

EFFECTO DEL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FILETES DE BAGRE LAU LAU (*Brachyplatystoma vaillantii*) DURANTE ALMACENAMIENTO

EFFECT OF THE MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF FILLETS OF BAGRE LAU LAU (*Brachyplatystoma vaillantii*) DURING THE STORAGE

CARMEN MARÍA FARIAS VERA¹, ATILANO NÚÑEZ¹, JESÚS MÉNDEZ²

Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, ¹Escuela de Zootecnia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Maturín, Venezuela. ²Escuela de Agronomía, Maturín, Venezuela
E-mail: cmfarias@udo.edu.ve

RESUMEN

Se evaluaron las características físico-químicas de los filetes frescos de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*), se empacaron en atmósfera modificada ($A_1 = 100\%$ AIRE; $A_2 = 25\%$ CO_2 ; 75% N_2 ; $A_3 = 50\%$ CO_2 ; 50% N_2 ; $A_4 = 75\%$ CO_2 ; 25% N_2) y se almacenaron a $2^\circ\text{C} \pm 1$. Se determinaron los indicadores de deterioro físico (pH, textura instrumental) y químico (bases volátiles totales) durante 28 días de almacenamiento. Los filetes presentaron valores iniciales de pH: 6,42; dureza: 42,941 N/mm; BVT: 23,503 mg N/100 g; resultando con óptima frescura para su almacenamiento. En la atmósfera 100 % AIRE hubo producción de CO_2 y descenso del O_2 , consumido por microorganismos y la actividad metabólica del músculo post-mortem. Para las atmósferas con concentraciones de CO_2 hubo decrecimiento lineal de CO_2 y formación de ácido carbónico que se encargó de la conservación del producto. No hubo relación del pH con el tiempo de almacén pero sí con la concentración de las atmósferas, presentándose el pH más bajo para los filetes en la atmósfera 4, donde se mostró el mayor efecto conservador. La dureza no se relacionó con los tiempos de almacenamiento ni con las atmósferas. La formación de BVT dio información ambigua sobre la frescura de los filetes, aumentando en los dos últimos tiempos cuando el deterioro fue visible. La vida útil de los filetes fue 7 días para la atmósfera 1, 21 días para los de las atmósferas 2 y 3 y, 24 días para la atmósfera 4. Solo existió una correlación inversa altamente significativa entre la concentración de CO_2 y las BVT.

PALABRAS CLAVE: Filetes de pescado, envasado en atmósfera modificada, características físico-químicas, vida útil.

ABSTRACT

The physicochemical characteristics of fillets of bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) were evaluated. The fillets were packed in modified atmosphere ($A_1 = 100\%$ Air; $A_2 = 25\%$ CO_2 ; 75% N_2 ; $A_3 = 50\%$ CO_2 ; 50% N_2 ; $A_4 = 75\%$ CO_2 ; 25% N_2) and then stored at $2^\circ\text{C} \pm 1$ during 28 days. Indicators of physical deterioration (pH, instrumental texture) and chemical (total volatile bases), at different times of storage (0, 3, 7, 10, 14, 17, 21, 24 and 28 days) were analyzed. The fillets showed average initial values of pH: 6.42, hardness: 42.941 N/mm, TVB: 23.503 mg N/100g, maintaining the ideal conditions of freshness for its storage. In the MAP 1, there was production of CO_2 and reduction of the O_2 up to zero, which was totally consumed by the microorganisms and by the post-mortem metabolic activity of the muscle. For the atmosphere containing different concentrations of CO_2 there was linear decrease in the concentration of CO_2 during the storage, with the formation of carbonic acid which as a consequence was a factor in the conservation of the product. There were no relation between the pH values and time of storage but there was with the atmosphere, being the lowest pH for the fillets at the MAP 4 with the highest concentration of CO_2 , where it appeared to be the best effect for keeping the quality of the fillets. The hardness (resistance to the cut) was not related to the time of storage or to the MAP. The formation TVB did not gave exact information about the quality or freshness of the fillets, the levels increased only in the latest two times when the signs of deterioration were evident. The shelf life of the fillets were of 7 days for the MAP 1 ($A_1 = 100\%$ Air), whereas for the packed ones under different concentrations of CO_2 there were 21 days for the MAP 2 and 3 ($A_2 = 25\%$ CO_2 ; 75% N_2 ; $A_3 = 50\%$ CO_2 ; 50% N_2) and up to 24 days for the MAP 4 ($A_4 = 75\%$ CO_2 ; 25% N_2). Only there existed an inverse highly significant correlation between the concentration of CO_2 and BVT.

KEY WORDS: Fish fillets, modified atmosphere packaging, physicochemical characteristics shelf life.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela los bagres conforman un grupo importante dentro de las especies fluviales y su producción alcanzó para finales del año 2004 las 13.000 tm (INAPESCA 2005). Entre los bagres, destaca el Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) seguido por el Blanco Pobre (*Pirinampus pirinampu*). Los principales centros

de desembarco son los estados Apure, Guárico y Monagas (Novoa 2002). El pescado fresco es aquel pescado recién capturado que no ha recibido tratamiento conservador y que se ha preservado solamente enfriándolo sin llegar a congelarlo (Codex Alimentarius 2001). Una vez extraído de su fuente natural, si no es manipulado adecuadamente y mantenido a bajas temperaturas comienza su rápida alteración como resultado de la acción combinada de

procesos autolíticos (derivados de la actividad enzimática tisular), de la actividad metabólica microbiana y la oxidación lipídica. Los métodos químicos que se han propuesto para establecer una escala de frescura o de alteración del pescado se basan, precisamente, en las reacciones de transformación que se desarrollan en el pescado derivadas de la actividad autolítica y/o bacteriana. Tradicionalmente, solo métodos como la refrigeración y el salado han sido utilizados para detener el grado de deterioro microbiano del pescado y sus derivados. El uso de atmósfera modificada como método de preservación para alargar la vida útil de los alimentos, no es un concepto nuevo en la industria de alimentos. La acción preservativa del dióxido de carbono (CO_2) en el procesamiento de productos cárnicos ya era conocida a principios del siglo XX. Sin embargo, no fue sino hasta la década entre los años 1920 y 1930 que se realizaron investigaciones básicas en la utilización de atmósfera modificada para alargar la vida útil de las frutas, carnes y pescado (Parry 1998). La atmósfera modificada consiste en cambiar inicialmente la atmósfera gaseosa en el entorno del producto, permitiendo que las actividades del producto envasado ocasionen una variación del entorno gaseoso en las inmediaciones (Brody 2003, Barreiro y Sandoval 2006), y de esta manera preservar los alimentos sin alterar las cualidades microbiológicas y organolépticas (Madrid *et al.* 2003). La calidad en cuanto a la frescura del pescado es altamente apreciada mundialmente y se han realizado investigaciones utilizando la técnica de empaque bajo atmósferas modificadas (EAM) para mejorar la extensión de la vida útil, sin embargo, ha sido poca la realizada en especies piscícolas de Venezuela. Este trabajo constituye una alternativa hacia la utilización más efectiva y racional de un recurso natural de alto valor nutricional, y fácil obtención, como son los especímenes de las diferentes variedades silvestres de los ríos orientales en especial el bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la materia prima

Los bagres Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) se obtuvieron en el puerto de pescadores artesanales de Barrancas del Orinoco, estado Monagas. Se seleccionaron 54 especímenes con un peso aproximado de 1.500 g. Los ejemplares recién capturados fueron revisados sensorialmente para asegurar su condición general e inmediatamente colocados en cavas con hielo (alternando capas de hielo y pescado) para asegurar un enfriamiento uniforme a $1^\circ\text{C} \pm 1$.

La fase experimental se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Oriente, UDO, Núcleo de Monagas, Campus Los Guaritos.

Obtención de los filetes de pescado

Después del traslado de los especímenes al laboratorio, estos fueron inmediatamente sometidos a las diferentes operaciones unitarias necesarias para obtener los filetes. Se obtuvieron 108 filetes con un peso aproximado de 300 g cada uno y con un espesor de 2 cm, colocados en bandejas de acero inoxidable y enfriados hasta alcanzar una temperatura de $1^\circ\text{C} \pm 1$.

Proceso de empackado

Los filetes enfriados y separados en cuatro lotes (27 filetes por cada uno), a excepción de los correspondientes al muestreo del tiempo uno ($t_1 = 0$ días), se colocaron separadamente en bolsas de barrera de polivinilo de baja densidad, impermeables a la humedad y al oxígeno, previamente desinfectadas con peróxido de hidrógeno y secadas. Seguidamente cada lote se etiquetó y codificó de acuerdo a producto, fecha de empackado, temperatura de refrigeración, repetición, tratamiento adicional y fecha de apertura (aleatorizando el sitio de ubicación dentro del refrigerador). El lote A_1 correspondió al ambiente 100% AIRE, el lote A_2 al ambiente 25% CO_2 :75% N_2 , el lote A_3 al ambiente 50% CO_2 :50% N_2 y el lote A_4 al ambiente 75% CO_2 :25% N_2 . Los cuatro lotes identificados se inyectaron con las mezclas de gases certificadas (*) de concentración conocida seleccionada y con el ambiente 100% AIRE, con la ayuda del equipo Vac Master, Modelo SVP-20 (ARY, Inc., Kansas City, MO, USA) para Atmósfera Modificada. Seguidamente el equipo procedió a sellarlas de manera individual.

(*) Las mezclas de gases certificadas (por 36 meses) con las normas ISO 9000 fueron suministradas en cilindros individuales, por la empresa TecniSold, C.A., distribuidor autorizado de Gases AGA, empresa comercializadora de Gases Especiales, ubicada en la ciudad de Maturín, estado Monagas. Cada cilindro tiene una capacidad aproximada de 40 L capacidad hidráulica-acero.

Almacenamiento

Cada uno de los lotes empackados en los diferentes ambientes de EAM y el lote 100% AIRE, se mantuvieron refrigerados a una temperatura de $2^\circ\text{C} \pm 1$, durante el tiempo estimado para su apertura y evaluación: $t_2 = 3$

días, $t_3 = 7$ días, $t_4 = 10$ días, $t_5 = 14$ días, $t_6 = 17$ días, $t_7 = 21$ días, $t_8 = 24$ días, $t_9 = 28$ días.

Métodos analíticos

Los análisis físico-químicos se realizaron por triplicado en los filetes recién elaborados, que correspondió al tiempo uno ($t_1 = 0$ días) y luego se repitieron utilizando la misma metodología para los filetes empacados en EAM durante los tiempos de almacenamiento establecidos.

Variación de las concentraciones de CO_2/N_2

La cuantificación de la variación de los gases de las mezclas, en la atmósfera modificada, a lo largo del período de almacenamiento se realizó mediante la utilización de un equipo analizador de gases marca SERVOMEX, serie 1450-574 (Servomex Group Limited, Crowborough, UK) acoplado con una bomba de vacío.

pH

La acidez iónica presente en los filetes, fue medida con un potenciómetro (pH metro modelo 110 series, marca Oakton) (Eutech Instruments Pte Ltd, Singapore) por el método descrito por Medialdea (1975).

Textura

Las muestras fueron tomadas del centro de los filetes y cortadas en cubos (2x2x2 cm). La resistencia al corte de los filetes (fuerza máxima) fue medida con un texturómetro, modelo TA500, marca Lloyd Instruments (Lloyd Instruments Ltd, Hampshire, UK) con una capacidad máxima de 500 N de fuerza, adaptado a un sistema computarizado Nexygen versión V 1.1. Se utilizó un dispositivo rectangular plano de acero inoxidable de 7 cm de ancho, a una velocidad de 50 mm/min y con un rango de fuerza de 5 N. Se realizaron cinco repeticiones del corte por tratamiento.

Bases volátiles totales

Fueron determinadas por el método que establece la norma venezolana COVENIN 1948-82. Los resultados se reportaron como mg de nitrógeno por 100 g de muestra, sobre base húmeda (COVENIN 1982).

Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 4 x 9. Las variables independientes fueron los

cuatro tipos de atmósferas por los nueve tiempos de almacenamiento, mientras que las variables dependientes estuvieron conformadas por los análisis físico-químicos. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento (tipos de atmósferas x tiempos de almacenamiento) para un total de 108 unidades experimentales.

Análisis estadístico

Los resultados de las observaciones en los diferentes tiempos de almacenamiento fueron analizados mediante ANAVA y para las diferencias significativas se utilizó Prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 5% (Steel y Torrie 2000). El grado de asociación entre los diferentes indicadores del deterioro (físicos y químicos), se realizó mediante Rangos de Correlación Spearman (Steel y Torrie 2000). Se utilizó el paquete estadístico SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación de las concentraciones de CO_2

Existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la evolución de las concentraciones de CO_2 (incremento o disminución), entre los tiempos de almacenamiento y en la interacción atmósfera por tiempo. Esto se corresponde con lo dicho por Madrid *et al.* (1999) quienes establecen que la atmósfera interna se modifica con el paso del tiempo y según Huss (1999), los cambios en la composición de los gases en la atmósfera de almacenamiento del pescado afectan fuertemente los procesos microbiológicos y los cambios bioquímicos y químicos. La atmósfera 100% AIRE (A_1) tuvo inicialmente una concentración de 0,1% de CO_2 y luego incrementó en el tiempo hasta llegar al tiempo 4 ($t_4 = 10$ días) donde alcanzó valores de 17,71%. Para este tiempo se presentaron signos visibles de deterioro (mal olor fuerte, textura suave y superficie pegajosa) en los filetes de pescado que provocaron el descarte de las muestras de esta atmósfera. El O_2 en 100% AIRE descendió de 20,9% a 0% para el tiempo 4 consumido totalmente por los microorganismos y de la actividad metabólica del músculo post-mortem. El ICMSF (2005) establece que agua y dióxido de carbono son los principales productos finales del metabolismo microbiano cuando se crean ambientes donde el acceso al oxígeno se restringe. Estos resultados coinciden con estudios realizados por Reddy *et al.* (1994) en filetes de tilapia y por Fletcher *et al.* (2002) en filetes de Salmón Rey, donde los niveles de O_2 descendieron hasta valores cercanos a cero (0%). En el espacio de cabeza de los empaques contentivos de las mezclas de gases CO_2/N_2

se observó un comportamiento similar de decrecimiento lineal en la concentración de CO_2 (Fig. 1). Inicialmente el contenido de CO_2 en A_2 , A_3 y A_4 era de 25, 50 y 75% respectivamente. Durante el almacenamiento los niveles fueron declinando rápida y significativamente ($p \leq 0,01$) hasta llegar a valores de 14,53; 21,75 y 41,06% respectivamente, el día 28 de almacenamiento. La disminución para los diferentes ambientes fue aproximadamente un 50% para el último tiempo (28 días) con una pequeña variabilidad que se presume dependió del contenido de agua del músculo. Según Davis (1993) esa disminución es reflejada como cantidad absorbida de CO_2 . El descenso de los niveles de CO_2 en el transcurso del tiempo se debió a que este es disuelto en la fase acuosa del músculo del pescado en EAM coincidiendo con lo reportado por Huss (1999) y Ruiter (1999), con la consecuente formación de ácido carbónico confirmando lo que establece el ICMSF (2005).

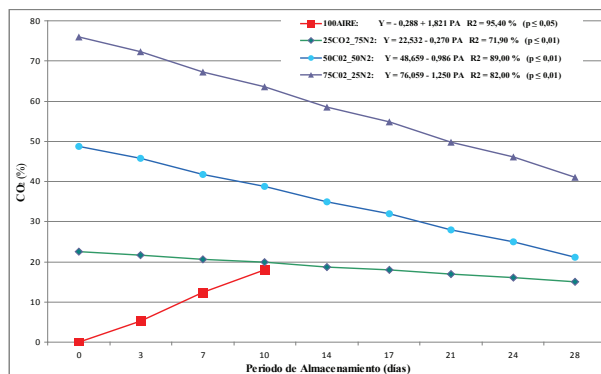


Figura 1. Variación en la concentración de bióxido de carbono (%) en los empaques contentivos de los filetes de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) envasados en atmósfera modificada durante 28 días de almacenamiento a $2^\circ\text{C} \pm 1$.

Valores de pH

Los filetes frescos de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) presentaron un valor inicial de pH de 6,42 que durante el almacenamiento registró pocas variaciones no existiendo diferencias significativas entre los tiempos. Estos resultados coinciden con los reportados en estudios realizados en filetes de tilapia por Reddy *et al.* (1994) quienes no pudieron determinar una relación entre los valores de pH obtenidos con el tiempo de almacenamiento. A pesar de no existir diferencias estadísticas en la evolución del pH, los valores obtenidos debido a la formación de ácido carbónico, fueron determinantes en la extensión de la vida útil de los filetes en EAM y almacenados. Solamente para el tiempo 4 ($t_4 = 10$ días) donde las muestras de la atmósfera 1 ($A_1 = 100\%$ AIRE) presentaron signos visibles de deterioro (mal olor fuerte, textura suave y superficie pegajosa), los

valores de pH estuvieron entre 6,62 y 6,76 cercanos a la neutralidad producto del crecimiento microbiano y de las reacciones químicas (formación de bases volátiles totales) y bioquímicas (enzimáticas). Los valores promedios de pH para cada una de las atmósferas (1, 2, 3 y 4) fueron 6,48; 6,42; 6,40 y 6,22 respectivamente al final del almacenamiento, no existiendo diferencias significativas en el pH de los filetes en las atmósferas A_1 , A_2 , A_3 pero si de éstas con A_4 (Fig. 2). Esto concuerda con lo reportado por Huss (1999) debido a que la mayor concentración de CO_2 correspondió a la atmósfera 4 (A_4). A pesar de no haber diferencias significativas entre las atmósferas 1, 2, 3; Casp y Abril (1999) afirman que toda variación de pH citoplasmático tiene un efecto determinante que implica una disminución de la actividad enzimática y, en consecuencia, del crecimiento de microorganismos. Según Huss (1999) el descenso del pH del pescado EAM puede ser de 0,2-0,3 unidades, dependiendo de la concentración de CO_2 en la atmósfera gaseosa circundante. El efecto conservador del EAM se debe a la reducción del pH del producto, ocasionado por la disolución del dióxido de carbono en el agua del pescado (Ruiter 1999) con la consecuente formación de ácido carbónico.

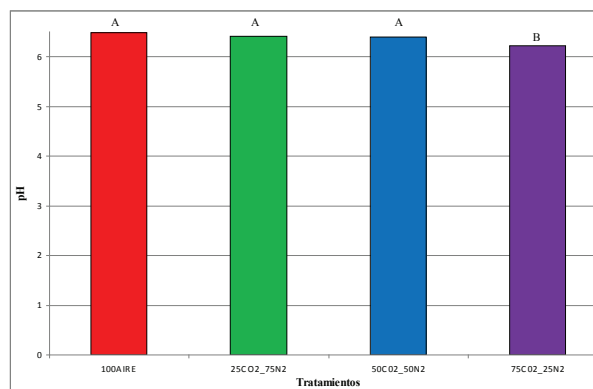


Figura 2. Valores promedios de pH por mezcla de gases (atmósferas), de los filetes de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) envasados en atmósfera modificada durante 28 días de almacenamiento a $2^\circ\text{C} \pm 1$. Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes en un mismo periodo de almacenamiento.

Dureza (resistencia al corte)

Los filetes de pescado frescos presentaron una resistencia al corte de 42,941 N/mm. Para el segundo tiempo ($t_2 = 3$ días) hubo un incremento de resistencia al corte de casi el doble para todas las atmósferas (A_1 , A_2 , A_3 y A_4) con valores de 88,636; 83,750; 82,176 y 86,185 N/mm respectivamente, no existiendo diferencias significativas para ese tiempo de almacén. La resistencia al corte de los filetes se incrementó posiblemente porque para ese tiempo se produjo el complejo actomiosina (*rigor mortis*), ya que se asume que los especímenes

fueron obtenidos en *prerigor* debido a su elevado grado de frescura, y por una pequeña deshidratación que se produjo como resultado del almacenamiento refrigerado ($2^{\circ}\text{C} \pm 1$). Para el resto de los tiempos de almacenamiento se presentó una variabilidad que no tuvo relación directa con el deterioro a excepción del último tiempo ($t_9 = 28$ días) donde se evidenció una reducción en la fuerza de corte de los filetes en las atmósferas 2, 3 y 4 (Fig. 3), con disminución de la elasticidad, aumento de la blandura y aspecto gelatinoso de la carne característico del pescado deteriorado. Resultados similares obtuvieron Hansen *et al.* (2009) en filetes de Salmón del Atlántico (*Salmo salar* L.) donde la fuerza de corte tendió a ser menor en los filetes envasados en atmósfera modificada. El valor

de la fuerza de corte de los filetes de bagre Lau lau en la atmósfera 4 ($A_4 = 75\% \text{CO}_2:25\% \text{N}_2$) fue el más bajo obtenido evidenciando lo reportado por Huss (1999) y García *et al.* (2006) quienes establecen que mientras más alta es la concentración de CO_2 más se reduce la calidad de la textura del pescado, debido esto según Parry (1998), a una reducción del pH suficiente para disminuir la capacidad de retención del agua por las proteínas, que conducen al exudado dentro del envase. La variabilidad en la resistencia al corte pudo deberse a que los miocomatas de esta especie de bagre son gruesos, razón que los hizo bastante resistentes al corte, inclusive en ocasiones no eran atravesados por el dispositivo de corte, lo que también demuestra su elevada elasticidad.

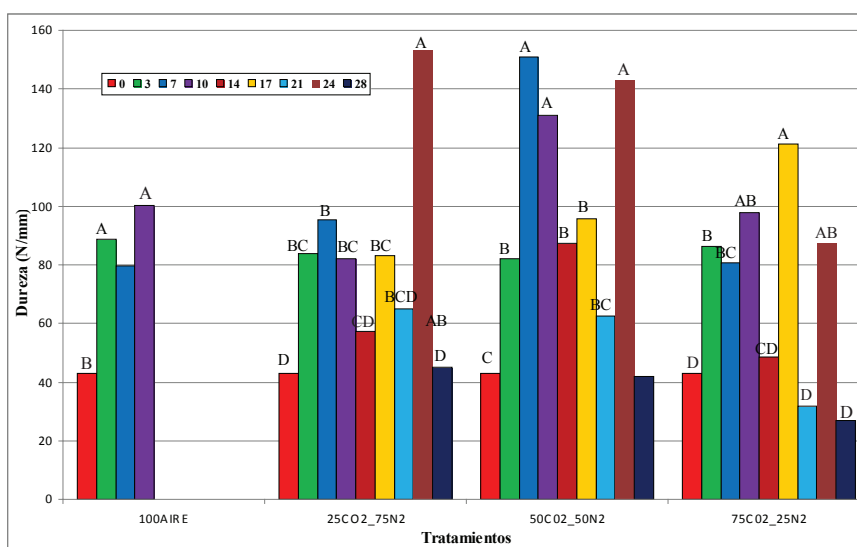


Figura 3. Variación de la resistencia al corte (N/mm) por mezcla de gases, de los filetes de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) envasados en atmósfera modificada durante 28 días de almacenamiento a $2^{\circ}\text{C} \pm 1$. Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes en un mismo periodo de almacenamiento. Nota: Ningún modelo (lineal, cuadrático o cúbico) se ajustó a los datos por lo que se procedió a realizar la prueba MDS.

Bases volátiles totales (BVT)

Los valores de las BVT en los filetes de pescado fresco ($t_1 = 0$ días) fueron de 23,503 mg N/100 g. Sikorski (1994), reporta que la tasa de BVT de 30 mg de N/100 g se considera como límite de aceptación para el pescado. La Unión Europea indica 35 mg N/100 g de pescado (CEE 2005). Sin embargo, Connell (1978) establece como límite de rechazo de 35-40 mg N/100 g. Para el segundo tiempo de almacenamiento ($t_2 = 3$ días), los valores obtenidos de BVT fueron A_1 (22,95); A_2 (20,10); A_3 (19,19) y A_4 (16,64), no habiendo diferencias significativas, observándose que no hubo incremento en los valores. En la Figura 4 se observa que los filetes empacados en 100 % AIRE fueron evaluados solamente hasta el cuarto tiempo por presentar signos elevados de descomposición. Sin embargo, los niveles promedios de

BVT apenas alcanzaron hasta 26,34 mg N/100 g. Este leve incremento pudo deberse a que el bagre Lau lau posiblemente contenga poca cantidad de OTMA o a que el deterioro es debido a una flora no reductora de OTMA, y solo hubo desaminación de aminoácidos. Para el resto de los tiempos los valores de las BVT no superaron 35 mg N/100 g y fueron disminuyendo en función del tipo de atmósfera obteniéndose los más bajos para la atmósfera A_4 con un contenido de CO_2 de 75%. Esto hace suponer una relación directa entre la concentración de CO_2 y la formación de las BVT que permite indicar que a medida que se incrementa la concentración de CO_2 en la atmósfera disminuye la formación de dichas bases. Este comportamiento se corresponde con lo esperado ya que la formación de las BVT está relacionado directamente con la descomposición microbiana como lo indica Sikorski (1994) y la inhibición de los microorganismos

aumenta casi de forma lineal cuando se incrementa la concentración de CO_2 (ICMSF 2005). Se observó un comportamiento similar en casi todos los tiempos de almacén a excepción de los tiempos 8 y 9 ($t_8 = 24$ días y $t_9 = 28$ días) cuando se presentaron los niveles más altos de BVT muy relacionados con el final del tiempo de vida útil de los filetes de bagre Lau lau en estudio. A pesar que las BVT están asociadas a la descomposición microbiana, la formación de ellas durante el almacenamiento dio información ambigua sobre la calidad de frescura de los

filetes evaluados debido a que los niveles aumentaron solamente en los dos últimos tiempos de almacenamiento cuando los signos de deterioro en las muestras eran bastante evidentes. Esto se corresponde con estudios realizados por Fletcher *et al.* (2002) en deterioro de filetes de Salmón Rey y por Olafsdottir *et al.* (2006) en evaluación de la vida útil de filetes de bacalao (*Gadus morhua*) en los cuales se obtuvieron comportamientos similares.

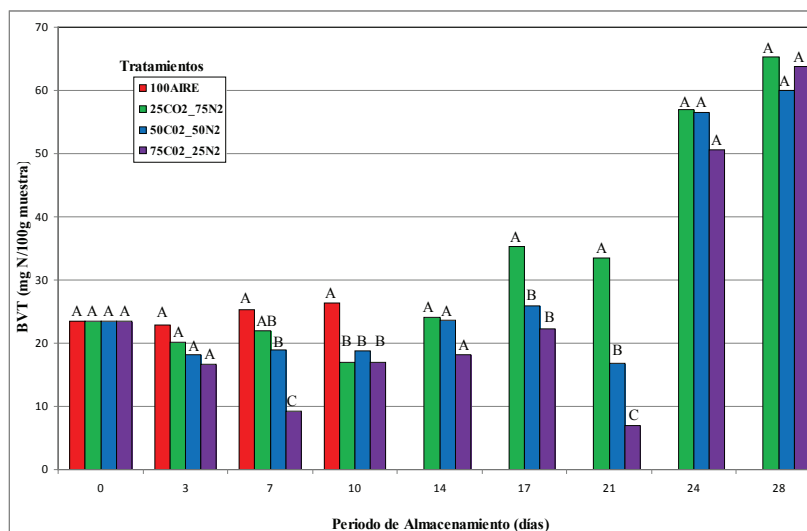


Figura 4. Comportamiento de los valores promedios de BVT (mg N/100 g muestra) de los filetes de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) envasados en atmósfera modificada durante 28 días de almacenamiento a $2^\circ\text{C} \pm 1$. Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes en un mismo periodo de almacenamiento.

Correlaciones entre los indicadores de deterioro físico-químico

Entre los indicadores de deterioro estudiados, solo se presentó una correlación inversa altamente significativa entre la concentración de CO_2 y la formación de las BVT, esto confirma lo dicho anteriormente que a medida que se incrementaban las concentraciones de CO_2 disminuía la formación de dichas bases en los filetes de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*) empacados bajo diferentes sistemas de EAM durante 28 días de almacenamiento a $2^\circ\text{C} \pm 1$.

CONCLUSIONES

En la atmósfera 100 % AIRE hubo producción de CO_2 y descenso de O_2 hasta cero, mientras que para las atmósferas con concentraciones de CO_2 hubo un decrecimiento lineal en la concentración de CO_2 durante el almacenamiento, con la consecuente formación de ácido carbónico que influyó en la conservación de los filetes. No hubo relación

del pH con el tiempo de almacenamiento pero si con las atmósferas siendo el valor más bajo para los filetes en la atmósfera 4 con la mayor concentración de CO_2 , asociado a la producción de ácido carbónico. No existe relación de la dureza de los filetes de bagre Lau lau con los tiempos de almacenamiento ni con las atmósferas. La formación de BVT dio información ambigua sobre la calidad de frescura de los filetes, los niveles aumentaron solamente en los dos últimos tiempos cuando los signos de deterioro en las muestras eran bastante evidentes. La vida útil de los filetes de bagre fue de aproximadamente 7 días para la atmósfera 100% AIRE, mientras que para los empacados bajo diferentes concentraciones de CO_2 fueron de 21 días para las atmósferas 2 y 3 y 24 días para la atmósfera 4 por lo que se puede decir que el empacado de pescado con diferentes concentraciones de CO_2 hace más lenta la formación de las BVT alargando el tiempo de vida útil de los filetes empacados bajo diferentes concentraciones de CO_2 . Este estudio demuestra que el EAM tiene buen potencial para ampliar la vida útil de los filetes de bagre Lau lau (*Brachyplatystoma vaillantii*).

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente (UDO), Núcleo de Monagas, Coordinación de Postgrado y Consejo de Investigación, por financiar este trabajo a través de proyectos internos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARREIRO J, SANDOVAL A. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Equinoccio. Caracas. Venezuela. pp. 100.
- BRODY A. 2003. Modified Atmosphere Packaging. *In*: Heldman, Dennis, Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering, s.l.: Taylor & Francis. pp. 666-670.
- CASP A, ABRIL J. 1999. Procesos de Conservación de Alimentos. Mundi-prensa. Madrid. España 494 pp.
- CEE (COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA). 2005. Capítulo I: Valores límite de nitrógeno básico volátil total (NBVT) para determinadas categorías de productos de la pesca y métodos de análisis que deberán utilizarse. Reglamento (CE) n° 2074/2005 de la Comisión del 5 de diciembre de 2005. Diario Oficial de la Unión Europea, L338, 36.
- CODEx ALIMENTARIUS. 2001. Informe de la 24ª reunión del Comité del Codex sobre Pescado y Productos Pesqueros. FAO/OMS. ALINORM 01/18. Ginebra. pp. 45.
- CONNELL J. 1978. Control de calidad del pescado. Acribia. Zaragoza. España. 235 pp.
- COVENIN (COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES). 1982. Pescados y productos marinos. Determinación de Nitrógeno Básico Volátil Total (1948-82). Fondonorma. Caracas. Venezuela.
- DAVIS H. 1993. Pescados. Envasado de los Alimentos en Atmósfera Modificada. *En*: Parry, A. Madrid Vicente. Madrid. España. 331 pp.
- FLETCHER G, SUMMERS G, CORRIGAN R, CUMARASAMY S, DUFOUR J. 2002. Deterioro de filetes de Salmón Rey (*Oncorhynchus tshawytscha*) almacenados bajo atmósferas diferentes. J. Food Sci. 67(6):2362-2374.
- GARCÍA E, GAGO L, FERNÁNDEZ J. 2006. Informe de vigilancia tecnológica. Tecnología de envasado en atmósfera protectora. MI+D. Madrid. España. 141 pp.
- HANSEN A, MØRKØRE T, RUDI K, RØDBOTTEN M, BJERKE F, EIE T. 2009. Quality Changes of Prerigor Filleted Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Packaged in Modified Atmosphere Using CO₂ Emitter, Traditional MAP, and Vacuum. J. Food Sci. 74(6):M242-M249.
- HUSS H. 1999. El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. FAO/DANIDA. Documento Técnico de Pesca. No. 348. Roma, Italia. 202 pp.
- ICMSF (INTERNACIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS). 2005. Ecología Microbiana de los Alimentos I. Factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos en los alimentos. 2ª edición. Acribia. Zaragoza. España 332 pp.
- INAPESCA (INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA). 2005. Políticas para el desarrollo de la producción pesquera y acuicultura en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT). Caracas. Venezuela.
- MADRID A, VICENTE J, MADRID R. 1999. El pescado y sus productos derivados. Mundi-Prensa. Madrid. España. 411 pp.
- MADRID A, GÓMEZ-PASTRANA J, SANTIAGO F, MADRID J, CENZANO J. 2003. Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos. Mundi-Prensa. Madrid. España. pp. 174.
- MEDIALDEA DE R B. 1975. Análisis de Alimentos. Tomo 3. Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas. Venezuela. 183 pp.
- NOVOA D. 2002. Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco-Apure. Presente y futuro. INAPESCA. Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT). Caracas. Venezuela.
- OLAFSDOTTIR G, LAUZON H, MARTINSDÓTTIR E, OEHLenschläGER J, KRISTBERGSSON K. 2006. Evaluation of shelf-life of superchilled cod (*Gadus*

- morhua*) fillets and influence of temperatura fluctuations on microbial and chemical quality indicators. J. Food Sci. 71(2):S97-S109.
- PARRY R. 1998. Introducción. En: Parry, R. T. Envasado de los Alimentos en Atmósfera Modificada. A. Madrid Vicente. Madrid. España. pp. 15-150.
- REDDY N, SCHREIBER C, BUZARD K, SKINNER G, ARMSTRONG D. 1994. Shelf Life of Fresh Tilapia Packaged in High Barrier Film with Modified Atmospheres. J. Food Sci. 59(2):260-264.
- REDDY N, SOLOMON H, RHODEHAMEL E. 1997. Shelf Life and *Clostridium botulinum* Toxin Development During Storage of Modified Atmosphere-packaged fresh Catfish fillets. J. Food Sci. 62(4):878-884.
- RUITER A. 1999. El pescado y los productos derivados de la pesca. Acribia. Zaragoza. España. 416 pp.
- SAS INSTITUTE. 2004. SAS User's Guide: Statistics. 5th Edition. SAS System Versión 6,02. Cary NC. USA.
- SIKORSKI Z. 1994. Tecnología de los productos del mar: Recursos, composición nutritiva y conservación. Acribia. Zaragoza. España. 330 pp.
- STEEL R, TORRIE J. 2000. Bioestadística: Principios y Métodos. McGraw – Hill. New York. USA. 622 pp.