

Artículos originales



Calidad físico-química y atributos sensoriales de filetes sajados biopreservados de cachama, empacados al vacío bajo refrigeración[†]

Revista
Colombiana de
Ciencias
Pecuarias

Physical-chemical quality and sensory attributes of cut bio-preserved cachama fillets vacuum packaging under refrigeration

Qualidade físico-química e atributos sensoriais de filetes bio-preservados na Cachama vácuo-embalados sob refrigeração

Héctor Suárez Mahecha^{1*}, MVZ, PhD; Sandra C Pardo Carrasco², MVZ, PhD; Misael Cortés Rodríguez¹, IQ, PhD.

¹Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, y ²Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Calle 59A N° 63-20. Medellín, Colombia.

(Recibido: 6 marzo, 2008; aceptado: 29 agosto, 2008)

Resumen

Las alteraciones físico-químicas y sensoriales fueron evaluadas en filetes sajados de híbrido de cachama (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*), biopreservados con un extracto crudo de bacteriocinas producidas por *Lactobacillus plantarum* LPBM10, empacados al vacío y almacenados a 3 °C/30 días. La evaluación se realizó bajo tres tratamientos, extracto crudo de bacteriocinas, ácido láctico y control. Los valores de pH disminuyeron a lo largo del periodo de almacenamiento alcanzando valores de 6.20 para el final del periodo. El valor inicial del ácido tiobarbitúrico (TBA) para los filetes fue de 0.93 mg de malonaldehído/kg, hacia el día 10 de almacenamiento se obtuvieron los valores más altos de TBA. Para este periodo el mayor valor fue alcanzado para el tratamiento con ácido láctico y el menor para el tratamiento control. El análisis de bases volátiles totales de nitrógeno (BVT-N) mostró los mejores resultados para el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas y finalizó con 19.3 mg BVT-N/100g. Los resultados del análisis sensorial para filetes sajados en estado fresco y cocinado, presentaron las mejores puntuaciones de aceptabilidad para el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas.

Palabras clave: ácido tiobarbitúrico, bases volátiles de nitrógeno, extracto de bacteriocinas, *Lactobacillus plantarum* LPBM10

Summary

Biopreservatives for a native strain bacteriocin producer were evaluated on fillets of hybrid Cachama. A raw extract of *Lactobacillus plantarum* LPBM10-bacteriocin was added to fillets of cachama hybrids (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*) vacuum-packed and stored at 30 °C/30 days. The evaluation was performed with three treatments, crude bacteriocin extract, lactic acid and control. The

[†] Para citar este artículo: Suárez Mahecha H., Pardo Carrasco SC, Cortés Rodríguez M. Calidad físico-química y atributos sensoriales de filetes sajados biopreservados de cachama empacado al vacío bajo refrigeración. Rev Colomb Cienc Pecu 2008; 21:330-339.

* Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de separatas: Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Calle 59A N° 63-20. Medellín, Colombia. E-mail: hsuarezm@unal.edu.co Tel: (+574) 430 90 16. Fax: (+574) 430 90 16.

pH values decrease throughout storage period levels 6.20 at the end of the period. The initial value of thiobarbituric acid (TBA) for the fillets was 0.93 mg of malonaldehyde/kg, the highest values in physicochemical and sensory changes were evaluated to cachama hybrid fillets Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum biopreserved with a crude bacteriocin extract produced by Lactobacillus plantarum LPBM10, vacuum-packed and stored at 30 °C/30 days. The evaluation of TBA was obtained up the day 10 of storage. For this period the lactic acid treatment reached the highest value and the lower were observed for the control treatment. The analysis of TVB-N showed the best results for bacteriocin treatment and concluded with 19.3 mg TVB-N/100g. The results of sensory analysis for fresh and cooked cut fillets showed the best acceptability scores for the crude bacteriocin extract treatment.

Key words: bacteriocin extracts, Lactobacillus plantarum LPBM10, nitrogen volatile bases, thiobarbituric acid

Resumo

As perturbações físicas e sensoriais foram avaliadas em filetes Sajid de híbridos de cachama (Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum), biopreservados com um extrato bruto de bacteriocinas produzidas por Lactobacillus plantarum LPBM10, vácuo-embaladas e armazenadas em 3 °C/30 dias. A avaliação foi conduzida sob três tratamentos, extrato bruto de bacteriocinas, ácido láctico e de controle. O pH diminuiu ao longo do período de armazenagem atingindo valores de 6.20 no final do período. O valor inicial no ácido thiobarbiturico (TBA) foi para os filetes de estresse oxidativo 0.93 mg/kg a 10 dias de armazenamento foram os maiores valores de TBA. Para este período, o valor mais elevado foi atingido por tratamento com ácido láctico e os mais baixos para o tratamento controle. A análise de aminas voláteis de nitrogênio (N-BVT) apresentou os melhores resultados para o tratamento com extrato bruto de bacteriocinas e terminou com 19.3 mg BVT-N/100g. Os resultados da análise sensorial para filetes Sajid como frescos e cozidos, teve a melhor pontuação para a aceitação do tratamento com extrato bruto de bacteriocinas.

Palavras chave: ácido thiobarbituric, bases voláteis de azoto, extracto de bacteriocinas, Lactobacillus plantarum LPBM10

Introducción

Los peces son considerados una de las principales fuentes de proteína para la población mundial. Son importantes económicamente para varios países en desarrollo, ya que la carne de pescado es el principal o segundo mayor producto de exportación. La frescura de la carne es un parámetro de calidad que puede ser deteriorado rápidamente. Debido al incremento de la demanda por productos de la acuicultura de alta calidad, se ha intensificado la búsqueda de métodos y tecnologías que preserven las características sensoriales y la vida útil de la carne fresca de pescado. Uno de los mayores desarrollos en empaque de alimentos es el empaque al vacío y bajo atmósferas modificadas (17). Aunque esta tecnología ofrece un riesgo potencial de seguridad en los productos acuícolas relacionado con el *Clostridium botulinum* tipo E, los consumidores muestran preferencias por aquellos productos que utilizan esta tecnología debido al buen aspecto, empaque seguro y atractivo, adecuada higiene y extensión de la vida útil, características que favorecen el continuo incremento de productos acuícolas (21).

El empaque al vacío puede ser complementario a la utilización de métodos de biopreservación junto con la refrigeración para mantener alta calidad, proporcionar seguridad, reducir las pérdidas económicas y favorecer la presentación de nuevos productos como filetes de algunos peces que hasta el momento no han sido destinados para este fin. La utilización de agentes biopreservantes como las bacteriocinas es considerado un método ideal por la inocuidad, seguridad y efectividad en el control de bacterias gram positivas y gram negativas (33) y en la actualidad se presenta como una alternativa para disminuir el uso de aditivos y compuestos preservantes de origen químico. La comprensión sobre parámetros físico-químicos es esencial para el desarrollo de técnicas de biopreservación encaminadas a mejorar la vida útil y seguridad en los alimentos. El sustrato, la composición de nutrientes y los parámetros físicos y químicos entre otros factores, son determinantes en la valoración de la carne de pescado biopreservada. Además, la interacción entre la formación de compuestos nitrogenados, pH y compuestos productos de la oxidación, dificultan la comprensión de la dinámica de biopreservación bajo el empaque la vacío.

La cachama blanca *Piaractus brachypomus* y la cachama negra *Colossoma macropomum*, son especies económicamente importantes en la acuicultura colombiana y de gran demanda por algunos sectores de la población de diversos países de Suramérica, sin embargo la presencia de espinas intramusculares dificulta la comercialización y consumo. El filete es la porción comestible de mayor demanda por parte de los consumidores; sin embargo, la oferta de filetes de especies con espinas intramusculares es complejo debido a la escasez de tecnologías para mitigar el efecto indeseable que ocasiona las espinas al momento de consumir la carne de pescado. El propósito del presente trabajo fue valorar los filetes de híbrido de cachama empacados al vacío bajo un sistema de biopreservación y refrigeración, a través de pruebas sensoriales y fisicoquímicas.

Materiales y métodos

Aval de Comité de ética

Este trabajo contó con la aprobación del “Comité de bioética para la experimentación animal” del Centro de Investigación Piscícola CINPIC, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba (Colombia).

Empaque y condiciones de almacenamiento

Los peces híbridos de cachama *Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum*, fueron obtenidos del Centro de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba - CINPIC, Montería, Colombia. Los peces capturados del estanque, fueron inmediatamente sacrificados por medio de punción en el cerebro y transportados al laboratorio. El peso medio y la longitud media de los peces fue de 590 ± 87 g y 32 ± 1.7 cm, respectivamente. Los filetes con piel fueron obtenidos manualmente usando un cuchillo aséptico. El peso medio de los filetes correspondió al 32.4% del peso inicial de los peces. En cada filete en presentación lateral interna fueron realizados cortes profundos, paralelos y perpendiculares a la espina dorsal, a una distancia de 3 mm entre cada corte, en sentido antero-caudal. La piel fue conservada intacta para proporcionar estabilidad al filete.

El extracto concentrado de bacteriocina producida por *Lactobacillus plantarum* LPBM10 fue suministrado por el laboratorio de Microbiología Industrial del grupo de investigación en Biotecnología Microbiana de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Este extracto, que contiene 40 mg de proteína tipo bacteriocinas, fue adicionado a la superficie de cada filete en cantidad de 1 ml utilizando una pipeta. Los tratamientos fueron los siguientes:

T1: Extracto concentrado de bacteriocina: 1 ml con 40 mg de extracto concentrado de bacteriocina producidas por *L. plantarum* LPBM10.

T2: Ácido láctico: 1 ml de ácido láctico ajustado a pH 6.32, estimado previamente durante el empaque al vacío del filete.

T3: Control: 1 ml de agua destilada.

Cada filete sajado fue empacado al vacío en bolsas de polietileno de baja densidad con barrera de transmisión de oxígeno de $29-45 \text{ m}^2/\text{O}_2/\text{m}^2/24\text{h}/\text{atm}$, medido a 23°C y barrera de permeabilidad a gases de $10-15 \text{ g}/\text{m}^2/24\text{h}/\text{medido a } 38^\circ\text{C}$, marca Cryovac (Sealed Air Corporation, New Jersey), utilizando una empacadora de vacío Webomatic 82246 (Webomatic Maschinenfabrik GmbH, Alemania), y almacenado bajo refrigeración a $3 \pm 0.5^\circ\text{C}/30$ días. Los análisis fueron realizados a los 0, 5, 10, 15, 20, 25, y 30 días de almacenamiento. Los filetes fueron sometidos por triplicado a un análisis físico, químico y sensorial.

Análisis físico-químico

Composición bromatológica. Esta composición fue determinada por el método de la “*Scientific Association Dedicated to Excellence in Analytical Methods*”, AOAC (1995) (3).

Determinación de pH. El pH fue determinado usando un electrodo de 6 mm (Crison, España), mediante la inserción directa del electrodo en el filete.

Pérdida de agua. La pérdida de agua fue determinada modificando la ecuación propuesta por Roth *et al* (24), en donde los filetes son pesados en las diferentes fechas de muestreo, determinando el peso inicial y final mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de agua} = \frac{\text{Peso inicial filete} - \text{Peso final filete}}{\text{Peso inicial filete}} \times 100$$

Determinación de bases volátiles totales de nitrógeno (BVT-N). La medición de las BVT-N fue hecha utilizando el método propuesto por Goulas y Kontominas (10) en donde 10 g de muestra de carne de pescado fueron molidos con 50 ml de agua destilada usando un picador Moulinex. El material fue transferido con 200 ml de agua destilada a un beaker de 500 ml y fue destilado después de la adición de 2 g de MgO y una gota de silicona para prevenir la formación de espuma. Para recibir el destilado se utilizó un Erlenmeyer de 250 ml, con 25 ml de solución de ácido bórico al 3%, 0.04 ml de rojo metilo y azul de metileno como indicadores para el tratamiento del amonio. La destilación fue llevada a un volumen final de 125 ml del destilado obtenido. La solución de ácido bórico cambia a verde cuando es alcalina debido al destilado de BVT-N. La solución fue tratada posteriormente con solución 0.1 N de ácido hidroclicórico. La destilación se concluyó cuando el color del destilado cambió a rosado por la adición gota a gota del ácido hidroclicórico. La cantidad de BVT-N en mg/100 g de carne de pescado fue calculada del volumen (V) de ácido hidroclicórico adicionado y su concentración (C) por la siguiente ecuación:

$$\%mg \text{ BVTN} = \frac{(V \times C \times 14 \times 100)}{10}$$

Determinación de ácido 2-tiobarbitúrico. Esta determinación se realizó mediante el método basado en la cuantificación espectrofotométrica del complejo Rosado después de la reacción de una molécula de malonaldehído producto de la destilación, con dos moléculas de ácido 2-tiobarbitúrico adicionado al destilado (9).

Preparación de la solución de ácido tiobarbitúrico TBA. La solución de TBA fue preparada pesando 0.3 g de TBA (Merck, Alemania) y transfiriéndola a un beaker de 100 ml con 90 ml de agua destilada; el beaker fue puesto en un baño de agua a 80 °C hasta su completa disolución. La solución fue transferida a 100 ml hasta completar el volumen con agua destilada y la concentración 0.021 M.

Determinación de TBA. La muestra de 50 g carne de pescado fue picada después de la adición de 6 ml de solución etanólica de hidroxitolueno butilado (BHT, 1 g/l) para prevenir la autoxidación. Una fracción homogenizada de 10 g fue transferida a un

beaker, se agregó una gota de agente antiespumante de silicona (Merck, Alemania), 2.5 ml de HCl 4 N y 97.5 ml de agua destilada. Esta muestra fue destilada y los primeros 50 ml del destilado fueron colectados; la destilación fue realizada por triplicado. Posteriormente, a 5 ml del destilado se le adicionaron 0.6 ml de BHT (1 g/l) y 5 ml de 0.021 M de TBA a un tubo de ensayo con tapa rosca y calentado en baño maría a 90 °C/40 min para el desarrollo de color rosa. Posteriormente, fue determinada la densidad óptica a 532 nm en un espectrofotómetro Secomam Anthelie modelo 70ST0375 (Secomam, Francia) usando como control la solución que contenía 5 ml de agua destilada, 5 ml de solución de TBA y 0.6 ml BHT (1 g/l). Los valores de TBA fueron expresados como mg de malondialdehído (MDA)/kg de muestra. La concentración MDA fue calculada de la curva estándar usando 1,1,3,3-tetraetoxi- propano (TEP) como compuesto estándar (9).

Análisis sensorial

El análisis sensorial fue realizado por el método hedónico de juzgar la calidad de filetes de pescado en muestras de 90 g por cinco panelistas entrenados. En filetes frescos fueron evaluados los atributos sensoriales apariencia, color y aroma. En filetes cocinados fue evaluado el atributo sabor, donde la muestra fue cocinada individualmente en un horno micro ondas a máxima potencia durante tres minutos. El puntaje fue basado sobre una escala hedónica de nueve puntos (véase Tabla 1) descrita por Amerine *et al* (1), donde: 1, corresponde a “disgusté extremadamente”, y 9, corresponde a “gusté extremadamente”. El valor sensorial de 4 fue tomado como el rango mínimo de aceptabilidad.

Análisis estadístico

Para el estudio del efecto de los tres tratamientos de conservación: ácido láctico, bacteriocinas, control y tiempo de almacenamiento sobre los atributos de calidad de los filetes de híbrido de cachama, fue realizado un diseño factorial con dos factores (tiempo y conservación). Tres niveles de conservación y siete niveles de tiempo de almacenamiento (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 días) fueron empleados, con tres réplicas para cada experimento para un total de 63 muestras. La prueba de ANOVA fue utilizada para evaluar el efecto de la conservación (A), el

tiempo (B) y la interacción entre efecto (A x B) sobre los atributos de calidad, usando el software Statgraphics (Statistical Graphics Corp. Rockville, USA). La diferencia entre la media de los valores de los diferentes tratamientos y el período de almacenamiento fue determinada por la prueba de mínima diferencia significativa (LSD), y la significancia estadística fue definida como $p < 0.05$.

Resultados

Cambios de pH y pérdida de agua

La composición bromatológica del filete sajado de híbrido de cachama fue: humedad 79.75%, grasa 0.56%, proteína 18.71% y cenizas 0.98%. Los cambios en el pH de filetes de híbrido de cachama son mostrados en la tabla 1. El valor inicial de pH de los filetes control fue de 6.50 y permaneció constante durante el periodo de almacenamiento para los tres tratamientos; no obstante, se observó ligera disminución del pH hacia el final del periodo de almacenamiento, sin diferencias estadísticas significativas durante el periodo de almacenamiento ($p > 0.05$). Sin embargo, en el presente trabajo sólo se presentó diferencia estadística para el periodo

de almacenamiento comprendido entre el día 5 y 10 entre tratamientos, cuya disminución del pH fue mayor para el tratamiento con bacteriocinas.

Las variaciones en la pérdida de humedad para filetes sajados de híbrido de cachama no mostró significancia estadística ($p < 0.05$). La mayor pérdida para el final del periodo de almacenamiento, fue presentada en el tratamiento con ácido láctico con 5.50% y la menor pérdida fue en el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas con 3.82% (Véase Tabla 2).

Cambios en los valores de ácido tiobarbitúrico TBA

El valor inicial de TBA para los filetes de híbrido de cachama fue de 0.93 mg de malonaldehído/kg, estos valores incrementaron hasta el día 10 para iniciar una disminución para el día 15, con diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tres tratamientos. Para este periodo el mayor valor fue alcanzado en el tratamiento con ácido láctico y el menor para el tratamiento control. El mayor valor alcanzado en el tratamiento con bacteriocinas fue 2.33 mg de malonaldehído/kg, que correspondió al día 25 de almacenamiento. Valores similares fueron obtenidos en los dos restantes tratamientos para el día 10 de almacenamiento (véase Figura 1).

Tabla 1. Valores de pH para filetes sajados de híbrido de cachama empacados al vacío y almacenados a 3 ± 0.5 °C/30 días, con tres tratamientos de preservación.

Tiempo de almacenamiento (Días)	Tratamiento		
	Control	Bacteriocinas	Acido láctico
0	6.53 \pm 0.18 ^a	6.53 \pm 0.20 ^a	6.53 \pm 0.22 ^a
5	6.41 \pm 0.01 ^a	6.23 \pm 0.03 ^b	6.31 \pm 0.06 ^c
10	6.32 \pm 0.03 ^a	6.23 \pm 0.03 ^b	6.42 \pm 0.01 ^c
15	6.31 \pm 0.03 ^a	6.32 \pm 0.03 ^a	6.41 \pm 0.01 ^a
20	6.34 \pm 0.05 ^a	6.30 \pm 0.01 ^a	6.34 \pm 0.03 ^a
25	6.23 \pm 0.02 ^a	6.24 \pm 0.04 ^a	6.33 \pm 0.02 ^a
30	6.21 \pm 0.02 ^a	6.20 \pm 0.02 ^a	6.21 \pm 0.03 ^a

^{a,b,c} Valores en la misma fila seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Los valores son expresados como Media \pm DS (n = 3).

Tabla 2. Pérdida de humedad para filetes sajados de híbrido de cachama empacados al vacío y almacenados a 3 ± 0.5 °C con tres tratamientos de preservación.

Tiempo de almacenamiento (Días)	Control	Bacteriocinas	Acido láctico
5	1.57 \pm 0.06 ^a	2.11 \pm 0.11 ^b	1.47 \pm 0.06 ^c
10	2.83 \pm 0.06 ^a	1.25 \pm 0.05 ^b	0.35 \pm 0.05 ^c
15	3.27 \pm 0.15 ^a	2.45 \pm 0.05 ^b	0.14 \pm 0.0 ^c
20	5.13 \pm 0.15 ^a	3.63 \pm 0.06 ^b	4.80 \pm 0.10 ^c
25	5.20 \pm 0.10 ^a	4.30 \pm 0.10 ^b	5.40 \pm 0.10 ^c
30	4.37 \pm 0.15 ^a	3.82 \pm 0.10 ^b	5.50 \pm 0.10 ^c

^{a,b,c} Valores en la misma fila seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Los valores son expresados como Media \pm DS (n = 3).

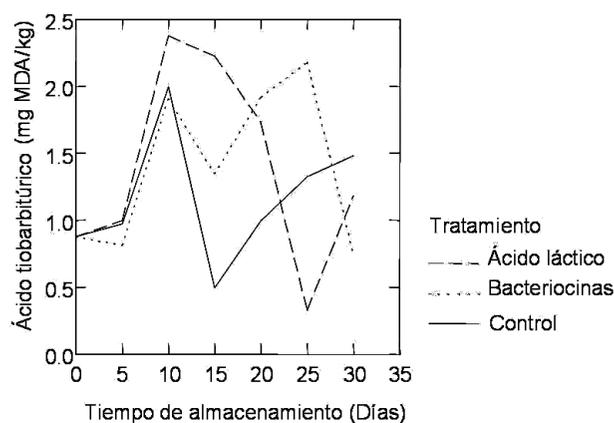


Figura 1. Cambios en ácido tiobarbitúrico TBA en filetes sajados de híbrido de cachama empacado al vacío durante 30 días de almacenamiento a 3°C con tres tratamientos de preservación.

Cambios en valores de bases volátiles totales de nitrógeno (BVT-N)

Los resultados del análisis de bases volátiles totales de nitrógeno en filetes de híbrido de cachama empacado al vacío durante 30 días de almacenamiento a 3 °C son mostrados en la figura 2. Las bases volátiles totales incrementaron su valor inicial de 15.7 mg BVT-N/100mg en los tratamientos control y ácido láctico hasta el día 15, cuando sobrepasaron el límite aceptado (30 mg BVT-N/100g). Sin embargo, se observó una disminución de los valores a partir del día 15 con un leve aumento para el final del periodo de almacenamiento. Por el contrario, en el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas los valores fueron estables hasta el día 20 de almacenamiento, incrementaron al día 25 y disminuyeron hasta alcanzar 19.3 mg BVT-N/100g ($p<0.05$).

Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial de filetes de híbrido de cachama empacados al vacío durante 30 días de almacenamiento a 3 °C son mostrados en la tabla 3. Con el incremento del periodo de almacenamiento, disminuyó la vida útil de los filetes de cachama. Los atributos sensoriales evaluados por los panelistas durante el periodo analizado para los filetes frescos fueron: apariencia, color y aroma y para los filetes cocinados, fue sabor. Los menores puntajes fueron obtenidos para los atributos de apariencia y color al final del periodo de almacenamiento, aunque fueron superiores al

límite de aceptabilidad estimado en 4. No obstante, el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas consiguió el mejor puntaje al final del periodo de almacenamiento ($p<0.05$). Para el atributo aroma, el tratamiento con ácido láctico y control estuvieron por fuera del rango de aceptabilidad, a pesar de que el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas registró un alto grado de aceptabilidad por parte de los panelistas ($p<0.05$) al final del periodo de almacenamiento. Para los atributos de apariencia y color el puntaje obtenido fue superior al límite establecido para el final del periodo, cuando fue superior el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas ($p<0.05$).

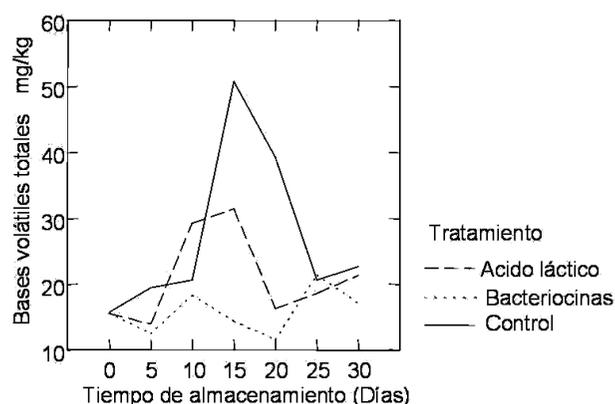


Figura 2. Cambios en Bases Volátiles Totales (BVT-N) en filetes sajados de híbrido de cachama empacados al vacío durante 30 días de almacenamiento a 3°C con tres tratamientos de preservación.

En los filetes cocinados, el atributo sabor fue rechazado por el panel sensorial al finalizar el periodo de almacenamiento en los tratamientos ácido láctico y control. Los jugadores no encontraron presencia de espigas intermusculares durante la valoración.

Discusión

Cambios de pH y pérdida de agua

La composición bromatológica del filete sajado de híbrido de cachama respecto del contenido de humedad, grasa, proteína, y cenizas, fue similar a los resultados reportados por la FAO (8). El valor inicial de pH de los filetes control concuerda con lo informado en la literatura para filetes de trucha arco iris (16).

Influencia de pH y pérdida de agua

La ligera disminución hallada en los valores de pH puede ser atribuida a la disolución de CO₂ en el músculo del pescado y la consiguiente disociación del ácido carbónico en bajas temperaturas (29). Sin embargo, otros autores consideran que el incremento de ácido carbónico disuelto en el tejido muscular, está asociado a las altas concentraciones de CO₂, evento que puede afectar la calidad de los filetes (28). La presente investigación fue realizada en empaque al vacío, donde se considera que la respiración del tejido de pescado podría finalmente generar atmósfera de CO₂ entre el 20 a 30%. Similares observaciones fueron realizadas por Meekin *et al* (18) cuando reportaron una leve disminución del pH en filetes de “sand flathead” (*Platycephalus bassensis*) empacados al vacío y almacenados a 4 °C durante seis días.

Un importante factor intrínseco relacionado con la carne de pescado es el alto pH (>6.0) *post mortem*. La mayor parte de los peces contienen pocas cantidades de carbohidratos en el músculo (<0.5%) y pequeñas cantidades de ácido láctico son producidas en estado *post mortem* (11). Durante el almacenamiento la descomposición de los compuestos nitrogenados podría incrementar el pH en la carne fresca del pescado, lo cual puede ser atribuido a la producción de compuestos alcalinos. Este incremento en el pH indica el crecimiento bacteriano, la pérdida de calidad y el posible deterioro. Sin embargo, en el presente estudio los valores de pH más constantes fueron en el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas, donde los valores de compuestos nitrogenados fueron menores, pero al final del periodo de almacenamiento mostraron disminución del pH.

Los valores encontrados en la pérdida de agua son similares a los obtenidos por autores que trabajaron sobre la determinación de vida útil bajo atmósferas modificadas con el róbalo (*Dicentrarchus labrax*) (31). Además, estos autores consideran que pérdidas de humedad menores de 3 a 5% no afectan en forma significativa la jugosidad de la carne de pescado. Sin embargo, la vida útil de filetes de trucha arco iris empacados en atmósfera modificada (35% CO₂) fue limitada por la excesiva pérdida de

agua o “drip”, formada durante el almacenamiento, que de otro lado fue menor cuando los filetes no fueron empacados en atmósferas modificadas (23).

Análisis de los valores de ácido tiobarbitúrico TBA

Los ácidos grasos de los peces durante el almacenamiento son vulnerables a la oxidación lipídica, la cual puede originar serios problemas de calidad como olores y sabores indeseables; también pueden producir alteraciones en la textura, el color y los valores nutricionales, incluso en almacenamiento a temperaturas bajo cero (12, 20). Las reacciones involucradas en la oxidación lipídica son de origen no enzimático, o son catalizadas por enzimas microbianas o enzimas digestivas propias del pez. El relativo significado de estas reacciones depende principalmente de las especies de peces y la temperatura de almacenamiento (12).

Es posible que los efectos del extracto crudo de bacteriocinas sobre la oxidación lipídica de los filetes de híbrido de cachama pueda ser dependiente de una variedad de factores que incluyen el crecimiento bacteriano, como el método de empaque y el tiempo de almacenamiento. El máximo nivel de valor de TBA que indica buena calidad para peces congelados, refrigerados o almacenados en hielo, es de 5 mg de malonaldehído/kg, mientras que se acepta valores de hasta 8 mg de malonaldehído/kg para consumo de algunos peces (26). En el presente estudio los valores de TBA para las muestras analizadas de los tratamientos control, ácido láctico y bacteriocinas de filetes sajados de híbrido de cachama, fueron menores que los límites propuestos anteriormente durante el periodo de 30 días de almacenamiento. Por el contrario, valores más altos para TBA fueron encontrados en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) entera (16.21 µg/g) o en filetes (19.41 µg/g) después de 18 días de almacenamiento en hielo (7), como también en diferentes especies de peces grasos del mediterráneo (7.43–20.98 mg MA/kg) para un periodo de almacenamiento de 6 días en un cuarto frío a 1–3 °C (27). Sin embargo, valores más bajos de TBA fueron reportados para el “sea bass” (*Dicentrarchus labrax*) entero (1.52–4.48 µg/kg) o eviscerado (1.35–7.31 µg/kg) almacenado en hielo durante 16 días (22).

Los valores de TBA podrían no revelar el actual estado de oxidación lipídica, principalmente porque el malonaldehído puede interactuar con otros componentes de la carne de pescado, como aminas, nucleósidos y ácidos nucleicos, proteínas, y otros aldehídos que son el producto final de la oxidación lipídica (5), interacción que puede variar según la especie de pescado. Esto podría explicar los diferentes incrementos de valores de TBA a lo largo del almacenamiento (30). El efecto del sajado en los filetes de cachama podría afectar los niveles de

rancidez si fuesen expuestos al oxígeno atmosférico durante el almacenamiento, pero probablemente el CO₂ generado en el empaque al vacío impediría este evento. El relativo bajo incremento en los valores de TBA para los tratamientos control, bacteriocinas y ácido láctico en este estudio, indica que los lípidos de los filetes de híbrido de cachama empacados al vacío, son estables durante el almacenamiento refrigerado, cuando son comparados con otras especies de peces grasos como sardinas, caballa y trucha arco iris.

Tabla 3. Atributos sensoriales para filetes sajados de híbrido de cachama empacados al vacío y almacenados a $3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ durante 30 días con tres tratamientos de preservación.

Estado	Atributo	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)						
			0	5	10	15	20	25	30
Apariencia		Control	8.8 ± 0.4 ^a	8.8 ± 0.4 ^a	7.6 ± 0.5 ^b	6.8 ± 0.8 ^c	6.0 ± 0.7 ^d	4.6 ± 1.1 ^e	4.4 ± 0.5 ^f
		Bacteriocina	8.8 ± 0.4 ^a	8.8 ± 0.4 ^a	8.6 ± 0.5 ^a	7.8 ± 0.4 ^b	7.4 ± 0.5 ^b	7.2 ± 0.8 ^b	5.2 ± 0.8 ^c
		A. láctico	8.8 ± 0.4 ^a	8.8 ± 0.4 ^a	7.6 ± 0.5 ^b	7.6 ± 0.5 ^b	6.0 ± 1.0 ^c	5.2 ± 0.4 ^d	4.6 ± 0.5 ^e
Fresco	Color	Control	8.6 ± 0.5 ^a	8.8 ± 0.4 ^a	7.6 ± 0.5 ^b	6.2 ± 0.8 ^c	6.4 ± 0.5 ^{cd}	4.4 ± 0.5 ^e	4.6 ± 0.5 ^e
		Bacteriocina	9.0 ± 0.0 ^a	8.6 ± 0.5 ^a	8.2 ± 0.4 ^b	7.8 ± 0.4 ^b	7.4 ± 0.5 ^{bc}	7.2 ± 0.4 ^c	5.8 ± 0.4 ^d
		A. láctico	8.4 ± 0.5 ^a	8.6 ± 0.5 ^a	8.0 ± 0.7 ^{ab}	7.2 ± 0.8 ^b	6.2 ± 0.8 ^c	5.6 ± 0.5 ^d	4.4 ± 0.5 ^d
Aroma		Control	9.0 ± 0.0 ^a	8.6 ± 0.5 ^a	7.6 ± 0.5 ^b	5.0 ± 0.7 ^c	4.4 ± 0.5 ^d	4.2 ± 0.8 ^d	2.2 ± 0.4 ^e
		Bacteriocina	8.8 ± 0.4 ^a	8.8 ± 0.4 ^a	7.6 ± 0.5 ^b	7.6 ± 0.5 ^b	5.4 ± 0.5 ^c	6.6 ± 0.5 ^d	5.2 ± 0.4 ^c
		A. láctico	8.8 ± 0.4 ^a	8.8 ± 0.4 ^a	7.8 ± 0.4 ^b	5.6 ± 0.5 ^c	4.8 ± 0.8 ^d	3.2 ± 0.8 ^e	2.8 ± 0.4 ^e
Cocido	Sabor	Control	8.8 ± 0.4 ^a	8.6 ± 0.5 ^a	7.4 ± 0.5 ^b	6.2 ± 0.4 ^c	5.2 ± 0.8 ^d	4.6 ± 0.5 ^e	2.6 ± 1.1 ^f
		Bacteriocina	8.8 ± 0.4 ^a	8.6 ± 0.5 ^a	7.8 ± 0.4 ^b	7.4 ± 0.5 ^b	5.8 ± 0.4 ^c	6.4 ± 0.5 ^c	4.4 ± 0.5 ^d
		A. láctico	8.8 ± 0.4 ^a	8.4 ± 0.5 ^a	7.4 ± 0.5 ^c	6.2 ± 0.4 ^d	5.4 ± 0.5 ^e	4.2 ± 0.4 ^f	3.2 ± 0.8 ^f

Valores en la misma fila seguidos de letras diferentes presentan diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Análisis de los valores de bases volátiles totales de nitrógeno (BVT-N)

El incremento de los valores de BVT-N en los tratamientos con ácido láctico y control, frente al de extracto crudo con bacteriocinas, a lo largo del periodo de almacenamiento, podría estar influenciado por la interacción entre las bacterias ácido lácticas, originadas por el empaque al vacío, y la contaminación bacteriana inicial (6). Joffraud *et al* (13), atribuyeron bajos valores BVT-N obtenidos en salmón ahumado por la interacción entre poblaciones de bacterias, cuando fue inoculado con *L. sakei* frente a psicrotófilos productores de BVT-N. En el presente estudio el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas apoyó esta tendencia, al mostrar niveles bajos de BVT-N durante todo el periodo de almacenamiento. De otra parte, los

resultados del presente estudio no concuerdan con los obtenidos por Jorgensen *et al* (14), donde altos valores para aminas biogénicas fueron obtenidos con sustancias bacteriocinas producidas por *L. sakei* en salmón ahumado.

Análisis sensorial

Los cortes paralelos a lo largo del filete permiten fraccionar la espina intermuscular en varias secciones y facilitar la degradación del colágeno por efecto de la temperatura. El colágeno está constituido de un grupo de moléculas similares, a pesar de que sus componentes aún no han sido completamente identificados. La solubilidad del colágeno disminuye a medida que aumentan los enlaces cruzados intermoleculares. El colágeno presente en el músculo de los peces está formado

por los tipos I y V, y contiene fibras heterotípicas (2). En músculo de trucha arco iris se ha demostrado que la solubilidad del colágeno tipo V disminuyó durante el almacenamiento en hielo, mientras el tipo I permanecía sin cambios (25). Mizuta *et al* (19), en investigaciones sobre fracciones de colágeno crudo y preparado por extracción alcalina de varias partes del cuerpo —músculo, hígado, piel, espinas, branquias y tracto digestivo, en “tiger puffer” (*Takifugu rubripes*), encontraron colágeno tipo I y V, con patrones muy similares. Los resultados sugieren que estos dos tipos de colágeno están principalmente distribuidos en los diferentes tejidos analizados.

El color opaco, la decoloración de la piel y la presencia de “off oduor” fueron las principales causas atribuidas a los puntajes obtenidos en los tratamientos. Según los resultados de las pruebas físico-química y sensorial, podría considerarse a las enzimas proteolíticas como responsables de tener un impacto sobre la pérdida de calidad de los filetes de pescado, pero no siempre son responsables por los característicos “off flavor” y “off oduor” que son típicos de la actividad microbiana (32). Similares resultados han sido reportados por Brillet *et al* (6), cuando utilizaron extracto crudo de bacteriocinas producidas por *C. divergens* V41 en salmón ahumado mantenido bajo refrigeración, donde

fuertes “off flavor” y “off oduor” fueron detectados por el panel sensorial. En los filetes frescos solamente se presentó rechazo sensorial para el atributo aroma para el tratamiento con ácido láctico, a partir del día 25 de almacenamiento. Es importante observar que los efectos preservativos no influyeron negativamente sobre las características sensoriales.

La utilización de biopreservantes como el extracto crudo de bacteriocinas producidas por *Lactobacillus plantarum* LPBM10, es una interesante alternativa con el fin de incrementar la vida útil de los filetes de híbrido de cachama. El presente trabajo encontró los mejores indicadores fisicoquímicos y sensoriales para los filetes sajadados tratados con el extracto de bacteriocinas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la profesora Olga Inés Montoya, directora del grupo de investigación en Biotecnología Microbiana de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, por el aporte de la cepa de *Lactobacillus plantarum* LPMB10 y al profesor Víctor Julio Atencio García, director del Centro de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba- CINPIC, por el aporte de los peces requeridos para el presente estudio.

Referencias

1. Amerine MA, Pongborn RH, Roescler EB. Principles of sensory evaluation of food. New York: Academic Press; 1965.
2. Ando M, Nishiyabu A, Tsukamasa Y, Makinodan Y. Post mortem softening of fish muscle during chilled storage as affected by bleeding. *J Food Sci* 1999; 64:423-428.
3. AOAC. Official methods of analysis 17th ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists; 1998.
4. Arashisar S, Hisar O, Kaya M, Yanik T. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets. *Int J Food Microbiol* 2004; 97:209-214.
5. Auburg SP. Review: interaction of malondialdehyde with biological molecules-new trends about reactivity and significance. *Inter J Food Sci Technol* 1993; 28:323-335.
6. Brillet A, Pilet M, Prevost H, Cardinal M, Leroi F. Effect of inoculation of *Carnobacterium divergens* V41, a biopreservative strain against *Listeria monocytogenes* risk, on the microbiological, chemical and sensory quality of cold-smoked salmon. *Inter J Food Microbiol* 2005; 104:309-324.
7. Chytiri S, Chouliara I, Savvaidis IN, Kontominas MG. Microbiological, chemical, and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiol* 2004; 21:57-165.
8. FAO. Evaluación y aprovechamiento de la cachama cultivada, como fuente de alimento. México: 1992.
9. Goulas AE, Kontominas MG. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry* 2007; 100:287-296.

10. Goulas AE, Kontominas MG. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes. Food Chemistry 2005; 93:511-520.
11. Gram L, Huss HH. Microbiological spoilage of fish and fish products. Inter J Food Microbiol 1996; 33:121-137.
12. Huss HH. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper No. 348, Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, Italy; 1995.
13. Joffraud JJ, Cardinal M, Cornet J, Chasles JS, Léon S, et al. Effect of bacterial interactions on the spoilage of cold-smoked salmon. Inter J Food Microbiol 2006; 112:51-61.
14. Jorgensen LV, Huss HH, Dalgaard P. The effect of biogenic amine production by single bacterial cultures and metabiosis on cold-smoked salmon. J Appl Microbiol 2000; 89:920-934.
15. Leroi F, Joffraud JJ, Chevalier F, Cardinal M. Research of quality indices for cold-smoked salmon using a stepwise multiple regression of microbiological counts and physicochemical parameters. J Appl Microbiol 2001; 90:578-587.
16. Lyhs U, Latineen J, Fredriksson-Ahoma M, Hyytia-Trees E, Elfing K, et al. Microbiological quality and shelf-life of vacuum-packaged 'gravad' rainbow trout stored at 3 and 8 °C. Int J Food Microbiol 2001; 70:221-230.
17. Manju S, Leema J, Srinivasa-Gomal TK, Ravishankar CN, Lalitha KV. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlsport (*Etroplus suratensis*) during chill storage. Food Chemistry 2007; 102:27-35.
18. Meekin TA, Hulse L, Bremner HA. Spoilage association of vacuum packed sand flathead (*Platycephalus bassensis*) fillets. Food Technol Australia 1982; 34:278-282.
19. Mizuta S, Fujisawa S, Nishimoto M, Yoshinaka R. Biochemical and immunochemical detection of types I and V collagens in tiger puffer *Takifugu rubripes*. Food Chemistry 2005; 89:373-377.
20. Ólafsdóttir G, Martinsdóttir E, Oehlenschläger J, Dalgaard P, Jensen B, et al. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. Trends Food Sci Technol 1997; 8:258-265.
21. Özogul F, Özogul Y. Biogenic amine content and biogenic amine quality indices of sardines (*Sardina pilchardus*) stored in modified atmosphere packaging and vacuum packaging. Food Chemistry 2006; 99:574-578.
22. Papadopoulos V, Chouliara I, Badeka A, Savvaidis IN, Kontominas MG. Effect of gutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. Food Microbiol 2003; 20:411-420.
23. Randell K, Hattula T, Ahvenainen R. Effect of packaging method on the quality of rainbow trout and Baltic herring fillets. Lebensmittelwiss Technol 1997; 30:56-61.
24. Roth B, Slinde E, Arildsen J. Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh. Aquaculture 2006; 257:504-510.
25. Sato K, Ohashi C, Ohtsuki K, Kawabata M. Type V collagen in trout (*Salmo gairdneri*) muscle and its solubility change chilled storage of muscle. J Agric Food Chem 1991; 39:1222-1225.
26. Schormüller J. Handbuch der lebensmittelchemie (Band IV). Heidelberg: Springer-Verlag; 1969.
27. Simeonidou S, Govaris A, Vareltzis K. Quality assessment of seven Mediterranean fish species during storage on ice. Food Res Intern 1998; 30:479-484.
28. Sivertsvik M, Rosnes JT, Jeksrud WK. Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring foods. Part 2: raw fish fillets. J Food Eng 2004; 63:451-458.
29. Statham JA. Modified atmosphere storage of fisheries products: the state of the art. Food Technol Austra 1984; 36:233-239.
30. Tejada M, Huidobro A. Quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting. Eur Food Res Technol 2002; 215:1-7.
31. Torrieri E, Cavella S, Villani F, Masi P. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). J Food Eng 2006; 77:1078-1086.
32. Truelstrup L, Gill T, Drewes S, Huss H. Importance of autolysis and microbiological activity on quality of cold-smoked salmon. Food Res Inter 1996; 29:181-188.
33. Vázquez JA, González MP, Murado MA. Preliminary tests on nisin and pediocin production using waste protein sources Factorial and kinetic studies. Bioresource Technol 2006; 97:605-613.