

Estabilidad físicoquímica durante el almacenamiento refrigerado de filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) ahumados y empacados con y sin vacío

Physical and chemical stability of vacuum-packaged smoked fillets of golden catfish (*Brachyplatystoma rousseauxii*) during refrigerated storage

José PACHECO¹, Atilano Lorenzo NÚÑEZ CALCAÑO ² y Aurora ESPINOZA ESTABA²

¹Departamento de Tecnología de Alimentos. Instituto Universitario de Tecnología Jacinto Navarro Vallenilla, Carúpano, 6150, estado Sucre, Venezuela y ²Programa de Tecnología de Alimentos, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Maturín, 6201, estado Monagas, Venezuela E-mail: alnunezc@gmail.com

 Autor para correspondencia

Recibido: 15/06/2009

Fin de arbitraje: 17/09/2009

Revisión recibida: 15/04/2010

Aceptado: 29/04/2010

RESUMEN

Se evaluó la estabilidad físico-química durante almacenamiento refrigerado ($2 \pm 1^\circ\text{C}$) de filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) ahumados y empacados en una película de polietileno de alta densidad con y sin vacío, mediante las variables nitrógeno de las bases volátiles totales, ácido tiobarbitúrico, actividad del agua, pH, humedad y contenido de grasa, aplicados cada siete días durante 28 días. La materia prima fue tomada directamente en los muelles ubicados en la población de Barrancas en la Región Deltaica del Río Orinoco. Los bagres se seleccionaron de acuerdo al tamaño, coloración superficial, características de frescura y peso corporal e inmediatamente eviscerados *in situ*, lavados con agua potable fría y cubiertos con hielo en su parte ventral antes de ser colocados en cavas con hielo. Se aplicaron tres tiempos de exposición al humo (60, 90 y 120 min). Los filetes ahumados fueron empacados con y sin vacío, almacenados en refrigeración, para la realización posterior de análisis físicoquímicos. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los parámetros físicoquímicos evaluados en los distintos tratamientos y en relación al tiempo de almacenamiento. De acuerdo a los resultados obtenidos los filetes ahumados de mayor estabilidad en almacenamiento refrigerado fueron aquellos ahumados durante 120 min y empacados a vacío.

Palabras clave: *Brachyplatystoma rousseauxii*, bagre dorado, empacado al vacío, ahumado, refrigeración

ABSTRACT

The objective was to evaluate the physical and chemical stability during refrigerated storage of golden catfish (*Brachyplatystoma rousseauxii*) smoked packaged filets with or without vacuum through several variables from seven to 28 days. The raw material was taken from the docks located in Barrancas town in the delta region of the Orinoco River. The catfish were selected according to size, surface color characteristics of freshness and body weight and immediately eviscerated *in situ*, washed with cold water and covered with ice in its ventral side before being placed in ice coolers. Filets were exposed to three smoking times (60, 90 and 120 min). The smoked filets were packaged with and without vacuum and then stored at $2 \pm 1^\circ\text{C}$. Filets were then evaluated for physicochemical variables (Total volatile bases nitrogen, tiobarbituric acid number, Aw, pH, moisture and fat content) every 7 days during 28 days of storage. There were significant differences ($P < 0.05$) among treatments for the evaluated parameters. According to the results the smoked filets showing the best stability in refrigerated storage were those smoked during 120 min and vacuum packaged.

Key words: *Brachyplatystoma rousseauxii*, golden catfish, vacuum packaged, smoked, refrigeration

INTRODUCCIÓN

El bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) es una especie que habitan en el Río Orinoco y que posee una considerable demanda por el público consumidor, debido al exquisito sabor de su carne y a lo peculiar de su textura (Novoa y Ramos, 1978). Su comercialización se realiza principalmente

en las formas fresco, eviscerado y sin cabeza, así como conservado en hielo en áreas alejadas de los centros de consumo, como el Delta del Orinoco.

El proceso de ahumado industrial y/o artesanal del pescado no es usado con mucha frecuencia en Venezuela, por cuanto el pescado es, por regla general, comercializado fresco, congelado y

seco-salado, exceptuando algunos productos enlatados de ciertas especies, por esta razón resulta importante introducir tecnologías aplicadas en otros países a las pesquerías locales, tales como la combinación de ahumado-empacado al vacío-refrigeración, no solamente para lograr el mejor aprovechamiento del músculo de pescado, sino también para iniciar un proceso de educación al consumidor en el uso de este alimento en forma diferente a los ya tradicionales productos pesqueros comercializados en el país.

Reyes y Arocha (2000) determinaron el tiempo de vida útil de filetes de bagre cacumo (*Bagre marinus*) mantenidos en hielo y el efecto de tres tratamientos diferentes: Inmersión en agua clorada (150 ppm de cloro) y embolsado; inmersión en agua y embolsado y Sin tratamiento, ni empaque y observaron un incremento a través del tiempo en los componentes nitrogenados volátiles de las muestras empacadas, lo que no ocurrió en las muestras sin empaque por el hecho de que estuvo sujeta a un continuo lavado por el descongelado del hielo. El pH sólo aumentó en la muestra sin empaque. No se observó proceso de oxidación en ninguna de las muestras. El tiempo de vida útil de las muestras empacadas fue de 20 días a diferencia de la muestra sin empaque que sólo fue de 14 días.

Carbonell Areaza *et al.*, (2003) estudiaron las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) y encontraron que el contenido de proteínas (19,03%) y grasas (6,6%) cumplen con la norma Covenin 3086-94 para pulpa de pescado. El rendimiento en carne fue 60,24% y el rendimiento en filetes que se obtuvo fue 58,68%. Los alimentos desarrollados fueron: filetes (salados y ahumados) y jamón a base de pulpa de bagre, ambas presentaciones fueron consideradas aceptables por el panel de catadores, los productos desarrollados fueron elaborados en una forma artesanal y con costos relativamente bajos.

Valls *et al.*, (2008) evaluaron los parámetros físicos y químicos de filetes de lebranche (*Mugil liza*) durante su almacenamiento en congelación a -18°C , por cinco meses y encontraron que los filetes mostraron un buen grado de frescura hasta el segundo mes, a partir del cual su calidad disminuye. Esta pérdida se manifestó principalmente por el daño en la fracción de las proteínas que registraron un aumento en la cantidad de LE y una disminución en las SPs y la rancidez medida por TBA, mostró un incremento

en función del tiempo de almacenamiento desde 3,59 ppm (mes 0) hasta el quinto mes (7,25 ppm), lo cual indica un cierto grado de rancidez, estos resultados están afectados también por el contenido relativamente alto de grasa (6,91%) determinados en estos ejemplares, lo cual los hace más susceptibles a cambios por autooxidación de los ácidos grasos.

Rodríguez *et al.*, (2009) evaluaron la conservación de filetes de bagre (*Pseudoplatystoma* sp.) en una solución de salmuera al 36% empacado al vacío, almacenados a temperatura ambiente (27°C), y de refrigeración como una alternativa para mantener la calidad y aumentar el tiempo de vida útil de estas especies de pescado con alta demanda al sur de Venezuela y encontraron que los filetes que fueron empacados al vacío y almacenados a 4°C resultaron significativamente diferentes al resto de los tratamientos ambiente y atmosfera sin modificar y no observaron diferencias significativas debido a la temperatura de almacenamiento a los 3 meses y concluyeron que la condición de empacado al vacío y almacenamiento a 4°C , proporcionó las mejores características de preservación en los filetes de bagre rayado salado, según los resultados físicos y químicos.

El presente trabajo demuestra una contribución al aprovechamiento tecnológico y uso racional de un recurso piscícola de alto valor comercial como el bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), poco explotado y que se presenta en forma continua y sostenida en las capturas comerciales del Río Orinoco. El objetivo fue evaluar la estabilidad durante almacenamiento refrigerado ($2 \pm 1^{\circ}\text{C}$) de filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) ahumados y empacados en una película de polietileno de alta densidad con y sin vacío, mediante exámenes fisicoquímicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Su utilizó bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) obtenido directamente de las flotas pesqueras en la población de Barrancas en el Delta del Río Orinoco. Se seleccionaron 71 ejemplares de acuerdo a tamaño, coloración superficial, características de frescura y peso corporal. Se efectuó un muestreo aleatorio a 11 cestas con pescados de tres embarcaciones para determinar la temperatura corporal de los mismos.

Los bagres fueron eviscerados *in situ* en forma manual, con cuchillos de acero inoxidable, lavados con agua potable fría (5 ± 1 °C) e inmediatamente cubiertos con hielo en su parte ventral y colocado dentro de cavas (se alternaron capas de hielo-pescado-hielo dentro de cada cava) para trasladarse al sitio donde fueron procesados

El lote completo fue procesado en las instalaciones de la Planta Piloto del IUT Jacinto Navarro Vallenilla en Carúpano, estado Sucre donde se procedió al corte de cabeza y cola utilizando cuchillos de acero inoxidable, seguido por lavados con agua potable refrigerada (4 ± 1 °C). Cada pescado fue fileteado manualmente obteniendo filetes sin piel con un espesor promedio de 2 cm y luego lavados, escurridos y posteriormente pesados en una balanza SARTORIUS Mod AH-35347-2 y se calculó el total producido y se determinó su peso bruto. Los filetes se introdujeron en bolsas de polietileno, hasta completar 5 kg por empaque y refrigerados a -2 °C en una cava de conservación TECOVEN Mod BFC-230 hasta su utilización al día siguiente.

Salado y ahumado de los filetes de pescado

Los filetes de pescado fueron salados por inmersión en salmuera fría al 70%. La temperatura de la salmuera fue de 3 ± 1 °C. Adicionalmente, se le añadió a la salmuera nitrito de sodio hasta obtener una concentración de 150 ppm. Se utilizó para ello un contenedor de acero inoxidable de 120 L de capacidad al cual se le acopló un agitador mecánico con paletas plásticas para facilitar la absorción de sal. El proceso de salmuera tardó 20 min. Después de la inmersión y agitación, los filetes se lavaron con una solución de salmuera fría (7 ± 1 °C) al 5% y posteriormente se colocaron sobre parrillas de acero inoxidable para ser escurridos a temperatura ambiente por 45 min antes de ahumarlos en caliente en una cámara de cocción-ahumado (José Lizondo Mod H-500-A, Viladecans, Barcelona, España) donde se fijaron los siguientes parámetros: temperatura de la cámara, 72 ± 2 °C; humedad relativa, $42 \pm 3\%$; densidad de humo, inyección de humo cada 5 min (el programa de cocción-ahumado automáticamente dispara una válvula cada 3 min para permitir el paso de humo hacia el interior de la cámara); temperatura del centro del producto, 64 ± 2 °C. La fase de calentamiento de los filetes tardó hasta que la temperatura del centro del producto alcanzó 64 ± 2 °C y a partir de este momento se inició el proceso de ahumado. Los filetes de pescado se dividieron en tres

lotes y se aplicaron tres tiempos de exposición al humo: $t_1= 60$ min; $t_2= 90$ min y $t_3=120$ min. El producto ahumado resultante de cada lote fue enfriado rápidamente por 1 h a 7 ± 2 °C en una cámara de conservación por aire forzado (Caiz Winter Mod G-43, Caracas, Venezuela). Se introdujeron varias termocuplas de bolsillo en diferentes muestras a objeto de verificar el descenso de la temperatura.

Empacado de los filetes ahumados

Los filetes se separaron en tres lotes (cada lote correspondió a cada uno de los tiempos de exposición al humo ensayados) y empacados (un promedio de 2 por empaque) en una película de polietileno de alta densidad (CRYOVACTM) e introducidos en una máquina para efectuar vacío (RAMÓN Mod VP-280 A, Viladecans, Barcelona). Se trabajó con una presión de vacío de $-0,85$ bares de acuerdo a las especificaciones del empaque CRYOVACTM. A cada unidad experimental se le determinó su peso. Paralelo a ello, se tomaron filetes de pescado ahumado correspondientes a cada tiempo de exposición, se empacaron con el mismo *film* y no se les aplicó vacío y luego se pesaron.

Almacenamiento refrigerado

Los lotes empacados al vacío y sin vacío fueron almacenados en refrigeración por 28 días en un refrigerador comercial TROPICOLD Mod ARS 33 ajustado para operar a una temperatura promedio de 2 ± 1 °C. Las unidades experimentales fueron distribuidas en forma completamente aleatorizada dentro del refrigerador a objeto de evitar el efecto de posición dentro del mismo. Para ello se dividió el compartimiento interior del equipo en cuatro partes y en cada una de ellas se colocaron aleatoriamente muestras de todos los tratamientos.

Métodos analíticos

Análisis fisicoquímicos de los filetes de pescado ahumado

Los análisis fisicoquímicos fueron realizados por triplicado a filetes de pescado ahumado de cada tiempo de exposición antes de ser empacados; ello correspondió al tiempo inicial de la experiencia (t_1) y, posteriormente, los mismos análisis fueron repetidos después a cada muestra de los lotes empacados con vacío (V) y sin vacío (SV), de acuerdo a los tiempos de almacenamiento refrigerado establecidos ($t_2= 7$

días, $t_3= 14$ días, $t_4= 21$ días, $t_5= 28$ días). Los resultados obtenidos fueron expresados como los valores medios con su desviación estándar.

Humedad

Se tomaron entre 0,7 y 1,3 g de muestra previamente homogeneizada y se colocó en una cápsula de porcelana y luego introducida en una estufa de aire (SELECTA DIGITHEAT Mod SC-34 Abrera, Barcelona, España) a 105 °C hasta la obtención de peso constante de acuerdo a lo establecido en la Norma COVENIN 1120 (1980).

Actividad de agua (Aw)

Se obtuvo mediante lectura directa utilizando un medidor de rocío (cx-2) (Decagon Services, Inc) previamente calibrado, aceptando la relación entre el punto de rocío y la presión de vapor de agua según método de Lupin *et al.*, (1981). La lectura se realizó a las 2 h de haber colocado entre 9 y 11 g de la muestra, previamente homogeneizada, en la caja porta muestra, hasta obtener lectura constante.

pH

Muestras entre 4 y 6 g de cada tratamiento se homogeneizaron con agua destilada (1:1) y el pH medido directamente con un pHmetro CRISON Mod GLP-22 (Alella, Barcelona) según la Norma COVENIN 1315 (1979).

Nitrógeno básico volátil total (NBVT)

Se pesaron entre 8 y 12 g de muestra que fueron colocados en un matraz de destilación de 1000 ml al que se le adicionó 300 ml de agua destilada, 1 g de piedra pómez, 10 ml de etanol y 2 g de magnesia calcinada. El matraz fue conectado al refrigerante que se calentó hasta ebullición. El destilado se mantuvo durante 10 min, colocando el destilado en un matraz de 500 ml que contenía 10 ml de solución de ácido sulfúrico 0,1N, 30 ml de agua destilada exenta de amoníaco y 5 gotas de rojo de metilo al 0,5%. El exceso de ácido sulfúrico se tituló con solución de hidróxido de sodio 0,1N de acuerdo a la norma COVENIN 1948 (1982).

Ácido tiobarbitúrico (TBA)

Se maceraron 10 g de muestra con 50 ml de agua durante 2 min y luego se lavó en un matraz de

destilación con 47,5 ml de agua. Se adicionó 2,5 ml de ácido clorhídrico 4M, se llevó a pH de 1,5 y posteriormente se añadieron unas gotas de antiespumante y varias perlas de vidrio. Se calentó el matraz en una manta eléctrica de forma que en 10 min, contados a partir del momento en el que se inicia la ebullición, se recogieron 50 ml de destilado. Se tomaron 5 ml del destilado y se agregaron 5 ml de reactivo de TBA (0,2883 g/100 ml de ácido acético glacial al 90%), se tapó, agitó y calentó en Baño de María hirviendo durante 35 min; transcurrido este tiempo se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente y luego en agua, se secaron los tubos y se leyó la absorbancia (D) contra un blanco a 538 nm usando celdas de cuarzo de 1 cm. Todo ello de acuerdo a la metodología descrita por Rhee (1978). El valor de TBA fue calculado multiplicando la absorbancia promedio leída de cada muestra por el valor K para la extracción. El valor K utilizado para el cálculo fue de 7,8 de acuerdo a Rhee (1978).

Grasas

Fue extraída con cloroformo-metanol en un homogeneizador de acuerdo al método de Blight y Dyer adaptado por la AOAC (1994). Se pesaron entre 8 y 12 g de muestra homogeneizada en un frasco de vidrio al que se le añadió con una pipeta volumétrica 50 ml de metanol y 50 ml de cloroformo, se tapó y se agitó por 30 min. Se filtró en un embudo de separación y se añadieron 40 ml de agua destilada para separar las dos capas; la superior está compuesta por agua y metanol, la inferior por grasa y cloroformo. Se tomó 25 ml de la capa inferior y se centrifugó durante 5 min. En una cápsula de porcelana previamente tarada se colocaron 20 ml que fueron evaporados en baño maría, luego se dejó secar en la estufa por 1 h a 100 °C, se dejó enfriar en un desecador por 30 min para proceder al pesado.

Cloruros

En un vaso de precipitado fueron colocados $10 \pm 0,4$ g de muestra, se agregaron 100 ml de agua destilada a fin de homogeneizarla y hervirla durante 15 a 20 min; luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. La mezcla fue transferida a un matraz volumétrico de 250 ml, aforado con agua destilada. Se filtró y se neutralizó (el filtrado) con bicarbonato de sodio. Se tomaron 25 a 50 ml del filtrado neutralizado y se le agregó 1 ml de la solución de dicromato de potasio, se mezcló y se tituló con una solución de AgNO_3 0,1N, hasta que se observó un

color ladrillo en el precipitado de acuerdo al método COVENIN 1223 (2002).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño factorial 3 X 2 X 5 para determinar los efectos del tiempo de exposición al humo (60, 90 y 120 min), empaçado (vacío y sin vacío) y cinco tiempos de almacenamiento refrigerado (0, 7, 14, 21 y 28 días) sobre las propiedades fisicoquímicas de los filetes ahumados. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico MINITAB 13. Se realizó análisis de varianza para evaluar los efectos del tiempo de exposición al humo, empaçado y almacenamiento refrigerado. Además de ello, se realizaron comparaciones de medias empleando el método de Tukey ($P < 0,05$) para detectar diferencias entre los tratamientos. Se realizó en análisis de correlación simple entre pares de caracteres.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso promedio por ejemplar fue $2,37 \pm 0,26$ kg y la temperatura media del pescado antes del desembarco fue de $6 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. El peso promedio de cada filete fue de 261 ± 39 g. Se obtuvieron un total de 142 filetes para un peso bruto de 43,17 kg. Cada unidad experimental tuvo un peso promedio de 351 ± 26 g. El peso promedio de cada empaque sin aplicación de vacío fue de 299 ± 17 g.

Evaluación fisicoquímica de los filetes de pescado ahumado

En el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos para el contenido en grasas durante el estudio de estabilidad de los filetes de pescado ahumado empaçado con y sin vacío. El bagre dorado

es una especie con un contenido muy bajo en grasas (promedio de 1,70%, de acuerdo a los resultados obtenidos). En estudios similares, Tomé y Kodaira (2000) reportaron valores promedio para el contenido de grasa del bagre rayao (*Pseudoplatystoma fasciatum*) de 1,53%, al igual que Bouchard (2003) en filetes ahumados de bagre laulao (*Brachyplatystoma vaillanti*) de 1,88%. No obstante, de acuerdo al análisis de varianza aplicado, existen diferencias significativas ($P < 0,05$) para el contenido en grasas en los tratamientos de ahumado aplicados, siendo el contenido graso del tratamiento de ahumado a 60 min el más resaltante con respecto a los otros tratamientos. Lo anterior obedece a la menor intensidad de calor recibido por los filetes de pescado. Se presume que el tratamiento térmico y la posición de los mismos dentro de la cámara de cocción-ahumado influyeron en dichos contenidos grasos.

En lo que respecta a los valores de malonaldehído para la determinación de rancidez oxidativa por la prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA), en los filetes ahumados empaçados con y sin vacío (Cuadro 2), los resultados obtenidos mostraron niveles bajos de rancidez oxidativa, considerando que para productos similares los niveles mínimos que afectan la estabilidad química promedian de 3 -5 mg malonaldehído/kg (Kolodziesjska *et al.*, 2002). Se aprecia un aumento en todas las muestras durante el almacenamiento, no excediendo de 1,98 mg malonaldehído/kg para las muestras empaçadas sin vacío y 1,25 mg malonaldehído/kg para aquellas empaçadas a vacío; probablemente el bajo contenido de grasas presente en el pescado, la escasa permeabilidad al oxígeno del empaque utilizado ($4,4 \text{ cc/m}^2/24\text{h}$) y la condición de almacenamiento refrigerado (el refrigerador empleado estaba ubicado en un sitio donde la luz ambiental es mínima) fueron factores determinantes para estos resultados.

Cuadro 1. Contenido de grasa (%) en filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) sometidos a distintos tratamientos de ahumado y almacenados en refrigeración.

Tiempo (Días)	Tiempos de exposición al humo (min)					
	60		90		120	
	SV	V	SV	V	SV	V
0	0,99 a $\pm 0,09$	1,03 a $\pm 0,05$	1,38 b $\pm 0,07$	1,58 b $\pm 0,05$	2,34 bc $\pm 0,05$	2,47 bc $\pm 0,03$
7	1,23 ab $\pm 0,12$	1,44 abc $\pm 0,09$	2,10 bc $\pm 0,18$	1,88 bc $\pm 0,09$	1,84 c $\pm 0,11$	1,67 c $\pm 0,03$
14	1,28 bc $\pm 0,07$	1,37 bc $\pm 0,11$	1,68 c $\pm 0,11$	1,70 c $\pm 0,11$	1,59 cd $\pm 0,03$	1,71 cd $\pm 0,09$
21	1,11 c $\pm 0,10$	1,36 bc $\pm 0,18$	1,55 c $\pm 0,13$	1,65 cd $\pm 0,18$	1,50 cd $\pm 0,05$	1,73 cd $\pm 0,05$
28	0,99 cd $\pm 0,05$	1,22 cd $\pm 0,07$	1,33 cd $\pm 0,08$	1,47 cd $\pm 0,07$	1,35 d $\pm 0,03$	1,70 cd $\pm 0,05$

Promedios por triplicado. Las medias seguidas de la misma letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$). SV: Sin vacío y V: con vacío

Adicionalmente, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para los valores de TBA de los filetes empacados a vacío respecto a aquellos empacados sin vacío durante la fase de estudio, de aquí que el empaque actuó como buena barrera contra la permeabilidad del oxígeno. Estudios realizados por Ortiz y Bello (1992) en 3 lotes de cachama (*Colossoma macropomun*) eviscerados, recién capturados en distintas épocas del año, obtuvieron valores entre 0,05-0,45 mg malonaldehído/kg en muestras almacenadas a 0 y 6 °C, como resultado del bajo contenido graso (0,56-0,61%) de la especie. Por su parte, Bouchard (2003), en filetes de bagre laulao (*Brachyplatystoma vaillanti*) ahumados, obtuvo un valor máximo de TBA igual a 1,33 mg malonaldehído/kg.

En el Cuadro 3 se observa los resultados para el porcentaje de humedad en los filetes empacados con y sin vacío. Se observó una disminución significativa en todos los lotes y se determinó que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de humedad entre los filetes ahumados empacados con y sin vacío, así como también con respecto al tiempo de almacenamiento. Dado que el

tiempo de exposición al humo en los lotes fue diferente, se esperaba un contenido de humedad final distinto en estos al finalizar dicha etapa.

La actividad de agua (A_w) disminuyó durante el periodo de almacenamiento refrigerado, siendo ésta más evidente en los filetes ahumados a t120, desde 0,92 hasta un valor final, al día 28, de 0,88 (Cuadro 4). Se determinaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la actividad de agua por efecto del tiempo de ahumado y del tiempo de almacenamiento, más no por efecto del tipo de empaque. Dado que el tiempo de exposición al humo en los lotes fue diferente, era de esperarse un contenido de A_w distinto en el producto final. Los filetes ahumados a t60 y t90 experimentaron una reducción promedio en el A_w desde 0,98 hasta 0,94 y de 0,95 hasta 0,92, respectivamente. Resultados similares reportaron Himelbloom y Crapo (1998), Tomé y Kodaira (2000) y Bouchard (2003) para filetes de bagre laulao ahumado en frío, filetes ahumados de bagre rayao y filetes ahumados de bagre laulao empacados a vacío respectivamente, obteniendo, después de 21 días de almacenamiento refrigerado, un valor de A_w final de 0,85; 0,85 y 0,87, respectivamente. En este trabajo, la

Cuadro 2. Valores de TBA (mg malonaldehído/kg) en filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) sometidos a distintos tratamientos de ahumado almacenados en refrigeración.

Tiempo (Días)	Tiempos de exposición al humo (min)					
	60		90		120	
	SV	V	SV	V	SV	V
0	0,75 b± 0,03	0,85 bc±0,06	0,51 a± 0,08	0,71 b± 0,11	0,44 a± 0,03	0,33 a± 0,06
7	0,94 bc± 0,04	0,87 bc± 0,04	0,82 b± 0,04	0,72 b± 0,12	0,51 a± 0,03	0,53 a± 0,03
14	1,03 c± 0,02	0,94 bc± 0,04	0,82 b± 0,11	0,95 bc± 0,06	0,76 b± 0,04	0,58 a± 0,03
21	1,33 cd± 0,03	0,98 c± 0,03	0,85 b± 0,09	0,97 bc± 0,05	0,83 bc± 0,03	0,72 a± 0,03
28	1,98 d± 0,09	1,25 d± 0,08	0,87 b± 0,11	1,06 c± 0,17	0,92 bc± 0,06	0,88 bc± 0,05

Promedios por triplicado. Las medias seguidas de la misma letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$). SV: Sin vacío y V: con vacío

Cuadro 3. Contenidos de humedad (%) en filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) sometidos a distintos tratamientos de ahumado y almacenados en refrigeración.

Tiempo (Días)	Tiempos de exposición al humo (min)					
	60		90		120	
	SV	V	SV	V	SV	V
0	64,9a ± 0,7	65,3 a ± 0,4	63,1 b± 1,8	56,8 c± 0,6	64,3 a± 0,9	56,7 c± 0,8
7	63,8 ab ± 0,9	64,7 ab ± 0,8	58,1 bc± 1,6	56,3 c± 0,7	61,6 b± 0,7	56,2 c± 0,6
14	62,9 ab ± 1,1	64,0 ab ± 0,7	56,3 bc± 1,2	55,9 c± 0,9	59,8 bc± 1,2	55,6 c± 0,5
21	57,7 bc ± 0,7	64,0 ab ± 0,2	55,3 c± 0,8	55,3 c± 1,3	58,3 c± 0,5	54,4 cd± 0,3
28	55,3 c ± 0,6	63,9 ab ± 1,1	54,6 c± 0,9	54,7cd± 1,4	57,1 c± 0,3	54,1 cd± 1,2

Promedios por triplicado. Las medias seguidas de la misma letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$). SV: Sin vacío y V: con vacío

Aw disminuyó durante el almacenamiento refrigerado en forma dependiente del contenido de humedad existiendo correlación significativa ($P < 0,05$) entre ambos parámetros ($r = 0,89$).

La concentración de cloruro de sodio (NaCl) se incrementó en los filetes ahumados de todos los tratamientos durante el almacenamiento refrigerado (Cuadro 5). Se determinó que existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la concentración de NaCl entre los filetes ahumados empacados con y sin vacío, así como también con respecto al tiempo de almacenamiento refrigerado. Dicho aumento en la concentración de NaCl fue, en términos generales, desde 3,23% al inicio del experimento hasta 4,08% al final del período de 28 días de almacenamiento refrigerado. Tales concentraciones de NaCl están dentro de los valores promedios para productos pesqueros ahumados (3-5% NaCl), de acuerdo a las demandas en las preferencias de los consumidores de este tipo de productos. Cann y Taylor (1979) reportaron una vida útil para salmón ahumado de 21 a 27 días a 5 °C y 4,3% de sal en fase acuosa. Asimismo, Hansen *et al.*, (1995), en estudios similares con salmón ahumado en frío, también

reportaron estabilidad del producto durante 25 días a 5 °C y 4,6% de sal en fase acuosa. Por su parte, Bouchard (2003) obtuvo valores próximos a 4,3% de sal en filetes ahumados de bagre almacenados a 8 °C durante 28 días.

Es importante mencionar que no existen criterios preestablecidos para una concentración de sal adecuada en este tipo de productos ahumados, toda vez que los hábitos de consumo y el nivel de preferencia entre los consumidores varía con respecto a la zona geográfica donde se procesen los mismos. Además, el tipo y la condición inicial de la materia prima, los métodos de producción aplicados y el almacenamiento de los productos ahumados son factores preponderantes a la hora de juzgar el grado de concentración de sal en los mismos. En tal sentido, Jahnckeadn y Herman (2001) señalan que el salado es un punto crítico de control debido a que la presencia de sal en el pescado es esencial para inhibir el crecimiento de clostridios y prevenir la formación de toxinas, particularmente en los productos empacados al vacío. Adicionalmente, la función de la sal es disminuir el valor de Aw y como consecuencia se inhiben muchas de las bacterias. Sin embargo, la

Cuadro 4. Actividad de agua de filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) sometidos a distintos tratamientos de ahumado almacenados en refrigeración.

Tiempo (Días)	Tiempos de exposición al humo (min)					
	60		90		120	
	SV	V	SV	V	SV	V
0	0,98 c± 0,01	0,98 c± 0,01	0,94 ab± 0,01	0,95 bc± 0,01	0,93 b± 0,01	0,92 bc± 0,01
7	0,97 c± 0,01	0,97 c± 0,01	0,93 ab± 0,01	0,95 bc± 0,01	0,93 b± 0,01	0,92 bc± 0,01
14	0,97 c± 0,01	0,96 bc± 0,01	0,93 ab± 0,01	0,94 b± 0,01	0,92 a± 0,01	0,91 b± 0,01
21	0,95 b± 0,01	0,95 b± 0,01	0,91 a± 0,01	0,94 b± 0,01	0,92 a± 0,01	0,90 ab± 0,01
28	0,95 b± 0,01	0,93 ab± 0,01	0,91 a± 0,01	0,92 a± 0,01	0,92 a± 0,01	0,88 a± 0,01

Promedios por triplicado. Las medias seguidas de la misma letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$). SV: Sin vacío y V: con vacío

Cuadro 5. Contenido de NaCl (%) en filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) sometidos a distintos tratamientos de ahumado almacenados en refrigeración.

Tiempo (Días)	Tiempos de exposición al humo (min)					
	60		90		120	
	SV	V	SV	V	SV	V
0	3,23 a± 0,25	3,36 a± 0,21	3,22 a± 0,25	3,26 a± 0,14	3,41 b± 0,90	3,51 ab± 0,09
7	3,42 a± 0,11	3,41 a± 0,18	3,37 ab± 0,11	3,58 b± 0,11	3,52 bc± 0,70	3,60 b± 0,13
14	3,76 b± 0,47	3,82 b± 0,11	3,69 bc± 0,47	3,72 bc± 0,17	3,73 c± 1,20	3,78 c± 0,17
21	3,83 c± 0,33	3,96 c± 0,29	3,89 c± 0,33	3,98 C± 0,12	4,00 cd± 0,50	3,98 cd± 0,21
28	4,06 d± 0,36	4,08 d± 0,31	4,05 d± 0,36	4,01 cd± 0,27	4,07 d± 0,30	4,02 cd± 0,24

Promedios por triplicado. Las medias seguidas de la misma letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$). SV: Sin vacío y V: con vacío

cantidad de sal, volumen de la salmuera, peso del pescado, duración y temperatura del proceso deben ser calculados empíricamente por el productor. Estos parámetros necesitan ser establecidos con el objetivo de obtener un producto final con al menos 3,5% de concentración de sal en fase acuosa si el producto va ser empacado al vacío (Jahnckeadn y Herman, 2001).

Los valores de pH de los filetes ahumados empacados con y sin vacío aumentaron durante el almacenamiento refrigerado (Cuadro 6). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en los valores de pH entre los filetes ahumados empacados con y sin vacío, así como también con respecto al tiempo de almacenamiento. Este aumento de pH puede atribuírsele al incremento experimentado de amoníaco, ya que las bases volátiles totales presentaron un aumento significativo ($P < 0,05$) a partir del día 7 hasta alcanzar valores de 21-26 mg N/100 g al final del almacenamiento refrigerado.

Aunque los valores de pH de los filetes ahumados presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$), estos siempre estuvieron dentro de los

límites establecidos. Esto se debe probablemente al mantenimiento de bajas temperaturas durante los procesos de faenado aplicados a los pescados durante los procesos de transformación hasta producto terminado, lo cual influyó para que las reacciones bioquímicas degradativas que involucran la liberación de fosfato inorgánico y amoníaco como consecuencia de la degradación enzimática del ATP y la capacidad buffer de las proteínas contenidas en los músculos del pescado fueran mínimos. En tal sentido, Kolodziejaska *et al.*, (2002) encontraron un incremento significativo del pH durante el proceso de ahumado en caliente de la macarela del Atlántico, atribuyéndole tal situación a la pérdida de compuestos ácidos que migran de las proteínas a medida que se desnaturalizan por calor. En general, se puede señalar que los valores de pH obtenidos se mantuvieron entre el rango general de 6,4-6,6 en ambos tipos de empacado manteniéndose dentro del rango de valores que no afectan la calidad de este tipo de productos. El contenido de bases volátiles totales (BVT) incrementó en los filetes ahumados empacados con y sin vacío durante el período de almacenamiento refrigerado (Cuadro 7). Se encontraron diferencias significativas

Cuadro 6. Valores de pH en filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) sometidos a distintos tratamientos de ahumado almacenados en refrigeración.

Tiempo (Días)	Tiempos de exposición al humo (min)					
	60		90		120	
	SV	V	SV	V	SV	V
0	6,62 b± 0,11	6,49 ab± 0,06	6,38 a± 0,17	6,52 b± 0,02	6,53 b± 0,11	6,46 a± 0,06
7	6,63 b± 0,07	6,55 b± 0,11	6,44 a± 0,11	6,55 b± 0,14	6,57 bc± 0,07	6,49 a± 0,11
14	6,67 b± 0,11	6,59 b± 0,09	6,48 ab± 0,16	6,59 b± 0,08	6,61 bc± 0,11	6,53 b± 0,09
21	6,69 b± 0,12	6,59 b± 0,08	6,51 ab± 0,11	6,63 bc± 0,04	6,69 c± 0,12	6,59 bc± 0,08
28	6,76 c± 0,04	6,65 bc± 0,10	6,60 b± 0,08	6,69 c11	6,74 cd± 0,04	6,62 c± 0,10

Promedios por triplicado. Las medias seguidas de la misma letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$). SV: Sin vacío y V: con vacío

Cuadro 7. Contenido de bases volátiles totales (mg N/100g) en filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) sometidos a distintos tratamientos de ahumado almacenados en refrigeración.

Tiempo (Días)	Tiempos de exposición al humo (min)					
	60		90		120	
	SV	V	SV	V	SV	V
0	16,1 a± 1,1	15,9 a± 0,5	14,6 b± 0,7	14,5 b± 2,1	13,9 c± 1,7	13,3 b± 0,3
7	17,3 a± 0,9	16,6 a± 0,8	15,1 b± 1,1	15,7 bc± 0,7	15,8 c± 0,5	14,9 c± 0,3
14	18,1 ab± 1,3	18,2 ab± 0,7	16,4 b± 1,4	17,0 c± 0,6	17,6 cd± 0,7	15,7 cd± 0,5
21	22,6 b± 1,8	20,3 b± 1,2	18,0 c± 1,3	18,8 cd± 1,1	19,7 d± 1,1	17,3 d± 0,7
28	26,1 c± 1,1	23,2 c± 0,3	21,8 c± 2,9	20,4 d± 0,4	21,5 d± 0,9	19,2 d± 0,5

Promedios por triplicado. Las medias seguidas de la misma letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$). SV: Sin vacío y V: con vacío

($P < 0,05$) en los valores de BVT entre los filetes ahumados empacados con y sin vacío, así como también con respecto al tiempo de almacenamiento. De acuerdo a Connell (1978) y Nogués *et al.*, (1989), el NBVT ha sido una determinación usada como un índice de frescura en productos pesqueros, consistiendo las bases volátiles totales formadas casi enteramente de amoníaco, ya que los pescados de agua dulce no contienen óxido de trimetilamina.

Lubes Colella (2005) estudió el bagre yaque (*Leiarius marmoratus*) durante el almacenamiento en refrigeración (0 ± 2 °C) y tiempo de retardo en refrigeración (0, 2, 4, 6, y 8 h) sobre los cambios físico (pH) y químico (NBVT) y el tiempo de vida útil almacenado en hielo y encontró que los valores de pH inicial en el bagre yaque almacenado en cinco tiempo de retardo bajo condiciones de refrigeración durante tres semanas de almacenamiento, fueron los siguientes: en el primer día para 0 horas 6,83; 2 horas 6,87; 4 horas 6,88; 6 horas 6,80 y 8 horas 6,76, en el día 21 el pH fue de 6,70 a 0 horas; 6,74 a 2 horas; 6,73 a 4 horas; 6,72 a 6 horas y 6,83 a 8 horas, mientras que el porcentaje de nitrógeno básico volátil total en el primer día de almacenamiento fue de 15,5; 16,2; 18,5; 17,4; y 16,5 mg de N/100g de muestra para los tiempos de retardo de 0, 2, 4, 6, y 8 horas respectivamente. Valores similares a los obtenidos en este ensayo.

Los resultados demuestran que, de establecerse una explotación racional, a mediana escala de este recurso dulceacuícola en forma de filetes ahumados empacados al vacío en las márgenes del Río Orinoco, e implementando *in situ* buenas prácticas de manufactura al pescado recién capturado y condiciones que permitan el empacado a vacío, se puede obtener un producto que proporcione una nueva alternativa de consumo y comercialización.

CONCLUSIONES

Las diferencias entre los parámetros fisicoquímicos evaluados: pH, Aw, humedad, TBA, NaCl, NBVT y grasas en los distintos tiempos de exposición al humo y tiempo de almacenamiento, no afectaron la calidad de los filetes ahumados durante el periodo de almacenamiento, ya que ninguno de ellos llegó a niveles críticos que indicara la posibilidad de alteración en estos.

La condición de empacado o no a vacío aplicada a los filetes ahumados tuvo un efecto

significativo sobre los parámetros fisicoquímicos durante el periodo de almacenamiento, siendo la condición de empacado a vacío la que proporcionó mayor estabilidad a los filetes ahumados.

Los filetes ahumados con mayor estabilidad en almacenamiento refrigerado fueron aquellos procesados por 120 minutos y empacados a vacío.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente (CI-3-0706-0876/99) por el apoyo económico parcial para financiar este proyecto

LITERATURA CITADA

- Association of Official and Analytical Chemists. 1994. Official methods of analysis. Washington, DC, USA. AOAC.
- Bouchard M. G. 2003. Evaluación de las características fisicoquímicas de filetes de Bagre Lulao (*Brachyplatystoma vaillanti*) ahumados artesanalmente. Tesis de Maestría. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. Puerto La Cruz.
- Cann D. C. and L. Y. Taylor. 1979. The control of the botulism hazard in hot-smoked trout and mackerel. J. Food Tech. 14: 123-129.
- Carbonell Arreaza, C.; G. Santana y L. Sánchez Font. 2003. Aprovechamiento integral del Bagre Rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) en la región de El Baúl, estado Cojedes (Venezuela). II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA). p. 14-29. Disponible en: <http://www.civa2003.org>. Consultado 20 de octubre de 2009.
- Connell J. 1978. Control de la calidad del pescado. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza, España. 236 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1980. Carne y productos cárnicos. Determinación de humedad. Norma Venezolana 1120. Ministerio de Fomento, Caracas. Venezuela. 7 pp.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1979. Alimentos. Determinación del pH (acidez iónica). Norma Venezolana 1315. Ministerio de Fomento, Caracas, Venezuela. 3 pp.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1982. Pescados y productos marinos. Determinación de nitrógeno básico volátil total. Norma Venezolana 1948. Ministerio de Fomento, Caracas, Venezuela. 6 pp.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 2002. Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de sal. Norma Venezolana 1223. FONDONORMA, Caracas, Venezuela. 11 pp.
- Hansen L. T.; T. Gill and H. H. Huss. 1995. Effects of salt and storage temperature on chemical, microbiological and sensory changes in cold-smoked salmon. *Food Res Int.* 28(2): 123-129.
- Himelbloom B. H. and C. A. Crapo. 1998. Factors influencing the microbial quality of cold smoked salmon strips. *J. Food Sci.* 63: 356-358.
- Jahnckeadn, M. L. and D. Herman. 2001. Control of food safety hazards during cold-smoked fish processing. *Journal of Food Science (Special Supplement)* 66 (7): S1104–S1112.
- Kolodziesjska I.; C. Niecikowska, E. Januszewska and Z. E. Sikorski. 2002. The microbial and sensory quality of mackarel hot smoked in mild conditions. *Lebensm.-Wiss, u-Technol*, 35:87-92.
- Lubes Colella, C. A. 2005. Efecto del tiempo de retardo en la refrigeración sobre los cambios microbiológicos, físicos, químicos y sensoriales en el bagre yaque (*Leiarius marmoratus*). Trabajo Especial de Grado para Licenciado en Biología. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Caracas, Venezuela.
- Lupin, H. M.; R. L. Boeri and S. M. Moschair. 1981. Water activity and salt content relationship in moisted salted fish products. *J. Food. Technol.* 16: 31-38.
- Nogués V. M. T.; V. M. C. Carou and A. M. Font. 1989. Histamine and tiramine in preserved and semi-preserved fish products. *J. Food Sci.* 54 (6): 1653-1655.
- Novoa D. F. y F. Ramos. 1978. Las pesquerías comerciales del río Orinoco. Corporación Venezolana de Guayana. Editora Venográfica, Caracas. pp. 94-95.
- Ortiz, H. y R. Bello. 1992. Composición y estabilidad de los ácidos grasos de la pulpa de cachama y sardina durante almacenamiento en congelación. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 42:460-465
- Reyes M, G. y P. Arocha. 2000. Determinación del tiempo de vida útil de filetes de bagre cacumo (*Bagre marinus*) almacenado en hielo. *Saber* 12 (1): 48-53.
- Rhee K. S. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. *J. Food Sci* 43: 1776-1781.
- Rodríguez, D.; M. Barrero y M. Kodaira. 2009. Evaluación física y química de filetes de bagre (*Pseudoplatystoma* sp.) salados en salmuera empacados al vacío y almacenados en refrigeración. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59 (2): 206-213.
- Tomé E. y M. Kodaira. 2000. Estabilidad de filetes de bagre (*Pseudoplatystoma fasciatum*) ahumados artesanalmente almacenados en refrigeración. *An Venez Nutr* 13 (1): 175-180.
- Valls, J. E.; Xiques, A. T. y Escalona, A. 2008. Evaluación física y química de filetes de lebranche (*Mugil liza*) en almacenamiento congelado a -18°C. *Revista Científica (FCV-LUZ)* 15 (3): 329-338.