

EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN EL *RIGOR MORTIS* Y EN LA ESTABILIDAD DE LA TILAPIA (*Oreochromis* spp.) CULTIVADA

Effects of Storage Temperature on the Onset of *Rigor Mortis* and Stability of Cultured Tilapia (*Oreochromis* spp.)

Elisabetta Tomé, Maybelyn Iglesias, Makie Kodaira y Aníbal González

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Apartado 47097. Caracas 1041-A, Venezuela. E-mail: icta@reacciun.ve

RESUMEN

Los requerimientos de un músculo de alta calidad para la comercialización de los productos pesqueros, han estimulado la investigación sobre el efecto de la temperatura de almacenamiento en los cambios postmortem. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto de tres temperaturas de almacenamiento en el *rigor mortis* y en la estabilidad de la tilapia (*O. mossambicus* x *O. urolepis hormorum* x *O. niloticus* x *O. aureus*) durante su almacenamiento. Para la determinación del índice de rigor (IR) de las tilapias sometidas a tres temperaturas de almacenamiento se utilizó el método de desplazamiento horizontal. Las concentraciones individuales de los nucleótidos se determinaron usando cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Los cambios sensoriales fueron evaluados durante 21 días de almacenamiento refrigerado, mediante una escala descriptiva. También se hicieron mediciones del pH muscular y del Nitrógeno Básico Volátil Total (NBV-T). El *rigor mortis* ocurrió más tempranamente en el pescado almacenado a 0°C (24 h) en comparación con el pescado almacenado a 10°C (48 h) y a 27°C (no se alcanzó 100% de IR). El pH cayó más rápidamente ($P < 0,05$) en el pescado almacenado a 10°C. Al final del almacenamiento, el NBV-T no superó los 30 mgN/100g permitidos en productos pesqueros. Para cada condición de temperatura, la tilapia parece acumular hipoxantina (Hx) junto con pequeñas cantidades de inosina (INO) paralelamente con la degradación de inosina monofosfato (IMP). La evaluación sensorial indicó una vida útil de 21 días para las tilapias almacenadas a 0°C en comparación con 9 días para las tilapias almacenadas a 10°C.

Palabras clave: Tilapia, *post-mortem*, *rigor mortis*, frescura.

ABSTRACT

The requirements for high flesh quality in raw fish products for commercial markets have stimulated research on the effect of storage temperature on post mortem changes in muscle tissues in fish. The objective of this study was to evaluate the impact of three storage temperatures on the onset of *rigor mortis* and stability of tilapia (*O. mossambicus* x *O. urolepis hormorum* x *O. niloticus* x *O. aureus*) during storage. Rigor index (RI) of tilapia subjected to three different storage temperatures was assessed using the method of horizontal displacement. The concentrations of individual nucleotides were performed using High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Sensory changes were evaluated through a descriptive scale over 21 days of refrigerated storage. Muscle pH and Total Volatile Basic Nitrogen (TVBN) were also measured. Onset of rigor occurred much earlier ($P < 0.05$) in fish stored at 0°C (24h) as compared to fish stored at 10°C (48h) and 27°C (100% RI was not reached). The faster ($P < 0.05$) pH drop occurred in fish stored at 10°C. The TVBN at the end of the storage period did not exceed the value of 30 mg N/100g allowed in fish products. The tilapia seems to accumulate hypoxanthine (Hx) together with small quantities of inosine (INO) parallelly to the degradation of the inosine monophosphate (IMP), for each condition of temperature. Descriptive sensory evaluation, indicated a shelf life of 21 days for the tilapias stored at 0°C compared to 9 days for the tilapias stored at 10°C.

Key words: Tilapia, *post-mortem*, *rigor mortis*, freshness.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de las especies pertenecientes al género tilapia originarios del continente asiático y africano, ha sido impul-

sado en Venezuela por representar una fuente alternativa de proteína animal, bastante económica comparada con los altos precios presentados por las especies marinas de pescado, así como la carne de res, pollo y cochino. Por otra parte, la resistencia de esta especie a una cadena de condiciones ecológicas y su gran aceptación a nivel del consumidor, han contribuido al éxito en la piscicultura mundial, en especial en los países del tercer mundo [6].

En el músculo del pescado, inmediatamente después de la muerte, se suceden una serie de cambios que involucran reacciones autolíticas que determinan la acumulación o desaparición de compuestos incidiendo en la calidad del pescado, modificando las características organolépticas originales del mismo. Estos cambios involucran en especial a los nucleótidos y a los hidratos de carbono. La velocidad con que se presentan dichos procesos autolíticos dependerá de la especie y de las condiciones fisiológicas que ésta exhiba [7].

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre los cambios físicos, químicos y sensoriales del músculo dorsal de la tilapia (*Oreochromis spp*) cultivada, con la finalidad de aportar nuevos conocimientos sobre el mantenimiento y preservación de la calidad y frescura de los peces de agua dulce.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Para la realización de este trabajo se utilizaron tilapias (*Oreochromis spp*) obtenidas de una finca piscícola ubicada en Boca de Aroa, Edo. Falcón, las cuales fueron capturadas con chinchorro y sacrificadas por incisión cerebral. Los ejemplares tenían un peso corporal promedio de $244,59 \pm 27,03$ g y una longitud promedio de $19,72 \pm 0,74$ cm.

Diseño experimental

Se evaluaron dos lotes de aproximadamente 80 individuos cada uno. Cada lote se dividió en tres grupos y cada grupo fue almacenado en cavas a temperaturas reguladas de 0 ± 3 °C, 10 ± 3 °C y 27 ± 3 °C. Las temperaturas simulan condiciones de almacenamiento en hielo, refrigeración y ambiente a las que es sometido el pescado durante el transporte, almacenamiento y procesamiento, respectivamente. En esta forma los ejemplares fueron transportados al Laboratorio de Productos Pesqueros, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela. Se tomaron muestras del músculo dorsal de tres ejemplares seleccionados al azar, para cada temperatura de almacenamiento, cada tres días para hacer determinaciones físicas y químicas y, diariamente para el análisis sensorial, por un período de tres semanas.

Metodologías

Índice de *rigor mortis*: según el método propuesto por Bito y col [3]. Se calculó mediante la ecuación:

$$I.R. (\%) = \frac{D_0 - D}{D_0}$$

siendo D_0 y D la distancia que separa la aleta caudal del punto de referencia, medidos al inicio del ensayo y a intervalos definidos de tiempo.

Determinación de humedad, grasa cruda, cenizas totales, proteína cruda, pH: según métodos A.O.A.C. [1].

Determinación de Nitrógeno Básico Volátil Total (NBV-T): según el método de Pearson [11].

Determinación de compuestos de degradación del ATP (AMP, IMP, INO, Hx): según método propuesto por Iwamoto y col. [8] con las siguientes modificaciones: 5 g de músculo dorsal fueron homogeneizados en frío con 15 mL de ácido perclórico al 10%. El homogenato obtenido fue centrifugado a 4.000 r.p.m. por 10 min; se separó el sobrenadante y se ajustó a un pH entre 6.0-7.0 con hidróxido de potasio al 50%. El precipitado formado por este procedimiento se separó centrifugando a 4.000 r.p.m. durante 10 min. Por último, se tomó el sobrenadante y se aforó a 50 mL con agua destilada para determinar la concentración del AMP, IMP, INO e Hx. La determinación de la concentración de nucleótidos, se realizó sobre una alícuota de 15 μ l, inyectada en un cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca "Waters" compuesto por una bomba modelo 510, un detector UV-VIS (190-486 nm.) ajustado a 254 nm y 0,5 AUFS. La separación de las diferentes fracciones de los nucleótidos se realizó utilizando una columna Nova-pack C-18 (4 mm x 3.9 mm x 15 cm), empleándose un sistema isocrático de solventes en el que se utilizó una fase móvil compuesta por buffer fosfato pH 4.2-4.3, a una velocidad de flujo constante de 0.4 mL/min. Como patrón se preparó un estándar múltiple a partir de AMP, IMP, INO, Hx de alta pureza (SIGMA Chem., Co), con concentraciones de 20 μ g/mL para AMP, IMP e INO respectivamente, y 8 μ g/mL para Hx y, un volumen de inyección de 15 μ L. Para el cálculo de las concentraciones de los nucleótidos se procedió al análisis de las áreas de los cromatogramas de las muestras respecto a las áreas del patrón.

Evaluación sensorial: se realizó tanto en las muestras crudas como en las cocidas, mediante una escala descriptiva graduada de 0 a 10 puntos, indicando 10 puntos completa frescura, 8 puntos buena calidad, 6 puntos indica que el pescado es neutro en sus propiedades organolépticas y 4 puntos es el nivel de rechazo. La cocción se realizó colocando los filetes en bolsas de polietileno durante un período de 15 min a la temperatura de ebullición del agua.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA) con un nivel de significancia de 95%, así como pruebas de correlación lineal, utilizando el programa Statgraphics 6.0 [16].

TABLA I
ANÁLISIS PROXIMAL DEL MÚSCULO DORSAL DE TILAPIA (*Oreochromis spp*) CULTIVADA

	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %
Lote I	78,3 ^a	17,42 ^a	1,01 ^a	1,39 ^a
s	0,05	0,036	0,005	0,08
Lote II	78,54 ^a	17,43 ^a	1,04 ^a	1,12 ^a
s	0,03	0,04	0,009	0,065
Media	78,43	17,43	1,03	1,26

Los resultados son el promedio de 3 ó 4 determinaciones. Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

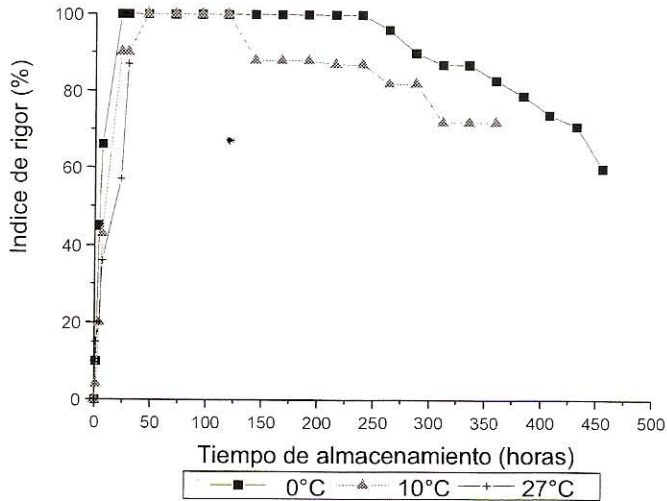


FIGURA 1. EFECTO DE TRES DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO (0°C; 10°C Y 27°C) SOBRE LOS CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE RIGOR (IR) DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp.*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal

En el análisis de la composición proximal del músculo dorsal de la tilapia, TABLA I, se puede observar que ninguno de los componentes mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los lotes muestreados. El contenido de humedad promedio fue de 78,43 % \pm 0,04 y el de cenizas de 1,26% \pm 0,07. El músculo se caracterizó por ser un tejido magro (<2% de grasa cruda) y con un alto porcentaje de proteínas, clasificándolo como A en el sistema de clasificación de miosistemas propuesto por Stansby [14].

Cambios en el endurecimiento muscular

El *rigor mortis* es el evento más notable de los cambios *post-mortem* que afectan las propiedades físicas del músculo. Este aparece en el pescado pocas horas después de su muerte, y se manifiesta por la rigidez e inextensibilidad de los músculos, debido a la imposibilidad de los puentes cruzados de desunirse de los filamentos de actina a causa de la ausencia de ATP. En la FIG. 1 se puede observar que el progreso del *ri-*

gor mortis, depende de la temperatura de almacenamiento; las tasas más aceleradas de contracción muscular se presentan en los pescados almacenados a 0°C, alcanzando el 100% de rigor después de 24 h a esta temperatura. A 10°C el estado de máxima contracción se alcanza después de 48 h, mientras que a 27°C el valor máximo de contracción muscular que se observa es de 87%, alcanzado luego de 30 h. De acuerdo con Watabe y col. [17, 18], el progreso del *rigor mortis* a 0°C es más acelerado que a temperaturas superiores, debido a la disminución de la capacidad del retículo sarcoplásmico para secuestrar Ca^{2+} por efecto de la disminución de la actividad de la enzima Ca^{2+} ATPasa sarcoplásmica trayendo como consecuencia el incremento de la concentración de Ca^{++} dentro de las miofibrillas y favoreciendo la activación de la enzima Mg^{2+} ATPasa miofibrilar, lo que genera una alta tasa de consumo de ATP y fosfocreatina con la consiguiente aceleración en la aparición del *rigor mortis* a 0°C.

Posterior al endurecimiento muscular, se observa un período caracterizado por la disminución en el I.R., manifestándose después de 264 h de almacenado a 0°C y de 144 h a 10°C. La disminución en el IR podría ser el resultado de la hidrólisis no enzimática de algunas proteínas estructurales del músculo, tal es el caso de la hidrólisis en fragmentos de la conectina, nebulina, α -actina, troponina t y troponina i, cuando se encuentran presentes en el músculo concentraciones de Ca^{2+} superiores a 0,1 mM [5, 12].

En las tilapias almacenadas a 27°C no se observó inicio de la resolución del estado de rigor como tampoco un índice de rigor de un 100%, tal vez por la imposibilidad de prolongar el tiempo de estudio bajo esta condición.

Cambios de pH

El valor de pH al momento de la captura fue de 6,48, luego tanto a 0°C como a 10°C se presenta una primera etapa caracterizada por la disminución del pH, siendo más acelerada en las tilapias almacenadas a 10°C que a 0°C, alcanzando un mínimo valor de pH de 6,31 el día 3 de almacenamiento en comparación con las almacenadas a 0°C que alcanzaron ese mismo valor el día 6, FIG. 2. De acuerdo con Curran y col. y, Rayder y col. [4, 13] el descenso en los valores de pH en el pescado recién sacrificado, es a consecuencia de la formación de ácido láctico como resultado de la glucólisis *post-mortem*.

En una segunda etapa se observa un incremento del pH, en las tres temperaturas de almacenamiento, siendo más violento a 27°C ya que a las 8 h, se obtuvieron valores de 6,53. Este incremento es el resultado de la formación de compuestos volátiles como el amoníaco y ciertas aminas producidas por vía autolítica y, por la acción bacteriana sobre aminoácidos libres (pH vs NBV-T, $r_{0^\circ\text{C}} = 0,98$; $r_{10^\circ\text{C}} = 0,96$).

Cambios en el Nitrógeno Básico Volátil Total (NBV-T)

El NBV-T tendió a incrementar durante el almacenamiento, FIG. 3; el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas ($P < 0,05$) en relación a los valores de NBV-T observados a 0°C y a 10°C, pero sí referente a los días de almacenamiento, lo que sugeriría que en el caso de la tilapia (*Oreochromis spp*) su almacenamiento a la temperatura de 0°C ó 10°C no es de relevancia al momento de conservar el pescado fresco, pero sí lo es el tiempo de guarda. Los valores de NBV-T variaron entre 21,54-27,51 mgN% en los ejemplares almacenadas por 21 días a 0°C y entre 21,54-24,64 mgN% en los almacenadas por 9 días a 10°C. En ninguna de las 2 condiciones se alcanzó el límite permitido en productos pesqueros de 30 mgN% [7]. En las tilapias a 27°C, sólo se efectuó la medición el día 0 debido a la imposibilidad de prolongar el tiempo de estudio.

Cambios en los compuestos de degradación del ATP

Durante la captura y en el período *post-mortem*, el ATP se descompone rápidamente, como consecuencia del agotamiento producto de las contracciones musculares intensas, lo que conduce a la formación de ADP, AMP e IMP. Producto de la degradación del IMP se forman INO e Hx. Dentro de una misma especie la determinación de las concentraciones de INO e Hx puede ser utilizada como un criterio objetivo de frescura; en el pescado muy fresco éstas serán bajas y aumentarán gradualmente a una velocidad que dependerá entre otros factores de la temperatura de almacenamiento [10].

La FIG. 4 muestra el cromatograma de una mezcla de los nucleótidos AMP, IMP, Hx e INO separados empleando la metodología descrita en la sección Materiales y Métodos. En la misma se puede apreciar la separación de estos analitos, utilizando un método cromatográfico isocrático. El tiempo de análisis fue de 16 min y el orden de elusión de la columna fue: IMP (3,24 min), Hx (4,47 min), AMP (5,86 min) e INO (15,25 min).

Las variaciones en las concentraciones de AMP, IMP, INO e Hx en el músculo dorsal de la tilapia, durante el almacenamiento, tuvieron un comportamiento similar e independiente de la temperatura pero, a 10°C tanto la acumulación de Hx como la hidrólisis de IMP fueron más rápidas ($P < 0,05$) que a 0°C, FIGS. 5 y 6. Desde el inicio del almacenamiento la concentración de IMP comenzó a disminuir con el concomitante aumento en el contenido de Hx ($r_{0^\circ\text{C}} = -0,92$; $r_{10^\circ\text{C}} = -0,86$), lo que permitió sugerir que esta especie es una posible formadora de Hx. Comportamientos similares han sido reportados en arenque, corégono y bagre de canal durante su almacenamiento refrigerado [2, 19].

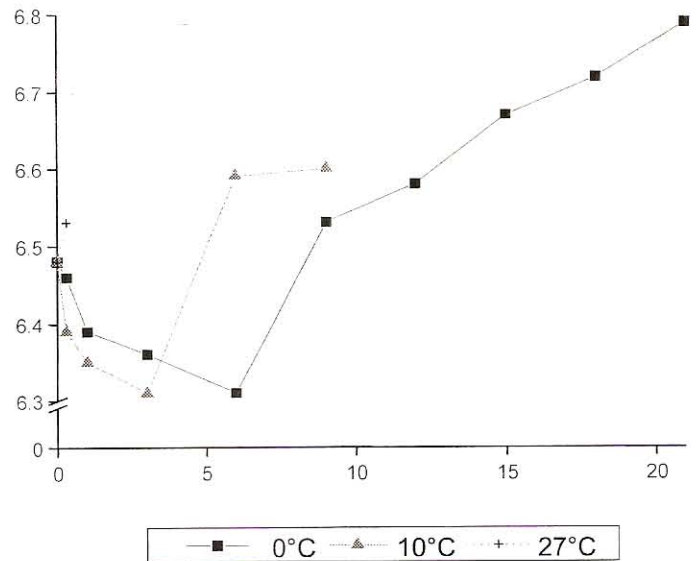


FIGURA 2. VALORES DE pH EN EL MÚSCULO DORSAL DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp.*) DURANTE SU ALMACENAMIENTO A 0°C Y 10°C.

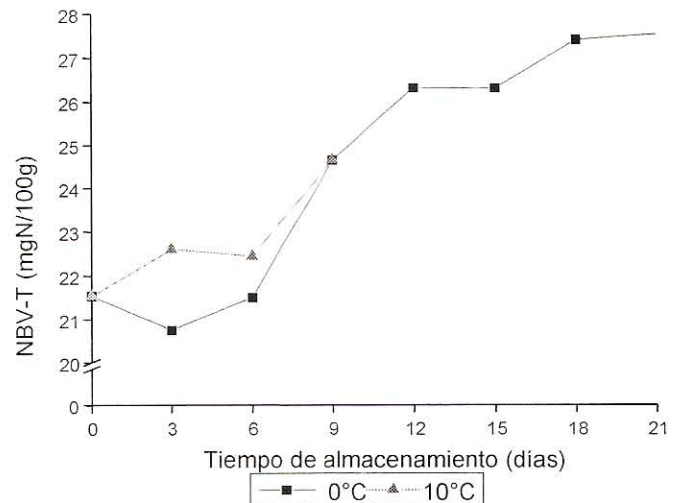


FIGURA 3. VALORES DE NITRÓGENO BÁSICO VOLÁTIL TOTAL (NBV-T) EN EL MÚSCULO DORSAL DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp.*) DURANTE SU ALMACENAMIENTO A 0°C Y 10°C.

Los niveles de INO en el músculo no incrementaron a expensas de la desaparición del IMP, ellos, al igual que los niveles de AMP, se mantuvieron constantes en ambas temperaturas, durante todo el período evaluado. Posiblemente la falta de correspondencia entre la disminución de la concentración muscular de IMP y el aumento en la concentración de INO se debe a que la velocidad de hidrólisis de INO a Hx es mayor que la velocidad de hidrólisis de IMP a Hx.

Cambios organolépticos

En el pescado después de su muerte, se suceden una serie de cambios autolíticos, oxidativos, microbianos que producen alteraciones en el olor, sabor, apariencia y textura del

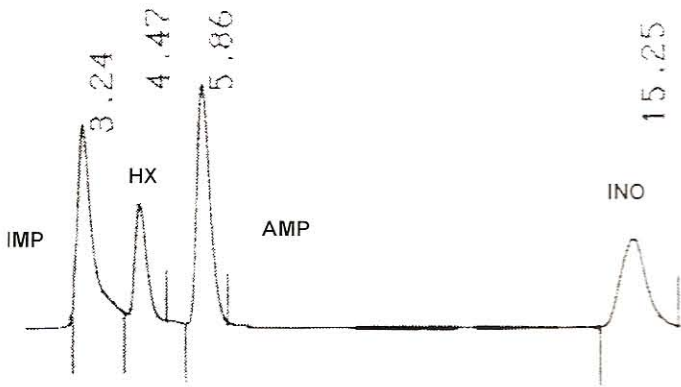


FIGURA 4. CROMATOGRAMA DE UNA MEZCLA DE ESTÁNDARES DE NUCLEÓTIDOS (AMP, IMP, HX, INO).

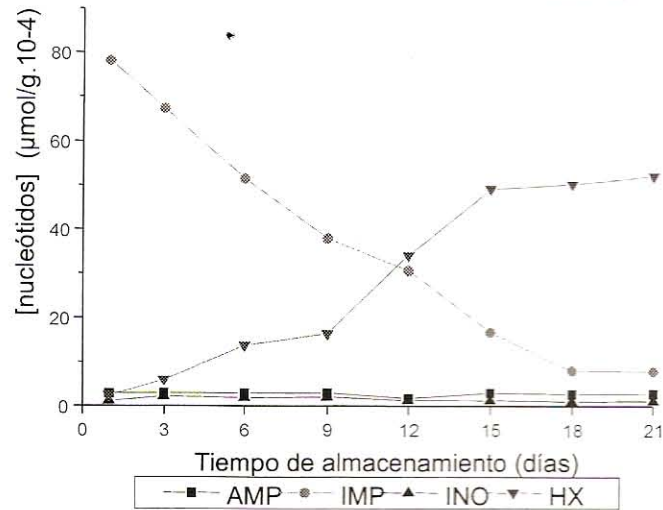


FIGURA 5. CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE NUCLEÓTIDOS EN EL MÚSCULO DORSAL DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp.*) DURANTE SU ALMACENAMIENTO A 0°C.

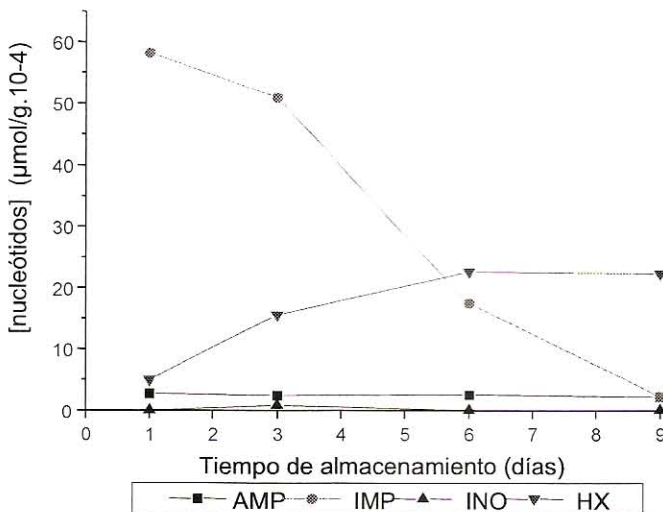


FIGURA 6. CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE NUCLEÓTIDOS EN EL MÚSCULO DORSAL DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp.*) DURANTE SU ALMACENAMIENTO A 10°C.

mismo, generándose pérdida de la calidad y rechazo por parte del consumidor. La refrigeración no detiene tales cambios sino que los atenúa en el tiempo, razón por la cual se recomienda hacer una evaluación organoléptica casi a diario para poder establecer, en qué punto el pescado comienza su deterioro y cuándo llega al límite del rechazo [15].

En las TABLAS II y III, se describen los cambios en las características sensoriales de las tilapias almacenadas a 0°C y a 10°C. En ambas condiciones, se presentan idénticos cambios sólo que éstos suceden antes en las tilapias a 10°C, estableciéndose los 21 días como límite de rechazo de las tilapias a 0°C y los 9 días a 10°C. No se realizó evaluación organoléptica a la temperatura de 27°C debido a la imposibilidad de prolongar el tiempo de estudio más allá del día 1 de almacenamiento.

Al relacionar el examen organoléptico con los valores de NBV-T y pH se encontró que al día 9 de almacenamiento en la condición de 0°C, comienzan a incrementar los valores de NBV-T (24,64 mg N%) y de pH (6,53), coincidiendo con el inicio de la pérdida de aceptabilidad organoléptica de la tilapia ($r = 0,89$) mientras que en la condición de 10°C, es en este mismo día en que se presentaron los valores más altos de NBV-T (24,64 mg N%) y de pH (6,60), correspondiendo con el final del período de aceptación organoléptica ($r=0,92$). Una vez más se pone de manifiesto que la determinación del NBV-T no es un buen indicador para estimar el grado de frescura del pescado en las primeras etapas de almacenamiento pues al inicio los valores son bajos y solo se elevan al llegar al límite del rechazo.

Si correlacionamos los cambios en las características organolépticas con los valores de IMP e Hx, se observa que el inicio de la pérdida de frescura (10-15 días en las tilapias a 0°C; 7-9 días en las tilapias a 10°C, se corresponde con los valores más bajos de IMP y más altos de Hx. La acumulación de IMP se asocia con la presencia de aromas y sabores agradables, mientras que la formación de Hx con sabores amargos [9].

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, se puede concluir que la temperatura de 0°C es ideal para el almacenamiento de la tilapia (*Oreochromis spp*) luego de su captura, garantizando una vida útil de 21 días, en comparación con las temperaturas de 10°C y 27°C en las que la vida útil de los ejemplares fue de 9 y 1 día, respectivamente.

La instauración del *rigor mortis* ocurrió más rápidamente en las tilapias almacenadas a 0°C que en aquéllas a 10°C y a 27°C, respectivamente, pero la velocidad en su resolución siguió un orden inverso.

El comienzo del período de *rigor mortis* se caracterizó por valores bajos de pH y de NBV-T mientras que altos en la concentración de IMP. Luego, al transcurrir el almacenamiento, los valores de pH y NBV-T se incrementaron significativa-

TABLA II
CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp*) ALMACENADA A 0°C

Categoría	Características
Muy Fresco (0-3 días)	<ul style="list-style-type: none"> • Branquias: Rojas, laminillas compactas y uniformes con olor a río. • Piel: Rosada, brillante, con escamas fuertemente adheridas. • Ojos: Salientes, pupilas negras con córneas transparentes. • Textura: Firme y elástica. • Órganos Internos: Marrones y distinguibles. • Músculo cocido: firme y elástico, blanco translúcido, con sabor agradable, olor a pescado fresco cocido.
Fresco (4-9 días)	<ul style="list-style-type: none"> • Branquias: laminillas separadas, olor neutro. • Piel: Pálida con cierta brillantez, escamas adheridas. • Ojos: Planos, pupilas y córneas opacas.
Alterado (10-15 días)	<ul style="list-style-type: none"> • Branquias: decoloradas. • Órganos Internos: poco distinguibles. • Músculo cocido: blanco opaco, insípido, pérdida de olor neutro.
Muy Alterado (16-21 días)	<ul style="list-style-type: none"> • Branquias: blancas, olor ácido. • Textura: blanda. • Órganos Internos: no distinguibles • Músculo cocido: macerado, olor amoniacal.
Límite de Rechazo	

TABLA III
CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp*) ALMACENADA A 10°C

Categoría	Características
Muy Fresco (0-3 días)	<ul style="list-style-type: none"> • Branquias: Rojas, laminillas compactas y uniformes con olor a río. • Piel: Rosada, brillante, con escamas fuertemente adheridas. • Ojos: Salientes, pupilas negras con córneas transparentes. • Textura: Firme y elástica. • Órganos Internos: Marrones y distinguibles. • Músculo cocido: fuerte y elástico, blanco translúcido, con sabor agradable, olor a pescado fresco cocido.
Fresco (4-6 días)	<ul style="list-style-type: none"> • Branquias: Rojas, laminillas separadas y pérdida de olor a río. • Piel: Pálida con cierta brillantez, con escamas adheridas. • Ojos: Planos, pupilas y córneas opacas. • Textura: No elástica. • Órganos Internos: Algo distinguibles. • Músculo cocido: blanco opaco, olor a huevo cocido.
Alterado (7-9 días)	<ul style="list-style-type: none"> • Branquias: blancas, olor ácido. • Textura: blanda. • Órganos Internos: no distinguibles • Músculo cocido: macerado, olor amoniacal.
Límite de Rechazo	

mente ocurriendo desaparición del IMP con un concomitante aumento de Hx, lo que permite catalogar a *Oreochromis spp* como formadora de este metabolito.

cavas con temperaturas de 0°C; esto con la finalidad de prolongar su tiempo de frescura y de vida útil.

RECOMENDACIONES

Almacenar las tilapias (*Oreochromis spp*) inmediatamente luego de su captura en cavas a temperaturas de 10°C y luego, al comenzar la resolución del *rigor mortis*, transferirlas a

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH), por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto N° 03-103840-97.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMIST (A.O.A.C.). **Official methods of analysis**. 15^{va} Edición. Washington, D.C. Estados Unidos. 1298 pp. 1990.
- [2] BEUCHAT, L. R. Hypoxanthine Measurement in Assessing Freshness of Chilled Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). **J. Agric Food Chem.** 21, 453. 1973
- [3] BITO, M.; YAMADA, K.; MIKUMO, Y.; AMANO, K. Studies on *rigor mortis* of Fish. Difference in the mode of *rigor mortis* among some varieties of fish by modified cutting methods. **Bull. Tokai Reg Fish. Res. Lab.** 51: 443-450. 1983.
- [4] CURRAN, C.A.; POULTEN, R.G.; BRUETON, A.; JONES, N.S.D. Cold shock reactions in iced tropical fish. **J. Food Technol.** 21: 289-299. 1986.
- [5] DÁVILA, M. Desarrollo del *rigor mortis* en híbridos de *Oreochromis spp* (Tilapia Rosada) almacenada a tres diferentes temperaturas. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. (Tesis de Grado). Caracas. 81 pp. 1996.
- [6] DURÁN, G. La Tilapia. **Ministerio de Agricultura y Cría**. Caracas: 12-30. 1995.
- [7] HUSS, H. El Pescado Fresco: su calidad y cambios de calidad. **Manual de capacitación**. FAO/DANINA. FAO. 202 pp. 1988.
- [8] IWAMOTO, M.; YAMANAKA, H.C.; WATABE, S.; HASHIMOTO, K. Effect of Storage Temperature of *rigor mortis* and ATP Degradation in Plaice (*Paralichthys olivaceus*) Muscle. **J. Food. Sci.** 52(6): 1514-1517. 1987.
- [9] JONES, R.; MURRAY, J.; LIVINGSTON, I; MURRAY, C. Rapid estimation of hypoxanthine concentrations as indices of the freshness of chill stored fish. **J. Sci. Fd. Agric.** 15: 763. 1964.
- [10] NUNES, M.L.; BATIPSTA, I.; MORAO DE CAMPOS, R. Physical, chemical and sensory analysis of sardine (*Sardina pilchardus*) stored in ice. **J. Sci. Food Agric.** 59: 37. 1992.
- [11] PEARSON, D. **The chemistry analysis of food**. Chemistry Pub. Co. IAC. New York. 464 pp. 1976.
- [12] PÉREZ, M. Efecto de la Temperatura de almacenamiento sobre los cambios Post-mortem en el músculo dorsal de híbridos de Cachama cultivados. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. (Tesis de Grado). Caracas. 100 pp. 1998.
- [13] RYDER, J.; FLETCHER, G.; STEC, M.G.; SEELYE, R. Sensory, Microbiological and Chemical changes in Hoki Stored in Ice. **International J. Food Sci. and Tech.** 28: 169-180. 1993.
- [14] STANSBY, M. Properties of fish oils and their applications to handling of fish and to nutritional and industrial use. En: **Chemistry and Biochemistry marine foods products**. AVI Publishing Company. Connecticut. pp 75-77. 1982.
- [15] TOMÉ, E.; KODAIRA, M.; CABRERA, A. Estabilidad de híbridos de bagre "*P. fasciatum* x *P. bloquii* y *P. fasciatum* x *P. perruno*" almacenados en hielo. **Acta Biológica Venezolánica**. 17(4): 47-55. 1997.
- [16] TOMÉ, E.; PÉREZ, M.; KODAIRA, M. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la degradación de nucleótidos y el índice de frescura (valor K) en la cachama (*Colossoma* sp.) cultivada. **Acuicultura** 99. Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, Venezuela. Tomo I: 482-492. 1999.
- [17] WATABE, S.; USHIO, H.; IWAMOTO, M.; YAMANAKA, H.; HASHIMOTO, K. Temperature Dependency of *Rigor mortis* of Fish Muscle: Myofibrillar Mg^{2+} -ATPase Activity and Ca^{2+} Uptake by Sarcoplasmic Reticulum. **J. Food Sci.** 54(5): 1107-1115. 1989a.
- [18] WATABE, S.; USHIO, H.; IWAMOTO, M.; KAMAL, M.; JOKA, H.; KANEISA, H. *Rigor mortis* progress of sardine and makarel in association with ATP degradation and lactate accumulation. **Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.** 55(10): 1833-1839. 1989b.
- [19] WORTHESSEN, J.; WALETZKO, R, BUSTA, E.F. High Pressure Liquid Chromatographic Determination of Hypoxanthine in Refrigerated Fish. **J. Agric. Food Chem.** 28: 1308-1309. 1980