

VIDA DE ANAQUEL DE TILAPIA *Oreochromis niloticus* EVISCERADA

TRANSPORTADA Y ALMACENADA EN HIELO

Edgar Iván Jiménez-Ruiz, Alfonso Nivardo Maeda-Martínez, María Teresa Sumaya-Martínez, Leticia Mónica Sánchez-Herrera, Rosendo Balois-Morales, Graciela Guadalupe López-Guzmán, Yolotzin Apatzingan Palomino-Hermosillo y Orlando Tortoledo-Ortiz

RESUMEN

Se evaluó el efecto del transporte en hielo durante 8h y 19 días de almacenamiento (en hielo) sobre la calidad y vida de anaquel de tilapia *Oreochromis niloticus* eviscerada. Dicho transporte simula el trayecto desde el lugar de cosecha a los centros de distribución donde se almacena para su venta. Se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos (pH, color, textura), bioquímicos (bases volátiles totales e índice K) y microbiológicos en distintos días durante la evaluación de la vida de anaquel directamente en el filete. En algunos análisis, como las bases volátiles totales (N-BVT) o en el color, no se observaron variaciones significa-

tivas en los valores encontrados. Sin embargo, tomando en cuenta los principales parámetros de calidad (índice K) e inocuidad (análisis microbiológicos) se determinó una vida de anaquel de 13 días para almacenamiento en hielo. De acuerdo a lo que normalmente se reporta para este tipo de productos pesqueros, no hubo un efecto adverso del transporte de 8h y estrategia de almacenamiento sobre la calidad y vida de anaquel de tilapia entera eviscerada. Estos resultados aportan información relevante para la actividad acuícola, pudiéndose extrapolar a otras regiones donde se comercialice la especie estudiada.

Introducción

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez originario de África y se le considera como el segundo grupo de peces más producidos por la acuicultura mundial. Durante los últimos años se ha reportado un crecimiento mayor en el sector acuícola con respecto al sector pesquero (FAO, 2016). El incremento en el cultivo de la especie se debe

a su alta adaptabilidad a diferentes condiciones del medio, siendo favorecido por su fácil reproducción, resistencia a enfermedades, alta productividad y aceptación en una amplia variedad de alimentos (Fitzsimmons, 2000; Castillo-Soto *et al.*, 2014).

En las especies de origen acuático se ha visto que las condiciones de captura y/o cosecha y el manejo postcaptura (el cual puede incluir su

transporte previo al almacenamiento y distribución para su venta), tienen un efecto importante en la calidad y la vida de anaquel. Las consecuencias sobre el producto que llega al consumidor final pueden tomar mayor relevancia cuando dichas condiciones no son las adecuadas o no se controlan dentro de parámetros óptimos (Ashie *et al.*, 1996). De aquí que es necesario conocer el comportamien-

to de la especie comercializada desde el punto de vista bioquímico, fisicoquímico y microbiológico, de acuerdo con el tratamiento o proceso al que se ha sometido previo a su consumo, evaluando el impacto sobre la calidad y frescura del producto final. La vida de anaquel relacionada con productos pesqueros puede ser monitoreada de acuerdo con distintos indicadores, entre los que destacan

PALABRAS CLAVE / Calidad / Tilapia Eviscerada / Transporte en Hielo / Vida de Anaquel /

Recibido: 26/05/2018. Modificado: 18/02/2019. Aceptado: 20/02/2019.

Edgar Iván Jiménez Ruiz.

Ingeniero Bioquímico, Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. M.C., Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), México. Doctor en Biociencias Moleculares, Universidad de Sonora, México. Profesor-Investigador, Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), México.

Alfonso Nivardo Maeda Martínez

(Autor de Correspondencia). Licenciado en Biología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, Doctor en Ciencias, University of Southampton, RU. Investigador Titular, CIBNOR S.C., México. Direc-

ción: Unidad Nayarit del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Calle 2, N° 23, Ciudad del Conocimiento, Tepic, Nayarit, 63173, México. e-mail: amaeda04@cibnor.mx

María Teresa Sumaya Martínez.

Licenciada y M.C., Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. Doctora en Ciencias, Université de Bretagne Occidentale, Francia. Profesor-Investigador, UAN, México.

Leticia Mónica Sánchez Herrera.

Licenciada en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México). M.C. y Docto-

ra en Ciencias en Biotecnología, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), México. Profesor-Investigador, UAN, México.

Rosendo Balois Morales.

Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo, México. M.C. en Fruticultura y Doctor en Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad-Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados, México. Profesor-Investigador, UAN, México.

Graciela Guadalupe López Guzmán.

Químico Industrial, UAN, México. M.C. en Agro-

biotecnología, Centro de Investigación de Tlajomulco de Zuñiga, México. Doctora en Ciencias Biológicas Agropecuarias, UAN, México. Ingeniera Profesor-Investigador, UAN, México.

Yolotzin Apatzingan Palomino

Hermosillo. Ingeniero Bioquímico en Alimentos y M.C. en Ciencias de los Alimentos, Instituto Tecnológico de Tepic, México. Profesor-Investigador, UAN, México.

Orlando Tortoledo Ortiz.

Químico Biólogo Clínico, UNISON, México. M.C., CIAD, México. Técnico Académico, CIAD, México.

SHELF LIFE OF TILAPIA *Oreochromis niloticus* EVISCERATED TRANSPORTED AND STORED ON ICE

Edgar Iván Jiménez-Ruiz, Alfonso Nivardo Maeda-Martínez, María Teresa Sumaya-Martínez, Leticia Mónica Sánchez-Herrera, Rosendo Balois-Morales, Graciela Guadalupe López-Guzmán, Yolotzin Apatzingan Palomino-Hermosillo and Orlando Tortoledo-Ortiz

SUMMARY

Quality and shelf life of whole eviscerated tilapia *Oreochromis niloticus* were assessed during 8h transport and 19 days storage on ice. Transport time was similar in that estimated from the harvest site to the distribution and selling centers in the region. Physicochemical (pH, colour, texture), biochemical (total volatile bases, nucleotides and K index) and microbiological analyses were performed on the filet. In some analyses, such as total volatile bases (N-BVT) or color, no significant variations in the values were observed. How-

ever, taking into account the main parameters of quality (K index) and safety (microbiological analysis), a shelf life of 13 days for storage on ice was determined. According to what is normally reported for this type of fishery products, there was no adverse effect of the 8h transport and storage strategy on quality and shelf life of eviscerated tilapia. These results provide relevant information for the aquaculture activity and can be extrapolated to other regions where the studied species is commercialized.

VIDA DE PRATELEIRA DE TILAPIA *Oreochromis niloticus* EVISCERADO TRANSPORTADA E ARMazenada NO GELO

Edgar Iván Jiménez-Ruiz, Alfonso Nivardo Maeda-Martínez, María Teresa Sumaya-Martínez, Leticia Mónica Sánchez-Herrera, Rosendo Balois-Morales, Graciela Guadalupe López-Guzmán, Yolotzin Apatzingan Palomino-Hermosillo e Orlando Tortoledo-Ortiz

RESUMO

Avaliou-se o efeito do transporte sobre o gelo durante 8h e 19 dias de armazenamento (em gelo) sobre a qualidade e vida útil da tilapia-do-nilo *Oreochromis niloticus* eviscerado. Esse transporte simula a jornada do local de colheita até os centros de distribuição, onde é armazenado para venda. As análises físico-químicas (pH, cor, textura), bioquímicas (bases voláteis totais e índice K) e microbiológicas foram realizadas em diferentes dias durante a avaliação da vida de prateleira diretamente nos filés. Em algumas análises, como bases voláteis totais (N-BVT) ou em cor, não foram observadas variações significativas nos valores

encontrados. No entanto, levando em consideração os principais parâmetros de qualidade (índice K) e inocuidade (análise microbiológica), foi determinada uma vida útil de 13 dias para armazenamento em gelo. De acordo com o que é normalmente reportado para este tipo de produtos da pesca, não houve efeito adverso da estratégia de 8h de transporte e armazenamento na qualidade e prazo de validade da tilápia inteira eviscerada. Esses resultados fornecem informações relevantes para a atividade de aquicultura, podendo extrapolar para outras regiões onde as espécies estudadas são comercializadas.

análisis microbiológicos de mesófilos aerobios totales, índice K basado en la adenosina 5' trifosfato (ATP) y los productos de su degradación, bases volátiles totales, pH, color y textura (Liu *et al.*, 2010; Ocaño-Higuera *et al.*, 2011; Castillo-Yañez *et al.*, 2014).

En la actualidad, a pesar de la importancia comercial de la especie a nivel mundial, no existen estudios relacionados con la vida de anaquel de la tilapia *Oreochromis niloticus* entera eviscerada transportada y almacenada en hielo. Por ello, en el presente trabajo se llevó a cabo la evaluación del impacto del transporte y almacenamiento en hielo sobre la vida de anaquel de tilapia eviscerada inmediatamente después de su captura. El experimento se realizó con organismos enteros eviscerados, ya que es una

de las presentaciones más comunes en los mercados de distribución y los análisis fueron hechos directamente en el músculo (filete), el cual es la principal porción comestible.

Materiales y Métodos

Diseño experimental

Los organismos utilizados fueron adultos de tilapia *O. niloticus* (línea Spring), con peso de 880,63 ±140,18g, obtenidos en un sistema de cultivo localizado en un embalse de agua dulce en Zicuirán, Michoacán, México. Posterior a su colecta y eviscerado, los organismos fueron sumergidos en agua-hielo, lavados y escurridos, para después ser transportados en contenedores plásticos utilizando capas de hielo molido. El transporte se rea-

lizó, por 8h, desde la granja acuícola hasta la ciudad de Tepic, Nayarit, al Laboratorio de Análisis Especiales de la Unidad de Tecnología de Alimentos en la Universidad Autónoma de Nayarit, para proseguir con los análisis relacionados con la calidad y frescura del producto. En esta etapa experimental se siguieron las condiciones más reales posibles para la comercialización del producto, tomando en cuenta un tiempo de 8h desde que se realizó el eviscerado en el sitio de cosecha, hasta el traslado a los potenciales centros de distribución de los mercados internos del país.

Durante el transporte se llevaron a cabo revisiones constantes para asegurar el correcto desague de las hieleras utilizadas como contenedores y que los niveles de hielo molido ade-

cuados se mantuvieran. Inmediatamente después que se llegó al laboratorio se inició las tomas de muestras y análisis correspondientes al inicio del experimento de vida de anaquel (día 0), dándole seguimiento a los 5, 9, 11, 13, 15, 17 y 19 días. Los muestreos en cada punto del desarrollo y evaluación de la vida de anaquel consistieron en la extracción del filete y para las determinaciones bioquímicas las muestras fueron congeladas en nitrógeno líquido y colocadas en un ultracongelador a -80°C hasta su análisis.

Se llevaron a cabo análisis físicoquímicos (pH, color, textura), bioquímicos (bases volátiles totales, ATP y sus productos de degradación) y microbiológicos (mesófilos aerobios). Como se mencionó anteriormente, para los análisis bioquí-

micos las muestras se mantuvieron a -80°C , mientras que los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron al momento de cada muestreo. Estos se realizaron periódicamente durante los 19 días de almacenamiento en hielo, extrayendo el músculo correspondiente al filete, que es la principal porción comestible en estos productos.

pH

La determinación de pH se llevó a cabo utilizando un potenciómetro marca HANNA Instruments Mod. HI2210, de acuerdo con la metodología reportada por Woyewoda *et al.* (1986). Se utilizó 2g de muestra (filete) homogeneizada en 10ml de agua destilada. Diariamente se calibró el equipo empleando soluciones estándar de pH comerciales.

Cuantificación del ATP y productos de su degradación

La identificación y cuantificación de los nucleótidos, nucleósidos y bases nitrogenadas se llevó a cabo por cromatografía líquida de alta presión (HPLC) de acuerdo con la metodología descrita por Ryder (1985). Se detectaron los siguientes compuestos: adenosina 5' trifosfato (ATP), adenosina 5' difosfato (ADP), adenosina 5' monofosfato (AMP), inosina (HxR) e hipoxantina (Hx), con los que se procedió a calcular el índice K, de acuerdo con la ecuación propuesta por Sagedhal *et al.* (1997):

$$\text{Índice K(\%)} = \frac{((\text{HxR})+\text{Hx})}{\text{ATP}+\text{ADP}+\text{AMP}+\text{IMP}+(\text{HxR})+\text{Hx}} \times 100$$

Bases volátiles totales

La determinación de las bases volátiles totales (N-BVT) se llevó a cabo tomando en cuenta la metodología de Woyewoda *et al.* (1986), quienes reportan una técnica basada en la destilación de estos compuestos. Los resultados obtenidos se expresan como mg de N-BVT/100g de muestra.

Análisis microbiológicos

Para esta determinación se cuantificaron los organismos mesófilos aerobios totales de acuerdo con la cuenta total en placa, siguiendo la metodología reportada por la NOM-092-SS A1-1994. En esta técnica se analiza el contenido de microorganismos viables, reportando como UFC (unidades formadoras de colonias) por gramo de muestra (UFC/g).

Color

La evaluación de color se llevó a cabo utilizando un colorímetro Minolta CR-300 (Minolta Co., New York, NY, EEUU) por colorimetría de triestímulo. Se determinaron los parámetros de color 'L' (luminosidad), 'a' (matiz rojo-verde) y 'b' (matiz amarillo-azul).

Textura

Las mediciones de textura se realizaron utilizando un dispositivo marca SHIMPO Mod. FGE-50, equipado con una punta de penetración de 1,9cm en la base y 2,5cm de alto. Las unidades de utilizadas para reportar los resultados fueron kgf, midiendo la firmeza como resistencia a la penetración.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron a partir de un diseño completamente al azar, aplicando un ANOVA de una sola vía, con todas las variables de respuesta analizadas con respecto al tiempo de almacenamiento (0, 5, 9, 11, 13, 15, 17 y 19 días). Cuando se encontraron diferencias significativas se llevó a cabo una prueba de Tukey. En todos los análisis se utilizó un nivel de significancia del 5%. Para el índice K se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple para verificar la linealidad de los resultados con respecto al tiempo de almacenamiento. Todos los análisis se llevaron a cabo con tres repeticiones, con excepción del color y textura, donde se tomaron en cuenta seis muestras en cada punto de análisis.

Resultados y Discusión

pH

Este indicador es uno de los más utilizados al momento de monitorear la calidad y frescura de productos de origen acuático; sin embargo, siempre se debe acompañar de otros análisis, ya que por sí solo no se considera suficiente al momento de determinar una vida de anaquel. En la Figura 1 se presentan los valores de pH obtenidos en el presente estudio en el filete de tilapia almacenada en hielo. El valor inicial fue de $6,83 \pm 0,03$, el cual se encuentra dentro del intervalo de 6,7-7,0 reportado por Love (1976) para productos pesqueros frescos recién capturados.

Durante el almacenamiento se observó una disminución de pH desde el día 5 y hasta el día 15, para posteriormente regresar hasta los valores iniciales hacia el final del experimento ($p < 0,05$). La disminución de pH en las etapas iniciales del almacenamiento puede deberse a la producción de ácido láctico que acompaña al fenómeno de *rigor mortis*, mientras que el aumento en la fase final se puede atribuir a la acción bacteriana, que produce compuestos como el amonio y otras bases volátiles, así como a la acción de enzimas endógenas (Cheftel y Cheftel, 1976; Ruiz-Capillas y Moral, 2001).

De acuerdo con lo reportado por Riaz y Qadri (1985), un músculo 'muy fresco' de excelente calidad es aquel que no supera un pH de 6,7; además, durante el almacenamiento no debería presentar aumentos mayores a 0,1 unidades. Por lo anterior, aunque se considere necesario complementar con los distintos análisis realizados, estos valores de pH encontrados nos indican un filete de calidad hasta los 15 días de almacenamiento.

Cuantificación del ATP y productos de su degradación

En la Figura 2 se presentan los resultados de los valores de índice K durante el tiempo de almacenamiento. Este índice se obtuvo utilizando los resultados de ATP, ADP, AMP, IMP, HxR, Hx y representa de manera confiable la frescura y calidad de productos pesqueros almacenados a bajas temperaturas (en hielo o refrigeración). El valor inicial de índice K fue de $3,47 \pm 0,08\%$, destacando que para organismos muy frescos o recién capturados los valores no superan el 10% (Huss, 1995). Es importante mencionar que el valor de índice K para el filete de organismos recién extraídos de la laguna fue de $3,31 \pm 0,33\%$ (datos no mostrados en gráfica), que es igual al valor del día 0 del experimento de almace-

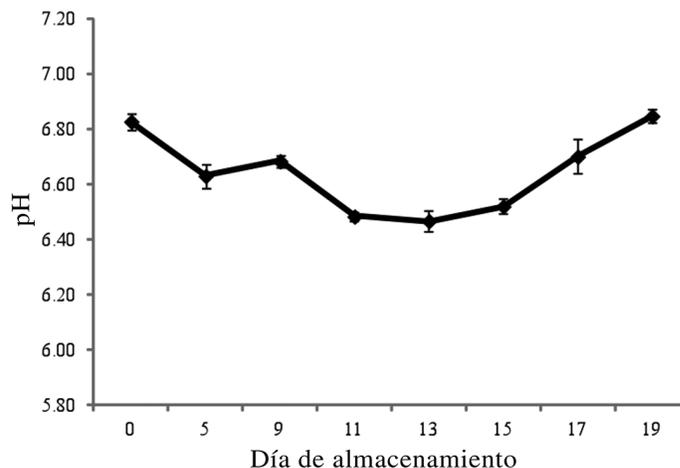


Figura 1. Valores de pH en filete de tilapia eviscerada y almacenada en hielo (0°C). Los datos representan la media de $n=3$. Las barras representan la desviación estándar.

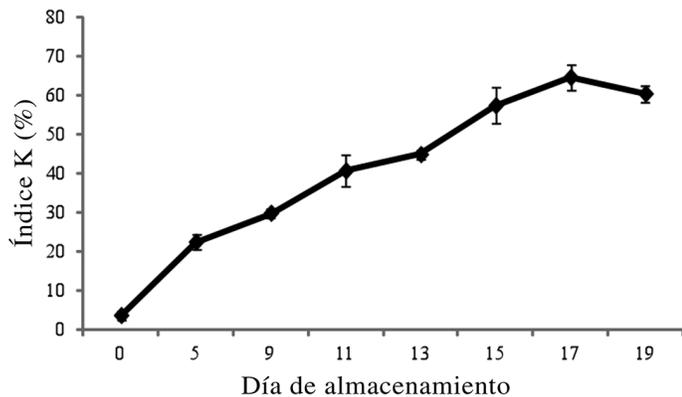


Figura 2. Valores de índice K en filete de tilapia eviscerada y almacenada en hielo (0°C). Los datos representan la media de n= 3. Las barras representan la desviación estándar.

namiento en hielo ($p > 0,05$). Con esto se puede considerar que no existe un efecto adverso sobre la frescura del filete al transportar los organismos eviscerados durante 8h desde el sitio de cultivo al laboratorio de experimentación (simulación del transporte al mercado o centro de distribución).

Por otro lado, se observó un aumento constante en el valor de índice K con respecto al tiempo de almacenamiento ($r^2 = 0,935$). El resultado del análisis de regresión corrobora su confiabilidad para la evaluación de la vida de anaquel en este tipo de productos pesqueros (enhielados o refrigerados), como ya ha sido reportado anteriormente por otros autores (Ocaño *et al.*, 2011; Castillo *et al.*, 2014). De acuerdo con estudios previos como el de Saito *et al.* (1959) se han clasificado los productos pesqueros tomando en cuenta este índice de frescura. Por ejemplo, para aquellos con valores menores de 20% se consideran ‘muy frescos’, menores de 50% ‘moderadamente frescos’ y mayores de 70% ‘no frescos’, cuyo consumo no se recomienda. En este caso, aunque las muestras nunca alcanzaron valores en los que ya no se recomienda su consumo, la calidad de ‘moderadamente fresco’ o aceptable, Castillo *et al.* (2014) reportaron una calidad de ‘moderadamente fresco’ hasta los 9 días para filete de tilapia almacenado en hielo, un tiempo menor que el obtenido en el presente estudio.

Sin embargo, cabe recordar que, en este estudio la tilapia fue almacenada entera eviscerada y solo se extrajo el filete al momento del muestreo para los análisis correspondientes.

Bases volátiles totales (N-BVT)

Estos metabolitos se relacionan con la actividad autolítica y principalmente bacteriana, y también con los aumentos de pH muscular en productos pesqueros; se originan durante el almacenamiento y están conformados por compuestos alcalinos derivados de la degradación de nucleótidos y aminoácidos. En la Figura 3 se puede observar los resultados de N-BVT, con un valor de $17,39 \pm 1,42$ mg N-BVT/100g al inicio del experimento, el cual se encuentra en el intervalo reportado y establecido en 5-20 mg N-BVT/100g para productos pesqueros frescos o recién capturados (Huss, 1995). Además, no se observaron cambios significativos ($p > 0,05$) durante todo el almacenamiento, por lo que no se alcanzó el límite de 30 mg N-BVT/100g establecido como permisible para el consumo humano (Huss, 1995). Heidmann-Soccol *et al.* (2005) reportaron resultados similares a los encontrados en el presente estudio, ya que obtuvieron valores correspondientes a un producto fresco, incluso hasta los 20 días de almacenamiento a 1°C; sin embargo, estos autores almacenaron el filete de

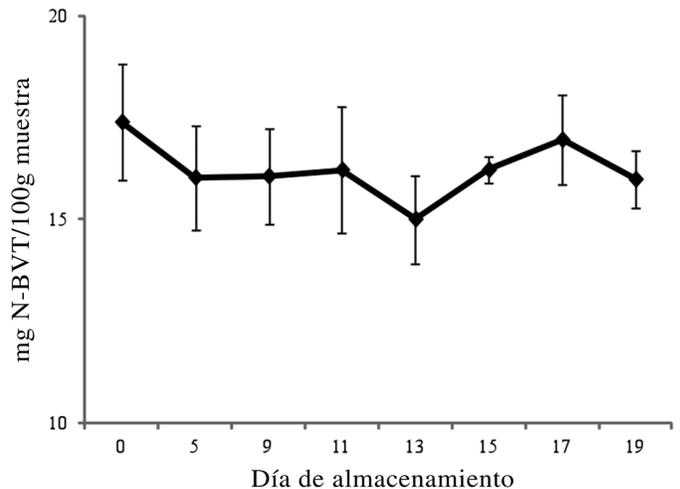


Figura 3. Concentración de bases volátiles totales (N-BVT) en filete de tilapia eviscerada y almacenada en hielo (0°C). Los datos representan la media de n= 3. Las barras representan la desviación estándar.

tilapia en distintos tipos de atmósferas modificadas y al vacío. Por su lado, Castillo-Yáñez *et al.* (2014) reportaron un incremento en los valores de BVT desde los 12 días para filete de tilapia almacenado en hielo. Es importante resaltar que los valores de pH finales obtenidos en dicho trabajo incluso alcanzaron los límites críticos marcados en 7 unidades, que se relacionan con una alta actividad microbiana.

Análisis microbiológicos

Los resultados referentes a la cuenta total en placa se muestran en la Figura 4, con un valor inicial de $2,35 \pm 0,39$ \log_{10} UFC/g, menor a los valores de 3-4 \log_{10} UFC/g reportado para esta y otras especies (Liu *et al.*, 2010). Durante el almacenamiento se observó un aumento ($p < 0,05$) en la cuenta de bacterias mesófilas, el cual es un comportamiento normal reportado en estudios anteriores (Adoga *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2010; Castillo-Yáñez *et al.*, 2014; Saadia *et al.*, 2017). De acuerdo con normas internacionales como la establecida por la *International Commission on Microbial Specifications for Foods* (ICMSF1998), se contempla un límite de 7 \log_{10} UFC/g (valor M), tomando en cuenta que sea apto e inocuo para el consumo humano, y de

5,69 \log_{10} UFC/g (valor m) cuando involucran aspectos de calidad y manejo de acuerdo a Buenas Prácticas de Manufactura (BPM's) y Buenas Prácticas de Comercialización (BPC's). Por lo tanto, las muestras experimentales alcanzaron en este estudio los límites de m y M en 13 y 17 días, respectivamente. Al tomar en cuenta el límite más estricto (m) establecido por la ICMSE, otros autores han encontrado 15 (Adoga *et al.*, 2010) y 9 (Liu *et al.*, 2010) días de vida de anaquel para filete de tilapia almacenado en hielo, los cuales son valores mayor y menor, respectivamente, que el determinado en el presente estudio. Las diferencias entre los distintos trabajos pueden atribuirse a factores como las condiciones de cultivo o desarrollo de la especie, la época de captura o cosecha, así como la carga bacteriana inicial de los organismos, entre otros factores tanto intrínsecos como extrínsecos (El-Marrakchi *et al.*, 1990).

Color

Los resultados de los parámetros de color para el filete de tilapia eviscerada almacenada en hielo se muestran en la Figura 5. Los valores iniciales en los parámetros de color L, a y b fueron $47,83 \pm 2,37$; $2,87$

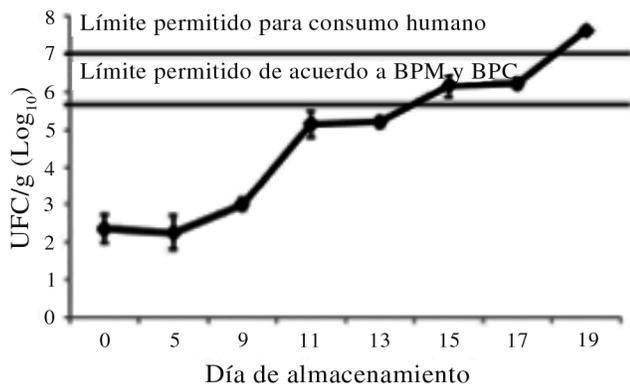


Figura 4. Determinación de bacterias mesófilas aerobias en cuenta total en placa de filete de tilapia eviscerada y almacenada en hielo (0°C). BPM: Buenas Prácticas de Manufactura; BPC: Buenas Prácticas de Comercialización. Los datos representan la media de n= 3. Las barras representan la desviación estándar.

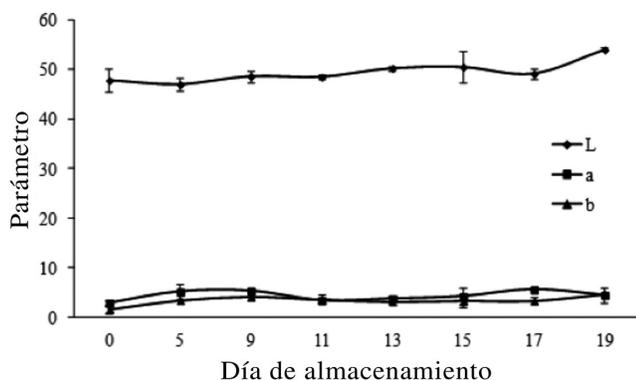


Figura 5. Valores de los parámetros de color (L, a, b) de filete de tilapia eviscerada y almacenada en hielo (0°C). Los datos representan la media de n= 6. Las barras representan la desviación estándar.

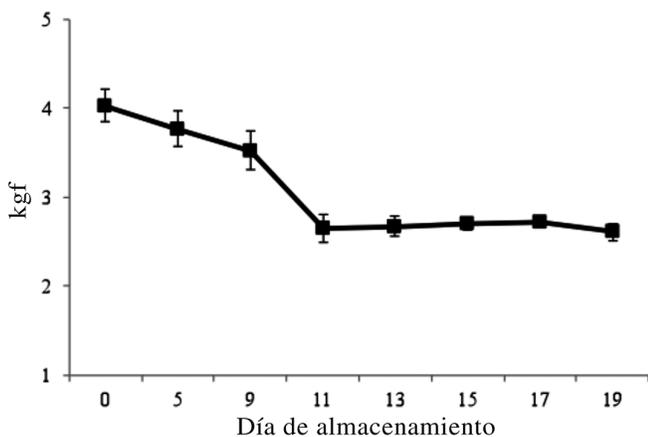


Figura 6. Valores de textura de filete de tilapia eviscerada y almacenada en hielo (0°C). Los datos representan la media de n= 6. Las barras representan la desviación estándar.

$\pm 0,57$; y $1.59 \pm 0,87$, respectivamente, lo que coloca al filete en la zona rojo-amarilla de la esfera de color. Por otro lado,

los valores de todos los parámetros se mantuvieron prácticamente sin cambio significativo ($p > 0,05$) durante el alma-

namiento en todos los experimentos de vida de anaquel. El color es uno de los parámetros sensoriales más importantes que se relacionan directamente con la percepción del consumidor al momento de elegir o no un producto en el mercado (Haard, 1992). Sin embargo, el cambio durante la vida de anaquel en algunas ocasiones depende de la especie o tipo de músculo en cuestión. Castillo-Yáñez *et al.* (2014) reportaron resultados similares al presente estudio, sin encontrar variaciones en los parámetros de este atributo durante el almacenamiento de filete de tilapia en hielo. Por otro lado, Ocaño-Higuera *et al.* (2009, 2011) reportaron variaciones significativas durante el almacenamiento en hielo de filete de raya (*Dasyatis brevis*) y cazón (*Mustelus lunulatus*).

Textura

En la Figura 6 se muestran los valores obtenidos para textura en el experimento de vida de anaquel, donde el valor inicial en el músculo fue de $4,03 \pm 0,18$ kgf. Se puede observar una disminución ($p < 0,05$) en los valores de textura después del día 9; sin embargo, a partir de ese punto y hasta el final del almacenamiento no se presentaron variaciones ($p > 0,05$) en este parámetro. La disminución observada coincide con la segunda disminución de pH en el músculo. Esta pérdida de textura ya ha sido relacionada con la disminución de pH anteriormente (De Vido *et al.*, 2001). En el estudio de Castillo-Yáñez *et al.* (2014) no se reportó una variación de textura en filete de tilapia almacenado en hielo; sin embargo, hay que considerar que en el presente estudio la tilapia se almacenó entera eviscerada, lo que pudo influir en la diferencia de resultados.

Respecto a la pérdida de textura en los primeros días de almacenamiento, se sabe que la disminución postmortem de pH promueve la liberación de catepsinas por desestabilización de las membranas lisosomales (inicio de la autólisis). Estas enzimas, que tienen actividad

en un amplio rango de pH (en especial las catepsinas D y L), pueden degradar proteínas estructurales provocando una inestabilidad en las células musculares (Huss, 1995). El mismo pH bajo generado pudiera promover la pérdida de conformación de algunas proteínas del sarcómero, disminuyendo su función estructural y generando inestabilidad dentro del propio sistema de la célula muscular. Además, se ha visto que las moléculas de colágeno que forman el tejido conectivo son más susceptibles a la degradación cuando pierden su configuración nativa (Pedrosa-Menabrito y Regenstein, 1988). Todos estos eventos están relacionados con una afectación de la textura del producto.

A pesar de que los valores de este indicador de textura, así como el pH, mostraron una variación durante el almacenamiento, para las desiciones del punto de corte de este tipo de estudios normalmente se toman en cuenta los principales parámetros de calidad e inocuidad como son el índice K y análisis microbiológicos.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede establecer un periodo de tiempo de 13 días para la vida de anaquel de la tilapia almacenada entera eviscerada en hielo. Por lo tanto, a pesar del tiempo de transporte de 8h y de que los organismos hayan sido mantenidos enteros, se considera que las condiciones del presente estudio permiten obtener un producto de calidad aceptable e inocuo para el mercado interno del país. No obstante, estas condiciones de almacenamiento pueden ser extrapoladas para otras regiones donde se desee comercializar este producto pesquero cada vez más explotado por la actividad acuícola y de gran auge en la actualidad.

REFERENCIAS

- Adoga JJ, Joseph E, Samuel OF (2010) Storage life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in ice and ambient temperature. *Nat. Inst. Freshw. Fish. Res. (NIFFR)* 5: 39-44.

- Ashie IN, Smith JP, Simpson BK (1996) Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 36: 87-121.
- Castillo-Soto W, Lombardi Pérez C, Macedo Macedo R (2014) Adaptabilidad de la tilapia, *Oreochromis niloticus*, sometida a dietas con alta densidad de nutrientes y diferentes temperaturas del agua en la costa de la región La Libertad, Perú. *Pueblo Continente* 25: 137-141.
- Castillo-Yáñez FJ, Jiménez-Ruiz EI, Canizales-Rodríguez DF, Márquez-Ríos E, Montoya-Camacho N, Ruiz-Cruz S, Ocaño-Higuera VM (2014) Postmortem biochemical changes and evaluation of the freshness in the muscle of tilapia (*Oreochromis niloticus*) during the storage in ice. *J. Fish. Aquat. Sci.* 9: 435-445.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. Vol. I. Acribia. Zaragoza, España. pp. 5-97.
- De Vido de Mattio N, Paredi ME, Crupkin M (2008) Postmortem changes in the adductor muscle of scallop (*Chlamys tehuacensis*) in chilled and frozen storage. *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 10(3): 49-60.
- El-Marrakchi A, Bennour M, Bouchriti N, Hamama A, Tagafait H (1990) Sensory, chemical, and microbiological assessments of Moroccan sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *J. Food Prot.* 53: 600-605.
- FAO (2016) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. FAO, Roma, Italia. 197 pp.
- Fitzsimmons K (2000) Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. En Costa-Pierce BA, Rakocy JE (Eds.) *Tilapia Aquaculture in the Americas*, Vol. 2. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, LA, EEUU. pp. 252-264.
- Haard NF (1992) Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Res. Int.* 25: 289-307.
- Heidmann-Soccol MC, Oetterer M, Rosa-Gallo C, Fillet-Spoto MH, Oliveira-Biato D (2005) Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Braz. J. Food Technol.* 8: 7-15.
- Huss HH (1995) *Quality and Quality Changes in Fresh Fish*. Fisheries Technical Paper 348. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 202 pp.
- ICMSF (1998) Sampling plans for fish and shellfish, in microorganisms in foods. En *Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications*. Vol. 2. 2ª ed. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. University of Toronto Press. Canadá. pp. 181-196.
- Liu S, Fan W, Zhong S, Ma CH, Li P, Zhou K, Peng Z, Zhu M (2010) Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0°C based on sensory, microbiological, biochemical and physical attributes. *Afr. J. Biotechnol.* 9: 692-701.
- Love R (1976) Processing cod: The influence of season and fishing ground. En *Torry Advisory Note N° 71*. Torry Research Station. Aberdeen, Escocia, RU. 8 pp.
- NOM (1994) NOM-092-SSA1-1994. *Norma Oficial Mexicana, Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Bacterias Mesófilas Aerobias en Placa*.
- Ocaño-Higuera VM, Márquez-Ríos E, Canizales-Dávila M, Castillo-Yáñez FJ, Pacheco-Aguilar R, Lugo-Sánchez ME, García-Orozco KD, Graciano-Verdugo AZ (2009) Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chem.* 116: 933-938.
- Ocaño-Higuera VM, Maeda-Martínez AN, Márquez-Ríos E, Canizales-Rodríguez DF, Castillo-Yáñez FJ, Ruíz-Bustos E, Graciano-Verdugo AZ, Plascencia-Jatomea M (2011) Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods. *Food. Chem.* 125: 49-54.
- Pedrosa-Menabrito A, Regenstein JM (1988) Shelf-life extension of fresh fish - A review part III - Fish quality and methods of assessment. *J. Food Qual.* 13: 209-223.
- Riaz F, Qadri RB (1985) Quality changes in lobster (*Panulirus poliphagus*) muscle during storage in ice. *J. Agric. Food Chem.* 33: 117-122.
- Ruiz-Capillas C, Moral A (2001) Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. *J. Food Sc.* 34: 441-447.
- Ryder JM (1985) Determination of adenosine triphosphate and its breakdown products in fish muscle by high performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 33: 678-680.
- Saadia MHM, Khalil MKM, Abdel-Nabey AA Abo-Samaha OR (2017) Changes in sensory and microbiological quality indices of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and grey mullet (*Mugil cephalus*) during ice storage. *Alexandria Sci. Exchange J.* 38: 433-445.
- Sagedhal A, Busalmen JP, Roldán HA, Paredi ME, Crupkin M (1997) *Post-mortem* changes in adenosine triphosphate and related compounds in mantle of squid (*Illex argentinus*) at different stages of sexual maturation. *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 6: 43-56.
- Saito T, Arai K, Matsuyoshi M (1959) A new method for estimating the freshness of fish. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 24: 749-750.
- Woyewoda AD, Shaw SJ, Ke PJ, Burns BG (1986) Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 1448. Halifax, NS, Canadá. 143 pp.