

EFECTO DEL CONGELADO Y COCINADO SOBRE RESIDUOS DE OXITETRACICLINA EN CAMARÓN DE CULTIVO

FROZEN AND COOKING EFFECT ON RESIDUAL OXYTETRACYCLINE IN CULTURED SHRIMP

Angélica Espinosa-Plascencia, Pedro José López-Arway, Haydé Hayamaí González-Carrillo, María del Carmen Bermúdez-Almada*.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Coordinación de Ciencia de los Alimentos. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carr. a la Victoria Km 0.6 Hermosillo, Sonora C.P.83000. Tel.Fax: (662) 280 0058 y 289 2400 Ext. 228

RESUMEN

La oxitetraciclina (OTC) se utiliza para controlar enfermedades bacterianas que afectan al camarón cultivado. Sin embargo, se conoce poco la estabilidad del antibiótico a tratamientos de conservación y cocinado en músculo de camarón. Por ello, se evaluó el efecto de la congelación y dos tratamientos de cocción (hervido y freído), sobre los residuos de OTC acumulados en camarón *Litopenaeus vannamei*. Se emplearon camarones medicados con OTC (5000 mg/Kg), durante 14 días. Se colectaron muestras cada día, para determinar OTC por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), antes de ser almacenadas a -20° C durante 12 meses. La reducción de OTC fue de 29,72 % por la congelación, 36,6 % por el hervido, y 59,6% por el freído. Los residuos de OTC después del almacenamiento y los tratamientos de cocción rebasaron el límite máximo de residuos (LMR) que es de 0,1 y 0,2 µg/g, establecidos en la Unión Europea y Estados Unidos de Norteamérica, respectivamente.

Palabras clave: Oxitetraciclina, camarón, estabilidad, congelación, cocción

ABSTRACT

Oxytetracycline (OTC) is used to control bacterial diseases affecting farmed shrimp. However, little is known regarding antibiotic stability to preservation treatments and cooking in shrimp muscle. Therefore, in this study was evaluated the effect of freezing and two cooking treatments (boiling and frying) on OTC residues accumulated in shrimp *Litopenaeus vannamei*. Shrimp treated with OTC (5000 mg/kg) for 14 days were used in this experiment. Samples were collected every day and stored at -20°C for 12 months. OTC residues after freezing were determined by high performance liquid chromatography (HPLC). In addition, samples under treatments of boiling and frying were prepared and OTC residues were analyzed by HPLC. The OTC was reduced by 29.72% with freezing, 36.6% by boiling and 59.6% for frying. However, OTC residues after freezing and cooking treatments exceeded the maximum residue limits (MRL) that is 0.1 and 0.2 µg/g, established by the European Union and United States respectively.

Keywords: Oxytetracycline, shrimp, stability, frozen, cook

*Autor para correspondencia: M.C. María del Carmen Bermúdez Almada
Correo electrónico: cbermudez@ciad.mx
Recibido: 23 de noviembre de 2011
Aceptado: 18 de enero de 2012

INTRODUCCIÓN

La acuicultura prospera más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos en el mundo, con una tasa de crecimiento anual del 7,1 %. Actualmente, provee el 45 % de los productos marinos a nivel mundial (Subasinghe *et al.*, 2009), siendo el camarón, el producto más importante que se comercializa en el ámbito internacional (FAO, 2002). En México, el camarón *Litopenaeus vannamei* es la especie más cultivada, debido a su fácil manejo (Galaviz *et al.*, 2007). La camaronicultura que se desarrolla en los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California Sur y Nayarit, asciende aproximadamente al 96 % de la producción nacional (114,317 ton), convirtiéndola en una de las actividades productivas más importantes del país (Anónimo, 2008).

Uno de los problemas potenciales capaces de limitar la comercialización del camarón cultivado, es la presencia de residuos de antibióticos en los tejidos comestibles. Esto debido a la frecuente administración de antibióticos en las granjas de cultivo de camarón para contrarrestar las enfermedades bacterianas que afectan a los organismos (O'Brien *et al.*, 1981). La presencia de antibióticos en los tejidos comestibles puede convertirse en un serio problema de salud, debido a las reacciones de hipersensibilidad que pueden causar. Además, de contribuir a la generación de bacterias resistentes y ocasionar problemas de comercialización debido al incumplimiento en las regulaciones establecidas en distintos países (O'Brien *et al.*, 1981).

Otro de los problemas que enfrentan los productos del mar, incluidos peces y crustáceos, es su carácter perecedero, debido a su elevada actividad de agua (a_w), pH neutro y a la presencia en sus músculos de una gran cantidad de enzimas autolíticas (Jeyasekaran *et al.*, 2006). Lo anterior obliga a la aplicación de métodos de conservación adecuados, para evitar su descomposición. La conservación de estos alimentos mediante congelación se hace con la finalidad de retardar, reducir, o inhibir el crecimiento o la esporulación microbiana (Jeyasekaran *et al.*,

2006) y es utilizada durante la transportación, en el almacenamiento, puntos de venta y por el consumidor, ya que puede ocurrir una degradación del producto, que generalmente es causada por microorganismos, afectando la calidad del producto, especialmente en textura, olor, sabor y color (Sriket *et al.*, 2007a). En camarón se puede obtener una buena calidad del producto si éste es congelado inmediatamente después de la cosecha (Boonsumrej *et al.*, 2007).

En camarones y otros organismos acuáticos, la congelación después del procesamiento y el almacenamiento a bajas temperaturas es esencial para minimizar cambios desagradables en la calidad del producto final (Boonsumrej *et al.*, 2007). El deterioro de las proteínas musculares durante el almacenamiento en congelación, depende de muchos factores, incluyendo la especie, temperatura de almacenamiento, tiempo y degradación enzimática. Estas alteraciones determinan la calidad de los alimentos congelados, especialmente en términos de funcionalidad proteica (Somjit *et al.*, 2005; Sriket *et al.*, 2007a).

O'Brien *et al.* (1981), observaron que el almacenamiento a -20°C en tejidos comestibles de peces conteniendo diversos antibióticos, no mostró una reducción en los residuos de cloranfenicol, oxitetraciclina y sulfadimidina. Sin embargo, se obtuvo una disminución en los niveles de ampicilina, la cual fue del 20 al 38% de la concentración inicial. Cabe mencionar que en el citado estudio, los antibióticos fueron adicionados intencionalmente a los tejidos, no fue por una acumulación propia del metabolismo de los organismos. Monhey *et al.* (1997), reportaron que al someter muestras de camarón a almacenamiento en congelación a -20°C , durante un período de ocho semanas, no se observó una diferencia significativa en la concentración de OTC por efecto de la congelación.

Por otro lado, la estabilidad de los antibióticos en medios líquidos o soluciones amortiguadoras, agua, leche o extractos de tejidos han sido investigados por diversos autores (Shahani, 1957; Pilet y Dakic, 1981; Konecny, 1978). Así como, la actividad del antibiótico

en alimentos sólidos, incluyendo carne y productos marinos, después de aplicar métodos de cocción convencionales como son el hervido, asado, calor seco, microondas y otros, sobre los residuos de antibióticos como, estreptomicina, tetraciclina y oxitetraciclina. Estos estudios demostraron que uno de los factores más importantes para la degradación de los antibióticos en los tejidos, es el tiempo de cocción; por ejemplo, la degradación de OTC en músculo de pavo requirió más de 60 min (Bernarde, 1957; Yonova, 1971; O'Brien *et al.*, 1981). Sin embargo, Huang *et al.* (1997) probaron que la aplicación de tratamientos térmicos como el freído (190°C por 7-10 min) y el horneado (190°C por 45 min) en filetes de bagre que fueron alimentados con dietas conteniendo OTC durante 10 días, no fue suficiente para eliminar los residuos de este antibiótico.

Aún cuando las temperaturas de cocción varían dependiendo del tipo de calor aplicado, se ha demostrado que el horneado de pescado a 180 °C/20 min, el asado durante 10 min y el freído a 100 °C por 15 min, causaron una reducción considerable en compuestos organoclorados presentes en músculo (Kitts *et al.*, 1992). Sin embargo, estas mismas condiciones no han sido probadas en crustáceos como camarón.

Kitts *et al.* (1992), observaron que no hubo una reducción considerable de OTC en músculo de salmón, cuando éste fue sometido a calentamientos de 60, 80 y 100°C en intervalos de 1 a 65 min, demostrando que la OTC residual en el músculo por el metabolismo propio del animal fue más estable al tratamiento térmico, que cuando el antibiótico es colocado en una solución amortiguadora y sometido a las mismas temperaturas de calentamiento.

En el caso de OTC, la importancia de su estudio radica en que es uno de los antibióticos más utilizados en la acuicultura, específicamente en el cultivo de camarón y son escasas las investigaciones en este crustáceo, donde se determine cuál es la degradación que tienen los residuos de OTC cuando se encuentran en los tejidos como resultado del metabolismo propio

del organismo, después de recibir una terapia con el antibiótico. Por lo que el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la congelación y dos tratamientos de cocción sobre los niveles de OTC residual en músculo de camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei* tratados terapéuticamente a través de la dieta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos

Todos los solventes empleados en la extracción de OTC, fueron grado reactivo; el ácido oxálico, ácido etilén-diamino-tetra-acético (EDTA), butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT), fueron adquiridos de Sigma (St. Louis, MI). Los solventes y estándares empleados en cromatografía fueron de alta pureza (Aldrich Chemical Company, Inc. Milwaukee, WI; Omnisolv, Associate of Merck, Darmstadt, Alemania). El adsorbente utilizado para la extracción de OTC fue octadecil-silil (C₁₈) (J.T. Baker, Inc. USA), previa activación a su uso siguiendo el procedimiento establecido por Long *et al.* (1991). Se emplearon 2 g del adsorbente activado para cada muestra.

Muestras del estudio

Las muestras empleadas en esta investigación corresponden a un estudio previo de acumulación de OTC llevado a cabo en una granja de producción semi-intensiva de camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei*, empleando un estanque con una dimensión de 7 ha, el cual fue sembrado a una densidad de 32 organismos por m². Los camarones alojados en el estanque recibieron una dieta conteniendo OTC a un nivel de 5000 mg/Kg durante 14 días. Se realizaron muestreos de 1 Kg de camarón cada día durante el período de tratamiento. Como parte del diseño experimental, la distribución de las muestras se presenta en la Figura 1. Todas las muestras de camarón fueron analizadas empleando un método establecido previamente para la determinación de OTC, mediante cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). Los tratamientos evaluados en esta investigación fueron el almacenamiento en congelación durante 12 meses, el hervido y el freído.

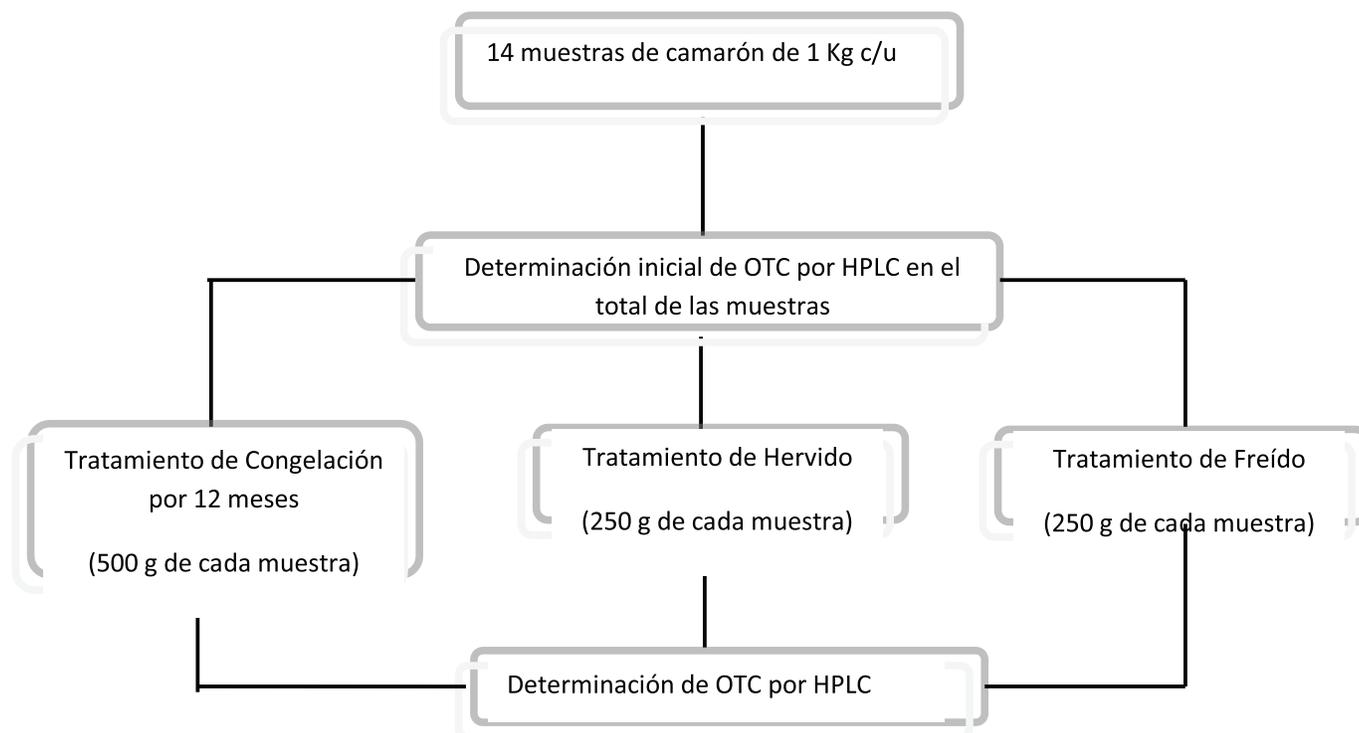


Figura 1. Distribución de la muestras de camarón *Litopenaeus vannamei* de acuerdo a los diferentes tratamientos.

Figure 1. Distribution of shrimp samples *Litopenaeus vannamei* according to the treatments different.

Una vez transcurrido el período de almacenamiento en congelación, las muestras fueron descongeladas y nuevamente analizadas por el mismo método, para establecer el efecto que tuvo la congelación sobre los residuos de OTC. Otra porción de las muestras de camarón (14 muestras de 500 g cada una), se dividió en dos sub-grupos para ser sometidas a los diferentes tratamientos térmicos.

Tratamiento de hervido

Se utilizó uno de los sub-grupos de muestras (14 muestras de 250 g cada una) para la aplicación de este tratamiento, empleando para cada una de ellas 300 mL de agua calentada a una temperatura de 100°C en una placa de calentamiento (VWR Scientific, modelo 220). Se introdujeron los camarones sin cáscara y sin

cabeza al agua hirviendo durante tres min, tiempo en el que presentaron un color rosado y una textura del músculo suave, con una temperatura interna de 63°C.

Tratamiento de freído

Se tomó el otro sub-grupo de muestras de camarón para la aplicación de este tratamiento. Cada una de las muestras fue cocinada individualmente, colocando los camarones sin cáscara y sin cabeza, en un sartén eléctrico West Bend con 10 mL de aceite comercial de girasol previamente calentado a una temperatura de 350°C alcanzándose una temperatura interna de 63°C. Los camarones fueron cocinados durante tres min.

Posteriormente, las muestras de ambos tratamientos se enfriaron a temperatura ambiente

se homogeneizaron empleando un procesador de alimentos Phillips (modelo HR 2875/AM, México), para su posterior determinación de OTC por CLAR.

Determinación de humedad

Se realizó la determinación del contenido de humedad por triplicado, en las muestras de camarón crudo y cocinadas, de acuerdo al método 934.01 establecido por la AOAC (1990). Esto con el propósito de obtener las concentraciones de OTC de todas las muestras de camarón en base seca y tener resultados equiparables.

Aseguramiento de la calidad de los resultados

Para asegurar la calidad de los resultados obtenidos, se determinaron tres parámetros de validación del método de análisis de OTC. Éstos fueron, linealidad, sensibilidad y exactitud, siguiendo los procedimientos establecidos por Garfield (1993). Para la determinación de linealidad se preparó una curva estándar de OTC a concentraciones de 0,01, 0,1, 0,25, 0,5, 1,0 y 5,0 $\mu\text{g/mL}$. Cada concentración se inyectó seis veces en el CLAR, se graficó la curva de calibración y se realizó el análisis de regresión para obtener el coeficiente de correlación (r^2).

La sensibilidad se estableció mediante la determinación del límite de detección (LD) y del límite de cuantificación (LC). La exactitud se evaluó mediante el porcentaje de recuperación, el cual se obtuvo contaminando muestras de músculo de camarón libres de OTC con una solución estándar del antibiótico a una concentración conocida.

Extracción de oxitetraciclina

Para extraer los residuos de OTC del músculo de camarón, se utilizó la técnica propuesta por Bermúdez *et al.* (1999), empleando el principio de dispersión de matriz en fase sólida, que consiste en romper las membranas celulares por medio de fuerzas hidrofóbicas y mecánicas para dejar al descubierto los componentes hidrofílicos, como los residuos de oxitetraciclina. Esto se logra poniendo en contacto

0,5 g de muestra con el adsorbente C_{18} (silica gel octadecilsilil derivatizado) el cual se asocia con los lípidos de la membrana celular. Posteriormente, se eliminan los compuestos cromóforos que puedan causar interferencia mediante lavados con hexano y posteriormente, el antibiótico es eluido con una mezcla de solventes compuesta de metanol y acetonitrilo en proporciones iguales.

Determinación de oxitetraciclina en músculo de camarón por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR)

Se inyectaron 100 μL del extracto de músculo de camarón en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución Varian 9010, empleando una columna de nucleosil C_{18} de 150x4,6 mm de D.I. con un tamaño de partícula de 5 μm (Supelco Inc. Sigma-Aldrich., St. Louis MI, USA) y un flujo isocrático en la fase móvil de 1 mL/min. El cromatógrafo se acopló a un automuestreador ProStar Varian 410 y un detector ultravioleta visible, Varian 9050 (Varian Inc. Palo Alto CA, USA), a una longitud de onda de 365 nm. Los equipos fueron conectados a una computadora con el paquete computacional Word Station Chromatography LC Varian Star Versión 5.5.1.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se empleó la prueba no paramétrica pareada de signos y rangos de Wilcoxon y el programa computacional NCSS97 Statistical Ver.6.01.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aseguramiento de la calidad de los resultados

Los tres parámetros de validación evaluados se encontraron dentro de los valores establecidos como aceptables, obteniendo un valor en el coeficiente de correlación de $r^2 = 0,9999$ para la linealidad del método. Lo cual indicó que el método fue lineal en el intervalo de las concentraciones determinadas, existiendo una relación altamente significativa entre la concentración y la propiedad medida (Figura 2).

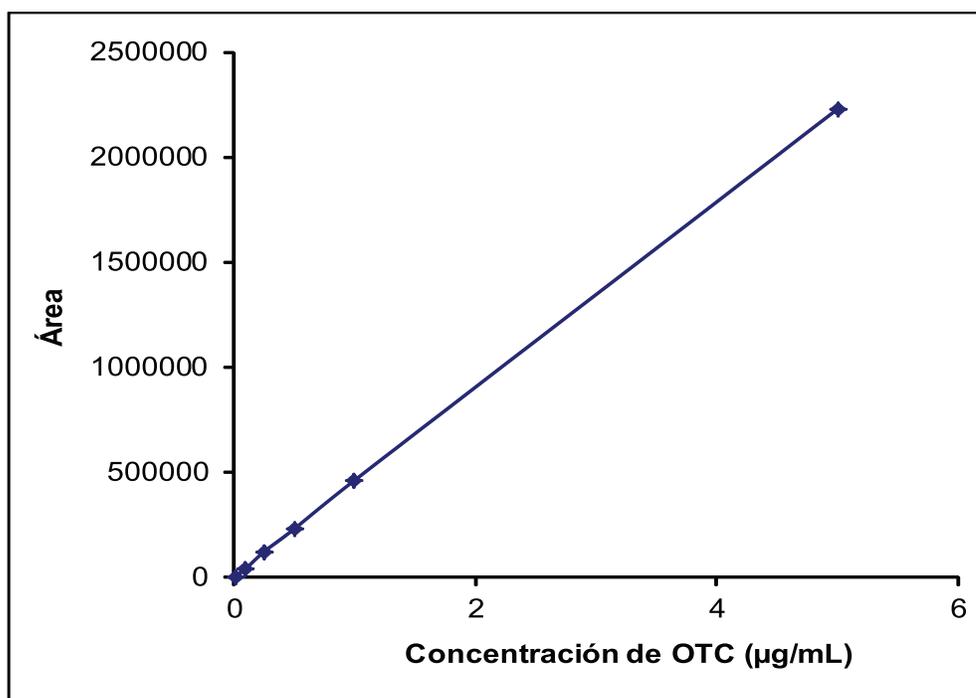


Figura 2. Curva estándar de OTC en concentraciones de 0,01, 0,1, 0,25, 0,5, 1,0 y 5,0 µg/mL

Figure 2. Standard curve of OTC in concentrations of 0.01, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0 y 5.0 µg/mL

Para la sensibilidad se obtuvo un límite de detección (LD) de 0,01 µg/mL de OTC, el cual fue menor al límite máximo de residuos (LMR) establecido para este antibiótico en tejidos comestibles de peces, que es de 0,1 y 0,2 µg/g en la Unión Europea y Estados Unidos de Norteamérica, respectivamente (Nogueira-Lima *et al.*, 2006). Para la exactitud, se obtuvo un porcentaje de recuperación promedio de $89,0 \pm 8,84\%$, valor aceptable de acuerdo a las normas de validación para los métodos cromatográficos, que establece un intervalo de 70–110 %, (USDA, 1987). Esto indicó que los resultados obtenidos fueron confiables.

Las muestras de camarón analizadas durante los distintos días de tratamiento presentaron valores que excedieron el nivel máximo de residuos (NMR), de 0,1 µg/g. Las diferencias en los niveles de acumulación pueden ser debidas al metabolismo propio de cada organismo que recibió la terapia. Además, la naturaleza química del alimento juega un papel muy importante en la estabilidad del residuo al calentamiento y

almacenamiento. El ambiente puede afectar la estabilidad del residuo durante el almacenamiento y cocinado. La polaridad y el pH son factores importantes a considerar, especialmente en su relación con el pK_a del analito (Rose *et al.*, 1996).

Tratamiento de congelación

La concentración inicial de OTC en el músculo de camarón crudo antes de ser sometido al almacenamiento en congelación fue en promedio de $25,81 \pm 11,5$ µg/g, y una vez finalizado el período de congelación, los tejidos presentaron una concentración promedio de $18,14 \pm 11,86$ µg/g (Figura 3), teniendo una disminución en la OTC residual de 29,7%.

Estos resultados mostraron que hubo una reducción estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en la concentración de OTC después del almacenamiento a -20°C durante 12 meses. Obteniendo un valor en la mediana de los datos de 23,55 y 18,3 µg/g antes y después de la congelación, respectivamente. Estos

resultados fueron diferentes a los obtenidos en un estudio reportado por Mohney *et al.* (1997) para camarón azul (*Penaeus stylirostris*) el cual fue medicado con OTC y mantenido durante 191 días en congelación a -20°C , los resultados mostraron que la concentración inicial de OTC residual no tuvo una disminución significativa después del tiempo de almacenamiento, lo que sugiere que el tiempo de almacenamiento es un aspecto importante para que ocurra la reducción en la concentración acumulada del antibiótico.

Aunado al efecto del tiempo de almacenamiento en congelación, otro factor que puede influir en la pérdida del antibiótico es el fenómeno de lixiviación, ya que los compuestos polares (hidrofilicos) como los residuos de oxitetraciclina presentes en los tejidos son expuestos al agua al momento de descongelar el producto y el antibiótico es arrastrado junto con ésta, ocasionando la pérdida del compuesto, mientras

que los grupos no polares (hidrofóbicos) se localizan dentro de la molécula y de esta manera son retenidos por más tiempo. La transformación estructural de las fibras musculares, junto con la desnaturalización de proteínas miofibrilares inducidas por el congelado y descongelado está más asociada con la pérdida de capacidad de retención de agua, mostrándose como pérdida por goteo.

Los cambios en el músculo de camarón son debidos a la formación de cristales, deshidratación e incremento en la concentración de solutos (Sriket *et al.*, 2007b), todos estos cambios pueden provocar que la degradación del antibiótico sea más lenta y permanezca por más tiempo en el producto. Existen reportes que señalan que la OTC puede presentar reacciones de degradación formando metabolitos como son el α y β -apooxitetraciclina y 4-epioxitetraciclina (Fedeniuk *et al.*, 1997).

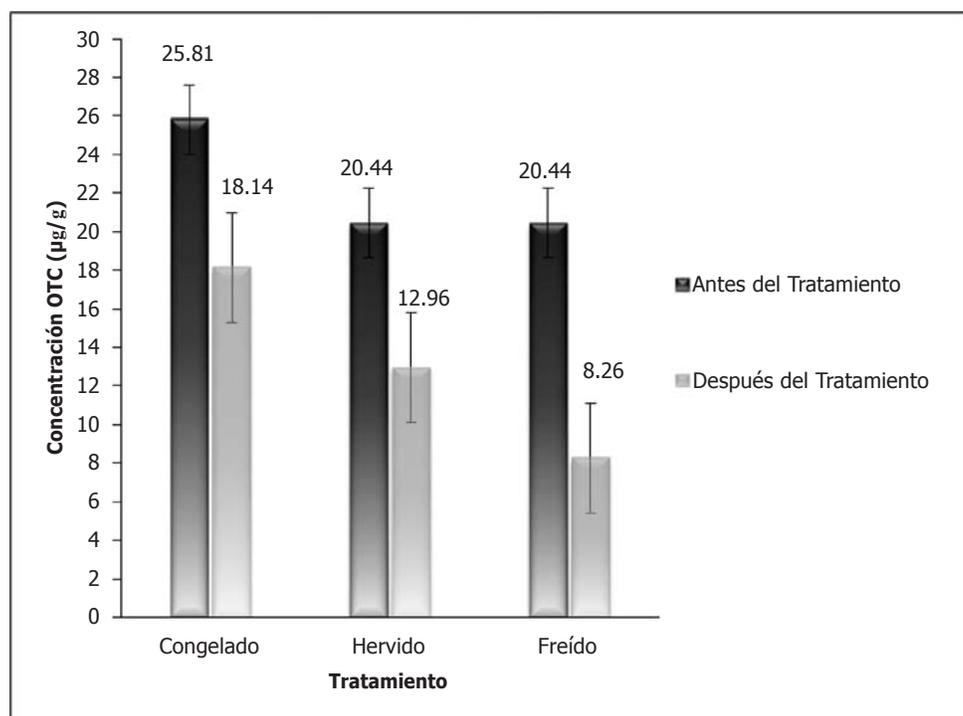


Figura 3. Porcentajes de reducción en la concentración de OTC residual en camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei* sometido a distintos tratamientos de cocción y congelación.

Figure 3. Percentage of reduction on residual OTC in muscle shrimp cultured *Litopenaeus vannamei* subject to different cooking and treatments frozen.

En la figura 4 se observa un cromatograma obtenido de un estándar de OTC a una concentración de 4 µg/mL y otro de una muestra de camarón después de transcurrido el período de congelación, apreciándose la permanencia del antibiótico mediante la respuesta cromatográfica correspondiente.

Tratamientos térmicos

En relación a los efectos de la cocción, se encontró que en el tratamiento de hervido, la concentración promedio inicial de OTC en el músculo de camarón crudo fue de $20,44 \pm 9,9$ µg/g y después de la aplicación de éste los niveles promedio de OTC residual fueron de $12,96 \pm 6,2$ µg/g, teniéndose una reducción en la concentración del antibiótico de 36,6% en las muestras (Figura 3). Esta reducción fue menor a los valores reportados por Uno *et al.* (2006 a), quienes observaron una reducción entre 50 y 60% en la concentración de OTC, después de someter camarones a hervido a 100°C por 4 min. Por otra parte, Honikel *et al.* (1978)

señalaron que la aplicación de temperaturas de 110 a 120°C por 1 min, en tejidos de bovino que contenían 5,4 µg/g de OTC, destruyó totalmente al antibiótico, lo cual no se observó en esta investigación, ya que fue posible cuantificar el antibiótico que permaneció en el tejido muscular del camarón.

Para el tratamiento de freído, las muestras de camarón crudo presentaron una concentración inicial promedio de OTC de $20,44 \pm 9,9$ µg/g, posterior a la aplicación del tratamiento de freído los niveles promedio de OTC detectados fueron de $8,26 \pm 4,8$ µg/g, presentándose una reducción del antibiótico de 59,6 % (Fig.3). Estos resultados fueron muy similares a los reportados por Uno *et al.* (2006 a), quienes encontraron reducciones de 50 a 60% en los residuos de OTC en camarones que contenían el antibiótico procedente de la administración previa de una dieta con OTC y que fueron sometidos al freído.

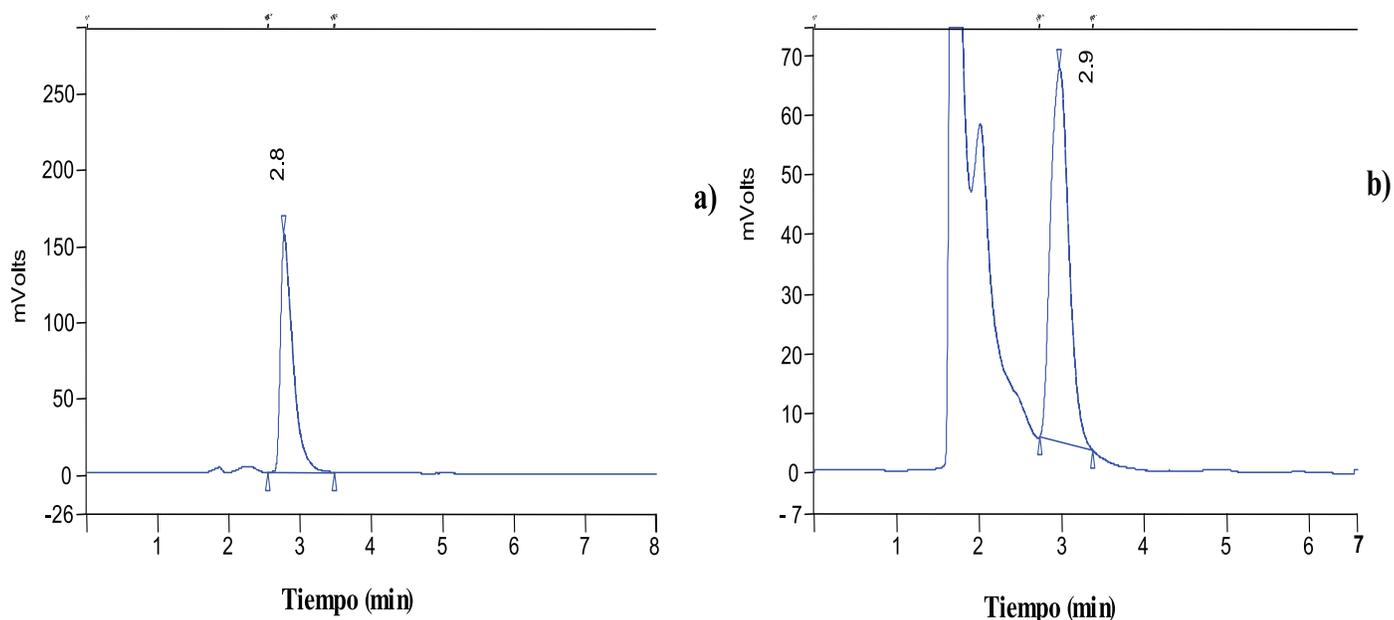


Figura 4. Cromatogramas (a) estándar de OTC y (b) muestra de músculo de camarón después del almacenamiento en congelación

Figure 4. (a) OTC standard chromatogram and (b) shrimp muscle after frozen storage

Cuando el músculo de camarón es sometido a procesos de cocción, se producen cambios en el contenido de humedad, densidad y volumen debido al encogimiento; las proteínas de camarón se desnaturalizan, ocurre pérdida de la capacidad de retención de agua debido a los cambios dimensionales (Erdogdu *et al.*, 2003). Se ha reportado que una mayor degradación de los residuos de OTC presentes en los tejidos animales solamente son degradados en su totalidad cuando éstos se someten a altas temperaturas por períodos considerables (Liu y Hsieh, 2008). Puesto que en el estudio que se realizó, las altas temperaturas no fueron mantenidas por tiempos prolongados, los residuos del antibiótico permanecieron aún después de la cocción.

Debido a la escasa información relacionada con la degradación de los residuos de OTC en músculo de camarón, se ha hecho la discusión empleando información existente para otro tipo de antibióticos y en otras especies animales. En investigaciones realizadas por Uno *et al.* (2006 b), se observó una disminución del 49 % en los residuos de ácido oxolínico presentes en músculo de camarón sometido a diferentes tratamientos térmicos como, hervido, horneado y freído, encontrando que estos residuos fueron relativamente termoestables. Datos similares fueron obtenidos por Steffenak *et al.* (1994), quienes reportaron que residuos de ácido oxolínico y flumequinas en músculo, hueso y piel de salmón no fueron degradados en su totalidad después de someterlos a hervido y horneado.

Los hallazgos de esta investigación mostraron que la aplicación de tratamientos de cocción convencionales, no eliminaron completamente los residuos de OTC, presentes en músculo de camarón de cultivo, poniendo de manifiesto la importancia que tiene el uso adecuado de este antibiótico en la industria acuícola, para evitar la residualidad en el producto final, ya que se demostró que los residuos de este antibiótico acumulados en el camarón, pueden permanecer aún después de un almacenamiento prolongado en congelación y su posterior cocción,

constituyendo un riesgo a la salud del consumidor.

CONCLUSIONES

Los tratamientos de conservación y de cocción son importantes en el procesamiento de los alimentos, para mantener una buena calidad en los productos destinados al consumo humano, evitando que éstos contengan residuos de antibióticos u otros compuestos que puedan representar un riesgo a la salud del consumidor.

Con este estudio se demostró que el almacenamiento en congelación de músculo de camarón *Litopenaeus vannamei* durante 12 meses, no eliminó por completo la OTC residual, presentándose una reducción en el antibiótico del 29,72% y los tratamientos de cocción como el hervido y el freído del músculo de camarón provocaron una disminución en los niveles de OTC de 36,6 y 59,6%, respectivamente. Por lo anterior, se demuestra la estabilidad que posee óxitetraciclina tanto a las temperaturas de almacenamiento en congelación como de cocción.

REFERENCIAS

- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Sections 934.01. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Anónimo. 2008. 1er Foro de Camarón de Cultivo en el Pacífico Norte. 10 y 11 de Julio. Hermosillo, Sonora. SAGARPA.
- Bermúdez-Almada, M.C., Pérez-Tello, M.G., Valenzuela-Quintana, A.I., Vázquez-Moreno, L. (1999) Oxytetracycline residues in cultured white shrimp tissue by HPLC and a microbial receptor assay. *J. Food Science*. 64(4):638-640.
- Bernarde, M.E. 1957. Antibiotic residues in shellfish after cooking. *Journal of the American Dietetic Association*, 33: 1145-1149.
- Boonsumrej, S., Chaiwanichsiri, S., Tantratian, S., Suzuki, T., Takai, R. 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast cryogenic freezing. *Journal of Food Engineering*, 80:292-299.
- Erdogdu, F., Balaban, O.M., Otwell, S.W. 2003. Construction of shrimp cooking charts using previously developed mathematical models for heat transfer and yield loss predictions. *Journal of Food Engineering*, 60:107-110.
- FAO. 2002. Documentos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Parte 2 Residuos de antibióticos

- en productos de acuicultura.
<http://www.fao.org/docrep/005/y7300s06a.htm>.
- Fedeniuk, W.R., Phyllis, J.S., McCurdy, R.A. 1997. Effect of thermal processing and additives on the kinetics of oxytetracycline degradation in pork muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:2252-2257.
- Galaviz, S.L., Molina, G.Z.J., González, G.J.R., Ibarra, G.J.C. 2007. Patógenos que disminuyen la calidad del camarón de cultivo. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 12:419-425.
- Garfield, M.F. 1993. Principios de garantía de calidad para laboratorios analíticos. AOAC Internacional. Ed. Española: Estados Unidos, pp. 73-76.
- Honikel, O.K., Schimidy, U., Woltersdort, W., Leistner, L. 1978. Effect of storage and processing on tetracycline residues in meat and bones. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 61: 1222-1227.
- Huang, T.S., Du, W.X., Marshall, M.R., Wei, C.I. 1997. Determination of oxytetracycline in raw and cooked channel catfish by capillary electrophoresis. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 45:2602-2605.
- Jeyasekaran, G., Garesan, P., Anandaraj, R., Jeya, S.R., Sukumar, D. 2006. Quantitative and qualitative studies on the bacteriological quality of Indian white shrimp (*Penaeus indicus*) stored in dry ice. *Food Microbiology*, 23:526-533.
- Kitts, D.D., Yu, C.W.Y., Aoyama, R.G., Burt, H.M., McErlane, K.M. 1992. Oxytetracycline degradation in thermally processed farmed salmon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40:1977-1981.
- Konecny, S. 1978. Effect of temperature and time on reduction of the biological activity of some kinds of antibiotics in milk. *Veterinarstvi*. 28:409-410.
- Liu, K., Hsieh, F. 2008. Protein-protein interactions during high-moisture extrusion for fibrous meat analogues and comparison of protein solubility methods using different solvent systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:2681-2687.
- Long, A.R., Hsieh, L.C., Malbrough, M.S., Short, C.R., Barker, S.A. 1990. Matrix solid phase dispersion isolation and liquid chromatographic determination of oxytetracycline in catfish (*Ictalurus punctatus*) muscle tissue. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 73(6):864-867.
- Mohney L.L., Williams, R.R., Bell, A.T., Lightner, V.D. 1997. Residues of oxytetracycline in cultured juvenile blue shrimp, *Penaeus stylirostris* (Crustacea: Decapod), fed medicated feed for 14 days. *Aquaculture*, 149(3-4):193-202.
- NCSS. 1997 Statistical 6.01. Kaysville, UTA, U.S.A. Quick Stars & Self Help Manual.
- Nogueira-Lima, A., Gesteira, T., Mafezoli, J. 2006. Oxytetracycline residues in cultivated marine shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) (Crustacea, Decapoda) submitted to antibiotic treatment. *Aquaculture*. 254 748-757.
- O'Brien J.J., Campbell N., Conaghan, T. 1981. Effect of cooking and cold storage on biologically active antibiotic residues in meat. *Journal Hygiene Cambridge* 87: 511-523.
- Pilet, M., Dakic, M. 1981. Resistance of penicillin and streptomycin to exposure to heat. *Technology Miesha*, 14:162-164.
- Rose, D.M., Shearer, G., Farrington, W. H. H. 1996. The thermal stability and effect of cooking veterinary drug residues in food. Haagsma, N., Ruiter, A. Eds. *Proceedings of EuroResidues III Conference on Veterinary Drug Residues in Food*. Veldhoven, The Netherlands, May 6-8, pp.829-834.
- Shahani, K.M. 1957. The effect of heat and storage on the stability of aureomycin in milk, buffer and water. *Journal Daily Science*, 40:289-296.
- Somjit, K., Ruttanapornwareesakul, Y., Hara, K., Nozaki, Y. 2005. The cryoprotectant effect of shrimp chitin hydrolysate on denaturation and unfrozen water of lizardfish surimi during frozen storage. *Food Research International*, 38:345-355.
- Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kijroongrojana, K. 2007. Comparative studies on the effect of the freeze-thawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) muscle. *Food Chemistry*, 104:113-121.
- Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kijroongrojana, K. 2007. Comparative studies on chemical composition and properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *Food Chemistry*, 103:1199-1207.
- Steffenak, L., Hormazabal, V., Yndestad M. 1994. Effect of cooking on residues of the quinolones, oxolinic acid and flumequinones in fish. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 35:299-301.
- Subasinghe, R., Soto, D., Jia, J. 2009. *Global aquaculture and its role in sustainable development*. *Reviews in Aquaculture*, 1:2-9.
- Uno, K., Aoki, T., Kleechaya, W., Tanasomwang, V., Ruangpan, L. 2006. Pharmacokinetics of oxytetracycline in black tiger shrimp, *Penaeus monodon*, and the effect of cooking on the residues. *Aquaculture*, 254: 24-31.
- Uno, K., Aoki, T., Kleechaya, W., Ruangpan, L., Tanasomwang, V. 2006. Pharmacokinetics of oxolinic acid in black tiger shrimp, *Penaeus monodon Fabricius*, and the effect of cooking on the residues. *Aquaculture*, 37:826- 833.
- USDA, 1987. Food Safety and Inspection Service. Determining Acceptability of Methods for Regulatory Purposes (2.2.3). Chemistry Laboratory Quality Assurance Handbook. Vol II, United States Department of Agriculture, Beltsville, MD. USA.
- Yonova, I. 1971. Studies on the thermal resistance of tetracycline and oxytetracycline residues in eggs and poultry meat. *Veterinarnomeditsinski Nauki*. 8 (no.10) 75-82.

