Smoked Fish Products. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(7), 946. <https://doi.org/10.3390/foods11070946>
- Ramona, Y., Oktariani, A., Wirasuta, I., Made, T., Sarkar, D. & Shetty, K. (2023). Suppression of histamine formation in processed tuna fish using probiotic (*Lactobacillus plantarum* BY-45). *NFS Journal*, 31, 133–141. [https://doi.org/DO - 10.1016/j.nfs.2023.05.001](https://doi.org/DO-10.1016/j.nfs.2023.05.001)
- Rathod, N. B., Ranveer, R. C., Benjakul, S., Kim, S., Pagarkar, A. U., Patange, S., & Ozogul, F. (2021). Recent developments of natural antimicrobials and antioxidants on fish and fishery food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 4182–4210. <https://doi.org/doi:10.1111/1541-4337.12787>
- Roca-Lanao B., Mendoza-Ureche, R. & M. L. (2022). Producción de acuicultura en los departamentos de Córdoba, Huila y Tolima: Resultados de la prueba piloto de la metodología de estimación. *Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)*. [http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletines-2022/SEPEC\\_Boletin\\_Tecnico\\_Produccion\\_Acuicultura\\_2022.pdf](http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletines-2022/SEPEC_Boletin_Tecnico_Produccion_Acuicultura_2022.pdf)
- Sarika, A. R., Aaron, P., Lipton, & Aishwarya, M. S. (2019). Biopreservative Efficacy of Bacteriocin GP1 of *Lactobacillus rhamnosus* GP1 on Stored Fish Filets. *Frontiers in Nutrition*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2019.00029/full>
- Senapati, M., & Sahu, P. P. (2020). Onsite fish quality monitoring using ultra-sensitive patch electrode capacitive sensor at room temperature. *Biosensors and Bioelectronics*, 168. <https://doi.org/doi:10.1016/j.bios.2020.112570>
- Sheng, L., & Wang, L. (2020). The microbial safety of fish and fish products: Recent advances in understanding its significance, contamination sources, and control strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

<https://doi.org/doi:10.1111/1541-4337.12671>

Singh, V. P. (2018). Recent approaches in food bio-preservation - a review. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 104–111. <https://doi.org/10.4314/ovj.v8i1.16>

Sireesha, T., Nanje Gowda, N.A. & Kambhampati, V. (2022). Ultrasonication in seafood processing and preservation: a comprehensive review. *Applied Food Research*, 2(2). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100208>

Skjelvareid, M. H., Stormo, S. K., Þórarinsdóttir, K. A., & Heia, K. (2017). Weakening Pin Bone Attachment in Fish Fillets Using High-Intensity Focused Ultrasound. *Foods*. *Basel, Switzerland*, 6(9), 82. <https://doi.org/10.3390/foods6090082>

Speranza, B., Racioppo, A., Beneduce, L., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R. (2017). Autochthonous lactic acid bacteria with probiotic aptitudes as starter cultures for fish-based products. . . *Food Microbiology*, 65, 244–253. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.03.010>

Speranza, B., Racioppo, A., Bevilacqua, A., Buzzo, V., Marigliano, P., Mocerino, E., Scognamiglio, R., Corbo, M. R., Scognamiglio, G., & Sinigaglia, M. (2021). Innovative Preservation Methods Improving the Quality and Safety of Fish Products: Beneficial Effects and Limits. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(11), 28. <https://doi.org/10.3390/foods10112854>

Speranza, B., Racioppo, A., Campaniello, D., Altieri, C., Sinigaglia, M., Corbo, M. R., & Bevilacqua, A. (2020). Use of Autochthonous *Lactiplantibacillus plantarum* Strains to Produce Fermented Fish Products. *Frontiers in Microbiology*, 11, 615904. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.615904>

Strasburg, G.M. & Xiong, Y. L. (2017). *Fennema's Food Chemistry. Fifth edition. Chapter 15. Physiology and chemistry of edible muscle tissues.*

<http://repository.universitاسbumigora.ac.id/862/735/219> Food Chemistry.pdf

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2017). Food Matters: Fish, Income, and Food Supply—A Comparative Analysis. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(1), 26(1).

<https://doi.org/doi:10.1080/23308249.2017.132865>

Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., Silva, A. M., & Saraiva, J. A. (2021). Fresh Fish Degradation and Advances in Preservation Using Physical Emerging Technologies. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(4), 780.

<https://doi.org/10.3390/foods10040780>

Tayel, A. A. (2016). Microbial chitosan as a biopreservative for fish sausages. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 41–46.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.ijbiomac.2016.08.061>

Torres, M. (2020). *Gestión Pesquera Diagnóstico Pesquero*. 97. <https://natura.org.co/wp-content/uploads/2021/04/Diagnóstico-Pesquero-Zapatoasa.pdf>

Venslauskas, K., Navickas, K., Nappa, M., Kangas, P., Mozūraitė, R., Šližytė, R., & Župerka, V. (2021). Energetic and Economic Evaluation of Zero-Waste Fish Co-Stream Processing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5).

<https://doi.org/10.3390/ijerph18052358>

Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I., & Drider, D. (2019). Benefits and Inputs From Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters During Food-Animal Production. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/doi:10.3389/fmicb.2019.00057>

Visciano, P., Schirone, M., & Paparella, A. (2020). n Overview of Histamine and Other Biogenic Amines in Fish and Fish Products. *Foods*, 9(12). <https://doi.org/doi:10.3390/foods9121795>

- Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>
- Wright, M. H., Shalom, J., Matthews, B., Greene, A. C., & Cock, I. E. (2018). Terminalia ferdinandiana Exell: Extracts inhibit *Shewanella* spp. growth and prevent fish spoilage. *Food Microbiology*, 78, 114–122. <https://doi.org/doi:10.1016/j.fm.2018.10.006>
- Xu, H., Xiao, N., Xu, J., Guo, Q., & Shi, W. (2022). Effect of *Lactobacillus plantarum* and flavourzyme on physicochemical and safety properties of grass carp during fermentation. *Food Chemistry*: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100392>
- Xu, Y., Li, L., Xia, W., Zang, J., & Gao, P. (2019). The role of microbes in free fatty acids release and oxidation in fermented fish paste. *LWT*, 101, 323–330. <https://doi.org/doi:10.1016/j.lwt.2018.11.027>
- Xuan Nguyen, N., Daniel, P., Pilard, J-F., Cariou, R., Gigout, F. & Leroi, F. (2022). Antibacterial activity of plasma-treated polypropylene membrane functionalized with living *Carnobacterium divergens* in cold-smoked salmon. *Food Control*, 137. 10890. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108903>.
- Yang, Z., Tao, X., Zhang, H., Rao, S., Gao, L., Pan, Z., & Jiao, X. (2019). Isolation and characterization of virulent phages infecting *Shewanella baltica* and *Shewanella putrefaciens*, and their application for biopreservation of chilled channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *International Journal of Food Microbiology*, 292, 107–117. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2018.1>
- Yemmen, C. & Gargouri, M. (2022). Potential hazards associated with the consumption of

- Scombridae* fish: Infection and toxicity from raw material and processing. *Journal of Applied Microbiology*, 132(6). <https://doi.org/10.1111/jam.15499>
- Yi, Z., & Xie, J. (2021). Comparative Proteomics Reveals the Spoilage-Related Factors of *Shewanella putrefaciens* Under Refrigerated Condition. *Frontiers in Microbiology*, 12. [https://doi.org/DOI: 10.3389/fmicb.2021.740482](https://doi.org/DOI:10.3389/fmicb.2021.740482)
- Yu, D., Wu, L., Regenstein, J. M., Jiang, Q., Yang, F., Xu, Y., & Xia, W. (2019). Recent advances in quality retention of non-frozen fish and fishery products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–13. <https://doi.org/doi:10.1080/10408398.2019.1596067>
- Zapaśnik, A., Sokołowska, B., & Bryła, M. (2022). Role of Lactic Acid Bacteria in Food Preservation and Safety. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(9), 1283.
- Zhao, Y.-M., de Alba, M., Sun, D.-W., & Tiwari, B. (2018). Principles and recent applications of novel non-thermal processing technologies for the fish industry—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–15. <https://doi.org/doi:10.1080/10408398.2018.149561>
- Zhao, Y., Wang, Y., Li, C., Li, L., Yang, X., Wu, Y., ... Zhao, Y. (2021). Novel insight into physicochemical and flavor formation in naturally fermented tilapia sausage based on microbial metabolic network. *Food Research International*, 141. <https://doi.org/doi:10.1016/j.foodres.2021.110122>
- Zhou, Y., Wu, S., Peng, Y., Jin, Y., Xu, D. & Xu, X. (2021). Effect of lactic acid bacteria on mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) seasoning quality and flavor during fermentation,. *Food Bioscience*, 41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100971>
- Zhuang, S., Hong, H., Zhang, L., & Luo, Y. (2021). Spoilage-related microbiota in fish and crustaceans during storage: Research progress and future trends. *Comprehensive*.

*Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 252–288.

<https://doi.org/DOI: 10.1111/1541-4337.12659>

Zhuang, S., Tan, Y., Hong, H., Li, D., Zhang, L., & Luo, Y. (2022). Exploration of the roles of spoilage bacteria in degrading grass carp proteins during chilled storage: A combined metagenomic and metabolomic approach. *Food Research International*, 152, Artic.

<https://doi.org/DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110926>

Zhuang, S., Tian, L., Liu, Y., Wang, L., Hong, H., L. Y. (2023). Amino acid degradation and related quality changes caused by common spoilage bacteria in chill-stored grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Food Chemistry*, 399. <https://doi.org/DOI:>

[10.1016/j.foodchem.2022.133989](https://doi.org/DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133989)

## Anexos

## Anexo 1

## Selección de artículos de las bases de datos Scopus, ScienceDirect y PubMed

N°	Artículo	Autor	Año – País	Revista
1.	Effect of <i>Lactobacillus plantarum</i> and flavourzyme on physicochemical and safety properties of grass carp during fermentation	Xu, H., Xiao, N., Xu, J., Guo, Q., Shi, W.	2022 China	Food Chemistry
2.	Profiling of autochthonous microbiota and characterization of the dominant lactic acid bacteria occurring in fermented fish sausages.	Belleggia, L., Ferrocino, I., Rita Corvaglia, M., Cesaro, C., Milanović, V., Cardinali, F., Garofalo, C., Cocolin, L., Aquilanti, L., & Osimani, A.	2022 Italia	Food research international
3.	Thuricins: Novel Leaderless Bacteriocins with Potent Antimicrobial Activity Against Gram-Positive Foodborne Pathogens	Deng, S., Liu, S., Li, X., Zeng, X., Xin, B.	2022 China	Journal of Agricultural and Food Chemistry
4.	Isolation, Characterization, and Effect on Biofilm Formation of Bacteriocin Produced by <i>Lactococcus lactis</i> FO1 Isolated from <i>Cyprinus carpio</i> and Application for Biopreservation of Fish Sausage.	Fotso Techeu UD, Kaktcham PM, Momo HK, Foko Kouam EM, Tchamani Piame L, Ngouenam RJ, Zambou Ngoufack F.	2022 Camerún	BioMed Research International
5.	Mechanisms underlying the deterioration of fish quality after harvest and methods of preservation	Nie, X., Zhang, R., Cheng, L.,...Li, S., Chen, X.	2022 China	Food Control
6.	Retrospecting the concept and industrial significance of LAB bacteriocins	Punia Bangar, S., Chaudhary, V., Singh, T.P., Özogul, F.	2022 India	Food Bioscience
7.	Improving the Shelf-Life of Fish Burgers Made with a Mix of Sea Bass and Sea Bream Meat by Bioprotective Cultures	Iacumin, L., Pellegrini, M., Sist, A., (...), Bernardi, C., Comi, G.	2022 Italia	Microorganisms
8.	Evaluation of Different Techniques, including Modified Atmosphere, under Vacuum Packaging, Washing, and <i>Lactobacillus sakei</i> as a Bioprotective Agent, to Increase the Shelf-Life of Fresh Guttled Sea Bass ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) and Sea Bream ( <i>Sparus aurata</i> ) Stored at $6 \pm 2$ °C	Iacumin, L., Jayasinghe, A.S., Pellegrini, M., Comi, G	2022 Italia	Biology
9.	Current status and potentiality of class II bacteriocins from lactic acid bacteria: structure, mode of action and applications in the food industry	Yi, Y., Li, P., Zhao, F., ...Zhao, X., Lü, X.	2022 China	Trends in Food Science & Technology
10.	The evolution of knowledge on seafood spoilage microbiota from the 20th to the 21st century: Have we finished or just begun?	Anagnostopoulos, D.A., Parlapani, F.F., Boziaris, I.S.	2022 Grecia	Trends in Food Science & Technology
11.	Lactic acid bacteria as probiotics in sustainable development of aquaculture	Chizhayeva, A., Amangeldi, A., Oleinikova, Y., Alybaeva, A., Sadanov, A	2022 República	Aquat. Living Resour

			de Kazajstán		
12.	Occurrence of biogenic amines and their correlation with bacterial communities in the Ivorian traditional fermented fish adjuevan during the storage	Abré, M.G., Kouakou-Kouamé, C.A., N'guessan, F.K., Teyssier, C., Montet, D.	2022 Costa de Marfil	Folia (Praha)	Microbiol
13.	Analysis of bacteriocins of lactic acid bacteria isolated from fermentation of rebon shrimp ( <i>Acetes sp.</i> ) in South Sorong, Indonesia as antibacterial agents	Sukmawati, S., Sipriyadi, Yunita, M., Dewi, N.K., Noya, E.D.	2022 Indonesia	Biodiversitas	Journal of Biological Diversity
14.	Assessment of Spoilage Microbiota of Rainbow Trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) during Storage by 16S rDNA Sequencing	Du, G., Gai, Y., Zhou, H., Fu, S., Zhang, D.	2022 China	Journal of Food Quality	
15.	<i>Carnobacterium</i> as a bioprotective and potential probiotic culture to improve food quality, food safety, and human health—a scoping review	Evangelista, A.G., Danielski, G.M., Corrêa, J.A.F., ...Luciano, F.B., Macedo, R.E.F.D.	2022 Brasil	Crit Rev Food Sci Nutr	
16.	Utilization of Agro-Industrial Byproducts for Bacteriocin Production Using <i>Enterococcus spp.</i> Strains Isolated from Patagonian Marine Invertebrates.	Sosa, F.M., Parada, R.B., Marguet, E.R., Vallejo, M.	2022 Argentina	Curr Microbiol.	
17.	Antioxidant and antimicrobial preservatives: Properties, mechanism of action and applications in food—a review.	Bensid, A., El Abed, N., Houicher, A., Regenstein, J.M., Özogul, F.	2022 Argelia	Critical Reviews in Food Science and Nutrition	
18.	Effect of Microbial Community Structure on Quality Formation of Naturally Fermented Tilapia Surimi   [罗非鱼鱼糜自然发酵过程中微生物群落结构对其品质形成的影响]	Zhao, Y., Li, C., Wang, Y., (...), Li, L., Huang, H.	2021 China	Shipin Kexue/Food Science	
19.	Recent developments in applications of lactic acid bacteria against mycotoxin production and fungal contamination	Bangar, S.P., Sharma, N., Kumar, M., Purewal, S.S., Trif, M.	2021 India	Food Bioscience	
20.	Recent advances in bio-preservatives impacts of lactic acid bacteria and their metabolites on aquatic food products	Rathod, N.B., Phadke, G.G., Tabanelli, G., ...Pagarkar, A., Ozogul, F.	2021 India	Food Bioscience	
21.	Use of biopreservation to improve the quality of fresh aquatic products ( Book Chapter)	Campos, C.A., Aubourg, S.P., Schelegueda, L.I.	2021 España		
22.	Korean kimchi-derived lactic acid bacteria inhibit foodborne pathogenic biofilm growth on seafood and food processing surface materials	Toushik, S.H., Kim, K., Ashrafudoulla, M., Kim, Y., Ha, S.-D.	2021 Corea del Sur	Food Control	
23.	Influence of <i>Lactobacillus plantarum</i> on managing lipolysis and flavor generation of <i>Staphylococcus xylosus</i> and <i>Saccharomyces cerevisiae</i> in fish paste	Li, L.& Xu, Y.	2021 China	LWT	

24.	The applications of <i>Lactobacillus plantarum</i> -derived extracellular vesicles as a novel natural antibacterial agent for improving quality and safety in tuna fish	Lee, B.-H., Wu, S.-C., Shen, T.-L., (...), Chen, C.-H., Hsu, W.-H.	2021 Taiwán	Food Chem
25.	Lactic fermentation of cooked, comminuted mussel, <i>Perna canaliculus</i>	Kitundu, E., Young, O., Seale, B., Owens, A.	2021 Nueva Zelanda	Food Microbiol.
26.	Impact of onboard chitosan treatment of whole cod ( <i>Gadus morhua</i> ) on the shelf life and spoilage bacteria of loins stored superchilled under different atmospheres	Skírnisdóttir, S., Knobloch, S., Lauzon, H.L., ...Bergsten, P., Marteinson, V.P.	2021 Islandia	Food Microbiology
27.	Recent developments of natural antimicrobials and antioxidants on fish and fishery food products	Rathod, N.B., Ranveer, R.C., Benjakul, S., Patange, S., Ozogul, F.	2021 India	Comprehensive reviews in food science and food safety
28.	Inhibitory activity of Co-microencapsulation of cell free supernatant from <i>Lactobacillus plantarum</i> with propolis extracts towards fish spoilage bacteria	Kuley, E., Kuscu, M.M., Durmus, M., Ucar, Y.	2021 Turquía	LWT
29.	Hydrolysis of raw fish proteins extracts by <i>Carnobacterium maltaromaticum</i> strains isolated from Argentinean freshwater fish	Dallagnol, A.M., Pescuma, M., Espínola, N.G., Vera, M., Vignolo, G.M.	2021 Argentina	Biotechnology Reports
30.	Synergistic of antimicrobial activities of lactic acid bacteria in fermented Tilapia niloticus incorporated with selected spices.	Ismail, A., Lani, M.N., Zakeri, H.A., Alias, R., Mansor, A.	2021 Malasia	Food Research
31.	Chemical and microbial properties of a fermented fish sauce in the presence of <i>Lactobacillus plantarum</i> and <i>Paenibacillus polymyxa</i>	Nazari, M., Mooraki, N., Sedaghati, M.	2021 Irán	Iranian Journal of Fisheries Sciences
32.	Effect of a <i>Lactobacillus sakei</i> (LAK-23) culture on growth of <i>Listeria monocytogenes</i> intentionally inoculated into fillets of cold smoked sea bass vacuum packed and stored at 6°C   Influenza di <i>Lactobacillus sakei</i> (LAK-23) sulla crescita di <i>Listeria monocytogenes</i> intenzionalmente inoculata in filetti di branzino affumicati a freddo, confezionati in sottovuoto e conservati a 6°C.	Iacumin, L., Salini, F., Colautti, A., Gumiero, M., Comi, G.	2021 Italia	Italian Journal of Animal Science
33.	An approach to extend the shelf life of ribbonfish fillet using lactic acid bacteria cell-free culture supernatant	Jo, D.-M., Park, S.-K., Khan, F., Lee, J.-H., Kim, Y.-M.	2021 Corea del Sur	Food Control
34.	Evaluation of <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>Lactis</i> as protective culture for active packaging of non-fermented foods:	Settier-Ramírez, L., López-Carballo, G., Gavara, R., Hernández-Muñoz, P.	2021 España	Food Control

	Creamy mushroom soup and sliced cooked ham			
35.	Inhibitory effect of bacteriocin – Producing lactic acid bacteria against histamine – Producing bacteria isolated from fish	Jayachitra, J., Sivasakthivelan, P., Babu, E.	2021 India	Research Journal of Biotechnology
36.	Hydrolysis of raw fish proteins extracts by <i>Carnobacterium maltaromaticum</i> strains isolated from Argentinean freshwater fish	Dallagnol, A.M., Pescuma, M., Espínola, N.G., Vera, M., Vignolo, G.M.	2021 Argentina	Biotechnology Reports
37.	Improved control of <i>Listeria monocytogenes</i> during storage of raw salmon by treatment with the fermentate Verdad N6 and nisin	Heir, E., Solberg, L.E., Carlehög, M.,...Jensen, M.R., Holck, A.L.	2021 Noruega	Int J Food Microbiol.
38.	Effect of Nanocomposite Clay/low-density Polyethylene Film on the Quality of Rainbow Trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) Fillets Stored with Four Different Packaging Conditions	Bahmani, Z., Hosseini, S.V., Amanpour, A.	2021 Irán	Journal of Aquatic Food Product Technology
39.	Potential screening of bacteriocinogenic-lactic acid bacteria from mangrove sediment of logending beach for fisheries product preservation	Kusharyati, D.F., Satwika, T.D., Mariana, A., Rovik, A.	2021 Indonesia	Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology
40.	Biochemical changes and amino acid deamination & decarboxylation activities of spoilage microbiota in chill-stored grass carp ( <i>Ctenopharyngodon idella</i> ) fillets	Zhuang, S., Liu, X., Li, Y., (...), Liu, J., Luo, Y.	2021 China	Food Chemistry
41.	The antimicrobial properties and biogenic amine production of lactic acid bacteria isolated from various fermented food products	Yazgan, H., Kuley, E., Güven Gökmen, T., Regenstein, J.M., Özogul, F.	2021 Turquía	Journal of Food Processing and Preservation
42.	Effect of some antimicrobials on quality and shelf life of freshwater tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Mohamed, M.H., Ammar, M.A.M.	2021 Egipto	Journal of Food Processing and Preservation
43.	Spoilage-related microbiota in fish and crustaceans during storage: Research progress and future trends	Zhuang, S., Hong, H., Zhang, L., Luo, Y.	2021 China	Food Science & Technology
44.	Dry Fermented Sausages with Total Replacement of Fat by Extra Virgin Olive Oil Emulsion and Indigenous Lactic Acid Bacteria	Magra, T., Soultos, N., Dovas, C., Papavergou, E., Lazou, T., Apostolakos, I., Dimitreli, G., & Ambrosiadis, I.	2021 Grecia	Food technology and biotechnology
45.	Microbial community changes induced by <i>Pediococcus pentosaceus</i> improve the physicochemical properties and safety in fermented tilapia sausage.	Li, C., Zhao, Y., Wang, Y., Li, L., Yang, X., Chen, S., Zhao, Y., & Zhou, W.	2021 Canadá	Food research international
46.	The Influence of Packing Methods and Storage Time of Poultry Sausages with Liquid and Microencapsulated Fish Oil	Kawecki, K., Stangierski, J., & Cegielska-Radziejewska, R	2021 Polonia	Sensors (Basel)

Additives on Their Physicochemical, Microbial and Sensory Properties				
47.	Novel insight into physicochemical and flavor formation in naturally fermented tilapia sausage based on microbial metabolic network.	Zhao, Y., Wang, Y., Li, C., Li, L., Yang, X., Wu, Y., Chen, S., & Zhao, Y	2021 Canadá	Food research international
48.	Use of Starter Cultures in Foods from Animal Origin to Improve Their Safety	García-Díez, J., & Saraiva, C	2021 Portugal	International journal of environmental research and public health
49.	The life and times of yeasts in traditional food fermentations	Tofalo, R., Fusco, V., Böhnlein, C., Kabisch, J., Logrieco, A. F., Habermann, D., Cho, G. S., Benomar, N., Abriouel, H., Schmidt-Heydt, M., Neve, H., Bockelmann, W., & Franz, C. M. A. P.	2020 Italia	Critical reviews in food science and nutrition
50.	Effect of fermentation on immunological properties of allergens from black carp ( <i>Mylopharyngodon piceus</i> ) sausages	Zhu, Y., Gao, L., Xie, G., (...), Xu, Y., Xia, W.	2020 China	Food Science & Technology
51.	Valorization of Nile tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) fish head for a novel fish sauce by fermentation with selected lactic acid bacteria	Gao, P., Li, L., Xia, W., Xu, Y., Liu, S.	2020 China	LWT
52.	Growth and spoilage metabolites production of a mesophilic <i>Aeromonas salmonicida</i> strain in Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> L.) during cold storage in modified atmosphere	Jakobsen, A.N., Shumilina, E., Lied, H., Hoel, S.	2020 Noruega	J Appl Microbiol
53.	In vitro assessment of potential probiotic characteristics of indigenous <i>Lactococcus lactis</i> and <i>Weissella oryzae</i> isolates from rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum)	Mortezaei, F., Royan, M., Allaf Noveirian, H., ...Alaie Kordghashlaghi, H., Balcázar, J.L.	2020 Irán	Journal of Applied Microbiology
54.	Use of spectroscopic techniques to monitor changes in food quality during application of natural preservatives: A review	Hassoun, A., Carpena, M., Prieto, M.A., ...Kljusurić, J.G., Regenstein, J.M.	2020 Noruega	Antioxidants (Basel)
55.	Gravading process of Nile tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) and evaluation of its biochemical and sensory changes during refrigerated storage	Pankyamma, V., Sandhya Rani, K., Binsi, P.K.	2020 India	Food Science & Technology
56.	A continuously changing selective context on microbial communities associated with fish, from egg to fork	Derome, N., Filteau, M.	2020 Canadá	Evol Appl
57.	The role of microbes in free fatty acids release and oxidation in fermented fish paste	Xu, Y., Li, L., Xia, W., Zang, J., Gao, P.	2020 China	LWT
58.	Mechanisms and the role of probiotic <i>Bacillus</i> in mitigating fish pathogens in aquaculture	Kuebutornye, F.K.A., Abarike, E.D., Lu, Y., Li, Y., Xie, C.X.	2020 China	Fish Physiology and Biochemistry
59.	Boosted Growth Performance, Mucosal and Serum Immunity, and Disease Resistance Nile Tilapia ( <i>Oreochromis</i>	Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., Tapingkae, W., ...Thu, T.T.N., Esteban, M.A.	2020 Tailandia	Probiotics Antimicrob Proteins

	<i>niloticus</i> ) Fingerlings Using Corncob-Derived Xylooligosaccharide and <i>Lactobacillus plantarum</i> CR1T5			
60.	Evaluation of probiotic carboxymethyl cellulose-sodium caseinate films and their application in extending shelf life quality of fresh trout fillets	Mozaffarzogh, M., Misaghi, A., Shahbazi, Y., Kamkar, A.	2020 Irán	LWT
61.	Evaluation of the effect of <i>Lactobacillus sakei</i> strain L115 on <i>Listeria monocytogenes</i> at different conditions of temperature by using predictive interaction models	Costa, J.C.C.P., Bolívar, A., Valero, A., ...Zurera, G., Pérez-Rodríguez, F.	2020 España	Food Research International
62.	Effect of commercial starter cultures on the quality characteristics of fermented fish-chili paste	Hua, Q., Gao, P., Xu, Y., (...), Sun, Y., Jiang, Q.	2020 China	LWT
63.	Effects of inoculating autochthonous starter cultures on N-nitrosodimethylamine and its precursors formation during fermentation of Chinese traditional fermented fish	Liao, E., Xu, Y., Jiang, Q., Xia, W.	2020 China	Food Chem.
64.	Moderate Halophilic Lactic Acid Bacteria from Jambal roti: A Traditional Fermented Fish of Central Java, Indonesia	Karyantina, M., Anggrahini, S., Utami, T., Rahayu, E.S.	2020 Indonesia	Journal of Aquatic Food Product Technology
65.	Shelf life extension of minimally processed vegetables using combinations of bacterial bioprotection and modified atmosphere packaging	Bazarnova, J., Barsukova, N., Eliseeva, S., Gnilitkiy, V., Shepiashvili, J.	2020 Estonia	EMU DSpace
66.	The Effects of Fermentation Process with Acid and Lactic Acid Bacteria Strains on the Biogenic Amine Formation of Wet and Spray-Dried Fish Silages of Discards	Özyurt, G., Ozogul, Y., Kuley Boga, E., (...), Uçar, Y., Ozogul, F.	2020 Turquía	Journal of Aquatic Food Product Technology
67.	Fermentation in fish and by-products processing: an overview of current research and future prospects	Marti-Quijal, F.J., Remize, F., Meca, G., ...Ruiz, M.-J., Barba, F.J.	2020 España	Current Opinion in Food Science
68.	The effects of carbon monoxide treatment on the physical and chemical qualities of tuna steak during iced storage	Ariyani, F., Kristiningrum, E., Barokah, G.R., Januar, H.I.	2020 Indonesia	Fisheries Postharvest and Biotechnology
69.	Nisin applications in seafood   Su ürünlerinde nisin uygulamaları	Uçar, Y.	2020 Turquía	Journal of Agricultural Science
70.	Food-borne bacteria associated with seafoods: A brief review	Ali, A., Parisi, A., Conversano, M.C., ...Mercurio, V., Normanno, G.	2020 Italia	J. Food Qual. Hazards Control
71.	Natural products with preservative properties for enhancing the microbiological safety and extending the shelf-life of seafood: A review	Baptista, R.C., Horita, C.N., Sant'Ana, A.S.	2020 Brasil	Food Research International
72.	Beneficial bacteria for aquaculture: nutrition, bacteriostasis and immunoregulation	Wang, C., Chuprom, J., Wang, Y., Fu, L	2019 China	Journal of Applied Microbiology
73.	Current developments of bacteriocins,	Wang, J., Zhang, S., Ouyang, Y., Li, R.	2019 China	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology

	screening methods and their application in aquaculture and aquatic products			
74.	Sensory and ATP derivative-based indicators for assessing the freshness of Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> ) and cod ( <i>Gadus morhua</i> )	Fogarty, C., Smyth, C., Whyte, P., Brunton, N., Bolton, D.	2019 Irlanda	Irish journal of agricultural and food research
75.	Assessment of the bioprotective potential of lactic acid bacteria against <i>Listeria monocytogenes</i> on vacuum-packed cold-smoked salmon stored at 8 °C.	Aymerich, T., Rodríguez, M., Garriga, M., Bover-Cid, S.	2019 España	Food Microbiol.
76.	Mechanistically Inspired Kinetic Approach to Describe Interactions During Co-Culture Growth of <i>Carnobacterium maltaromaticum</i> and <i>Listeria monocytogenes</i> .	Pedrozo, H.A., Dallagnol, A.M., Vignolo, G.M., Pucciarelli, A.B., Schvezov, C.E.	2019 Argentina	Food Science & Technology
77.	Biotechnological potential and in vitro safety assessment of <i>Lactobacillus curvatus</i> BCS35, a multibacteriocinogenic strain isolated from dry-salted cod ( <i>Gadus morhua</i> )	Gómez-Sala, B., Muñoz-Atienza, E., Diep, D.B., ...Hernández, P.E., Cintas, L.M.	2019 España	LWT
78.	Metabolomics and bacterial diversity of packaged yellowfin tuna ( <i>Thunnus albacares</i> ) and salmon ( <i>Salmo salar</i> ) show fish species-specific spoilage development during chilled storage	Jääskeläinen, E., Jakobsen, L.M.A., Hultman, J., (...), Bertram, H.C., Björkroth, J.	2019 Finlandia	International Journal of Food Microbiology
79.	Isolation, identification, and potential probiotic characterization of isolated lactic acid bacteria and in vitro investigation of the cytotoxicity, antioxidant, and antidiabetic activities in fermented sausage.	AlKalbani, N. S., Turner, M. S., & Ayyash, M. M	2019 Emiratos Arabes Unidos	Microbial cell factories
80.	From the isolation of bacteriocinogenic LAB strains to the application for fish paste biopreservation	Delcarlo, S.B., Parada, R., Schelegueda, L.I., ...Marguet, E.R., Campos, C.A.	2019 Argentina	LWT
81.	Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria Producing Biopreservative Bacteriosin from Smoked Fish	Rialita, T., Sukarminah, E., Yuliana, T., (...), Santoso, M.B., Susanto, H.F.	2019 Filipinas	Food and Energy
82.	Cooperation of lactic acid bacteria regulated by the AI-2/LuxS system involve in the biopreservation of refrigerated shrimp	Li, J., Yang, X., Shi, G., Liu, Z., Zeng, M.	2019 China	Food Res Int.
83.	Modelling the interaction of the sakacin-producing <i>Lactobacillus sakei</i> CTC494 and <i>Listeria monocytogenes</i> in filleted gilthead sea bream ( <i>Sparus aurata</i> ) under modified atmosphere packaging at isothermal and non-isothermal conditions	Costa, J.C.C.P., Bover-Cid, S., Bolívar, A., Zurera, G., Pérez-Rodríguez, F.	2019 España	International Journal of Food Microbiology
84.	Changes in sensory, physicochemical, and microbiological properties of fresh captured tropical pink shrimps ( <i>Penaeus duorarum</i> notialis) inoculated with <i>Lactobacillus plantarum</i> Lp6SH, <i>Lactobacillus rhamnosus</i> Yoba, and their	Nga Ombede, S.N., Kaktcham, P.M., Seydi, M., Zambou Ngoufack, F.	2019 Camerún	Biotechnology & Applied Microbiology

	cell-free culture supernatants during storage at 4°C				
85.	Spoilage indicator bacteria in farmed Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> ) stored on ice for 10 days	Fogarty, C., Whyte, P., Brunton, N. J., Bolton, D., Fagan, J.,	2019 Irlanda	Food Microbiology	
86.	The Research Advance of Fermented Surimi Inoculated with Lactic Acid Bacteria   [人工接种乳酸菌发酵鱼糜的研究进展]	Mi, G., Li, T., Yi, S., (...), Lao, M., Li, J.	2019 China	Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology	
87.	Quality of ready-to-eat swordfish fillets inoculated with <i>Lactobacillus paracasei</i> IMPC 2.1	Giribaldi, M., Gai, F., Peiretti, P. G., Ortoffi, M. F., Lavermicocca, P., Lonigro, S. L., Valerio, F., & Cavallarin, L.	2019 Italia	Journal of the science of food and agriculture	
88.	Natural Preservatives for Extending the Shelf-Life of Seafood: A Revisit	Olatunde, O.O., Benjakul, S.	2018 Tailandia	Compr Rev Food Sci Food Saf.	
89.	Tuna Burgers Preserved by the Selected <i>Lactobacillus paracasei</i> IMPC 4.1 Strain	Danza, A., Lucera, A., Lavermicocca, P., ...Conte, A., Del Nobile, M.A.	2018 Italia	Food and Bioprocess Technology	
90.	Characterisation of dominant autochthonous strains for nitrite degradation of Chinese traditional fermented fish	Liao, E., Xu, Y., Jiang, Q., Xia, W.	2018 China	Food Science & Technology	
91.	Treatment With High-Hydrostatic Pressure, Activated Film Packaging With Thymol Plus Enterocin AS-48, and Its Combination Modify the Bacterial Communities of Refrigerated Sea Bream ( <i>Sparus aurata</i> ) Fillets	Ortega Blázquez, I., Grande Burgos, M. J., Pérez-Pulido, R., Gálvez, A., & Lucas, R.	2018 España	Frontiers in microbiology	
92.	Lactic acid bacteria in finfish-An update	Ringø, E., Hoseinifar, S.H., Ghosh, K., (...), Beck, B.R., Song, S.K.	2018 Noruega	Frontiers in Microbiology	
93.	Combined effects of plant and cell-free extracts of lactic acid bacteria on biogenic amines and bacterial load of fermented sardine stored at 3 ± 1 °C	Kuley, E., Durmus, M., Ucar, Y. Regenstein, J.M., Ozogul, F.	2018 Turquía	Food Bioscience	
94.	Effects of Lactic Acid Bacteria and Citrus Essential Oil on the Quality of Vacuum-Packed Sea Bass ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) Fillets during Refrigerated Storage	Boulares, M., Ben Moussa, O., Mankai, M., Sadok, S., Hassouna, M.	2018 Túnez	Journal of Aquatic Food Product Technology	
95.	Selection procedure of bioprotective cultures for their combined use with High Pressure Processing to control spore-forming bacteria in cooked ham	Ramaroson, M., Guillou, S., Rossero, A., ...Duranton, F., Zagorec, M.	2018 Francia	Int J Food Microbiol	
96.	Antimicrobial, antioxidant and probiotics characterization of dominant bacterial isolates from traditional fermented fish of Manipur, North-East India	Singh, S.S., De Mandal, S., Lalnunmawii, E., Senthil Kumar, N.	2018 India	J Food Sci Technol.	
97.	Effects of inoculating autochthonous starter cultures on biogenic amines	Liao, E., Xu, Y., Jiang, Q., Xia, W.	2018 China	Journal of Food Processing and Preservation	

	accumulation of Chinese traditional fermented fish			
98.	Application of lactic acid bacteria from marine fish as biopreservative in yellow croaker preservation	Liu, J., Cha, Z., Yu, W., (...), Wang, X., Tuo, Y.	2018 China	Journal of Food Science and Technology
99.	Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the microbiological, chemical and sensory properties of tropical red drum ( <i>Sciaenops ocellatus</i> ) fillets stored at 4 °C	Silbade, A., Adenet, S., Chopin, C., (...), Rochefort, K., Leroi, F.	2018 Francia	International Journal of Food Microbiology
100.	Lactic acid bacteria in traditional fermented Asian foods	Azam, M., Mohsin, M., Ijaz, H., Ul Abadeen, Z., Kamran, Q.	2017 Pakistan	Pakistan journal of pharmaceutical sciences
101.	Microencapsulated <i>Lactobacillus reuteri</i> combined with modified atmosphere as a way to improve tuna burger shelf life	Angiolillo, L., Conte, A., Del Nobile, M.A.	2017 Italia	Institute food Science Technology
102.	Review - Lactic acid bacteria in traditional fermented Asian foods	Azam, M., Mohsin, M., Ijaz, H., Tulain, U. R., Ashraf, M. A., Fayyaz, A., Abadeen, Z., & Kamran, Q.	2017 Pakistan	Pakistan journal of pharmaceutical sciences
103.	Autochthonous lactic acid bacteria with probiotic aptitudes as starter cultures for fish-based products.	Speranza, B., Racioppo, A., Beneduce, L., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R.	2017 Italia	Food microbiology
104.	Quantitative analyses of the bacterial microbiota of rearing environment, tilapia and common carp cultured in earthen ponds and inhibitory activity of its lactic acid bacteria on fish spoilage and pathogenic bacteria	Kaktcham, P.M., Temgoua, J.-B., Ngoufack Zambou, F., ...Wacher, C., Pérez-Chabela, M.L.	2017 Camerún	World J Microbiol Biotechnology
105.	Improving simultaneously the quality and safety of cooked and peeled shrimp using a cocktail of bioprotective lactic acid bacteria	Saraoui, T., Cornet, J., Guillouet, E., ...Joffraud, J.-J., Leroi, F.	2017 Francia	Int J Food Microbiol
106.	Antibacterial activity of <i>Pediococcus acidilactici</i> 0110<-tat-1, <i>Lactobacillus plantarum</i> JCM-1149 and <i>Lactobacillus casei</i> NRRL-B1922 against <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC-1194	Nursyam, H.	2017 Indonesia	Asian Jr. of Microbiol. Biotech
107.	Comparative studies of quality changes in white and dark muscles from common carp ( <i>Cyprinus carpio</i> ) during refrigerated (4 °C) storage	Li, Q., Li, D., Qin, N., Hong, H., Luo, Y.	2016 China	International Journal of Food Science and Technology
108.	Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish: Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin	Gómez-Sala, B., Herranz, C., Díaz-Freitas, B., ...Sala, A., Cintas, L.M.	2016 España	Int J Food Microbiol
109.	Bacteriocins: Recent Trends and Potential Applications	Bali, V., Panesar, P.S., Bera, M.B., Kennedy, J.F.	2016 India	Crit Rev Food Sci Nutr
110.	Bacteriological properties and health-related biochemical components of fermented fish sauce: An overview	Shivanne Gowda, S.G., Narayan, B., Gopal, S.	2016 India	Food Reviews International
111.	A comparison of endogenous and microbial proteolytic activities during fast	Yang, F., Xia, W.-S., Zhang, X.-W., Xu, Y.-S., Jiang, Q.-X.	2016 China	Food Chem.

	fermentation of silver carp inoculated with <i>Lactobacillus plantarum</i>			
112.	Effect of starter cultures on the quality of Suan yu, a Chinese traditional fermented freshwater fish	Zeng, X., Zhang, W., Zhu, Q	2016 China	International Journal of Food Science & Technology
113.	<i>Lactococcus piscium</i> : a psychrotrophic lactic acid bacterium with bioprotective or spoilage activity in food—a review	Saraoui, T., Leroi, F., Björkroth, J., Pilet, M.F.	2016 Francia	Journal of Applied Microbiology
114.	Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish: Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin	Gómez-Sala, B., Herranz, C., Díaz-Freitas, B., (...), Sala, A., Cintas, L.M.	2016 España	Int J Food Microbiol
115.	<i>Lactococcus piscium</i> : a psychrotrophic lactic acid bacterium with bioprotective or spoilage activity in food—a review	Saraoui, T., Leroi, F., Björkroth, J., Pilet, M.F.	2016 Francia	J Appl Microbiol.