

Aplicación de la impregnación a vacío en la biopreservación de carne de pescado de río

Naef Elisa, Piaggio Mercedes, Glodowsky Alejandro, Sacchi Cecilia, Broggi Evelyn, Barreto Laura, Lound Liliana

Autores: Facultad de Bromatología, Universidad Nacional de Entre Ríos. Pte. Perón 1154. Gualeguaychú - Entre Ríos - Argentina

Contacto: liliana.lound@uner.edu.ar

ARK: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/ru4xf6tnj>

RESUMEN

Entre Ríos presenta un destacado potencial para la piscicultura. Entre los peces que se desarrollan en la región, es posible destacar a la boga (*Megaleporinus obtusidens*), especie autóctona, migratoria, muy difundida y altamente demandada. En este contexto, los alimentos a base de pescado constituyen una buena alternativa debido a su mejor perfil lipídico.

La carne de pescado es altamente perecedera; en este sentido, la incorporación de sobrenadantes libres de células de *Lactiplantibacillus plantarum* por impregnación a vacío representa una alternativa de conservación. Para establecer las condiciones de impregnación, se aislaron cepas de *Pseudomonas* de la boga entera y se realizaron pruebas de inhibición. La impregnación se estudió utilizando dos SLC que presentaron mayor capacidad de inhibición frente a las cepas aisladas: uno proveniente de cepas de aislado de maíz (LpM2) y otro de sorgo (LpS10). A las muestras impregnadas se les determinó variación de peso, color, pH, nitrógeno básico volátil total (NBVT), bacterias psicrótrofas y bacterias proteolíticas cada 3 días durante un período de 15 días de almacenamiento. La impregnación a vacío con el SLC de LpS10 resultó ser la mejor alternativa en términos del control del crecimiento microbiano y permitió disminuir los valores de pH y NBVT.

Palabras clave: extractos libres de células; *Lactiplantibacillus plantarum*; tecnologías de barrera; *Megaleporinus obtusidens*

1. Marco teórico y metodológico

Argentina cuenta con una gran área de pesca continental, la cuenca del Río de la Plata, que incluye los ríos Paraná y Uruguay, sus densas redes de afluentes, subafluentes y tributarios menores, que abarcan sectores de 12 provincias y más de 4.000 km de cauces. Más del 90 % de la producción pesquera continental del país proviene de las pesquerías de esta cuenca, integrada por especies de comportamiento migratorio, en su gran mayoría, y con poblaciones de diferentes peces y áreas de distribución superpuestas (Scarabotti et al., 2021).

El total comercializado declarado por 9 plantas pesqueras en el mercado interno durante el año 2019 fue de 5.635 t de productos y subproductos, donde el 63 % proviene de los frigoríficos de la provincia de Entre Ríos y aproximadamente el 20 % corresponde a exportaciones. Los pescados se comercializan frescos o refrigerados enteros, congelados enteros, fileteados frescos o refrigerados, fileteados congelados, curados, en conserva, preparados, reducidos a harina y aceites, etc. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2021).

Los productos pesqueros son esenciales en la lucha contra el hambre y la pobreza. El consumo de carne de pescado tiene que integrarse mejor en las estrategias de seguridad alimentaria y nutrición en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles y transformadores (FAO, 2020).

Diferentes organismos a nivel mundial, como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2015) y la Asociación Estadounidense del Corazón (Rimm et al., 2018), recomiendan el consumo de un mínimo de dos porciones de pescado por semana. En Argentina, el Ministerio de Salud de la Nación (2020), a través de las Guías Alimentarias para la Población Argentina (GAPA), también aconseja ese nivel de consumo. Estas recomendaciones se basan en que los productos de la pesca, de la piscicultura y de la acuicultura representan un valioso aporte de nutrientes en la dieta humana por ser fuente de proteínas, minerales, vitaminas y por su calidad de ácidos grasos (Fonseca Rodríguez y Chavarria Solera, 2017).

Según la FAO (2020), el consumo de pescado en la población general adulta reduce el riesgo de muerte por coronariopatías, y en mujeres en edad fértil reduce el riesgo de deficiencias en el desarrollo neurológico del niño durante la gestación, en comparación con las mujeres que no comen pescado.

Respecto al valor nutricional, los pescados son una excelente fuente de proteínas de alta calidad y digestibilidad (Huss, 1998). Los lípidos de los peces están compuestos por ácidos grasos de cadena larga (14-22 átomos de carbono) con un alto grado de insaturación, cuatro, cinco o seis dobles enlaces. El porcentaje total de ácidos grasos poliinsaturados es levemente menor en los lípidos de peces de agua dulce (aproximadamente 70 %) que en los lípidos de peces de agua de mar (aproximadamente 88 %). Sin embargo, la composición de lípidos no es completamente fija, sino que puede variar con la alimentación del animal y la estación del año (Huss, 1998).

Los efectos benéficos asociados al consumo de pescado son atribuidos, principalmente, al contenido en ácidos grasos esenciales de la familia de ácidos grasos omega-6, o AG n6 (C18:2, omega-6, ácido linoleico) y omega-3, o AG n3 (C18:3, omega-3, ácido alfa-linolénico) que deben ser ingeridos a través de la dieta, ya que el cuerpo humano no puede introducir insaturaciones en dichas posiciones y, además, su carencia o desequilibrio en la ingesta puede producir serias alteraciones metabólicas. El consumo de AG n3 es recomendado para prevenir enfermedades cardíacas en la población general; sin embargo, en la dieta occidental, se ingieren cantidades insuficientes de AG n3 y excesivas de AG n6, con una relación asociada a enfermedades cardiovasculares e inflamatorias. En este sentido, la importancia del consumo de pescados de río, como surubí, boga y dorado, radica en que presentan, en comparación con otras carnes, una mejor relación n3/n6, que se ha demostrado que es más equilibrada que la presentada en los pescados de mar y cercana a la ideal recomendada (Abib et al., 2003; Gatti et al., 2020). Además, poseen un bajo contenido de grasas totales, colesterol y ácidos grasos saturados, con predominio de ácidos gra-

soy n9, n6 y n3, eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), según Ciappini et al., 2019.

La alimentación argentina muestra un consumo superior de carne vacuna que no resulta indispensable y contribuye al exceso relativo de grasas saturadas en la alimentación, lo que se traduce en la cada vez mayor incidencia de dislipemias. En este contexto, resulta necesaria la diversificación en los tipos de carne consumida, y los alimentos a base de pescado constituyen una buena alternativa debido, fundamentalmente, a su mejor perfil lipídico (Britos et al., 2012).

El Código Alimentario Argentino (CAA) en el Artículo 272 (Res. Conj. SRyGS y SAB N° 6/2019) define filete o filet de pescado a la porción de músculo de forma y dimensiones irregulares que ha sido separada del cuerpo mediante cortes paralelos a la columna vertebral, con o sin espinas y/o piel.

Los músculos que forman los filetes de los peces reciben el nombre de grandes músculos laterales: la parte superior del filete se denomina músculo dorsal y la parte inferior músculo ventral o abdominal (Huss, 1998). Por lo general, son de tonalidad blanquecina. Están cubiertos por capas musculares más delgadas, que se extienden por debajo de la piel. El músculo subcutáneo contiene mucha mioglobina, recibiendo el nombre de músculo rojo u oscuro. La cantidad y distribución de la carne oscura en el cuerpo del pez es una característica de las diferentes especies (Monterrosa Arias, 2007).

Esta carne está constituida por aproximadamente 20 % de proteínas, de las cuales las estructurales (actina, miosina, tropomiosina y troponina) corresponden al 70-80 % de las totales, las sarcoplasmáticas (mioalbúmina, globulina y enzimas) al 25-30 % y las proteínas del tejido conectivo (colágeno y elastina) al 3-10 % (Huss, 1998). En general, la carne del pescado contiene menos colágeno que la carne de los animales terrestres y está menos polimerizado (incluso en los peces viejos), gelatinizándose al cocinar alrededor de los 40 °C, lo cual contribuye decisivamente en su digestibilidad y blanda textura (Espíndola, 2008).

Esta constitución la hace altamente perecedera. Inmediatamente después de la muerte, el músculo del pescado está totalmente relajado, la textura flexible y elástica persiste durante algunas horas y, posteriormente, el músculo se contrae. Cuando se torna duro y rígido, todo el cuerpo se vuelve inflexible por la contracción de las proteínas miofibrilares y se dice que el pescado está en *rigor mortis*. Esta condición generalmente se mantiene durante uno o más días y luego se resuelve; el músculo se relaja nuevamente y recupera la flexibilidad, pero no la elasticidad previa. La velocidad y la duración del *rigor mortis* dependen de factores tales como especie, variables fisiológicas, grado de agotamiento, tamaño del pez, si es nativo o cultivado, condiciones de captura y matanza, entre otros (Minozzo, 2011). Durante esta etapa, los valores de pH del músculo llegan a su valor mínimo. Aquí los sarcómeros se encuentran contraídos y existe una formación irreversible de actomiosina. El pH del músculo se encuentra alrededor del valor 6 (Monterrosa Arias, 2007).

La microflora aislada en los productos pesqueros depende de la época del año, el área geográfica, la alimentación, la especie, el sistema de captura empleado, el tipo de producto (pescado entero, eviscerado, filetes), las condiciones de manipulación y almacenamiento. En este sentido, los principales responsables del deterioro durante el almacenamiento en refrigeración son los organismos psicrotróficos (Bozaris y Parlapani, 2017). La mayoría de estos microorganismos poseen actividades proteolíticas, responsables de desintegrar los tejidos y contribuir a reacciones bioquímicas que producen características indeseables en la carne de pescado (Soares y Gonçalves, 2012).

La influencia bacteriana en el pescado enfriado comienza después de la muerte, pero el efecto sobre el deterioro a través de los cambios bioquímicos, inducidos por el crecimiento bacteriano, no es pronunciado hasta que los organismos específicos del deterioro han aumentado a un cierto nivel. Además, a medida que aumentan los recuentos microbianos, las enzimas secretadas por los microorganismos también pueden causar ablandamiento adicional del pescado (Jessen et al., 2014).

Estos hechos motivaron el desarrollo de métodos de conservación para extender la vida útil del pes-

cado. En este contexto, la tecnología de obstáculos irrumpió en el escenario alimentario respondiendo a la creciente demanda de alimentos saludables, generalmente relacionados con un procesamiento mínimo para reducir las pérdidas nutricionales. Esta tecnología combina barreras de baja intensidad para crear un ambiente hostil para los microorganismos.

La impregnación a vacío es una técnica que ha sido diseñada a fin de mantener las características del producto fresco y favorecer la conservación y generación de nuevos productos. Es una tecnología que utiliza una atmósfera artificial de baja presión con ausencia de oxígeno, que permite extraer los gases o líquidos extracelulares de los alimentos y el ingreso de soluciones a la estructura interna. Crea un ambiente ideal, ya que, al regenerar la presión atmosférica, se absorbe de manera natural y uniforme el líquido que tiene alrededor (Carciofi et al., 2012). La cantidad de líquido impregnado en la estructura dependerá del nivel de desgasificación del material y, por lo tanto, de la presión de trabajo.

La impregnación a vacío ha sido ampliamente estudiada y aplicada en matrices porosas como la de frutas y verduras, por ejemplo, para deshidratar, enriquecer o evitar el pardeamiento enzimático y oxidativo (Erihemu et al., 2014; Castagnini et al., 2015; Lima et al., 2016; Song et al., 2017). En referencia a estudios aplicados a tejidos musculares, incluido el pescado, no son tan comunes y tienen el potencial de arrojar resultados interesantes. La impregnación a vacío podría usarse para reducir el tiempo de procesamiento industrial en procesos tradicionales como salazón, marinado y ahumado e introducir compuestos novedosos y bioactivos en tejidos musculares (Tomac et al., 2019).

En cuanto a los productos pesqueros, si bien los datos aún son escasos en la literatura científica internacional, algunos ejemplos son las investigaciones en salmón, o *Salmo salar* y bacalao, o *Gadus morhua* (Chiralt et al., 2001) y pirarucú, o *Arapaima gigas* (Galvão Martins et al., 2019). Otros ejemplos son el uso en el ahumado y de sustancias antimicrobianas y bioconservantes (Andrés-Bello, 2015; Bugueño et al., 2019).

Desde hace tiempo, las bacterias lácticas bacteriocinogénicas y/o sus metabolitos antimicrobianos están recibiendo una gran atención por su posible aplicación como bioconservantes en la industria alimentaria, como una barrera adicional en las estrategias combinadas de conservación de los alimentos (tecnología de obstáculos). A este respecto, esta estrategia permitiría incrementar la vida útil e inocuidad de los alimentos, así como reducir el empleo de aditivos químicos y la intensidad de los tratamientos tecnológicos que pudieran interferir negativamente en su calidad organoléptica y/o nutricional (Todo-rov, 2009).

La bioconservación se basa en la aplicación de metabolitos antimicrobianos que son producidos por microorganismos que están presentes de forma natural en los productos fermentados. Principalmente, existen dos formas de aplicación de estos metabolitos en los alimentos, ya sea directamente como un compuesto purificado, como la nisina, o a través de un producto fermentado crudo libre de células, o indirectamente a través del microorganismo productor de bacteriocina. La aplicación de un sobrenadante libre de células tiene la ventaja de incorporar diferentes sustancias con actividad antimicrobiana con posible efecto sinérgico (Hartmann et al., 2011).

En general, las bacterias del ácido láctico se reconocen como seguras para su uso en alimentos, por lo que la mayoría de ellos han sido considerados GRAS (generalmente reconocido como seguro) por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos y con Presunción Cualificada de Seguridad (QPS) en la Unión Europea (Noguerol et al., 2021). Además, los sobrenadantes libres de células de estas bacterias no son considerados como aditivos, sino como ingredientes alimentarios, y éstos no están sometidos a las aprobaciones y regulaciones de los organismos estatales de control. Tratándose además de SLC obtenidos de cultivos de bacterias que ostentan el grado de GRAS, también ellos son considerados como tales y no necesitan de ninguna autorización especial que habilite su incorporación a distintas matrices alimentarias (Lancelle, 2015).

Por tanto, la bioconservación mediante BAL y/o sus metabolitos antimicrobianos representa una al-

ternativa para mejorar la inocuidad de los alimentos. El éxito depende de múltiples factores, ya que los compuestos antimicrobianos pueden ser inactivados por enzimas del alimento o de la microflora endógena, o por interacciones con componentes específicos de los alimentos. También se concibe que algunos compuestos de los sobrenadantes libres de células puedan actuar como protectores del estrés u otros factores adversos encontrados en la matriz alimentaria y que pudieran actuar sobre las bacterias que se pretende inhibir, o que puedan comportarse como factores de crecimiento específico que estimulen la proliferación de bacterias indeseables (Hartmann et al., 2011).

Lactiplantibacillus plantarum (anteriormente *Lactobacillus plantarum*) es una de las principales especies prometedoras de BAL, ampliamente utilizada en la producción de alimentos como probiótico y cultivo iniciador. Debido a su larga historia de uso humano seguro, en particular el género *Lactiplantibacillus*, están incluidos en la recomendación de presunción calificada de seguridad (QPS) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Se ha sugerido que su ingestión confiere varios beneficios para la salud, incluida la modulación del sistema inmunitario y el aumento y la mejora de la resistencia a enfermedades (Barbosa et al., 2021).

Lactiplantibacillus (Lpb.) plantarum representa una alternativa para inactivar bacterias tanto gram positivas como gram negativas presentes en los alimentos mediante los metabolitos activos con actividad inhibitoria que excreta al medio de cultivo: plantaricinas, peróxido de hidrógeno y ácidos DL-p-hidroxifeniláctico, ferúlico, benzoico, vanillico, salicílico, 4-hidroxicinámico (Vougiouklaki et al., 2022).

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Estudiar la aplicación de la bioconservación para prolongar la vida útil de filetes de pescado de río.

2.2. Objetivos específicos:

- Producir, a escala de laboratorio, extracto libre de células de *Lbp. plantarum* aisladas e identificadas en el Instituto de Lactología Industrial de la Facultad de Ingeniería Química dependiente de la Universidad Nacional del Litoral y el CONICET.
- Evaluar la actividad antimicrobiana frente a microorganismos alterantes del pescado.
- Evaluar las propiedades de los sobrenadantes libres de células con mayor actividad antimicrobiana.
- Desarrollar tecnologías de barrera en filetes de pescado fresco: refrigeración, vacío e impregnación, utilizando los sobrenadantes libres de células de las cepas de *Lbp. plantarum* con mayor espectro de acción antimicrobiana.
- Establecer el efecto de la impregnación a vacío sobre los parámetros de calidad de los filetes.

3. Materiales y métodos

En el presente trabajo se partió de 30 cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* suministradas por el Instituto de Lactología Industrial (UNL-CONICET) en Agar Man Rogosa Sharpe (MRS). Una vez ingresadas al laboratorio de la Facultad de Bromatología, se tomó una colonia aislada de cada cepa, se las inoculó en 5 ml de caldo MRS y se las incubó durante la noche (18 h) a 37 °C. Las cepas se mantuvieron como cultivos congelados a -18 °C en caldo MRS + 20 % de glicerol.

3.1. Obtención de sobrenadantes libres de células (SLC)

Para la obtención del SLC de cada una de las cepas en estudio, se partió de un cultivo de stock de cada una, en refrigeración, que se inoculó al 1 % en 5 ml de caldo MRS y se incubó durante la noche (18 h) a 37 °C, proceso que se repitió dos veces más. Posteriormente, se centrifugó a 6000 rpm en una centrífuga (Heal Force Neofuge 15R, China) durante 10 minutos a 8 °C y se filtró a vacío para eliminar las células bacterianas, utilizando filtros de membrana Millipore de 0,45 µm.

3.1.1. Obtención de sobrenadantes libres de células liofilizados (SLCL)

Se tomaron 5 ml de cada sobrenadante, se congelaron a -24 °C y se liofilizaron en un equipo Labconco (Freezone 1, Kansas City, MO) (Figura 1) durante 24 h. Cada liofilizado obtenido fue reconstituido con 1 ml de agua destilada esterilizada.

Figura 1. Fotografía del liofilizador y de muestras de SLCL.



3.1.2. Obtención de cepas de *Pseudomonas* spp. aisladas de pescado entero

Los análisis microbiológicos se realizaron utilizando la técnica del lavado. Entre 10 y 100 g de muestra de boca, escamas, aletas, agallas, estómago, intestino y músculo se depositaron en una bolsa estéril. En cada bolsa se agregaron entre 100 y 200 ml de agua peptonada (0,1 %) y se procedió a un lavado manual energético de las muestras por 2 minutos.

Asépticamente, se tomaron 100 µl de lavado que se inocularon en placas en Agar Cetrimide (Britania, Argentina) a 35 °C. A partir de cada muestra sembrada, se seleccionaron las colonias dominantes diferentes macroscópicamente. Éstas se aislaron y replicaron en Agar nutritivo (AN) por 24-48 horas a 20 ± 2 °C para su mantenimiento.

Cada aislado se confirmó como *Pseudomonas* spp. mediante pruebas fenotípicas: tinción de Gram, prueba oxidación/fermentación de la glucosa (Britania, Argentina) y oxidasa (Bactident® Oxidasa-Merck Millipore). Luego, las colonias Gram negativas, no fermentadoras y oxidasa positivas se sometieron a otras pruebas de identificación fenotípica: capacidad de hidrólisis de la caseína; habilidad de multiplicación a 7 °C y a 42 °C por 48 horas; pruebas de catalasa; utilización de citrato (Merk, Alemania); producción de indol (Merk, Alemania); urea (Biopack, Argentina); movilidad; fermentación de lactosa (Agar

Mac Conkey, Acumedia, Estados Unidos) y producción de pigmentos (Agar P y F, Britania Argentina); y producción de colonias mucosas en agar nutritivo (Oxoid, Bioartis, Argentina).

3.1.3. Evaluación de la actividad antagonista de los SLC frente a las cepas de *Pseudomonas spp.* aisladas

Con la finalidad de seleccionar de los 30 SLC los que presentan mayor actividad inhibitoria en las 20 cepas de *Pseudomonas spp.*, se utilizó el método Kirby Bauer Modificado, que consiste en colocar cilindros de acero inoxidable que contienen 100 µl de SLC sobre Agar Muller Hinton, en cuya superficie se inoculó, a modo de césped, cultivo de las cepas de *Pseudomonas* aisladas (8 log UFC/ml). Las placas se mantuvieron a 4 °C durante 2 h y luego se incubaron, sin invertir, a 37 °C durante 24 h. Después de la incubación, la actividad antimicrobiana extracelular se cuantificó midiendo el diámetro (mm) de las zonas de inhibición.

Para continuar con la impregnación a vacío de la carne de boga, se seleccionaron dos SLC de las cepas de *Lpb. plantarum* que presentaron mayor actividad antimicrobiana.

3.1.4. Proceso de impregnación a vacío de carne de boga con SLC de *Lpb. plantarum*

Para la impregnación a vacío se utilizó el equipo Gastrovac®. Se sumergieron 100 g de filetes de pescado en un litro de SLC de cada una de las cepas de *Lpb. plantarum* seleccionadas según su actividad antimicrobiana. La etapa de vacío se realizó a una presión de -0,8 bar y a 10 °C de temperatura y, al igual que la etapa de restauración, duró 15 minutos, tiempos establecidos de acuerdo a estudios previos.

Las muestras impregnadas se escurrieron y se envasaron a vacío.

3.1.5. Evaluación de la calidad del producto impregnado con SLC de *Lpb. plantarum*

Las muestras impregnadas con los dos SLC seleccionados fueron envasadas al vacío y almacenadas durante 15 días a 0,5- 2,5 °C. Tanto posterior a la impregnación, para evaluar su efecto, como durante el almacenamiento refrigerado se evaluaron: variación de peso, pH, NBVT, color superficial, y bacterias psicrótrofas aerobias y bacterias proteolíticas, respectivamente. Como control, se utilizaron muestras que no fueron sometidas a impregnación.

• Variación de peso (ΔP)

Para la determinación de la ΔP, se pesaron las muestras previo y post proceso de impregnación, empleando una balanza de precisión (Prec® Modelo EHB-3000, Argentina) de 3000 g de capacidad y 0,01 g de sensibilidad. La variación de peso ΔP, expresado como porcentaje de la muestra fresca, se calculó según la siguiente fórmula:

$$\Delta P = ((P_{SI} - P_I) / P_{SI}) * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde: ΔP: variación de peso, P_{SI}: peso de la muestra sin impregnar y P_I: peso de la muestra impregnada. El ensayo se realizó por triplicado para cada condición de proceso.

• Determinación de pH

La determinación de pH de las muestras se realizó a 25 °C, empleando un electrodo combinado de vidrio Ag^o/AgCl conectado a un pH-metro (ORION, modelo S.A 720, USA). La calibración se realizó previamente utilizando soluciones tampón de pH 4,00, 7,00 y 10,00. El electrodo se sumergió en una solución preparada a partir de homogeneizar 10 g de muestra en 100 ml de agua destilada. Las determinaciones de pH se realizaron por triplicado.

• Determinación de NBVT

El contenido de NBVT de las muestras se determinó mediante la técnica de microdifusión de Conway. Para la preparación del extracto de pescado se pesaron aproximadamente 20 g de muestra y se homogeneizaron con 100 ml de ácido tricloroacético al 5 %. Se lo dejó reposar 30 minutos y al exudado obtenido se lo filtró al vacío. En el compartimiento exterior de la cápsula se agregaron 5,00 ml del extracto de pescado obtenido junto con 1,00 ml de K_2CO_3 saturado. En el compartimiento interno se agregaron 5,00 ml de H_3BO_3 al 2 % y gotas de indicador rojo de metilo - verde de bromocresol. El tiempo de difusión fue de 24 h. Se tituló con H_2SO_4 0,02 N y con los volúmenes de los gastos obtenidos se calcularon los mg N/100g muestra (Pearson, 1986). El ensayo se realizó por triplicado.

• Análisis instrumental del color superficial

El color es un atributo muy importante de la calidad de los alimentos, ya que tiene influencia en las preferencias y elecciones de los consumidores. La impregnación a vacío con sobrenadantes libres de células podría implicar cambios de color en la carne de boga, por lo que es importante analizar su efecto.

La cuantificación del color superficial de los filetes de boga (*Megaleporinus obtusidens*) se realizó utilizando un sistema de visión computacional (Goñi y Salvadori, 2017), conformado por un gabinete de adquisición de imágenes, un sistema de iluminación y una cámara digital en su modo manual (Samsung ST600, Japón). El análisis de imágenes se realizó empleando el software COLOR GUI (Goñi y Salvadori, 2016) el cual permite convertir las unidades de color RGB de las imágenes obtenidas al espacio de color CIELab. Se cuantificaron los parámetros L^* (negro 0- blanco 100), a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul), en tres lugares de la muestra diferentes y, a partir de dicho promedio se calculó el índice de blancura de la carne IB (Ecuación 2), la intensidad del color Cromo (Ecuación 3) y el cambio de color ΔE (Ecuación 4) entre la muestra fresca y las impregnadas con ambos SLC, donde L^* , a^* y b^* representan los valores individuales de las muestras después del tratamiento y L^*_0 , a^*_0 y b^*_0 representan los valores de la muestra fresca (sin tratar).

$$IB=100-\sqrt{((100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2})} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2} \quad (\text{Ecuación 4})$$

• Determinación de bacterias psicrotrofas

Se contabilizaron por duplicado siguiendo la metodología descrita en la Norma ISO 17410, 2001.

• Determinación de bacterias proteolíticas

Se contabilizaron por duplicado siguiendo la metodología descrita por Fajingbesi et al. (2018).

3.1.6. Análisis de datos

Los resultados se analizaron utilizando Minitab 18.1.0.0 Software (Minitab, LLC., 2017), a los efectos de evaluar su significación ($p < 0,05$) mediante análisis de varianza y ensayos de comparación de medias (Tukey). Los datos de crecimiento microbiológico fueron ajustados mediante análisis de regresión no lineal al modelo primario de Baranyi (Baranyi y Roberts, 1994) usando el software DMFit 3.5 ComBase Predictive Models 2022 para obtener los parámetros cinéticos: fase de latencia (λ), velocidad máxima de crecimiento ($\mu_{m\acute{a}x}$) y máxima densidad poblacional ($N_{m\acute{a}x}$). Los gráficos fueron elaborados utilizando el Software GraphPad Prism 8.0.1. (GraphPad Software, Inc., 2018).

4. Resultados y discusión

4.1. Aislamiento de *Pseudomonas* spp. de boga entera (*Megaleporinus obtusidens*)

A partir del eviscerado de boga se obtuvieron 26 cepas que fueron estudiadas, 8 obtenidas de dos partes distintas del intestino (I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8), 4 del estómago (E1, E2, E3, E4), 4 de las agallas (Ag1, Ag2, Ag3, Ag4), 3 de las aletas (Al1, Al2, Al3) y 7 de músculo (M11, M12, M13, M41, M51, M53, M54).

Las características bioquímicas de las cepas aisladas se determinaron utilizando pruebas microbianas convencionales. Se aislaron 20 cepas que compartían las características fenotípicas esenciales de los miembros del género *Pseudomonas*. Esas características se presentan resumidamente en la Tabla 1.

Tabla 1. Características fenotípicas de las cepas aisladas de boga (*Megaleporinus obtusidens*).

	GRAM	Met. de glucosa	Oxidasa	Catalasa	Hidrólisis de caseína	Ferment. de lactosa	Asparagina crec./pigm	Fluoresc.	Agar P	Citrato	Urea	Indol	Crec. 7°C	Crec. 42°C	Mov.	Mucoso
I1	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	NO	Rojo	+	-	-	SI	SI	SI	NO
I2	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	NO	-	+	+	-	SI	SI	SI	SI
I4	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/-	SI	-	+	-	-	SI	SI	SI	SI
I5	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	NO	Rojo	+	-	-	SI	NO	SI	SI
I6	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/-	SI	-	+	+	-	SI	NO	NO	SI
I7	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/-	SI	-	+	-	-	SI	NO	SI	SI
I8	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	SI	Rojo	+	-	-	SI	SI	SI	SI
E1	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/verde	SI	Rojo	+	-	-	SI	SI	SI	NO
E2	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/verde	SI	Rojo	+	+	-	SI	NO	SI	NO
E3	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	SI	-	+	-	-	SI	SI	SI	NO
E4	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	SI	-	+	+	+	SI	SI	SI	NO
Ag1	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/-	SI	-	+	-	-	SI	SI	SI	SI
Ag2	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	NO	-	+	-	-	SI	NO	SI	SI
Ag3	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	NO	Azul	+	+	-	NO	NO	SI	NO
Ag4	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	SI	Azul	+	-	-	SI	SI	SI	NO
Al1	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/verde	SI	-	+	-	-	SI	SI	SI	NO
M11	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	SI	-	+	-	-	SI	SI	SI	SI
M41	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	+/verde	SI	-	-	-	-	SI	SI	SI	NO
M51	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	NO	-	+	-	-	SI	SI	SI	SI
M53	Bacilo G(-)	0	+	+	SI	NO	ND	SI	Verde	-	-	-	SI	SI	SI	NO

Los aislamientos fueron Gram negativos, no fermentadores y con un metabolismo estrictamente oxidativo, oxidasa y catalasa positivos, no fermentadoras de lactosa y presentaron hidrólisis de caseína. Esta actividad proteolítica también fue encontrada por Duman *et al.* (2021) en un 91 % de los aislados de granjas piscícolas en Turquía. El 85 % de las cepas obtenidas del pescado produjeron algún pigmento, porcentaje similar al encontrado por los autores mencionados (Duman *et al.*, 2021). El 90 % de los aislamientos dieron positivo en la utilización de citrato, obteniendo resultados similares a Burr *et al.* (2010), quienes encontraron que el 100 % de las cepas estudiadas dio positivo en esta prueba. En relación a la hidrólisis de urea, si bien la mayoría dio negativo (73 %), un 15 % de los aislados estudiados dieron resultados dudosos. Casi el total de cepas (96 %) presentó movilidad, resultados similares a los obtenidos por Duman *et al.* (2021), quienes observaron esta característica en el 100 % de los casos. También el 95 % dio negativo para la producción de indol, similar a lo hallado por Burr *et al.* (2010), quienes encontraron que todas las cepas es-

tudiadas no produjeron enzima triptofanasa. Casi la totalidad (95 %) de las bacterias aisladas de boga presentaron habilidad de multiplicación a 7 °C, mientras que el 70 % creció a 42 °C. En el estudio realizado por Duman et al. (2021), un porcentaje mucho menor de colonias presentó la capacidad de crecimiento a 42 °C (7 %). Poco más de la mitad de las cepas (50 %) aisladas de boga presentaron colonias de aspecto mucoso.

4.2. Evaluación de la actividad antimicrobiana de los SLC frente a cepas de *Pseudomonas spp.* aisladas de boga

Los SLC de las 30 cepas de *Lpb. plantarum* presentaron un pH entre 3,8-3,9, valores coincidentes con los encontrados por Hu et al. (2013) y Xie et al. (2016). Los 7 SLC que presentaron mayor actividad antimicrobiana frente a las cepas de *Pseudomonas spp.* aisladas fueron: LpSF1 (SLC de *Lpb. plantarum* aislado de girasol), LpS6 y LpS10 (SLC de *Lpb. plantarum* aislados de sorgo), LpSY1 (SLC de *Lpb. plantarum* aislado de soja), LpM2 y LpM9 (SLC de *Lpb. plantarum* aislado de maíz) y LpRY3 (SLC de *Lpb. plantarum* aislado de Ryegrass).

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 2.

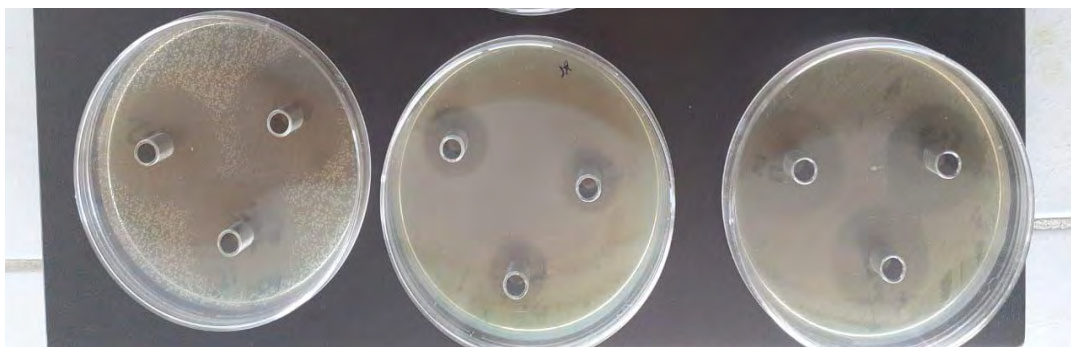
Tabla 2. Actividad antimicrobiana de SLC de cepas de *Lpb. plantarum* determinada por ensayo de difusión y expresada como el tamaño de las zonas de inhibición (mm) frente a cepas de *Pseudomonas spp.*

Cepas	Diámetros de las zonas de inhibición (mm)						
	LpSF1	LpS6	LpS10	LpSY1	LpM2	LpM9	LpRY3
I1	20	20	22	22	21	21	22
I3	24	24	25	24	24	23	23
I4	31	35	37	36	36	31	30
I5	23	23	23	23	24	22	23
I6	23	18	17	20	20	19	21
I7	30	37	35	29	32	26	28
I8	32	30	32	30	31	29	30
E1	25	24	26	23	24	24	24
E2	28	37	31	24	35	25	30
E3	21	23	26	25	24	23	22
E4	28	35	34	33	35	28	27
Ag1	18	21	20	19	23	16	20
Ag2	18	19	19	21	22	20	19
Ag3	20	18	20	21	19	21	19
Ag4	33	26	30	26	36	35	36
Al1	15	18	19	18	18	17	16
M11	23	18	21	25	25	22	19
M41	22	21	21	22	24	21	16
M51	32	30	33	33	33	32	33
M53	21	21	21	23	23	21	18

Oldak et al. (2017) utilizaron la siguiente clasificación de la actividad antimicrobiana en función de

los diámetros de la zona de inhibición: ligera (menor de 4 mm de diámetro), media (entre 4 y 8 mm), alta (entre 8 y 12 mm) y muy alta (mayor de 12 mm). Según esta clasificación, el 100 % de los valores obtenidos de los SLC mostrados en la Tabla 2 presentaron muy alta actividad antimicrobiana frente a cepas de *Pseudomonas* aisladas de boga (Figura 2). Dos cepas (I4 y M51) resultaron sensibles, con halos de inhibición mayores a 30 en todos los SLC estudiados.

Figura 2. Halos de inhibición de SLC de *Lpb. plantarum* frente a cepas de *Pseudomonas spp.* aisladas de boga (*Megaleporinus obtusidens*).



Kuley et al. (2021) encontraron halos de inhibición de aproximadamente 16 mm de diámetro al estudiar el efecto de un SLC de *Lpb. plantarum* FI8595 frente a *Pseudomonas luteola* aislada de pescado, mientras que Sharaf et al. (2019) observaron halos de 8 mm en SLC de *Lpb. plantarum* frente a *Pseudomonas aeruginosa* aislada de queso, ambos valores inferiores a la mayoría de los encontrados en este trabajo. Por otro lado, De Giani et al. (2019) encontraron mayor inhibición (halos de 40 mm de diámetro) en *Lpb. plantarum* PBS067 frente a *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027.

Para conocer si la actividad antimicrobiana de los SLC es debida a la presencia de ácidos orgánicos, se neutralizaron los sobrenadantes y se realizaron los ensayos de inhibición en las 20 cepas estudiadas. En contraste con los resultados obtenidos con los SLC no neutralizados, ninguno pudo inhibir las cepas mencionadas (datos no mostrados). Estos resultados coinciden con lo encontrado por Arena et al. (2016) y Sharaf et al. (2019), quienes sugieren que la capacidad de SLC de *Lpb. plantarum* para evitar o disminuir el crecimiento de microorganismos *in vitro* depende, en cierta medida, del efecto reductor de su bajo pH y/o de la presencia de ácidos orgánicos. Arrijoa-Bretón et al. (2020) encontraron que el SLC de *Lpb. plantarum* NRRL B-4496 no neutralizado fue más efectivo contra *S. aureus* (ATCC 700698), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Listeria monocytogenes* (Scott A) y *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Para sostener la acción inhibidora, los sobrenadantes neutralizados fueron concentrados por liofilización. Las pruebas de inhibición de los 7 sobrenadantes concentrados frente a las 20 cepas de *Pseudomonas* aisladas de boga se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Actividad antimicrobiana de SLCL de cepas de *Lpb. plantarum* neutralizadas determinada por ensayo de difusión y expresada como el tamaño de las zonas de inhibición (mm) frente a cepas de *Pseudomonas spp.*

	Diámetros de las zonas de inhibición (mm)						
	LpSF1	LpS6	LpS10	LpSY1	LpM2	LpM9	LpRY3
I1	12	10	7	15	8	13	13
I3	0	0	0	0	0	0	0

I4	9	10	7	7	7	7	7
I5	0	0	7	7	8	9	7
I6	16	17	15	17	15	13	16
I7	18	21	18	20	19	17	17
I8	0	0	0	0	0	0	-0
E1	15	15	10	16	7	13	17
E2	7	7	7	7	7	8	7
E3	7	9	7	10	7	8	9
E4	0	0	7	0	9	10	7
Ag1	7	16	26	15	25	25	15
Ag2	8	12	10	7	8	10	8
Ag3	10	18	20	13	15	18	15
Ag4	13	13	15	15	13	13	15
Al1	7	7	7	7	10	7	7
M11	7	0	15	7	15	13	7
M41	13	28	25	25	30	25	30
M51	7	8	9	7	7	7	8
M53	0	7	15	7	20	20	7

En la Tabla 3 se puede observar que las cepas (I4 y M51), que resultaron más sensibles en el estudio frente a los SLC sin tratar, presentaron mayor resistencia en este estudio, si bien se mantuvieron dentro del rango de actividad antimicrobiana alta propuesto por Oldak et al. (2017), lo que indica que es la acción de los ácidos orgánicos lo que provocó, principalmente, la actividad antagónica. El mismo efecto se pudo observar en las cepas aisladas de intestinos de boga (I3 e I8), que no presentaron zonas de inhibición en este estudio (0 mm). El 30 % (6) de las cepas resultaron con muy alta sensibilidad frente a todos los SLCL y neutralizados (halos mayores a 12 mm), lo que podría indicar la acción de otras sustancias inhibitoras en los sobrenadantes. Las cepas aisladas de filetes de boga (músculo) presentaron actividad antagónica entre media y alta (7 mm a 30 mm) para la mayoría de los SLC estudiados.

Para continuar con la impregnación a vacío de la carne de boga, se seleccionaron los 2 SLC de las cepas de *Lpb. plantarum* que presentaron mayor actividad antimicrobiana durante los diferentes ensayos de inhibición realizados: LpS10 y LpM2.

4.3. Efecto de la impregnación a vacío con SLC

En la Tabla 4 se presentan los resultados del efecto de la impregnación a vacío durante 15 minutos con SLC de *Lpb. plantarum* en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de carne de boga.

El porcentaje de variación de peso ocasionada por el proceso de impregnación fue estadísticamente diferente entre los tratamientos, siendo de 2,36 % \pm 0,35 para muestras impregnadas con LpS10 y 3,72 % \pm 0,59 para muestras impregnadas con LpM2. Andres-Bello et al. (2015) hallaron variaciones de peso de 2,7 % y 2,2 % para filete de dorada (*Sparus aurata*) impregnado con soluciones de nisina y bacterias ácido lácticas, respectivamente, resultados similares a lo encontrado en carne de boga con SLC de LpS10.

Las muestras impregnadas con ambos sobrenadantes presentaron un pH significativamente menor que la fresca (6,55), siendo 5,77 para la carne de boga tratada con LpS10 y 5,30 en la impregnada con LpM2, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ambas muestras impregnadas. En concordancia con estos resultados, Jo et al. (2021), quienes estudiaron la aplicación de SLC de *Lpb. plantarum* SKD4 y *Pediococcus stilesii* SKD11 en *Trichiurus lepturus*, reportaron valores de pH de 5,6 y 5,8, respectivamente, similares a los presentados en filetes de boga. Por otro lado, Andrés-Bello et al. (2015) informan valores de pH del orden de 6,2 en dorada (*Sparus aurata*) impregnada con nisina.

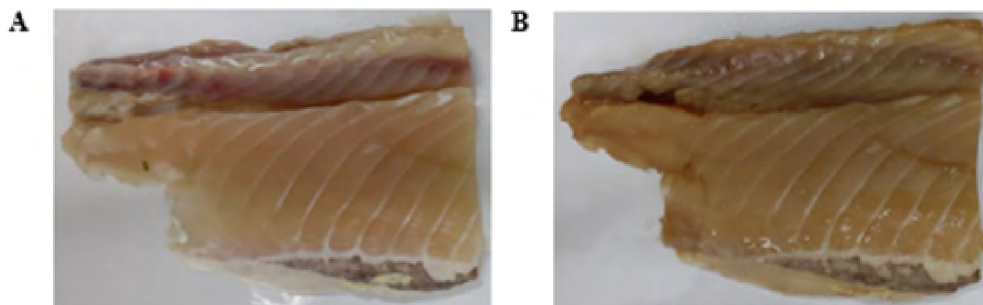
Tabla 4. Efecto de la impregnación de SLC en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de carne de boga.

	Filete de boga fresco	Filete de boga impregnada con LPS10	Filete de boga impregnada con LPM2
ΔP	-	$2,36 \pm 0,45^b$	$3,72 \pm 0,59^a$
pH	$6,55 \pm 0,41^a$	$5,77 \pm 0,23^b$	$5,30 \pm 0,23^b$
L^*	$64,44 \pm 1,57^a$	$59,82 \pm 0,62^b$	$63,09 \pm 2,14^{ab}$
a^*	$7,45 \pm 0,36^b$	$9,77 \pm 1,22^a$	$6,47 \pm 0,47^b$
b^*	$22,21 \pm 0,88^b$	$31,02 \pm 0,59^a$	$26,18 \pm 3,01^b$
IB	$57,42 \pm 1,68^a$	$48,29 \pm 0,59^b$	$54,25 \pm 2,83^a$
Croma	$23,43 \pm 0,73^b$	$32,54 \pm 0,37^a$	$26,98 \pm 2,90^b$
ΔE	-	$2,64 \pm 0,16^a$	$5,46 \pm 1,82^a$
NBVT (mg/100g)	$12,86 \pm 2,03^a$	$10,06 \pm 2,18^b$	$12,87 \pm 2,23^{ab}$
B. psicrótrofas (Log UFC/g)	$4,75 \pm 0,07^a$	$3,23 \pm 0,23^c$	$4,33 \pm 0,05^b$
B. proteolíticas (Log UFC/g)	$4,50 \pm 0,01^a$	$3,23 \pm 0,55^b$	$3,87 \pm 0,12^{ab}$

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

En cuanto al color superficial, el proceso de impregnación en la carne de boga tratada con LpS10 disminuyó los valores de L^* e IB y aumentó los de a^* , b^* y Croma, mientras que estos parámetros de color no se modificaron significativamente en la impregnada con LpM2. En la Figura 3 se puede apreciar el cambio de color entre la muestra sin impregnar y la impregnada con LpS10.

Figura 3. Muestras de boga antes (A) y después (B) de la impregnación a vacío con LpS10.



En el estudio de Andrés-Bello et al. (2015) en filete de dorada impregnada con nisina se observó un efecto del tratamiento distinto al encontrado en el presente trabajo, ya que el parámetro L aumentó con la impregnación, mientras que el valor b^* disminuyó. En relación al aumento del parámetro a^* , el comportamiento de la muestra tratada con nisina fue similar a la tratada con LpS10, mientras que la no modificación de Croma coincidió con lo encontrado en la muestra LpM2. En el trabajo desarrollado por Jo et al. (2021) en *Trichiurus lepturus* tratado con SLC de cepas de *Lactobacillus*, los valores de L aumentaron en las muestras tratadas, como lo sucedido con la nisina (Andrés-Bello et al., 2015); mientras que los valores de a^* y b^* también aumentaron, coincidiendo con lo encontrado en filetes de boga impregnada con el sobrenadante de LpS10.

En relación a la variación de color, no hubo diferencia significativa entre los valores encontrados para LpS10 y LpM2, quizás debido a la amplia dispersión de los resultados.

En el presente estudio, al igual que en el de Andrés-Bello et al. (2015), también se considera que las variaciones del color de la carne de boga están asociados al color de los sobrenadantes utilizados en la impregnación.

En cuanto a los valores de NBVT, la carne de boga impregnada con LpS10 presentó un valor significativamente menor que la muestra fresca, mientras que la carne de boga tratada con LpM2 no presentó diferencia en este parámetro. Estos resultados, tanto de muestras impregnadas como de control, se encontraron por debajo de 30 mg/100 g, límite establecido por el Código Alimentario Argentino para carne fresca en cuanto al contenido de NBVT. Los valores hallados fueron similares a los informados por Andrés-Bello et al. (2015), tanto en el filete de dorada impregnado con nisina como su muestra control, siendo cercano a 10 mg de NBVT/100 g muestra.

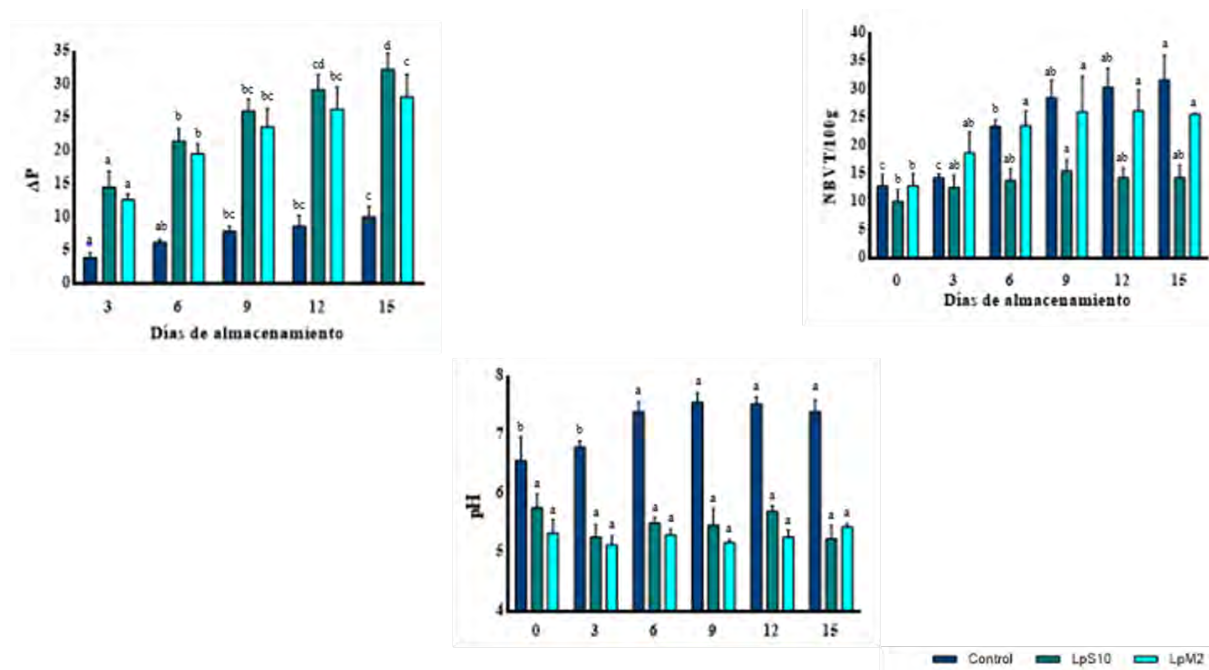
En la Tabla 4 se puede observar además que los procesos de impregnación redujeron el número de bacterias psicrótrofas y bacterias proteolíticas de los filetes. Ambas muestras impregnadas presentaron un recuento de bacterias psicrótrofas inferiores a 7 log UFC/g, valor límite en muestras de pescado refrigerado para consumo humano recomendado por la Comisión Internacional sobre Especificaciones Microbiológicas en Alimentos (ICMSF, 2011). Los recuentos de bacterias proteolíticas fueron de 3,23 log UFC/g en la muestra impregnada con LpS10 y 3,87 log UFC/g en las tratadas con LpM2. Los recuentos de microorganismos psicrótrofos en las muestras impregnadas fueron significativamente menores que en la muestra fresca, mientras que los recuentos de bacterias proteolíticas solo fueron menores en la carne de boga impregnada con extracto de LpS10.

4.4. Evaluación de la calidad de los productos impregnados con SLC y envasados a vacío durante el almacenamiento refrigerado

Las muestras control y las impregnadas presentaron pérdidas de peso durante el almacenamiento refrigerado, los cuales resultaron de 4,0 a 10,1 % y de 13,6 a 30,2 % respectivamente. Las mayores pérdidas de la muestra impregnada indican un efecto del proceso aplicado en la matriz estudiada.

La variación de peso y la evolución del pH y del NBVT, durante el almacenamiento refrigerado de las muestras impregnadas y la muestra control, se presentan en la Figura 4.

Figura 4. Valores de ΔP (A), pH (B) y NBVT (C) de muestras control (■) y muestras impregnadas con LpS10 (■) y LpM2 (■) durante el almacenamiento refrigerado (0,5-2,5 °C).



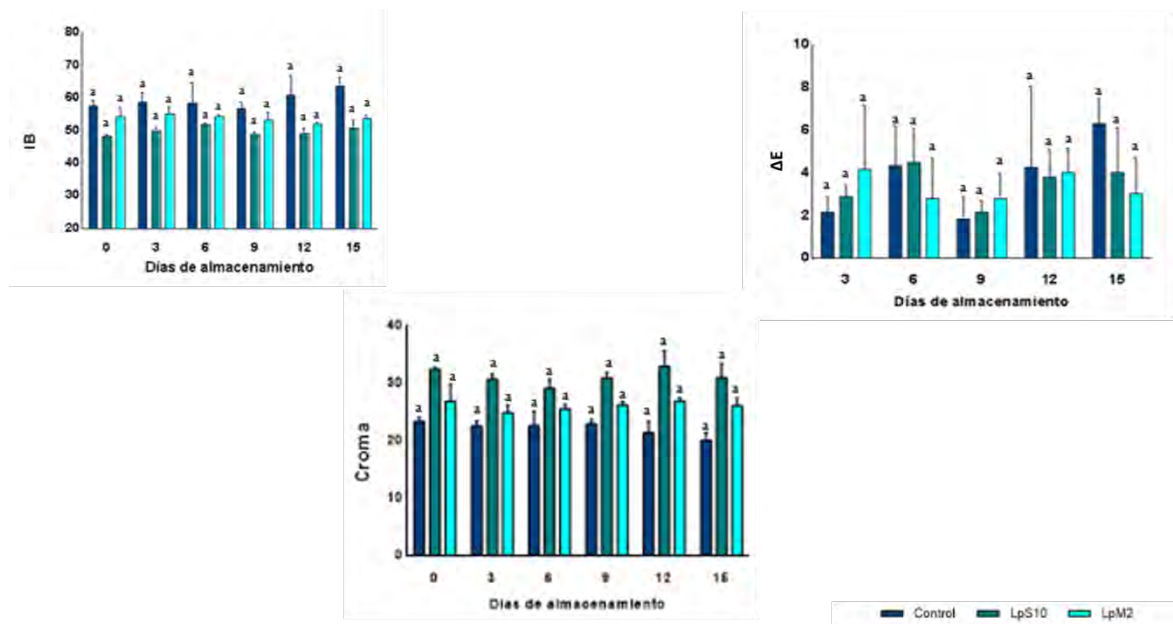
Las muestras control presentaron un aumento significativo del pH a partir del sexto día de almacenamiento. En el caso de las muestras impregnadas con ambos sobrenadantes, el pH no presentó variaciones significativas ($p > 0,05$) durante los 15 días en refrigeración, manteniendo las diferencias entre muestras control e impregnadas. Jo *et al.* (2021) informan, en *Trichiurus lepturus* tratado con sobrenadantes libres de células de BAL, que el pH de las muestras control no presentó diferencias significativas durante los 4 días en almacenamiento a 4 °C, mientras que las muestras tratadas aumentaron levemente, resultando todas las muestras con valores similares de pH al final del periodo estudiado. Gao *et al.* (2014) no encontraron diferencias significativas en los valores de pH entre la muestra de *Trachinotus ovatus* control y la tratada con nisina durante los 15 días de almacenamiento. Estos resultados indican que el comportamiento del pH de las muestras es dependiente del sobrenadante empleado y de la especie estudiada.

En cuanto a la evolución del NBVT, se observó un aumento significativo a partir del sexto día de almacenamiento refrigerado para la muestra control, comportamiento similar al encontrado por Esteves *et al.* (2021) en *Balistes capriscus*, que presentó un aumento significativo al quinto día de almacenamiento al vacío en refrigeración. El valor de NBVT de la carne de boga sin impregnar al comienzo del ensayo fue de 12,86 mg /100 g y, al finalizar el período de estudio (día 15), su valor resultó de 31,74 mg NBVT/100 g, superior a los 30 mg/100 g establecidos por el CAA como límite para este parámetro en pescado fresco. Los valores de NBTV de las muestras tratadas con LpS10 presentaron un aumento significativo al día 9 (de 10,06 a 15,55 mg/100 g), mientras que las impregnadas con LpM2 lo presentaron al sexto día (de 12,87 a 23,65 mg/100 g). Lo encontrado difiere con lo reportado por Andrés-Bello *et al.* (2015), quienes no observaron modificaciones en los valores de NBVT en las muestras impregnadas con nisina durante los 15 días de almacenamiento. Gao *et al.* (2014) reportaron que, en el día 9, el nivel de NBVT en la muestra control superó el nivel aceptable sugerido para productos pesqueros, mientras que en la tratada con nisina lo alcanzaron después de 12 días. En este estudio, ambas muestras tratadas se mantuvieron por debajo del contenido máximo aceptado por la normativa argentina durante el período de almace-

miento. Estos resultados indican que el tratamiento aplicado resultó útil a la hora de mantener los valores de compuestos nitrogenados en la carne de boga almacenada.

En la Figura 5 se presenta la evolución de los parámetros de color, L^* , a^* y b^* , IB, cromina y variación de color de las diferentes muestras durante el almacenamiento refrigerado.

Figura 5. Evolución de los parámetros de color de IB, Cromina y ΔE de las muestras control (■) y muestras impregnadas con LpS10 (■) y LpM2 (■) durante el almacenamiento en refrigeración.



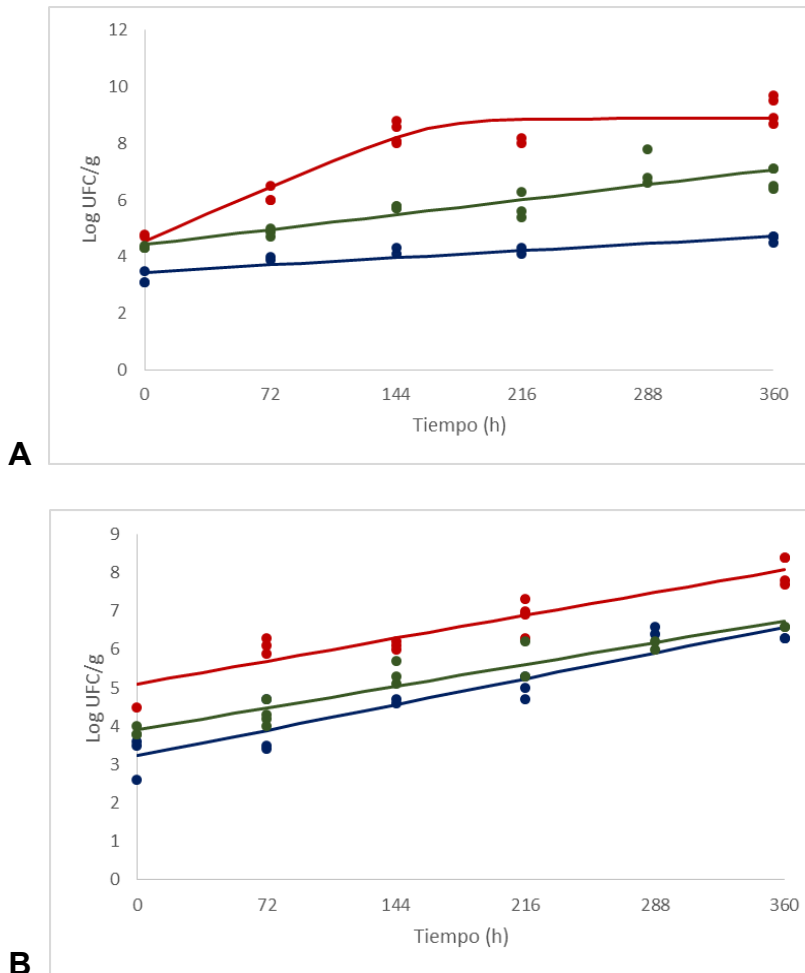
En las muestras control no se observaron diferencias significativas en los valores de L^* , a^* y b^* . Mientras que en las muestras impregnadas con LpS10 la luminosidad presentó una disminución al noveno día, para luego volver a aumentar y no presentar diferencias significativas entre el día 0 y el 15 de almacenamiento, y los parámetros a^* y b^* no se modificaron significativamente. En la carne de boga impregnada con LpM2, los parámetros L^* y b^* no presentaron diferencias significativas durante el almacenamiento, mientras que el valor a^* aumentó al día 12 y luego disminuyó al final del almacenamiento, sin presentar diferencias significativas con el día 0. A diferencia de lo hallado en el presente estudio, Andrés-Bello et al. (2015) encontraron en filete de dorada tratada con nisina que los valores de L^* aumentaron en todas las muestras durante el almacenamiento. Jo et al. (2021) reportaron que los valores de L^* de las muestras control y las tratadas con *Lpb. plantarum* SKD4 aumentaron durante los 5 días de almacenamiento a 4 °C, mientras que en las tratadas con *Pediococcus stilesii* SKD11 disminuyeron. Los valores del parámetro a^* aumentaron en la muestra control y disminuyeron en las tratadas con sobrenadantes, y los valores de b^* no se modificaron en la muestra control (como lo encontrado en el presente estudio). En la tratada con SKD4 aumentaron y en la tratada con SKD11 disminuyeron, indicando que la evolución de los parámetros de color es altamente dependiente de la naturaleza del sobrenadante empleado.

Al evaluar estos parámetros de color en conjunto en el cálculo del IB, Cromina y ΔE se encontró que, durante el almacenamiento, tanto las muestras de carne de boga fresca como las impregnadas con ambos sobrenadantes no presentaron variaciones significativas durante el período estudiado.

En cuanto a los microorganismos psicrótrofos, las muestras impregnadas con LpS10 inician el almacenamiento con un recuento 1 log menor que la muestra control y las tratadas con LpM2. El valor de 7 log, límite establecido por la ICMSF (2011) para el pescado refrigerado para consumo humano, fue

superado en la carne de boga fresca en el día 4 de almacenamiento (96 h), mientras que en el pescado impregnado con LpM2 se alcanzó en el día 12, y en el tratado con LpS10 a los 15 días de almacenamiento seguía manteniendo un recuento inferior a 7 log.

Figura 6. Efecto del tratamiento de impregnación y el envasado a vacío sobre el crecimiento de bacterias psicrótrofas (A) y bacterias proteolíticas (B) en muestras control (•) y muestras impregnadas con SLC de LpS10 (◐) y LpM2 (◑). Las líneas corresponden a las curvas modeladas utilizando Programa ComBase Predictor.



Los parámetros microbiológicos de crecimiento de estas bacterias se presentan en la Tabla 5. Estos resultados se obtuvieron ajustando las curvas de crecimiento microbiano obtenidas en las muestras control y las impregnadas durante 15 minutos con SLC de LpS10 y LpM2 al modelo de Baranyi-Robert, usando el software DMFit 5.3. En todos los casos se obtuvo un ajuste de las curvas de crecimiento frente al modelo completo de Baranyi-Robert superior a 0,8 ($r^2=0,80$).

Tabla 5. Parámetros cinéticos del crecimiento de bacterias psicrótrofas y proteolíticas, calculados mediante ajuste primario del modelo de Baranyi- Robert.

		R ² del ajuste	$\mu_{\text{máx}}$ (Log UFC/g*h)	λ (horas)	N_0 (Log UFC/g)	$N_{\text{máx}}$ (Log UFC/g)
Crec. de bacterias psicrótrofas	F. control	0,90	0,026	—	4,56	8,87
	Filetes impregnados con SLC de LpS10	0,83	0,003	—	3,45	4,72
	Filetes impregnados con SLC de LpM2	0,84	0,007	—	4,42	7,80
Crec. de bacterias proteolíticas	F. control	0,86	0,008	—	5,10	8,07
	Filetes impregnados con SLC de LpS10	0,86	0,009	—	3,22	6,58
	Filetes impregnados con SLC de LpM2	0,90	0,008	—	3,90	6,74

$\mu_{\text{máx}}$: velocidad máxima de crecimiento; λ : duración de la fase de latencia; N_0 : mínima densidad de población; $N_{\text{máx}}$: máxima densidad de población.

En cuanto a las bacterias proteolíticas, las muestras impregnadas con LpM2 iniciaron el período de almacenamiento con recuentos poco más de 1 log menores que las muestras control, diferencia que se mantuvo a lo largo de los 15 días estudiados. Las muestras impregnadas con SLC de LpS10 iniciaron el almacenamiento con valores casi 2 log menores a la muestra fresca, pero la velocidad de crecimiento fue mayor, alcanzando recuentos similares a las muestras impregnadas con LpM2. Los recuentos de bacterias psicrótrofas impregnadas con SLC de LpS10 presentaron menor velocidad máxima de crecimiento, logrando tener un recuento al final del tratamiento de 4 log UFC/g menos que la muestra control y 3 log UFC/g menos que la impregnada con SLC de LpM2.

Los resultados encontrados en el crecimiento y multiplicación de bacterias psicrótrofas y proteolíticas se pueden explicar por el efecto antimicrobiano del bajo pH y la presencia de ácidos orgánicos en los SLC incorporados a la carne de boga. Además, en las pruebas de inhibición de SLCL y neutralizados se encontró que siguieron presentando actividad microbiana. Esto sugiere la presencia de otros metabolitos producidos por *Lpb. plantarum* capaces de inhibir el crecimiento microbiano, como plantaricinas y otros péptidos antimicrobianos (Mani-López et al., 2022).

5. Conclusiones

La carne de pescado, al ser altamente perecedera, requiere ser sometida a tratamientos con el fin de alargar su vida útil refrigerada. En este sentido, además del envasado al vacío y del almacenamiento a bajas temperaturas, es necesario sumar tecnologías que mejoren el control de bacterias de descomposición en la carne de boga fileteada.

La impregnación a vacío durante 15 minutos con sobrenadantes libres de células de *Lactiplantibacillus plantarum* obtenidas de sorgo y maíz demostró tener mayor poder para inhibir el crecimiento microbiano. Los SLC de la cepa obtenida de sorgo, además, permitieron disminuir los valores de pH y NBVT, con lo cual se concluye que esta tecnología representa una alternativa más adecuada para extender la vida útil de la carne de boga por 15 días en refrigeración entre 0,5 - 2,5 °C y envasada a vacío. Presenta como desventaja cambios significativos en la opacidad y el índice de blancura, teniendo en cuenta que

el color del filete es uno de los atributos que se miden para evaluar la frescura. Los resultados obtenidos mantienen abierto un amplio campo para continuar investigando la naturaleza y características de los compuestos antimicrobianos presentes en los sobrenadantes libres de células.

6. Perspectivas futuras

En particular, el desarrollo de esta investigación planteó diversas inquietudes, las cuales se detallan a continuación:

- Realizar estudios sobre bacterias patógenas que podrían estar presentes en este tipo de alimentos.
- Evaluar sensorialmente los filetes de boga impregnados y cocidos para la determinación del grado de aceptación del uso de las tecnologías de vacío en la conservación de los filetes de boga.
- Estudiar alternativas de impregnación en filetes de boga como el rociado o la inmersión, a los fines de que puedan utilizarse tecnologías menos costosas.
- Caracterizar genéticamente y taxonómica las cepas de *Pseudomonas spp.* aisladas.
- Aislar bacterias lácticas de la carne de boga para estudiar su efecto sobre la microbiota que se incorpora en el procesamiento.
- Explorar los compuestos responsables de la inhibición bacteriana en los SLC, así como las capacidades tecnológicas para su aplicación en este tipo de alimentos.
- Diseñar un medio de cultivo más adecuado, posiblemente de subproductos de industrias, que podría ser más seguro para su uso en alimentos y permitiría reducir costos.
- Evaluar otras tecnologías para la aplicación de sustancias inhibitoras producidas por bacterias lácticas.

Referencias bibliográficas

- Abib, M., Freyre, M., Fontanarrosa, M. E., Del Barco, D., Ferraris, N. (2003). Calidad nutricional de las grasas de pescado del río Paraná de consumo masivo en Santa Fe. *FABICIB*, 7, 127-133. <https://doi.org/10.14409/fabicib.v7i1.728>
- Andrés-Bello, A., De Jesús, C., García-Segovia, P., Pagán-Moreno, M.J. y Martínez-Monzó, J. (2015). Vacuum impregnation as a tool to introduce biopreservatives in gilthead sea bream fillets (*Sparus aurata*). *LWT - Food Science and Technology*, 60, 758-765. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.063>
- Andrés-Bello, A., García-Segovia, P. y Martínez-Monzó, J. (2009). Effects of vacuum cooking (Cook-Vide) on the physical-chemical properties of sea bream fillets (*Sparus aurata*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18, 79-89. <https://doi.org/10.1080/10498850802581773>
- Arena, M.P., Silvain, A., Normanno, G., Grieco, F., Drider, D., Spano, G. y Fiocco, D. (2016). Use of *Lactobacillus plantarum* strains as a bio-control strategy against food-borne pathogenic microorganisms. *Front. Microbiol*, 7, 464. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00464>
- Arrijoja-Bretón, D., Mani-López, E., Bach, H. y López-Malo, A. (2020). Antimicrobial activity of protein-containing fractions isolated from *Lactobacillus plantarum* NRRL B-4496 culture. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51, 1289-1296. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00266-5>
- Baranyi, J. y Roberts, T.A. (1994). A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International journal of food microbiology*, 23(3-4), 277-294.

- Barbosa, J., Albano, H., Silva, B., Almeida, M.H., Nogueira, T. y Teixeira, P. (2021). Characterization of a *Lactiplantibacillus plantarum* R23 isolated from Arugula by whole-genome sequencing and its bacteriocin production ability. *International journal of environmental research and public health*, 18(11), 5515. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115515>
- Boziaris, I.S. y Parlapani, F.F. (2017). Chapter 3 - Specific Spoilage Organisms (SSOs) in Fish. En: A. Bevilacqua, M.R. Corbo y M. Sinigaglia (Eds.). *The Microbiological Quality of Food: Foodborne Spoilers* (pp. 61-98). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100502-6.00006-6>
- Britos, S., Saravi, A. y Chichizola, N. (2012). ¿Dónde están y por qué son importantes las calorías dispensables en la revisión de Guías Alimentarias Argentinas? <https://cepea.com.ar/cepea/wp-content/uploads/2012/12/Documento-calor%C3%ADas-dispensables.pdf>
- Bugueño, G., Escriche, I., Chiralt, A., Pérez-Juan, M., Serra, J. y Camacho, M. (2019). Use of vacuum impregnation in smoked salmon manufacturing. En P. Fito, A. Chiralt, J.M. Barat, W.E.L. Spiess y D. Behnlian (Eds.). *Osmotic Dehydration & Vacuum Impregnation*. <https://doi.org/10.1201/9780429132216-17>
- Burr, S.E., Gobeli, S., Kuhnert, P., Goldschmidt-Clermont, E. y Frey, J. (2010). *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *piscium* subsp. nov., isolated from freshwater fish. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 60(12), 2753-2757. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.011692-0>
- Carciofi, B.A.M., Prat, M. y Laurindo, J.B. (2012). Dynamics of vacuum impregnation of apples: Experimental data and simulation results using a VOF model. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 337-443. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.023>
- Castagnini, J.M., Betoret, N., Betoret, E. y Fito, P. (2015). Vacuum impregnation and air drying temperature effect on individual anthocyanins and antiradical capacity of blueberry juice included into an apple matrix. *LWT-Food Science and Technology*, (64), 1289-1296. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.044>
- Chiralt, A., Fito, P., Barat, J.M., Andrés, A., González-Martínez, C., Escriche, I. y Camacho, M.M. (2001). Use of vacuum impregnation in food salting process. *Journal of Food Engineering*, Volume, 49, 141-151. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00219-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00219-3).
- Ciappini, M.C., Gatti, M.B., Chain, P.N. y Cabreriso, M.S. (2019). Perfil lipídico de tres especies de pescados de agua dulce: Boga (*Leporinus obtusidens*), Dorado (*Salminus brasiliensis*) y Surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista de Ciencia y Tecnología*, 32(1), 33-38. <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2019.32.006>
- Código Alimentario Argentino (CAA). (2019). Capítulo VI. Alimentos cárneos y afines. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/caa_cap_vi_feb2021.pdf
- De Giani, A., Bovio, F., Forcella, M., Fusi, P., Sello, G. y Di Gennaro, P. (2019). Identification of a bacteriocin-like compound from *Lactobacillus plantarum* with antimicrobial activity and effects on normal and cancerogenic human intestinal cells. *AMB Express*, 9(1), 88. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0813-6>
- Duman, M., Mulet, M., Altun, S., Saticioglu, I.B., Ozdemir, B., Ajmia, N., Lalucat, J. y García-Valdés, E. (2021). The diversity of *Pseudomonas* species isolated from fish farms in Turkey. *Aquaculture*, 535, 736369. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736369>
- Erihemu, K., Hironaka, Y., Koaze, H. y Oda, Y. (2014). Iron enrichment of whole potato tuber by vacuum impregnation. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2352-2358. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.043>
- Espíndola, B. (2008). *Variaciones en el contenido de macro y micronutrientes en pescados de ríos sometidos a cuatro formas de cocción*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Litoral]. <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/bitstream/handle/11185/465/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y018>
- Esteves, E., Guerra, L. y Aníbal, J. (2021). Effects of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on the Quality and Shelf-Life of Gray Triggerfish (*Balistes capriscus*) Fillets. *Foods*, 10(2), 250. <https://doi.org/10.3390/foods10020250>

- European Food Safety Authority Committee (2015). Statement on the benefits of fish/seafood consumption compared to the risks of methylmercury in fish/seafood. *EFSA Journal*, 13(1), 3982. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3982>
- Fajingbesi, A.O., Anzaku, A.A., Akande, M., Ikwue, A.E. y Ombugadu, A. (2018). Production of protease enzyme from fish guts using *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter cloacae* and *Bacillus megaterium*. *J Clin Path Lab Med.*, 2(1), 1-7.
- Fonseca-Rodríguez, C. y Chavarría-Solera, F. (2017). Composición proximal en algunas especies de pescado y mariscos disponibles en el pacífico costarricense. *Uniciencia*, 31(1), 23-28. <https://doi.org/10.15359/ru.31-1.3>
- Food and Agriculture Organization (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Galvão Martins, M., Sérgio Nunes Chada, P. y Da Silva Pena, R. (2019). Application of pulsed-vacuum on the salt impregnation process of pirarucu fillet. *Food Research International*, 120, 407-414, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.016>
- Gao, M., Feng, L., Jiang, T., Zhu, J., Fu, L., Yuan, D. y Li, J. (2014). The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (*Trachinotus ovatus*) fillet during chilled storage. *Food Control*, 37, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.010>
- Gatti, M., Cabreriso, M., Chaín, P., Gonzalez Perini, E., Piazza, N. y Ciappini, M. (2020). Perfil nutricional y ácidos grasos de tres especies de pescados del río Paraná según su lugar de captura. *Ab Intus*, 5(2): 62-70. https://www.researchgate.net/publication/343398694_Perfil_nutricional_y_acidos_grasos_de_tres_especies_de_pescados_del_rio_Parana_segun_su_lugar_de_captura
- Goñi, S.M. y Salvadori, V.O. (2016). CIELAB color measurement from digital images. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45660>
- Goñi, S.M. y Salvadori, V.O. (2017). Color measurement: comparison of colorimeter vs. computer vision system. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 538-547. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9421-1>
- Hartmann, H.A., Wilke, T. y Erdmann, R. (2011). Efficacy of bacteriocin-containing cell-free culture supernatants from lactic acid bacteria to control *Listeria monocytogenes* in food. *International Journal of Food Microbiology*, 146(2), 192-199. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.02.031>
- Huss, H.H. (1998). *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. FAO Documento Técnico de Pesca 348. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/3/v7180s/v7180s00.htm>
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) (2011). *Microorganisms in Foods 8. Use of Data for Assessing Process Control and Product Acceptance*. Springer.
- International Organization for Standardization - ISO (2001). *ISO 17410:2001. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of psychrotrophic microorganisms*. <https://www.iso.org/standard/30649.html>
- Jessen, F., Nielsen, J. y Larsen, E. (2014). Chilling and freezing of fish. En I.S. Bozaris (Ed.), *Seafood Processing. Technology. Quality & Safety* (pp. 33-59). Wiley- Blackwell.
- Jo, D.M., Park, S.K., Khan, F., Kang, M.G., Lee, J.H. y Kim, Y.M. (2021). An approach to extend the shelf life of ribbonfish fillet using lactic acid bacteria cell-free culture supernatant. *Food Control*, 123, 107731. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107731>
- Kuley, E., Muhammet Kuscü, M., Durmus, M. y Ucar, Y. (2021). Inhibitory activity of Co-microencapsulation of cell free supernatant from *Lactobacillus plantarum* with propolis extracts towards fish spoilage bacteria. *LWT*, 146, 111433. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111433>

- Lancelle Cedrolla, M. V. (2015). *Estudio de tratamientos con sobrenadantes de cultivos de bacterias lácticas bacteriocinogénicas para el control de Salmonella y de la microflora de alteración en carcasas de pollo* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Litoral]. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/849>.
- Lima, M. M., Tribuzi, G., Souza, J.A., Souza, I.G., Laurindo, J. B. y Carciofi, B.A. (2016). Vacuum impregnation and drying of calcium-fortified pineapple snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 72, 501-509. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.016>
- Mani-López, E., Arrijoa-Bretón, D. y López-Malo, A. (2022). The impacts of antimicrobial and antifungal activity of cell-free supernatants from lactic acid bacteria in vitro and foods. *Comprehensive Reviews Food Science and Food Safety*, 21, 604-641. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12872>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2021). *Informe DPP N° 01/2021 - Mercado interno de pescado de río procedente de frigoríficos de la baja cuenca del Plata en Argentina. Datos de 2019*. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/promocion_consumo/informes/_archivos//210201_Informe%20DPP%20Nro1%20-%202021.pdf
- Ministerio de Salud de la Nación (2020). *Guías Alimentarias para la Población Argentina*. https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2020-08/guias-alimentarias-para-la-poblacion-argentina-manual-de-aplicacion_0.pdf
- Minitab (2018). *Data Analysis, Statistical & Process Improvement Tools*. <https://www.minitab.com/es-mx/contact-us/>
- Minozzo, M.G. (2011). *Processamento e Conservação do Pescado*. http://www.proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/411/Processamento_e_Conservacao_do_Pescado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Monterrosa Arias, S. (2007). Determinación de bases volátiles en carnes frescas de pescado como índice de calidad y frescura en la degradación proteica [Tesis de grado, Universidad Dr. Jose Matias Delgado]. <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/IAL/ADTES-MD0001441.pdf>
- Noguerol, A.T., Igual, M. y Pagán, M.J. (2021). Comparison of biopreservatives obtained from a starter culture of *Pediococcus acidilactici* by different techniques. *Food Bioscience*, 42, 101114. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104413>
- Oldak, A., Zielińska, D., Rzepkowska, A. y Kolożyn-Krajewska, D. (2017). Comparison of Antibacterial Activity of *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated from Two Different Kinds of Regional Cheeses from Poland: Oscypek and Korycinski Cheese. *BioMed Research International*, 6820369. <https://doi.org/10.1155/2017/6820369>
- Pearson, D. (1986). *Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos*. Editorial Acribia.
- Rimm, E.B., Appel, L.J., Chiuve, S.E., Djoussé, L., Engler, M.B., Kris-Etherton, P.M., Mozaffarian, D., Siscovick, D.S. y Lichtenstein, A.H. (2018). Seafood Long-Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Disease: A Science Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, 574.
- Scarabotti, P.A., Lucifora, L.O., Espinola, L.A., Rabuffetti, A.P., Liotta, J., Mantinian, J.E., Roux, J.P., Silva, N., Balboni, L., Vargas, F., Demonte, L.D. y Sánchez, S. (2021). Long-term trends of fishery landings and target fish populations in the lower La Plata basin. *Neotrop. ichthyol*, 19(03), e210013. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0013>
- Sharaf, O.M., Al-Gamal, M.S., Ibrahim, G.A., Dabiza, N.M., Salem, S.S., El-Ssayad, M.F. y Youssef, A.M. (2019). Evaluation and Characterization of some protective culture Metabolites in free and nano-chitosan-loaded forms against Common Contaminants of Egyptian Cheese. *Carbohydrate Polymers*, 223, 115094. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115094>
- Soares, K.M. de P. y Gonçalves, A.A. (2012). Qualidade e segurança do pescado. *Revista Do Instituto Adolfo Lutz*, 71(1), 1-10.

- Song, J., Dajing Li, J.M. y Chunquan Liu, M.Q. (2011). Vacuum impregnation pretreatment with maltose syrup to improve the quality of frozen lotus root. *International Journal of Refrigeration*, (76), 261-270. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.02.018>
- Todorov, S.D. (2009). Bacteriocins from *Lactobacillus plantarum* production, genetic organization and mode of action. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40(2), 209-221. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822009000200001>
- Tomac, A., Rodríguez Mallo, S., Perez, S., Garcia Loredo, A.B. y Yeannes, M.I. (2019). Vacuum impregnation in *Merluccius hubbsi* hake fillets brining. Effect on mass transfer kinetics, texture and colour. *LWT*, 119, 108892. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108892>
- Vougiouklaki, D., Tsironi, T., Papapaskevas, J., Halvatsiotis, P. y Houhoula, D. (2022). Characterization of *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Levilactobacillus brevis* and *Lactiplantibacillus plantarum* metabolites and evaluation of their antimicrobial activity against food pathogens. *Appl. Sci.*, 12, 660. <https://doi.org/10.3390/app12020660>

PID 9113

Denominación del Proyecto

Aplicación de la impregnación a vacío en la biopreservación de carne de pescado de río.

Directora

Lound Liliana

Codirectora

Piaggio Mercedes

Unidad de Ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia

Facultad de Bromatología

Cátedra/s, área o disciplina científica

Laboratorio de Microbiología. Microbiología

Contacto

liliana.lound@uner.edu.ar

Integrantes del proyecto

Docentes: Glodowsky Alejandro; Sacchi Cecilia. Colaboradora: Naef, Elisa. Becaria: BROGGI, EVELYN MABEL. Becaria CIN: Barreto Laura

Fechas de iniciación y de finalización efectivas

02/03/2020 y 22/01/2022

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 369/2022 (25-11-2022)