

# Caracterización microbiológica y fisicoquímica de carne de boga (*Leporinus obtusidens*) impregnada con jugo de limón

## Microbiological and physicochemical characterization of boga (*Leporinus obtusidens*) fillets impregnated with lemon juice

Elisa Fernanda Naef <sup>1</sup>, María Victoria Aviles <sup>2</sup>, Daniela Flavia Olivera <sup>3</sup>, Rosa Ana Abalos <sup>4</sup>, María Beatriz Gómez <sup>5</sup>, Liliana Haydeé Lound <sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires, Argentina. ✉ [elisa.naef@uner.edu.ar](mailto:elisa.naef@uner.edu.ar)

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires, Argentina. ✉ [maria victoria.aviles@uner.edu.ar](mailto:maria victoria.aviles@uner.edu.ar)

<sup>3</sup>Universidad Nacional de La Plata. CONICET La Plata - Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA). La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. ✉ [danielaolivera@conicet.gov.ar](mailto:danielaolivera@conicet.gov.ar)

<sup>4</sup>Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina. ✉ [rosa.abalos@uner.edu.ar](mailto:rosa.abalos@uner.edu.ar)

<sup>5</sup>Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina. ✉ [beatriz.gomez@uner.edu.ar](mailto:beatriz.gomez@uner.edu.ar)

<sup>6</sup>Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina. ✉ [liliana.lound@uner.edu.ar](mailto:liliana.lound@uner.edu.ar)



<https://doi.org/10.15446/acag.v70n1.90921>

2021 | 70-1 p 57-65 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-01180118 | Rec.: 16-10-2020. Acep.: 10-02-2021

### Resumen

La carne de pescado es altamente perecedera y microbiológicamente sensible. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar la carne de boga (*Leporinus obtusidens*) y evaluar el efecto de impregnación a vacío con jugo de limón en sus características microbiológicas y fisicoquímicas. Se determinó humedad, proteínas, grasa, cenizas, pH y recuento de microorganismos indicadores en boga fresca. Los filetes fueron impregnados a vacío con jugo de limón durante 5, 10 y 15 minutos. Las muestras, fueron envasadas a vacío, almacenadas a 3 °C y se analizó variación de peso, pH, color superficial, índice de blancura (IB), nitrógeno básico volátil total (NBVT), recuentos de bacterias psicrótrofas y proteolíticas. La composición de la boga resultó similar a la informada por otros autores, los parámetros a\* y b\*, y el contenido de grasa fueron acordes a pescados grasos. Los recuentos de microorganismos indicadores resultaron aceptables, a excepción de las enterobacterias que se encontraron levemente aumentadas. La impregnación generó ganancia de peso, aumento de L\* e IB, y disminución de pH y de bacterias psicrótrofas y proteolíticas. El NBVT disminuyó significativamente en la carne de boga impregnada por 15 minutos. Durante el almacenamiento, las muestras tratadas presentaron mayor pérdida de peso, en correspondencia con la ganancia generada por el tratamiento; se tornaron más claras; el NBVT se mantuvo constante y se redujeron las bacterias psicrótrofas y proteolíticas. La impregnación a vacío con jugo de limón resultó una tecnología viable para extender la vida útil de la carne de pescado refrigerada hasta cuatro días después del fileteado.

**Palabras claves:** bacterias proteolíticas, bacterias psicrótrofas, carne de pescado, color, impregnación a vacío, nitrógeno básico volátil total, pH.

### Abstract

Fresh fish is extremely perishable and sensitive to microbiological contamination. The objective of this work was to characterize the boga fillets (*Leporinus obtusidens*) and evaluate the effect of vacuum impregnation with lemon juice on its microbiological and physicochemical characteristics. The moisture, proteins, fat, ash, pH, and count of indicator microorganisms in fresh boga were determined. The fillets were vacuum impregnated with lemon juice for 5, 10, and 15 minutes. The impregnated and control samples were vacuum packed, stored at 3 °C and the variation in the weight, pH, colour, whiteness index (WI), total volatile basic nitrogen (TVBN), and psychrotrophic bacteria and proteolytic bacteria counts were studied. Boga chemical composition was similar to the values found by other authors, and the colour parameters a\* and b\*, and the fat content were according to fatty fish. Indicator microorganism counts were adequate, except enterobacteria, which were slightly increased. Weight gain, an increase in L\* and WI, and a decrease in pH, psychrotrophic bacteria, and proteolytic bacteria were generated by impregnation. The TVBN only decreased in boga fillets impregnated for 15 minutes. During storage, the treated samples showed a greater weight loss than the control one; these became clearer; the TVBN remained constant, and the psychrotrophic and proteolytic bacteria were reduced. Vacuum impregnation with lemon juice proved a viable technology to prolong the shelf life of chilled fish up to 4 days after filleting.

**Keywords:** color, fish meat, pH, proteolytic bacteria, psychrotrophic bacteria, total volatile basic nitrogen, vacuum impregnation.

## Introducción

En la República Argentina, la provincia de Entre Ríos presenta un destacado potencial para la piscicultura. Entre los peces que se desarrollan es posible destacar a la boga (*Leporinus obtusidens*), especie autóctona, migratoria, muy difundida y altamente demandada, lo que constituye una oportunidad para la cría artificial. Es un pez omnívoro, de carne apetecible y, especialmente, el lomo, presenta un excelente perfil lipídico. La posibilidad de incrementar la producción alienta la continuidad de investigaciones para llegar a diferentes mercados y proporcionarle valor agregado (Serra *et al.*, 2019).

La carne de pescado es altamente perecedera siendo, el deterioro microbiano, el que presenta mayor efecto sobre la carne de pescado fresco (Boziaris y Parlapani, 2017).

La microflora aislada entre 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. La alteración bacteriana de los filetes, bajo condiciones de refrigeración, es causada por bacterias psicrótrofas que poseen actividades proteolíticas, responsables de desintegrar los tejidos y contribuir a reacciones bioquímicas que producen características indeseables (Boziaris y Parlapani, 2017).

La congelación ha sido la tecnología más empleada para preservar la carne de pescado por lo que, en la búsqueda de evitar este procedimiento, es necesario estudiar la implementación de alternativas naturales, de bajo costo y que afecten lo menos posible la calidad sensorial del alimento. En este sentido, la aplicación de jugo de limón representa una alternativa. Su poder antibacteriano se debe a que contiene ácidos orgánicos débiles como el ácido ascórbico, cítrico, málico, acético y fórmico de probada acción antibacteriana (Oikeh *et al.*, 2015).

Por otro lado, la incorporación mediante impregnación a vacío resulta sumamente ventajosa debido a que la estructura del alimento apenas sufre cambios y el tiempo de aplicación es relativamente corto, ya que el vacío acelera la cinética de transferencia de materia. Específicamente, en carne de pescado, se ha demostrado que la estructura del músculo y la red vascular son los responsables de la respuesta del tejido a la impregnación a vacío (Andrés-Bello *et al.*, 2015).

En el presente trabajo se propuso como objetivo caracterizar la carne de boga (*Leporinus obtusidens*) y evaluar el efecto de la impregnación a vacío con jugo de limón en sus características microbiológicas y fisicoquímicas.

## Materiales y métodos

En este estudio se trabajó con filetes de boga adquiridos en un mercado local (Gualeguaychú, Entre Ríos, Argentina), con un peso promedio de 0.175 kg y 24 h *post mortem* que provenían de peces del Río Uruguay (33° 07' S, 58° 22' O) capturados entre los meses de septiembre y octubre, de 2.5-3 kg de peso, los cuales, inmediatamente después de su captura, fueron colocados en hielo y, posteriormente, procesados para obtener los filetes. Las muestras se conservaron a 3 °C hasta su estudio.

### Caracterización fisicoquímica de la carne de pescado.

Humedad: se midió en analizador infrarrojo (RADWAG MA 50/WH, Polonia) en 0.5 g de la muestra, previamente triturada, a 110 °C. Proteínas: se determinó en equipo microkjeldhal (Foss 2200 Kjelttec, Reino Unido), el destilado se recogió en H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 4 % y se tituló con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 N. La proteína total se calculó utilizando el factor 6.25. Grasa: se midió en muestras previamente secadas (105 °C hasta peso constante), mediante extracción Soxhlet durante 4 horas, con éter de petróleo como solvente, y el residuo obtenido se secó en estufa (100-105 °C) hasta peso constante (Association of Official Analytical Chemistry [AOAC], 2005). Cenizas: se determinó incinerando la muestra en una mufla de rampa (Battaglia, Argentina) a 550 °C. pH: se midió con pHmetro (ORION 720, USA) en 10 g de muestra diluida en 100 ml de agua destilada. La calibración se realizó utilizando soluciones tampón de pH 4.00, 7.00 y 10.00. Color superficial (CS): se determinó utilizando un sistema de visión computacional (SVC). Este consta de un gabinete donde se colocó la muestra, un sistema de iluminación, una cámara digital en su modo manual (Samsung ST600, Japón) y un software COLOR GUI el cual permite convertir las unidades de color RGB de las imágenes obtenidas al espacio de color CIELab, determinando de esta manera los parámetros L\*, a\* y b\* de cada muestra analizada (Goñi y Salvadori, 2017). Además, el SVC consta de un patrón de color X-Rite ColorChecker (X-Rite Inc., EE. UU.), con el cual se realiza su calibración. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

### Caracterización microbiológica de la carne de pescado.

Para realizar los análisis microbiológicos de la carne de pescado cruda se pesaron 25 g de muestra en bolsa estéril y se diluyeron con 225 ml de agua peptonada bufferada. Se homogeneizó, obteniéndose una dilución 1/10 y se prepararon diluciones seriadas. Los recuentos se realizaron por duplicado.

**Bacterias aerobias mesófilas totales:** mediante siembra en superficie de 0,1 ml de muestra en Agar para recuento en placa (ARP) (Britania, Argentina). Se incubó a 30 °C, 24-72 h (ISO 4833-2:2013).

**Bacterias psicrótrofas:** mediante siembra en superficie de 0,1 ml de muestra en ARP (Britania, Argentina). Se incubó a 10 °C, 7-17 días (ISO 17410:2001).

**Bacterias proteolíticas:** se sembraron 0,1 ml de muestra en superficie de ARP (Britania, Argentina) más 10 % de leche descremada. Se incubó a 22 °C, cuatro días, realizándose conteos preliminares a las 48 h (Fajingbesi et al., 2018; American Public Health Association [APHA], 2004). Las colonias rodeadas de una zona clara fueron observadas en forma, color y al microscopio óptico, previa coloración de Gram.

**Enterobacterias totales:** se sembraron 0,1 ml de la muestra en doble capa de Agar violeta rojo bilis glucosa (Britania, Argentina). Se incubó a 37 °C, 24-48 h (ISO 4832:1991).

**Bacterias lácticas:** se inoculó 1 ml de muestra en Agar Man Rogosa Sharpe (Acumedia, Reino Unido), se incubó a 30 °C, cinco días (ISO 15214:1998).

**Bacterias coliformes totales:** se sembró en Agar violeta rojo bilis (Britania, Argentina), se incubó a 37 °C, 24 h (ISO 4832:2006).

**Bacterias sulfito reductoras:** se sembró en profundidad 1 ml de muestra en Agar triptona sulfito neomicina (Merck, Alemania) y se incubó a 37 °C, 48 h en anaerobiosis (ISO 15213:2003).

## Proceso de impregnación a vacío de la carne de pescado.

Se utilizó una solución de jugo de limón comercial (Juvin S.A., Argentina) al 60 %. Se sumergieron 100 g de filetes de pescado en un litro de la solución (relación entre muestra/solución 1:10) en un equipo Gastrovac® (International Cooking Concepts, España). Primeramente, se realizó la impregnación a una presión de 0,8 bar a 10 °C y luego la restauración hasta presión atmosférica. Ambas etapas involucran el mismo tiempo, que en este estudio fue de 5, 10 y 15 minutos (Andrés-Bello et al., 2015).

Posteriormente, las muestras se envasaron a vacío en bolsas de poliamida-poliétileno Cryovac® (Sealed Air Co, Argentina) con permeabilidad al oxígeno de 25-30 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> y permeabilidad al vapor de agua de 5 g/m<sup>2</sup>. Como control se utilizaron muestras envasadas a vacío que no fueron sometidas a impregnación. Las muestras envasadas fueron almacenadas durante 5 días a 3 °C.

## Evaluación de la calidad del producto impregnado.

El efecto de la impregnación a vacío sobre la calidad de la carne de pescado fue evaluado a partir de medidas de variación de peso ( $\Delta P$ ), pH, nitrógeno básico volátil total (NBVT) y CS que se realizaron por triplicado y recuentos de bacterias psicrótrofas y proteolíticas, por duplicado.

La  $\Delta P$  se calculó como el porcentaje de variación de peso entre las muestras frescas e impregnadas.

El NBVT se determinó mediante la técnica de microdifusión de Conway. Se pesaron 20 g de muestra y se homogeneizaron con 100 ml de ácido tricloroacético al 5 %, dejándolo reposar 30 minutos. Al exudado obtenido se lo filtró a vacío y se tomaron 5 ml del extracto filtrado que fueron agregados en el compartimiento exterior de la cápsula junto con 1.00 ml de K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> saturado. En el compartimiento interno se agregó 5.00 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 2 % y gotas de indicador rojo de metilo-verde de bromocresol. El tiempo de difusión fue de 24 h. Se tituló con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.02 N y se calcularon los mg N/100 g muestra (Pearson, 1986).

A partir de las determinaciones de los parámetros de CS: L\*, a\* y b\* se calculó el índice de blancura (IB) de la carne:

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Eq. 1}$$

## Análisis estadístico.

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). Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre el crecimiento de bacterias psicrótrofas y bacterias proteolíticas. El crecimiento de estos microorganismos se analizó utilizando el Programa ComBase Predictor (2021). Los gráficos fueron elaborados utilizando el Software GraphPad Prism 8.0.1. (GraphPad Software, Inc., 2018).

## Resultados

En la Tabla 1 se presenta el contenido de humedad, proteínas, grasa total y cenizas cada 100 g de carne de boga fresca.

La muestra fresca presentó un pH de 7.1 y valores promedios de luminosidad de 63.97, tonos de rojo de 10.41 y de amarillo 18.98.

**Tabla 1.** Composición química de filetes de boga.

Composición química	Cantidad/100g
Humedad (%)	67.08 ± 1.72
Proteínas (g)	21.4 ± 0.87
Grasas (g)	11.18 ± 2.16
Cenizas (g)	2.64 ± 0.07

En la Tabla 2 se presentan los recuentos obtenidos de los diferentes microorganismos estudiados en la carne de boga fresca. Las muestras analizadas presentaron un recuento de bacterias aerobias mesófilas y psicrótrofas inferiores a 7 log UFC/g, límite recomendado en pescado refrigerado (International Commission on Microbiological Specifications for Foods [ICMSF], 2011), aunque resultaron valores altos, al igual que las enterobacterias.

**Tabla 2.** Caracterización microbiológica de carne de boga.

Indicadores	Log UFC/g (Promedio ± DE)
Bacterias aerobias mesófilas totales	5.59 ± 0.16
Bacterias psicrótrofas	4.79 ± 0.01
Bacterias proteolíticas	4.49 ± 0.00
Enterobacterias	3.17 ± 0.08
Bacterias lácticas	3.54 ± 0.03
Bacterias coliformes	2.52 ± 0.15
Bacterias sulfito reductoras	< 1

El recuento de bacterias sulfito reductoras resultó menor a 1 log UFC/g, asegurando la posibilidad del posterior envasado al vacío de la carne de pescado para su almacenamiento refrigerado.

Al realizar el proceso de impregnación a vacío, las muestras presentaron una ganancia de peso promedio de 7.92 %, sin diferencia significativa entre los diferentes tiempos de proceso estudiados (Tabla 3). En cuanto al pH, desciende significativamente al realizarse el tratamiento, lo cual es esperable por el

efecto del pH de la solución de impregnación (2.4), observándose poca influencia del tiempo de proceso sobre este parámetro, ya que, solo al triplicar la duración del tratamiento, se logra reducir un 10 % este valor.

La impregnación a vacío durante 5 y 10 minutos no produjo cambios significativos en el NBVT, en cambio, cuando el proceso de impregnación se realizó durante 15 minutos, se produjo la disminución del contenido NBVT (Tabla 3). Estos resultados, tanto de muestras impregnadas como control, mostraron valores correspondientes a carne de pescado fresca.

El proceso de impregnación ocasiona la disminución de los valores de  $a^*$  y  $b^*$  y el aumento de  $L^*$ , tornando más blanquecino el aspecto de la carne de pescado. El IB mostró que el tratamiento de impregnación ocasiona un aumento significativo en la blancura de la superficie de las muestras (Tabla 3).

Los recuentos de bacterias proteolíticas no presentaron variaciones significativas al comparar la muestra control con las impregnadas, mientras que, en los recuentos de bacterias psicrótrofas, se observa una disminución significativa de 1 log en las muestras impregnadas.

Durante los primeros tiempos del almacenamiento en refrigeración, las muestras control y las impregnadas presentaron pérdidas de peso, los cuales resultaron de 1.67 y 12.9 % p/p respectivamente. Las mayores pérdidas de la muestra impregnada indican un efecto del proceso aplicado en la matriz estudiada.

La evolución del pH y del NBVT, durante el almacenamiento refrigerado, se presentan en la Figura 1. El pH de las muestras impregnadas 15 minutos aumentó significativamente mientras que, el resto de las muestras, no presentó diferencias entre el día 0 y el último día de almacenamiento (Figura 1A). Si bien este parámetro no se modificó entre el primer y último día del período estudiando en la muestra control, al cuarto día presentó una disminución significativa y aumentó nuevamente al quinto día de almacenamiento.

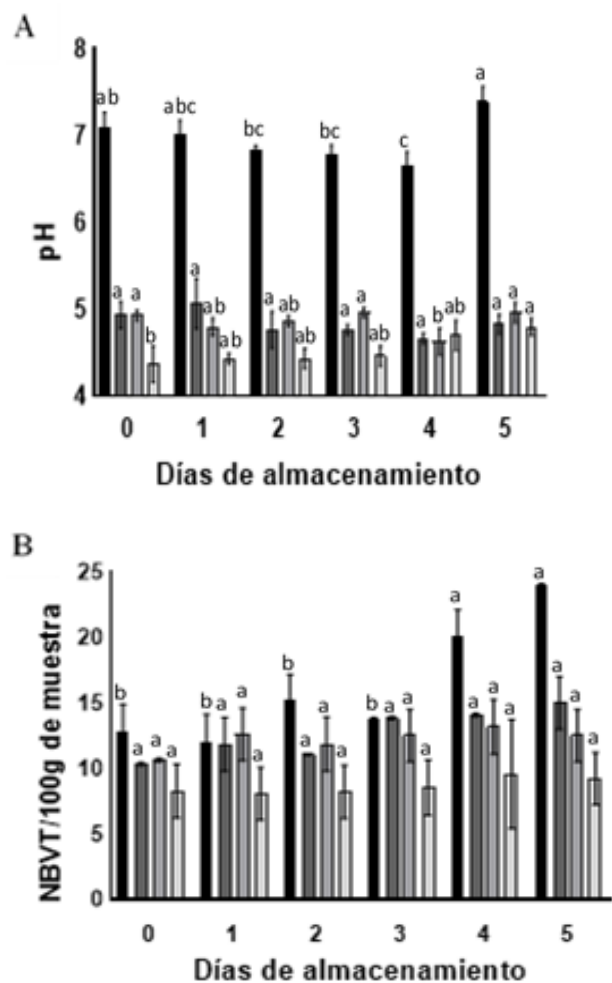
**Tabla 3.** Efecto de la impregnación sobre la carne de boga.

	Filet de boga control	Filet de boga impregnado 5 min	Filet de boga impregnado 10 min	Filet de boga impregnado 15 min
$\Delta P$	-	7.66 ± 0.33 <sup>a</sup>	7.39 ± 0.36 <sup>a</sup>	8.72 ± 1.46 <sup>a</sup>
pH	7.1 ± 0.17 <sup>a</sup>	4.9 ± 0.15 <sup>b</sup>	4.9 ± 0.06 <sup>b</sup>	4.4 ± 0.21 <sup>c</sup>
NBVT (mg/100g)	12.86 ± 2.03 <sup>a</sup>	10.36 ± 0.01 <sup>ab</sup>	10.65 ± 0.01 <sup>ab</sup>	8.28 ± 2.05 <sup>b</sup>
L	63.97 ± 0.59 <sup>b</sup>	64.69 ± 0.22 <sup>b</sup>	66.05 ± 0.38 <sup>a</sup>	66.41 ± 0.13 <sup>a</sup>
$a^*$	10.41 ± 0.10 <sup>a</sup>	5.59 ± 0.21 <sup>b</sup>	5.41 ± 0.07 <sup>b</sup>	4.15 ± 0.04 <sup>c</sup>
$b^*$	18.98 ± 0.40 <sup>a</sup>	7.84 ± 0.04 <sup>b</sup>	6.59 ± 0.03 <sup>d</sup>	6.94 ± 0.03 <sup>c</sup>
IB	57.90 ± 0.54 <sup>c</sup>	63.40 ± 0.17 <sup>b</sup>	64.99 ± 0.38 <sup>a</sup>	65.45 ± 0.11 <sup>a</sup>
Bacterias psicrótrofas (Log UFC/g)	4.79 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.85 ± 0.21 <sup>b</sup>	3.60 ± 0.85 <sup>b</sup>	3.24 ± 0.34 <sup>b</sup>
Bacterias proteolíticas (Log UFC/g)	4.49 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.28 ± 0.62 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.67 ± 0.52 <sup>a</sup>

Las muestras con la misma letra en una misma fila no arrojaron diferencia significativa al aplicar la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).



Se observó un aumento significativo del NBVT durante el almacenamiento refrigerado para la muestra control (Figura 1B), con un valor promedio de 12.86 mg NBVT/100 g al comienzo del ensayo y 24.04 NBVT/100 g al día quinto día. Por el contrario, los valores de NBTV de las muestras tratadas no presentaron diferencias significativas a lo largo del almacenamiento refrigerado (Figura 1B), indicando que el tratamiento aplicado resultó útil para mantener los valores de compuestos nitrogenados en la carne de boga almacenada.



**Figura 1.** pH y NBVT en almacenamiento en refrigeración. Valores de pH (A) y NBVT (B) de muestras control (■) y muestras impregnadas 5 (■), 10 (■) y 15 (■) minutos durante el almacenamiento en refrigeración.

La luminosidad de la muestra control disminuyó significativamente entre el día 0 y el 5 de almacenamiento, indicando un oscurecimiento de la carne de pescado (Figura 2A). En cambio, las muestras impregnadas no presentaron variación de este parámetro (muestra impregnada 5 minutos) o mostraron un aumento durante el almacenamiento refrigerado (muestras impregnadas 10 y 15 minutos, Figura 2A). En la boga sin impregnar, el valor de  $a^*$  no

se modifica significativamente mientras que, en las impregnadas, disminuye (Figura 2B), y el parámetro  $b^*$  disminuye significativamente en la muestra fresca mientras que aumenta en las impregnadas (Figura 2C).

Al evaluar estos parámetros de color, en conjunto en el cálculo del IB, es posible inferir que las muestras impregnadas presentaron valores significativamente mayores a la muestra control, lo que indica que el tratamiento modificó el CS de la carne de pescado, tornándola más clara, lo cual se mantuvo durante el tiempo de almacenamiento estudiado (Figura 2D).

Las Figuras 3A y 3B muestran las curvas de crecimiento de bacterias psicróticas y proteolíticas (log UFC/g), respectivamente, en filetes de boga impregnados y no impregnados, envasados al vacío y almacenados a 3 °C durante cinco días.

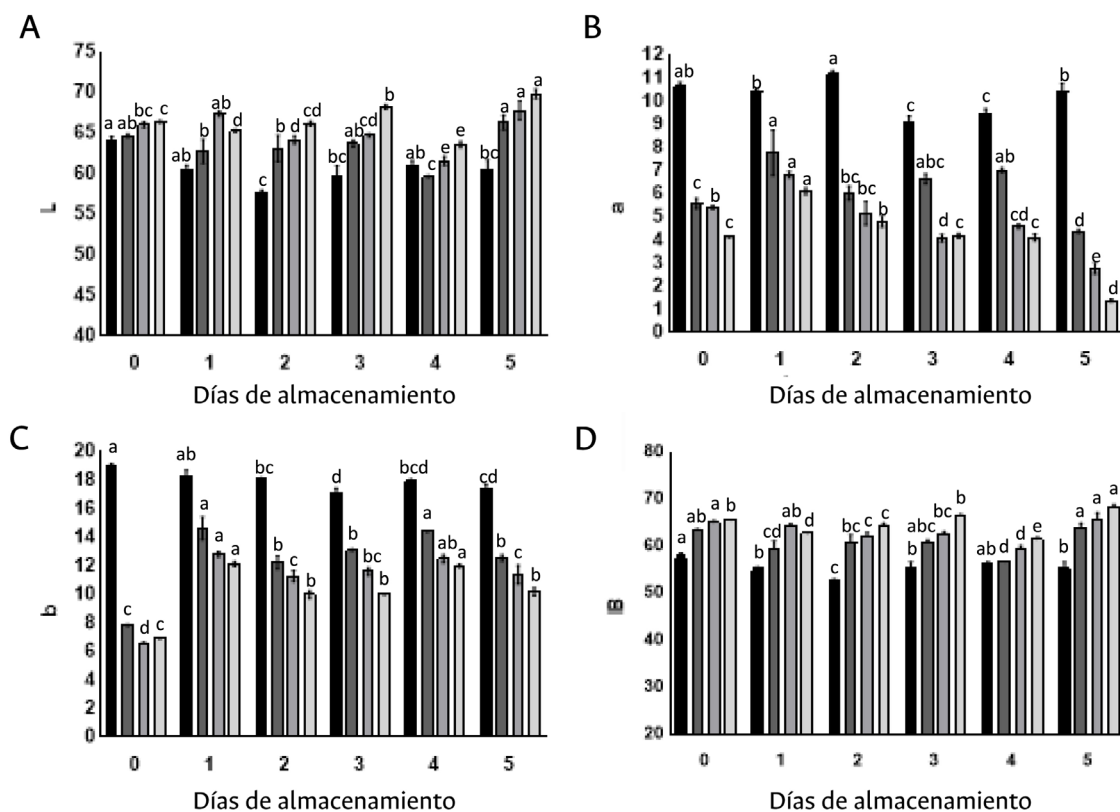
El análisis de Pearson demostró que no existe correlación entre las curvas de crecimiento observadas para ambos grupos bacterianos (Tabla 4).

Los procesos de impregnación, envasado al vacío y almacenado a 3 °C, redujeron el número tanto de bacterias psicróticas como proteolíticas de los filetes de boga (Figura 3). En cuanto a las bacterias psicróticas, a los tres días y a los tiempos de impregnación de 10 y 15 minutos, el recuento fue 1 log menor que en filetes control. Los valores de  $k_{max}$  no presentaron diferencias significativas, encontrándose entre 0.59 y 0.99 log UFC/g/día. El valor de 6 log, al cual se le atribuye el límite a partir del cual aparecen olores desagradables, se alcanzó a los dos días en las muestras control, mientras que en las muestras impregnadas durante 10 y 15 minutos se alcanzó a los cuatro días, es decir, a partir de estos tratamientos aplicados es factible duplicar el tiempo de almacenamiento necesario para alcanzar el valor de referencia de 6 log de bacterias psicróticas.

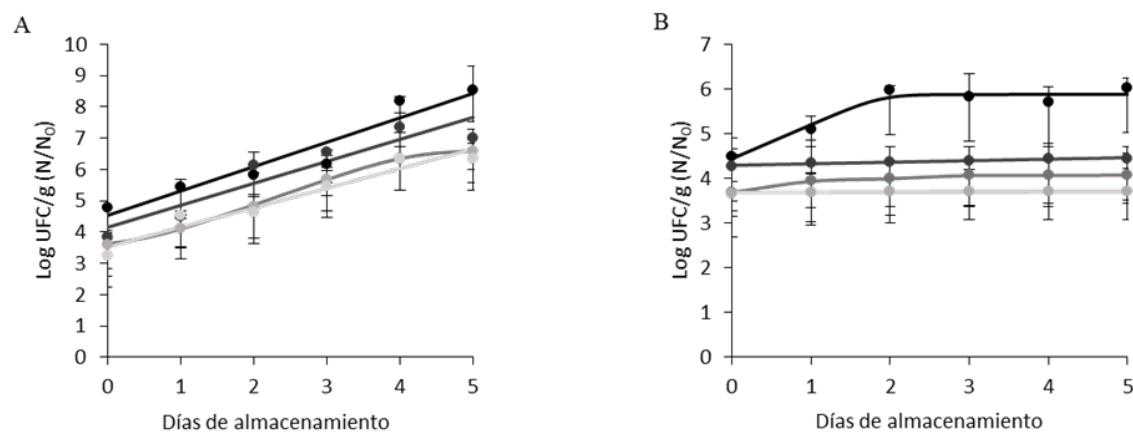
Las bacterias proteolíticas en pescado fresco alcanzaron un valor de 6 log después de dos días y, ese número, se mantuvo constante hasta el quinto día de almacenamiento; mientras que se puede considerar que, los procesos de impregnación, generaron una fase lag extendida, manteniendo el valor inicial de contaminación de la carne en, aproximadamente, 4 log durante ese tiempo.

## Discusión

La carne de boga analizada presentó contenidos de humedad, proteínas, grasa total y cenizas, similares a los informados por Ciappini *et al.* (2019) para la misma especie. El elevado contenido de humedad presentado, favorece el crecimiento microbiano y las reacciones enzimáticas que determinan la corta vida útil de este alimento, con lo cual es necesario aplicar tecnologías que reduzcan este deterioro. El alto contenido de proteínas determinado, similar al de otras especies de pescado de río y otras carnes como



**Figura 2.** Parámetros de color en almacenamiento en refrigeración. Se muestran los parámetros de color de L\* (A), a\* (B), b\* (C) e IB (D) de las muestras control (■) y muestras impregnadas 5 (■), 10 (■) y 15 (■) minutos durante el almacenamiento en refrigeración.



**Figura 3.** Crecimiento microbiano en almacenamiento en refrigeración. Se muestra el 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 5 (●), 10 (●) y 15 (●) minutos. Las líneas corresponden a las curvas modeladas utilizando Programa ComBase Predictor.

**Tabla 4.** Coeficiente de Pearson entre curvas de crecimiento.

	Coeficiente de Correlación de Pearson	Valor p
Filet de boga control (n = 16)	0.134	0.609
Filet de boga impregnado 5 min (n = 14)	0.105	0.709
Filet de boga impregnado 10 min (n = 12)	0.560	0.058
Filet de boga impregnado 15 min (n = 10)	0.077	0.833

bovina, aviar, cerdo, junto con una relación humedad/proteína cercana a 3.3, supone mayor aceptación al consumidor (Izquierdo *et al.*, 2000).

La muestra fresca presentó un pH (7.1) superior al informado por Borges *et al.* (2014), en carne de pacú (*Piaractus mesopotamicus*), y Copes *et al.* (2014), en carne de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), siendo 6.06 y 6.89 respectivamente. Cabe señalar que, el

valor de pH es un parámetro que individualmente es difícil de relacionar con el grado de frescura de los productos pesqueros debido a que el pH final que alcanza el músculo cuando el pez muere es especie-específico, dependiendo tanto de factores intrínsecos (estado de nutrición, movimientos migratorios) como extrínsecos (estación del año, forma de captura, manipulación). En general, el pH del músculo luego de la captura es cercano a la neutralidad. Es importante mencionar que, en el año 2019, el Código Alimentario Argentino fue modificado al eliminarse el pH como índice de calidad (anteriormente establecía un máximo de 7,5) y establecerse el contenido de NBVT y determinaciones microbiológicas, entre otros parámetros, como indicadores de la aptitud del pescado para el consumo humano (Red de Seguridad Alimentaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas [RSA CONICET], 2020; Código Alimentario Argentino [CAA], 2019). Debe tenerse en cuenta que cuanto mayor es el pH, mayor es la actividad bacteriana, siendo esta responsable de la producción de cambios sensoriales indeseables (Huss, 1998), con lo cual se justifica la propuesta de tratamientos que aseguren una reducción en esta variable.

El color de la carne de pescado es un parámetro de calidad muy importante para el consumidor y factor de decisión de compra. Las muestras estudiadas presentaron valores de  $a^*$  y  $b^*$  acordes a los informados para carnes provenientes de pescados grasos (Sánchez-Zapata *et al.*, 2008).

Los recuentos de bacterias aerobias mesófilas totales y bacterias psicrótrofas son indicativos de la calidad general y, en menor medida, de los procedimientos de manipulación y almacenamiento. Las muestras analizadas presentaron recuentos inferiores al límite recomendado por International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF, 2011), aunque resultaron valores altos, los cuales podrían atribuirse a las condiciones de evisceración y manipulación del pescado. Recuentos de bacterias aerobias mesófilas similares fueron encontrados en dos especies de peces comercialmente importantes en la región amazónica, *Cichla ocellaris* y *Brachyplatystoma vaillantii*, los cuales presentaron 5 y 6 log UFC/g respectivamente (Damasceno *et al.*, 2015). En cuanto a las enterobacterias, su recuento presentó valores levemente aumentados según el límite de 3 log UFC/g, para pescado fresco, sugeridos por Mossel *et al.* (2003). Los recuentos dependen, en gran medida, de las condiciones higiénicas de manipulación, desde la pesca hasta que el alimento llega al consumidor.

Asimismo, el recuento de 4.49 log UFC/g de bacterias proteolíticas puede atribuirse a su presencia en el contenido intestinal de estos peces, que actúan como flora normal, y podrían pasar a los filetes en el procesamiento (Kasprijo, 2019).

El proceso de impregnación a vacío con jugo de limón, ocasionó la disminución de los valores de  $a^*$  y  $b^*$  y el aumento de  $L^*$ , lo cual puede atribuirse al descenso del pH de las muestras procesadas, lo que causa una reducción de la carga neta en la superficie de las proteínas musculares y su desnaturalización parcial (Huss, 1998), tornando más blanquecino el aspecto de la carne de pescado.

El pH de la muestra control no se modificó entre el primer y último día del período, aunque al cuarto día presentó una disminución significativa y aumentó nuevamente al quinto día de almacenamiento, coincidiendo con lo encontrado en Pacú almacenado en hielo (Borges *et al.*, 2014). Estas fluctuaciones del pH pueden deberse a que, durante el proceso de deterioro del pescado, la concentración de iones de hidrógeno varía por la descomposición hidrolítica, oxidación o fermentación del músculo (Bozariis y Parlapani, 2017).

El NBVT de la boga fresca resultó del orden a los valores informados por Borges *et al.* (2014), para Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y por da Silva *et al.* (2018), para Pacú negro (*Colossoma macropomum*), pez nativo de la región amazónica, quienes informaron 8.82 mg/100 g y 14 mg NBVT/100 g, respectivamente. Los resultados, tanto de muestras impregnadas como control, se encontraron por debajo de 30 mg/100 g, límite establecido por el Código Alimentario Argentino para carne de pescado fresca. En el quinto día del almacenamiento refrigerado, la muestra control presentó un valor superior a los 19 mg NBVT/100 g hallados en Pacú negro almacenado en hielo el mismo período de tiempo (da Silva *et al.*, 2018).

El almacenamiento refrigerado produjo un leve oscurecimiento en las muestras control, efecto evidenciado en la disminución del parámetro IB (Figura 2D). Este comportamiento, se puede asociar con el incremento de nitrógeno básico volátil total determinado durante el almacenamiento de la muestra control. La degradación de proteínas y aminoácidos del músculo cárnico pueden resultar en un cambio de las propiedades ópticas de la superficie de las muestras, influyendo de manera directa en el color y apariencia. En ese sentido, estos resultados coinciden con lo informado por Borges *et al.* (2014), para Pacú blanco, en el cual también se observa una disminución de la luminosidad. Por el contrario, las muestras tratadas no mostraron cambios significativos en el IB durante los días de almacenamiento refrigerado estudiado, solo se observaron algunas fluctuaciones en dicho parámetro, sin una tendencia clara.

Los altos recuentos de bacterias psicrótrofas y proteolíticas al comienzo del tiempo de almacenamiento, se deben a que, cuando el pez muere, el sistema inmunitario colapsa y, en consecuencia, durante el almacenamiento, las

bacterias invaden la carne (Huss, 1998). La presencia de bacterias psicrotóficas se puede atribuir a la contaminación ambiental alrededor del pescado, la operación de procesamiento, equipos, pescadores, contenedores, así como el agua de río utilizada para el primer lavado y otros errores de manejo después de la pesca y hasta la venta al consumidor (Hassan et al., 2014).

Los resultados encontrados en los recuentos de bacterias psicrotóficas y proteolíticas, se pueden explicar por el efecto antimicrobiano del jugo de limón que, no solo reduce el pH y disminuye el crecimiento y multiplicación de bacterias psicrotóficas y proteolíticas, sino que puede provocar la muerte de las bacterias. Por otro lado, el envasado a vacío también contribuye con su efecto, ya que se sabe que la eliminación de oxígeno inhibe el desarrollo de bacterias alterantes aerobias y anaerobias facultativas encontradas en la carne de pescado (Copes et al., 2014).

## Conclusiones

En este trabajo se caracterizó la carne de boga (*Leporinus obtusidens*), resultando un alimento de alto contenido de proteínas; el porcentaje de grasa, si bien se conoce que es variable, alcanzó un valor correspondiente a la clasificación de pescados grasos. El CS también la incluye en esta clasificación, y su alto valor de pH evidenció la necesidad de someterlo a tratamientos con el fin de alargar su vida útil refrigerada.

La impregnación a vacío con una solución de jugo de limón al 60 % por 15 minutos se mostró como una alternativa viable en términos del control del crecimiento microbiano y disminución de los valores de NBVT, con lo cual se concluye que esta tecnología representa una posibilidad para extender la vida útil de la carne de pescado refrigerada hasta cuatro días después del fileteado, evitando la congelación.

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por la Universidad Nacional Entre Ríos (PID n.º 9092).

## Referencias

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>

American Public Health Association (APHA). (2004). *Standard Methods for the Examination of Dairy Products* (17.ª ed.). American Public Health Association.

Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18.ª ed.). Gaithersburg.

Borges, A., Conte-Junior, C.A., Franco, R.M., Marsico, E. y Freitas, M.Q. (2014). Quality parameters of Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) and Tambaquí (*Colossoma macropomum*) gutted and stored on ice for different periods. *International Food Research Journal*, 21(2), 589-596.

Boziaris, I.S. y Parlapani, F.F. 2017. 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). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100502-6.00006-6>

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), 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](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/caa_cap_vi_feb2021.pdf)

Copes, J., Pellicer, K., Bignon, G. y Giannuzzi, L. (2014). The Use of Chloride, Citric and Ascorbic Acid Dip and Packaged Film to Extend the Shelf Life of Pejerrey (*Odontheled bonaeensis*) during Storage at Different Temperatures. *Food and Nutrition Sciences*, 5(15), 1506-1520. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.515163>

Damasceno, E., da Gama Pantoja, L.N., Mendes de Figueiredo, H., Meller da Silva, L.H. y da Cruz Rodrigues, A. (2015). Microbiota of two species of commercially important fish in the Amazon region (Belém-Pará-Brazil): Butterfly peacock bass (*Cichla Ocellaris*) and Piramutaba (*Brachyplatystoma vailantii*). *African Journal of Microbiology Research*, 9(9), 572-580. <https://doi.org/10.5897/AJMR2014.7166>

da Silva, M.L.B.P., Lopes, J.M., Vieira, S.G.A., Araujo, T.D.S., Calvet, R.M., Pereira, A. M.L. y Fogaça, F.H.S. (2018). Development of a quality index scheme and shelf-life study for whole tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Acta Amazonica*, 48(2), 98-108. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201703441>

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.

Goñi, S.M. y Salvadori, V.O. (2016). CIELAB color measurement from digital images. Universidad Nacional de La Plata. <https://cidca.quimica.unlp.edu.ar/colorGUI.zip>

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>

Hassan, M.A., Shaltout, F.A., Maarouf, A.A. y El-Shafey, W.S. (2014). Psychrotrophic bacteria in frozen fish with special reference to *Pseudomonas* species. *Benha Veterinary Medical Journal*, 7(1), 78-83. <http://bvmj.bu.edu.eg/issues/27-1/7.pdf>

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) (2013). ISO 4833-2:2013. <https://www.iso.org/standard/59509.html>

International Organization for Standardization (ISO) (2006). ISO 4832:2006. <https://www.iso.org/standard/38282.html>



- International Organization for Standardization (ISO) (2001). ISO 15213:2003. <https://www.iso.org/standard/26852.html>
- International Organization for Standardization (ISO) (2001). ISO 17410:2001. <https://www.iso.org/standard/30649.html>
- International Organization for Standardization (ISO) (1998). ISO 15214:1998. <https://www.iso.org/standard/26853.html>
- International Organization for Standardization (ISO) (1991). ISO 4832:1991. <https://www.iso.org/standard/10814.html>
- Izquierdo, P., Torres, G., Barboza, Y., Márquez, E. y Allara, M. (2000). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 187-194.
- Kasprijo, M. (2019). Proteolytic bacteria culture of isolation results in organ living of fishing grouper culture results. *International Journal of Research-Granthaalayah*, 7(11), 266-275. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3571970>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2017). *Regulamento Técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado*. <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-n-21-de-31-de-maio-de-2017,1100.html>
- Mossel, D.A.A., Moreno, B. y Struijk, C.B. (2003). *Microbiología de los Alimentos* (2.ª ed.). Editorial Acribia.
- Oikeh, E.I., Omoregie, E.S., Oviasogie, F.E. y Oriakhi, K. (2015). Phytochemical, antimicrobial, and antioxidant activities of different citrus juice concentrates. *Food Science & Nutrition*, 4(1), 103-109. <https://doi.org/10.1002/fsn3.268>
- Pearson, D. (1986). *Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos*. Editorial Acribia.
- Programa ComBase Predictor (2021). ComBase. <https://www.combase.cc/index.php/en/>
- Red de Seguridad Alimentaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (RSA CONICET). (2020). *Relevamiento de aspectos técnicos de pH y otros parámetros de calidad establecidos por Brasil para el ingreso de productos pesqueros congelados. Valores de referencia para merluza común (Meluccius hubbsi)*. <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2020/08/Informe-RSA-ASPECTOS-TECNICOS-pH-pescado-AC.pdf>
- Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Sayas, E., Sendra, E., Navarro, C. y Pérez-Álvarez, J. A. 2008. Estudio orientativo para la caracterización colorimétrica de distintos productos de pescado ahumados y seco-salados presentes en el mercado español. *Óptica Pura y Aplicada*, 41(3), 273-279.
- Serra, S., Loureiro, M., Clavijo, C., Alonso, F., Scarabino, F. y Ríos, N. (2019). *Peces del bajo Río Uruguay. Especies destacadas*. Comisión Administradora del Río Uruguay. [https://www.researchgate.net/publication/337719882\\_Peces\\_del\\_bajo\\_Rio\\_Uruguay\\_Especies\\_destacadas](https://www.researchgate.net/publication/337719882_Peces_del_bajo_Rio_Uruguay_Especies_destacadas)