

Vida de anaquel del músculo abductor de callo de hacha *Atrina maura* (Sowerby, 1835) almacenado a 4°C

María de la Cruz Paredes-Aguilar*, Etna Aída Peña-Ramos**, Lorena Olivia Noriega-Orozco*, Lizbeth Karina Rivero-Montes*, Olga Janeth Córdova-Murillo* & Mario Israel Rojo Amaya***

Resumen

Vida de anaquel del músculo abductor de callo de hacha *Atrina maura* (Sowerby, 1835) almacenado a 4°C. En este estudio se determinó la vida de anaquel del músculo abductor de callo de hacha (*Atrina maura*) fresco, almacenado bajo refrigeración a 4°C, el cual fue extraído de la zona costera Punta el Águila perteneciente al Municipio de Hermosillo, Sonora, México. Las muestras de callo de hacha se empacaron en bolsas plásticas, se cerraron herméticamente y se almacenaron en refrigeración a 4°C. Durante 16 días, se midieron los parámetros fisicoquímicos de pH, actividad de agua, humedad, nitrógeno volátil total, color y textura; se evaluó la presencia de bacterias psicrófilas, psicrotróficas, mesófilas aerobias, bacterias productoras de ácido sulfhídrico, coliformes totales y coliformes fecales en diferentes intervalos de tiempo. Los resultados mostraron que el desarrollo de las bacterias productoras de ácido sulfhídrico, el pH y la textura influyeron significativamente en la pérdida de calidad del músculo de callo de hacha, siendo determinantes para establecer una vida de anaquel de 12 días para este producto durante su almacenamiento en refrigeración a 4°C, tiempo en el cual se alcanzaron los valores límites considerados como aceptables para este tipo de producto fresco.

Palabras clave: *Atrina maura*, callo de hacha, músculo abductor, vida de anaquel, calidad, refrigeración.

Abstract

Shelf life of the adductor muscle of scallops *Atrina maura* (Sowerby, 1835) stored at 4°C. In this study we determined the shelf life of the adductor muscle of scallops (*Atrina maura*) fresh, stored under refrigeration at 4°C, which was extracted from the Eagle Point coastal area in the municipality of Hermosillo, Sonora, Mexico. The scallops samples were packed in plastic bags, were sealed and stored under refrigerated at 4°C. For 16 days, the physicochemical parameters of pH, water activity, moisture, total volatile nitrogen, color and texture were measured; the presence of psychrophilic, psychrotrophic, mesophilic aerobic, bacteria producing hydrogen sulfide, total coliforms and fecal coliforms in different time intervals was evaluated. The results showed that the development of bacteria producing hydrogen sulfide, pH and texture significantly influenced the quality loss of scallops, being crucial to establish a shelf life of 12 days for this product during refrigerated storage at 4°C, at which time values were reached limits considered acceptable for this type of fresh product.

Key words: *Atrina maura*, scallops, adductor muscle, shelf life, quality, cooling.

* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo - Coordinación Regional Guaymas. Carretera al Varadero Nacional km 6.6, Col. Las Playitas, Guaymas, Sonora, México, 85480.

Correo electrónico: mparedes@ciad.mx

** Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo - Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Animal. Carretera a la Victoria km 0.6, Hermosillo, Sonora, México, 83304.

*** Comunidad y Biodiversidad, A. C. Calle Isla del Peruano 215, Col. Lomas de Miramar, Guaymas, Sonora, México, 85448.

Introducción

En las costas de México, las especies de moluscos bivalvos conocidos comúnmente como "callo de hacha" se agrupan dentro de los géneros *Atrina* y *Pinna*, entre los cuales se pueden encontrar cinco especies: *Atrina maura* Sowerby, 1835, *Atrina tuberculosa* Sowerby, 1835, *Pinna rugosa* Sowerby, 1835, *Atrina oldroydii* Dall, 1901, y *Atrina texta* Hertlein, Hanna & Strong, 1943, que son muy apreciadas por su tamaño y delicado sabor (Serrano-Guzmán 2004, Moreno *et al.* 2005, Morán-Angulo & Valdez-Pineda 2009). La explotación de callo de hacha en México, se ha intensificado en los últimos 10 años debido a su gran demanda y valor comercial en el mercado nacional (Moreno *et al.* 2005). En el 2012, el volumen de captura de este recurso fue de aproximadamente 322 toneladas de parte comestible, lo cual representó para esta pesquería un valor de casi 24 millones de pesos, concentrándose la mayor extracción en el litoral del Océano Pacífico, donde Sonora fue uno de los principales estados que explotaron este recurso, con aproximadamente el 66% de la captura nacional (Anónimo 2014), región donde principalmente se extrae mayor cantidad de la especie *Atrina maura* (Serrano-Guzmán 2004). En general, la calidad de este tipo de productos depende entre otras cosas del medio ambiente, la temperatura del agua, zona de captura y el manejo posterior a la captura (Broekaert *et al.* 2011), la cual se determina mediante métodos químicos, físicos, microbiológicos y sensoriales, ya que ningún método aislado es suficiente para evaluar la pérdida de frescura y el deterioro microbiano de los productos marinos (Massa 2006). La pérdida de calidad está asociada a diferentes factores o cambios bioquímicos que se presentan en el animal una vez muerto, los cuales son ocasionados por enzimas propias de la especie y/o por enzimas secretadas por bacterias que deterioran el músculo del animal (Ocaño-Higuera *et al.* 2001, Koutsoumanis *et al.* 2002, Broekaert *et al.* 2011). Las condiciones de manejo (principalmente temperatura) juegan un papel muy importante en el tiempo de vida útil de los productos marinos; sin embargo, se carece de información sobre este molusco bivalvo en lo

referente a calidad y manejo después de la captura, información que sería importante para la seguridad del consumidor y para la comercialización de este producto; por lo que el objetivo de este estudio, fue determinar la vida de anaquel de callo de hacha *Atrina maura* almacenado a 4°C, en base a la variación de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Material y Métodos

Muestreo

La especie de callo de hacha utilizada en este estudio fue *Atrina maura*, obtenida bajo las mismas condiciones en que es realizada esta pesquería. Las muestras fueron extraídas por buzos comerciales entre las 9:30 y 14:00 horas del 12 de junio del 2012 en la zona costera Punta el Águila en el Golfo de California, perteneciente al Municipio de Hermosillo, Sonora, México, ubicada geográficamente a 28°37'00" N, 108°38'00" W. Las actividades de desconchado, limpieza y obtención del músculo fueron realizadas en altamar por personal del equipo de pesca, como rutinariamente las realizan para su venta comercial. El producto a granel (músculo abductor) fue recibido dentro de bolsas de polietileno en la playa de Punta Chueca (29°00'52"N, 112°09'42"W) a las 14:30 horas a una temperatura promedio de 30°C, la cual fue medida en el centro del músculo de 10 piezas de callo con un termómetro digital tipo aguja calibrado. Inmediatamente después, la muestra fue empacada en bolsas plásticas estériles (whirl pak-Nasco), las cuales se cerraron de forma hermética y se sometieron rápidamente a enfriamiento dentro de hieleras con suficientes bolsas de hielo purificado y bloques de geles congelados. Durante el transporte de la muestra al laboratorio del CIAD, se mantuvo la cadena de frío y se realizaron mediciones continuas de la temperatura del producto, lográndose llegar a los 4°C en aproximadamente 3.5 horas. Inmediatamente después de recibido el producto, se procedió bajo condiciones de higiene y sanidad a re-empacar el producto, formando por duplicado las unidades analíticas (20 piezas de callo) en bolsas plásticas estériles (whirl pak-Nasco),

las cuales se cerraron herméticamente y se almacenaron inmediatamente en un refrigerador American RC0604 controlado a 4°C, monitoreado constantemente con un termómetro calibrado. Los muestreos analíticos fueron ajustados a uno, tres, cinco, seis, siete, ocho, 10, 12, 14 y 16 días en base a los resultados que se iban obteniendo, buscando realizar al menos 10 mediciones analíticas antes de que se cumpliera la vida útil del producto.

Cuenta total de bacterias aerobias

Las bacterias psicrófilas, psicotróficas, mesofílicas, y productoras de ácido sulfhídrico (H₂S) fueron cuantificadas mediante el método de vaciado en placa, y expresadas como unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g). Los medios de cultivo inoculados y las condiciones de incubación fueron establecidos en base a los requerimientos de cada tipo de bacteria. La cuenta total de bacterias psicrófilas y mesofílicas fue obtenida por el método de prueba establecido en la normatividad mexicana (NOM-092-SSA1-1994) de la SSA (Anónimo 1995), inoculándose por duplicado diluciones decimales en placas petri. La incubación fue de 48 horas a 35±2°C para las bacterias mesofílicas y de siete días a 5±2°C para las bacterias psicrófilas. Las bacterias psicotróficas fueron cuantificadas en agar Long & Hammer (LH), a partir de la inoculación por duplicado de las diluciones decimales; las placas correspondientes fueron incubadas a 20±2°C durante cuatro días (Normark *et al.* 2008). El conteo total de las bacterias productoras de H₂S se realizó inoculando una serie de placas conteniendo agar peptona hierro (PIA), las cuales fueron incubadas a 20±2°C por cuatro días. Las colonias productoras de ácido sulfhídrico fueron identificadas por la presencia de una coloración negra debida a la precipitación del sulfuro de hierro (Massa 2006).

Coliformes totales y fecales

Las bacterias coliformes fueron cuantificadas en base al método del Manual Analítico Bacteriológico de la FDA (Feng *et al.* 2010). Se prepararon diluciones decimales en buffer de fosfatos y de cada una de ellas se inocularon series de tres tubos de caldo lauril sulfato

(CLS), las cuales se incubaron a 35±2°C por 48 horas. La confirmación de los coliformes totales se realizó en tubos con caldo verde brillante incubados a 35±2°C por 48 horas. Para los coliformes fecales, se inocularon tubos con caldo EC, los cuales fueron incubados en baño de agua a 44.5°C por 48 horas. Los resultados fueron expresados como el número más probable por gramo de alimento (NMP/g).

pH

Los valores de pH fueron obtenidos por medición directa en el músculo de callo de hacha previamente homogenizado en agua destilada (relación 1:1). Las mediciones se realizaron por triplicado para cada muestra, de acuerdo a la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009 de la Secretaría de Salud (Anónimo 2011), expresándose el resultado como el promedio de los valores obtenidos en las tres lecturas (± desviación estándar).

% de Humedad

Para determinar la pérdida de peso o pérdida de agua, la muestra de callo de hacha previamente pesada, fue sometida a evaporación por calor en una estufa de secado a 100-105°C durante cuatro horas, según lo establecido en el método de prueba descrito en el AOAC (2005). El resultado se reportó como el porcentaje (%) de humedad (± desviación estándar) de los valores promedio obtenidos en tres muestras analíticas.

Actividad de agua (Aw)

La determinación se realizó por lectura directa en un equipo Aqualab Serie 3, Water Activity Meter. Las mediciones se realizaron en porciones delgadas de la muestra, las cuales cubrieron completamente el fondo del platillo contenedor, según lo indicado en el Manual de Aqualab (2009). Se reportó el valor promedio obtenido a partir de las tres mediciones realizadas (± desviación estándar).

Nitrógeno volátil total (NVT)

El contenido de NVT (mg/100g ± desviación estándar), fue determinado mediante destilación (duplicado de muestras analíticas), siguiendo la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009 de la SSA (Anónimo 2011).

Textura

La textura se determinó instrumentalmente por medio de una prueba de compresión del 90%; se utilizó un texturómetro TA.XT PLUS modelo 1132, dotado de un aditamento de 5 mm stainless steel P/5S. Se midieron 10 unidades experimentales por cada tiempo de muestreo, las cuales se cortaron a una dimensión de 2x2x1 cm antes de realizar la penetración en forma paralela a la fibra muscular. Los valores obtenidos fueron reportados en KgF con su correspondiente desviación estándar (Ocaño-Higuera 1999).

Color

Se determinó mediante colorimetría tri-estímulo empleando un espectro-colorímetro Konica Minolta Lab., en el cual se registraron los parámetros de L* (luminosidad), a* (-a: tonos verdes, +a: tonos rojos) y b* (-b: tonos azules, +b: tonos amarillos). Durante las mediciones, el objetivo del equipo se colocó en la parte más ancha y más delgada de ambos lados de las piezas de callo, por lo cual se obtuvieron cuatro medidas repetidas en cada unidad experimental por tiempo de almacenamiento, reportándose el promedio de estas mediciones y su error estándar (Ocaño-Higuera 1999).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de una sola vía, donde el parámetro de variación fueron los días de almacenamiento, con un nivel de significancia al 0.05. Los datos de textura y color fueron analizados con el programa de NCSS y el resto de los análisis con el programa JMP, versión 9.02, del paquete estadístico SAS 2010. Para aquellos parámetros donde se detectaron diferencias significativas por el tiempo de almacenamiento, se realizó además una prueba de comparación de medias (Tukey) al mismo nivel de significancia.

Resultados

Crecimiento bacteriano

Los resultados obtenidos para la cuenta total de bacterias aerobias, se muestran en la Figura 1. La población inicial de bacterias psicrófilas aerobias fue de 1.3 log (20 UFC/g), las cuales fueron aumentando paulatinamente hasta alcanzar una carga bacteriana de 5.6 log (4.2x10⁵ UFC/g) el día 16, sin embargo las concentraciones bacterianas no fueron significativamente diferentes (p<0.05) entre los días 5-6, 7-8, 10 y 12. Las bacterias psicotróficas y mesofílicas aerobias fueron las más

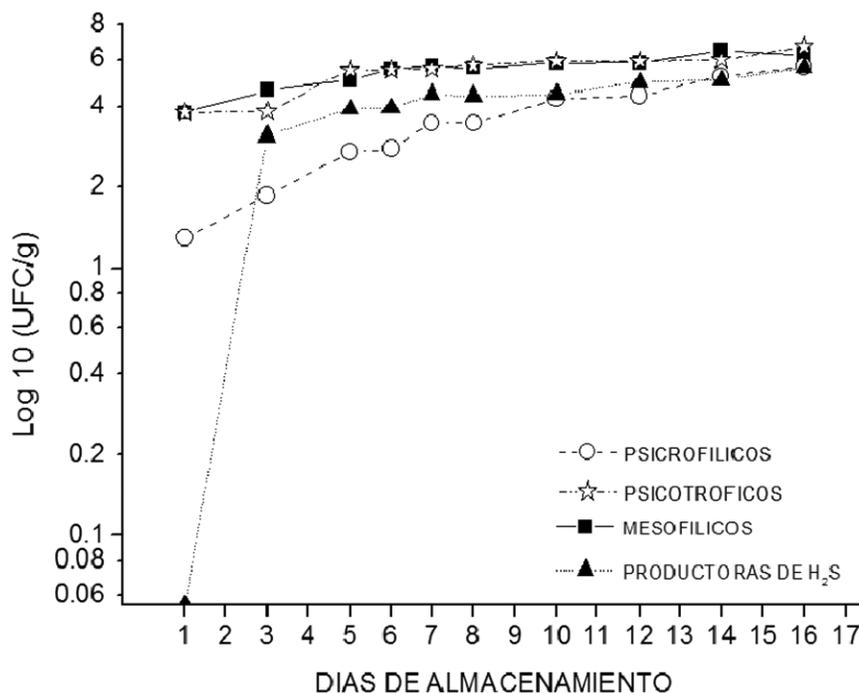


Figura 1. Cuenta total de bacterias aerobias durante la vida de anaquel del músculo abductor de callo de hacha (*Atrina maura*) almacenado a 4°C.

abundantes durante el periodo de almacenamiento, alcanzando concentraciones superiores a los 6 ciclos logarítmicos al final del estudio. El contenido de bacterias psicotróficas se mantuvo constante hasta el día tres (3.8 log), aumentando significativamente ($p < 0.05$) a 5.48 log (3×10^5 UFC/g) el día cinco y posteriormente el día ocho (5.7 log) hasta alcanzar una concentración de 5.2×10^6 UFC/g al final del almacenamiento (día 16). Las bacterias mesofílicas iniciaron con una carga logarítmica de 3.79 (6.2×10^3 UFC/g), la cual fue aumentando significativamente ($p < 0.05$) hasta el día siete (5.67 log), manteniéndose constante al día ocho y alcanzando para el día 10 y 12 una población de 5.8 log, presentando finalmente un aumento significativo ($p < 0.05$) al día 16 (1.8×10^6 UFC/g).

Las bacterias productoras de H_2S fueron aumentando significativamente ($p < 0.05$) durante el periodo de almacenamiento, siendo detectadas a partir del tercer día (1.3×10^3 UFC/g), manteniendo un ritmo de crecimiento relativamente lento hasta el décimo día, ya que para el día 12 alcanzaron una población bacteriana de 8.3×10^4 UFC/g (4.92 log), la cual aumentó significativamente ($p < 0.05$) a 5.58 log (3.8×10^5 UFC/g) al final del estudio (Fig. 1).

En la Tabla I se presentan los resultados correspondientes a las bacterias coliformes, en la cual se puede observar que los coliformes totales fueron detectados hasta el sexto día de estudio (9.2 NMP/g), cuantificándose la máxima concentración (460 NMP/g) de este grupo de bacterias el día 14, con diferencias significativas ($p < 0.05$) variables durante los 16 días de almacenamiento a 4°C , periodo en el cual los coliformes fecales no fueron detectados (< 3 NMP/g).

Parámetros fisicoquímicos

El pH del callo de hacha fue disminuyendo con respecto al tiempo, ya que al inicio del estudio el valor era de 6.54 ± 0.02 , descendiendo significativamente ($p < 0.05$) a 5.88 ± 0.01 el día tres, manteniéndose constante hasta el sexto día, para posteriormente disminuir hasta un valor de 5.72 ± 0.01 el último día de almacenamiento, periodo en el cual los valores

Tabla I. Niveles detectados de coliformes totales y fecales en músculo de callo de hacha (*Atrina maura*) durante su almacenamiento a 4°C .

Día	Coliformes (NMP/g)	
	Totales	Fecales
1	$< 3.0^a$	< 3.0
3	$< 3.0^a$	< 3.0
5	$< 3.0^a$	< 3.0
6	9.2^b	< 3.0
7	23.0^c	< 3.0
8	7.4^b	< 3.0
10	9.4^b	< 3.0
12	23.0^c	< 3.0
14	460.0^d	< 3.0
16	75.0^e	< 3.0

< 3 = Valor no detectable de la bacteria

Valores de una misma columna con subíndices distintos, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Contrariamente, el NVT fue aumentando conforme transcurrieron los días de almacenamiento, ya que al inicio del estudio se detectó una cantidad muy baja (5.70 ± 0.07 mg/100g), la cual aumentó significativamente ($p < 0.05$) a partir del día cinco (14.26 ± 0.59 mg/100g), para finalmente obtenerse un contenido de bases volátiles de 37.86 ± 1.79 mg/100g el día 16, sin cambios significativos ($p < 0.05$) a partir del día 12 (Tabla II).

Al inicio del estudio, la humedad en el callo de hacha fue de $69.98 \pm 0.2\%$, presentándose cambios significativos ($p < 0.05$) el día cinco (menor contenido de humedad) con respecto a los días siete, ocho y 14, que fueron los días en que se obtuvieron los máximos valores para este parámetro, obteniéndose al final del estudio un contenido de humedad de $69.90 \pm 0.38\%$ (día 16); mientras que los valores de A_w se mantuvieron sin cambios significativos ($p < 0.05$) durante todo el periodo de estudio (Tabla II).

Durante los primeros días de almacenamiento no se registraron diferencias en la textura (441.30-429.17 g-F) del músculo abductor de *Atrina maura*, y aun cuando se presentó un ligero descenso al día ocho (377.87 ± 26.8 g-F), este no fue estadísticamente significativo

Tabla II. Mediciones (medias \pm desviación estándar) fisicoquímicas realizadas en músculo de callo de hacha (*Atrina maura*) almacenado a 4°C.

Día	pH	NVT (mg/100g)	Humedad (%)	Aw (mg/100g)	Textura (KgF)
1	6.54 \pm 0.02 ^a	5.70 \pm 0.07 ^f	69.98 \pm 0.20 ^{abc}	0.986 \pm 0.00	0.441 \pm 0.032 ^d
3	5.88 \pm 0.01 ^b	6.50 \pm 0.40 ^f	70.17 \pm 0.34 ^{abc}	0.985 \pm 0.00	0.432 \pm 0.022 ^{cd}
5	5.88 \pm 0.01 ^b	14.26 \pm 0.59 ^e	69.72 \pm 0.11 ^c	0.985 \pm 0.00	N.D.
6	5.86 \pm 0.01 ^b	19.58 \pm 0.81 ^d	70.07 \pm 0.27 ^{abc}	0.986 \pm 0.00	0.414 \pm 0.037 ^{bcd}
7	5.79 \pm 0.01 ^{de}	22.13 \pm 0.74 ^{cd}	70.61 \pm 0.37 ^{ab}	0.985 \pm 0.00	0.429 \pm 0.029 ^{cd}
8	5.82 \pm 0.01 ^c	24.63 \pm 0.69 ^{bc}	70.55 \pm 0.18 ^{ab}	0.985 \pm 0.00	0.378 \pm 0.026 ^{bcd}
10	5.76 \pm 0.01 ^e	27.33 \pm 0.72 ^b	70.43 \pm 0.07 ^{abc}	0.986 \pm 0.00	0.309 \pm 0.017 ^{ab}
12	5.82 \pm 0.01 ^c	34.87 \pm 1.10 ^a	70.10 \pm 0.11 ^{abc}	0.985 \pm 0.00	0.256 \pm 0.015 ^a
14	5.80 \pm 0.01 ^{cd}	35.90 \pm 2.54 ^a	70.64 \pm 0.27 ^a	0.985 \pm 0.00	0.301 \pm 0.018 ^{ab}
16	5.72 \pm 0.01 ^f	37.86 \pm 1.79 ^a	69.90 \pm 0.38 ^{bc}	0.985 \pm 0.00	0.320 \pm 0.015 ^{abc}

Medias (\pm desviación estándar) de una misma columna no relacionados con el mismo subíndice, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). N.D. No determinado

($p < 0.05$). Sin embargo a partir del día 10, los valores de textura (309.20 \pm 17.82 g-F) fueron significativamente más bajos ($p < 0.05$) y se mantuvieron así hasta el final del estudio (Tabla II).

En la Tabla III, se presentan los resultados obtenidos para los diferentes parámetros de color, observándose que la luminosidad (L^*) del producto se mantuvo constante y sin cambios significativos ($p > 0.05$) durante el tiempo de almacenamiento. Al inicio del estudio el valor a^* fue positivo, lo cual indicaba una tonalidad ligeramente rosada y al tercer día los valores disminuyeron significativamente

($p < 0.05$) y se mantuvieron estadísticamente similares ($p > 0.05$) durante el resto del período de almacenamiento. Los cambios en el valor b^* indicaron un incremento de las tonalidades amarillosas en los primeros seis días de almacenamiento, sin embargo, debido a la variabilidad detectada entre las muestras, estos cambios solo resultaron estadísticamente significativos ($p > 0.05$) hasta el día tres, siendo estas muestras menos amarillosas.

Discusión

Actualmente en México, los productos marinos (incluyendo los moluscos bivalvos) están regulados por la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, dentro de la cual ya no se establece una especificación para la cuenta total de bacterias aerobias en este tipo de productos; sin embargo, algunos autores hacen referencia a diferentes normas o directrices internacionales, las cuales establecen un límite permitido de bacterias psicotróficas y mesofílicas de seis ciclos logarítmicos (10⁶ UFC/g) en productos de la pesca frescos para consumo humano, ya que a partir de cuentas bacterianas de 10⁷-10⁸ UFC/g el producto presenta un deterioro general que es detectable sensorialmente (Massa 2006, Broekaert *et al.* 2011). En base a lo anterior, se decidió establecer este límite como criterio para el corte de la vida de anaquel del callo de hacha en relación a las bacterias aerobias cuantificadas

Tabla III. Valores promedio (\pm error estándar) de los parámetros de color obtenidos para callo de hacha (*Atrina maura*) almacenado a 4°C.

Día	Valor L^*	Valor a^*	Valor b^*
1	59.45 \pm 0.67 ^a	0.047 \pm 0.10 ^a	2.69 \pm 0.34
3	60.12 \pm 0.63 ^a	-1.060 \pm 0.11 ^b	2.22 \pm 0.38 ^a
5	58.61 \pm 0.80 ^a	-0.711 \pm 0.12 ^b	3.38 \pm 0.44
6	60.54 \pm 1.54 ^a	-0.989 \pm 0.16 ^b	4.26 \pm 0.49
7	59.66 \pm 0.52 ^a	-1.060 \pm 0.17 ^b	3.40 \pm 0.53
8	58.99 \pm 0.66 ^a	-0.982 \pm 0.21 ^b	3.29 \pm 0.59
10	60.29 \pm 0.55 ^a	-1.220 \pm 0.15 ^b	4.15 \pm 0.43
12	60.07 \pm 0.53 ^a	-1.200 \pm 0.14 ^b	3.39 \pm 0.57
14	60.28 \pm 0.51 ^a	-1.097 \pm 0.11 ^b	3.97 \pm 0.41
16	60.77 \pm 0.93 ^a	-0.749 \pm 0.19 ^b	4.45 \pm 0.39 ^b

Medias (\pm error estándar) de una misma columna con literales distintos, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

en este estudio. Se puede deducir que las bacterias mesofílicas alcanzaron este límite crítico a los 13 días de almacenamiento (fecha no monitoreada), ya que el día 12 se obtuvo una cuenta logarítmica de 5.8 y para el día 14 la población de estas bacterias, así como la de las bacterias psicotróficas fue superior a los seis ciclos logarítmicos (Fig. 1), límite que no fue sobrepasado por las bacterias psicofílicas, ya que al final del estudio (día 16) la población logarítmica fue de 5.62.

Las bacterias productoras de H_2S se asocian principalmente con el deterioro de productos marinos, ya que producen además otros compuestos volátiles (trimetilamina, amonio, aldehídos y cetonas) que contribuyen a la formación de sabores y olores desagradables (Broekaert *et al.* 2011). Cuando las concentraciones de estas bacterias son superiores a 10^5 UFC/g (5 log), este deterioro se hace notorio y no es recomendable el consumo de estos productos (Massa 2006). Tomando en cuenta esta consideración y en base a que para este tipo de bacterias no existe una especificación oficial, se estableció el valor anterior como límite máximo permisible para este estudio, el cual se puede deducir que se alcanzó prácticamente el día 13 (fecha no monitoreada), ya que para el día 12 la concentración de bacterias productoras de H_2S fue de 4.92 log, y para el día 14 la población (5.02 log) apenas fue superior a los 5 ciclos logarítmicos establecidos como límite. Estudios realizados en diferentes productos marinos almacenadas en hielo, han reportado una vida de anaquel más corta en comparación con la establecida en este estudio para el callo de hacha *Atrina maura* (13 días) en relación con este tipo de bacterias, ya que en el músculo abductor de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*) los valores de 10^5 UFC/g se alcanzaron a los siete días de almacenamiento a 2-4°C, a los seis y ocho días respectivamente para filete de lenguado (*Paralichthys patagonicus*) y para músculo de corvina rubia almacenados de 0-4°C (Massa 2006); así como de siete días para filetes de lubina cultivada (*Dicentrarchus labrax*) almacenada en hielo a 2±2°C (Taliadourou *et al.* 2003).

Los coliformes, son el grupo de bacterias más ampliamente utilizado como indicador de prácticas de higiene inadecuadas en el manejo de alimentos (Feng *et al.* 2010). En México, la Secretaría de Salud, a través de la NOM-242-SSA1-2009 (Anónimo 2011) establece que los moluscos bivalvos frescos, refrigerados y congelados tienen que cumplir con ciertas especificaciones sanitarias, y en lo que se refiere a coliformes fecales, el límite máximo permisible es de 230 NMP/100 g (equivalente a 2.3 NMP/g) en su parte comestible, en base a lo cual se puede establecer que durante el periodo de almacenamiento, el callo de hacha cumplió con esta especificación, ya que no fue detectada su presencia; sin embargo, no se tiene establecido un límite máximo permisible para los coliformes totales, los cuales fueron cuantificados a partir del sexto día (9.2 NMP/g).

El pH es un indicador de la calidad de los productos marinos, ya que está asociado a los cambios bioquímicos postmortem y su monitoreo es de suma importancia para la estabilidad, sabor, color y textura de los productos marinos (Cabello *et al.* 2009). Para moluscos bivalvos, la norma anterior establece un rango de pH de 6.0-6.5 en la parte comestible, por lo que los resultados obtenidos en este estudio indican que solo el primer día (6.54 ± 0.02) el producto estuvo dentro de las especificaciones establecidas para este parámetro, ya que a partir del tercer día los valores de pH estuvieron por debajo de 6.0. La caída en los valores de pH de *Atrina maura* durante el periodo de almacenamiento, hace suponer que al iniciar el estudio el producto aún se encontraba en el proceso de rigor; por lo que este descenso, asociado a la formación de ácido láctico pudo ayudar a retardar el crecimiento bacteriano durante los primeros días de almacenamiento. A medida que desciende el pH, se favorece la desnaturalización de proteínas, la pérdida de textura y la disminución en la capacidad de retención de agua como consecuencia del inicio de la degradación muscular provocada por la formación de ácido láctico y de la activación-liberación de enzimas (Ocaño-Higuera *et al.* 2001); sin embargo en este estudio no se afectó significativamente el contenido de

humedad del callo de hacha y la pérdida de textura solo fue significativa a partir del día 10 del periodo de almacenamiento.

El NVT o bases volátiles totales están compuestas en su mayoría por amoníaco, trimetilamina, dimetilamina y monoametilamina, las cuales se encuentran en la fracción amina del molusco (nitrógeno no proteico) y son el resultado de la descarboxilación bacteriana de los aminoácidos, por lo cual se les asocia con el deterioro de los productos marinos (Ocaño-Higuera *et al.* 2001, Cao *et al.* 2009). En el presente estudio se pudo observar esta asociación para *Atrina maura*, ya que el contenido de NVT y de las bacterias aerobias fue aumentando durante el almacenamiento. En la actualidad, las referencias nacionales e internacionales establecen un límite de aceptabilidad de 35 mg/100g de NVT en el músculo de pescado (Taliadourou *et al.* 2003, Anónimo 2011), pero no se cuenta con una especificación oficial para moluscos bivalvos. Los resultados obtenidos para el callo de hacha indican que durante los primeros 12 días de almacenamiento, los valores de NVT (5.70-34.87 mg/100g) estuvieron por debajo de ese límite permisible, ya que para el día 14 la bases volátiles aumentaron a 35.90 ± 2.54 mg/100g, valor muy semejante (35.34 ± 0.64 mg/100g) al obtenido por Cao *et al.* (2009) en ostión *Crassostrea gigas* a ese mismo tiempo de almacenamiento pero a 5°C. Ocaño-Higuera *et al.* (2006) y Pacheco-Aguilar *et al.* (2008) reportaron valores menores de NVT en almeja catarina (21.4 mg/100g) y en almeja mano de león (30.7 mg/100g) respectivamente a los 15 días de almacenamiento, sin embargo estos productos fueron almacenados en hielo a 0°C. En comparación con otras especies de pescados y mariscos, los bajos niveles de NVT que se han encontrado en los moluscos bivalvos, se han atribuido a que estos productos presentan mayor contenido de carbohidratos (glicógeno) que de nitrógeno total (Cao *et al.* 2009).

La textura muscular de los organismos marinos (principalmente los de alto valor comercial) es un importante atributo de calidad, que se ve influenciada, entre otras cosas, por el manejo al que son sometidos

los productos una vez capturados (Massa 2006). En general, la literatura ha reportado que los productos pesqueros pierden textura durante su almacenamiento (Pacheco-Aguilar *et al.* 2008), lo cual sucedió en este estudio a partir del día 10 en el músculo abductor de *Atrina maura*. Sin embargo, en almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) y en almeja catarina (*A. ventricosus*) almacenadas a 0°C, no se encontraron diferencias significativas en la textura de su músculo abductor (Ocaño-Higuera *et al.* 2001) durante 15 días de estudio. Por su parte, Massa (2006) reportó un aumento en la firmeza del músculo abductor de vieira patagónica (*Zygochlamys patagónica*) durante el primer día de almacenamiento a 2-4°C, lo cual relacionó con el desarrollo y resolución del *rigor mortis*, ya que posteriormente se presentó un descenso significativo que se mantuvo sin grandes variaciones por el resto de los nueve días que estuvieron almacenadas.

Cabello *et al.* (2009) indicaron que la pérdida de color refleja la pérdida de frescura en los moluscos, sin embargo en *Atrina maura* solo se detectaron ligeros cambios de color, los cuales provocaron que el músculo tomara una coloración menos rosácea y se intensificaran un poco las tonalidades amarillosas a partir del tercer día de almacenamiento. Para otros moluscos bivalvos, como almeja catarina (*A. ventricosus*) y almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*), no se encontraron diferencias significativas en el color del músculo abductor de estas especies durante los 15 días que se mantuvieron almacenadas a 0°C (Ocaño-Higuera *et al.* 2006; Pacheco-Aguilar *et al.* 2008).

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en este estudio con respecto a la calidad microbiológica, la humedad, aw, NVT, textura y color, la vida útil del callo de hacha *Atrina maura* podría establecerse hasta los 12 días de almacenamiento a 4°C; sin embargo, debido a que no se realizaron pruebas sensoriales, no es posible inferir si estos cambios pudieran ser percibidos y/o causar el rechazo por parte del consumidor. Dado que este tipo de productos son considerados como altamente perecederos, es

muy importante manejarlos adecuadamente para alargar su vida útil comestible. Es por ello que la adecuada limpieza del producto, el manejo higiénico, el inmediato enhielado después de la captura y el mantener o preservar la cadena de frío hasta su consumo, son condiciones muy importantes y determinantes en la calidad final del músculo abductor del callo de hacha, ya que estas buenas prácticas ayudan a retardar los procesos autolíticos y microbiológicos implicados en el deterioro muscular. Así mismo, es importante resaltar que los moluscos bivalvos, en comparación con otras especies marinas, son considerados como especies de un mayor contenido de carbohidratos (glucógeno), lo cual favorece el proceso de glicólisis una vez que el animal ha sido sacrificado y ayuda a retardar el crecimiento bacteriano bajo condiciones óptimas de manejo.

Agradecimientos

A la Comunidad y Biodiversidad, A.C., ya que este proyecto se ejecutó bajo su patrocinio y soporte. A Dalila García Sotelo, Ricardo Meléndrez y Elsa López Álvarez, del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Coordinación Guaymas, por su apoyo en la logística y obtención de las muestras utilizadas en el presente estudio.

Referencias

Anónimo. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 1995. Secretaría de Salud, México.

Anónimo. 2011. NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de febrero del 2011. Secretaría de Salud, México.

Anónimo. 2014. Registro y estadística pesquera y acuícola: Consulta específica por especie. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Consultado en mayo 7 de 2014: www.canapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/consulta_especifica_por_produccion

AOAC. 2005. Method 925.10. Official methods of analysis: Solids (total) and moisture. In: Horwitz, W. & G.W. Latimer (ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed., Maryland, USA.

Aqualab. 2009. Water activity meter, series 3. Decagon Devices, Inc. Washington, USA.

Broekaert, K., M. Heyndrickx, L. Herman, F. Devlieghere & G. Vlaemynck. 2011. Seafood quality analysis: Molecular identification of dominant microbiota after ice storage on several general growth media. *Food Microbiology* 28: 1162-1169.

Cabello, A.M., R. Villarroel, B.E. Figuera, M.C. Ramos, Y. Márquez & O.M. Vallenilla. 2009. Parámetros de frescura de moluscos. *Mundo Lácteo y Cárnico*, noviembre/diciembre, 22-31 pp.

Cao, R., Ch. Xue, Q. Liu & Y. Xue. 2009. Macrobiological, chemical, and sensory assessment of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) stored at different temperatures. *Czech Journal of Food Science* 27(2): 102-108.

Feng, P., S.D. Weagant, M.A. Grant & W. Burkhardt. 2010. Chapter 4: Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. In: *Bacteriological Analytical Manual*. 8th ed., Food and Drugs Administration, Washington. Consultado en marzo, 2012: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm064948>

Koutsoumanis, K., M.C. Giannakourou, P.S. Taoukis & G.J.E. Nychas. 2002. Application of shelf life decision system (SLDS) to marine cultured fish quality. *International Journal of Food Microbiology*, 73: 375-382.

Massa, A.E. 2006. Cambios bioquímicos *post-mortem* en músculo de diferentes especies pesqueras. Determinación de la vida útil de las mismas en frío. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Mar de Plata, Argentina.

Morán-Angulo, R.E. & M.A. Valdez-Pineda. 2009. Nuevo registro geográfico del callo de hacha *Atrina oldroydii* en el sur de Sinaloa y norte de Nayarit, México. *Ciencia Pesquera* 17(1): 77-80.

Moreno, C., J. Torre, L. Bourillón, M. Durazo, A.H. Weaver, R. Barraza & R. Castro. 2005. Estudio y evaluación de la pesquería de callo de hacha (*Atrina tuberculosa*) en la Región de Bahía de Kino, Sonora y recomendaciones para su manejo. Reporte interno de Comunidad y Biodiversidad, A.C. Consultado en junio 16 de 2012: www.cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/2005-t-cobi_rep_estudio_eval_callo_hacha_0705.pdf

Normark, Ch., M. Olsson & I. Tillander. 2008. Proficiency testing: Food microbiology. Microbiology Division National Food Administration, Sweden, rapport 14, 43 pp.

Ocaño-Higuera, V.M. 1999. Caracterización parcial del comportamiento bioquímico *posmortem* y desarrollo de productos a partir del callo de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) y almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) de Baja California México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, México.

- Ocaño-Higuera, V.M., A.N. Maeda-Martínez, M.E. Lugo-Sánchez & R. Pacheco-Aguilar. 2006. *Postmortem* biochemical and textural changes in the adductor muscle of catarina scallop stored at 0°C. *Journal of Food Biochemistry* 30(4): 373-389.
- Ocaño-Higuera, V.M., R. Pacheco-Aguilar & A.N. Maeda-Martínez. 2001. Capítulo 20: Bioquímica *postmortem* en pectínidos. Pp: 405-429 *In*: Maeda-Martínez, A.N. (ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura, Limusa, México.
- Pacheco-Aguilar, R., E. Marquez-Ríos, M.E. Lugo-Sánchez, G. García-Sánchez, A.N. Maeda-Martínez & V.M. Ocaño-Higuera. 2008. *Postmortem* changes in the adductor muscle of Pacific lions-paw scallop (*Nodipecten subnodosus*) during ice storage. *Food Chemistry* 106: 253-259.
- Serrano-Guzmán, S.J. 2004. Análisis prospectivo de las relaciones morfométricas de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) (BIVALVIA: PINNIDAE) en Corralero-Alotengo, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* VIII(22): 31-39.
- Taliadourou, D., V. Papadopoulos, E. Domvridou, L.N. Savvaidis & M.G. Kontominas. 2003. Microbiological, chemical and sensory changes of whole and filleted Mediterranean aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(13): 1373-1379.

Recibido: 13 de mayo de 2013

Aceptado: 6 de junio de 2014