

# Micotoxinas en Alimentos y Procesamiento de Camarón Blanco Cultivado

**J.M. Ezquerro-Brauer (1)**; A.L. Mexía-Salazar (1); M. H. García-Morales (1); G. Guerrero-Manjarrez (1); Martín Pérez-Velázquez (2), Jorge Hernández-López (3); José Luis Cárdenas-López (1), Ofelia Rouzaud-Sández (1)

Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, 83000. Apdo. Postal 1658. Hermosillo, Sonora. México. (1)  
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. (2) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Hermosillo, Sonora.

E-mail: [ezquerro@guayacan.uson.mx](mailto:ezquerro@guayacan.uson.mx)

---

## Resumen

En los últimos años el uso de ingredientes a base de plantas en las dietas para camarón se ha incrementado y esta tendencia se espera que continúe. El uso de más ingredientes de origen vegetal en la acuicultura aumenta el riesgo de introducir micotoxinas en los alimentos. Las micotoxinas presentan estructuras químicas muy diversas, con características que inducen a una gran variedad de síntomas en los animales afectados por éstas tóxicas. Cientos de micotoxinas son conocidas, sin embargo las que mayor relevancia tienen por sus efectos tóxicos son las aflatoxinas, ochratoxinas, trichothecenes, zearalenone, fumonisina y moniliformina. Las fumonisinas son un grupo de toxinas fungicas que son muy comunes en maíz y otros cereales utilizados como alimentos para animales y seres humanos. La fumonisina B1 (FB1) es una micotoxina que no ha sido estudiada ampliamente en camarones, sin embargo se ha detectado la presencia de ésta en alimentos para camarón en Sonora y en concentraciones que rebasan los permitido por la FDA Por otro lado, durante el procesado de los camarones, una etapa importante es la pre-cocción, y es en esta fase donde se presentan las mayores pérdidas. Los rendimientos de la carne cocida bajo condiciones comerciales dependen del tamaño y edad del camarón. Por lo que en este trabajo se presenta información sobre (1) los efectos adversos del fumonisina FB1 en el desarrollo y almacenamiento en hielo del camarón blanco y (2) el efecto del tamaño en los tiempos de cocción y su relación con la firmeza y proteínas miofibrilares de los camarones blancos cultivados. Camarones expuestos a FB1 mostraron un menor crecimiento, alteración en la actividad de la profenoloxidasas, disminución en la cuenta de hemocitos y de la actividad de la fenoloxidasas, cambios marcados en el heptopáncreas y necrosis. La FB1, también indujo alteraciones en los patrones electroforéticos y termodinámicos de la miosina, así como una menor concentración de proteínas en el músculo y cambios histológicos en el tejido muscular. Sin embargo, la FB1 no afectó la firmeza evaluada instrumentalmente durante un almacenamiento en

hielo. Dependiendo del tamaño de los organismos es el tiempo de cocción. Esto atribuido a la diferencia en la concentración de proteínas en el músculo.

## **Abstract**

Over the last years the use of plant-based ingredients in shrimp diets has been increasing and this trend is expected to continue. Use of more plant-based ingredients in aquafeeds increases the risk of introducing mycotoxins. Mycotoxins are structurally very diverse, a characteristic that leads to a wide range of symptoms in mycotoxin affected animals. Several hundred mycotoxins are known, but the mycotoxins of most concern, based on their toxicity and common occurrence, are aflatoxin, ochratoxin A, the trichothecenes (DON, T-2 toxin), zearalenone, fumonisin and moniliformin. Fumonisin is a group of fungal toxins that are commonly found on corn and other cereals grains used worldwide in animal feed and human foods. Fumonisin B1 (Fb1) is a mycotoxin that has not been extensively studied as a shrimp feed contaminant; however, FB1 has been detected in shrimp feed used in Sonora, Mexico at levels above the FDA recommendations. On the other hand, steam precooking prior to mechanical peeling represents a major site for yield loss through processing. The yield of cooked meat under commercial conditions depends on the size and age of the shrimp. Based on the above, this work present some information about (1) the adverse effects of FB1 on development and ice storage of cultured white shrimp and (2) the effect of the size organism on the cooking time and their relationship with the firmness and myofibrillar proteins of farmed white shrimp. Shrimp exposed to FB1 showed a lower growth, alteration on prophenoloxidase activity, decrease on total haemocyte count and phenoloxidase activity, marked histological changes in the hepatopancreas, as well as a necrotic tissue. Also, FB1 induced changes in electrophoretic patterns and thermodynamic properties of myosin, less muscle protein concentration, and marked histological changes. Nevertheless, shrimp instrumental firmness during ice storage was not affected by FB1. There was a size effect on cooking time behavior. This could be due to their differences in muscle protein concentrations.

## Introducción

Una actividad económica importante en nuestro país, es la producción de camarón de cultivo, sin embargo presenta varios retos, uno de ellos es la presencia de enfermedades y virus atribuidos a factores ambientales y al alimento (Lightner, 1993; Jantrarotai *et al.*, 1990; Ikins, 1991). Además la camaronicultura está enfrentando la problemática de la sobreproducción, lo cual está repercutiendo en los precios en el mercado.

Se sabe que si las condiciones de almacenamiento o manejo no son las apropiadas, esto podría dar lugar a la aparición de hongos, los cuales pueden producir compuestos tóxicos y contaminar el alimento. Siendo el género *Fusarium* uno de los más importantes en la producción de toxinas, conocidas como micotoxinas, como lo es la fumonisina (Álvarez *et al.*, 1998).

Las micotoxinas, por lo tanto son subproductos tóxicos o metabolitos secundarios de algunos hongos que pueden desarrollarse en ciertos productos alimenticios antes de la cosecha o después de ella, durante el transporte o almacenamiento en condiciones idóneas (Velásquez-González, 1995). Desde el punto de vista químico, la fumonisina presenta una cadena lineal hidrocarbonada sustituida con alcoholes y una amina. Algunas de ellas son compuestos carcinogénicos que fueron descubiertas recientemente en hongos que se desarrollan principalmente en maíz, estos hongos son *Fusarium verticilloides* y *Fusarium proliferatum* (Lumlertdacha *et al.*, 1995; Pepeljnjak *et al.*, 2002; Tuan *et al.*, 2003; Van der Westhuizen *et al.*, 2004; Murphy *et al.*, 2006). Siendo considerada de gran importancia para la salud pública y animal (Van der Westhuizen *et al.*, 2004 ; Shephard, 2005; Jiansheng *et al.*, 2007).

Debido a que en la actualidad, durante la elaboración de alimentos para organismos acuáticos, se emplean como insumos productos de origen vegetal, los cuales pueden venir contaminados con hongos o bien favorecer el desarrollo de estos, y a su vez repercutir en el organismo, se han realizado estudios tendientes a elucidar el efecto sobre algunas especies de cultivo. Una micotoxina poco estudiada en los alimentos para camarón, y que además se ha detectado su presencia en niveles considerados tóxicos (Burgos-Hernández *et al.*, 2005) es la fumonisina (FB1). En estudios recientes se detectó que niveles de 1µg/g de FB1 tenían efecto inhibitor sobre tripsina y un efecto potenciador sobre colagenasa, ambas semipurificadas del hepatopáncreas de camarón blanco cultivado (Burgos-Hernández *et al.*, 2005). La colagenasa es una enzima cuya

activación puede llegar a afectar la proteína del músculo del camarón, y así impactar en la firmeza de los organismos, parámetro considerado importante por los consumidores (Ezquerria-Brauer *et al.*, 2003).

Aunado a lo anterior la forma más común de manejar a los camarones inmediatamente después de la cosecha es en hielo, siendo en éste donde se pueden presentar los mayores cambios, principalmente en cuanto a firmeza, la cual se relaciona con las proteínas miofibrilares presentes en el músculo del organismo, así como a la actividad enzimática. Tanto las proteínas como las enzimas se sabe que pueden verse afectadas por la presencia de toxinas.

Por otro lado, la fenoloxidasa, que forma parte del sistema inmunológico de los camarones, al activarse, una vez que los camarones han sido cosechados, puede ocasionar problemas de melanosis, y reducir así la aceptación del producto y su valor en el mercado (Kim *et al.*, 2000), y debido a que la oferta de este crustáceo es superior a la demanda esto ocasiona que sus productores busquen además de camarones de calidad excelente, alternativas de comercialización. Una de estas alternativas es ofrecer el producto con una presentación lista para consumirse, como lo es la presentación cocido-congelado; ya que debido a las demandas en mercados europeos, se está apostando al producto cocido-congelado con cabeza (SAGARPA, 2003).

Por lo que se consideró importante establecer la relación que hay entre la presencia de una micotoxina importante presente en los alimentos para camarón, la fumonisina, con el desarrollo del camarón blanco durante su cultivo, así como el impacto que ésta micotoxina tendría sobre el procesamiento de los camarones una vez cosechados. En este trabajo se abarcarán sólo algunos aspectos relacionados con el desarrollo de los camarones, como son crecimiento, sobrevivencia, sistema inmunológico, y sólo se tocará un aspecto relacionado con la calidad comercial, la firmeza evaluada en forma instrumental. Además, se comentará sobre el efecto de la adición de fumonisina B1 en la dieta del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) sobre las proteínas y firmeza del músculo durante el almacenamiento en hielo. El último aspecto a tratar será el de la relación tamaño de los camarones con los tiempos de cocción, las proteínas miofibrilares y firmeza del músculo de camarón cultivado (*Litopenaeus vannamei*) durante un proceso de cocción a 100°C.

## Estudio Sobre Crecimiento y Supervivencia del Camarón Alimentado con FB1

Para el desarrollo óptimo del camarón se requieren de algunas características, como la forma de cultivo y el control de parámetros físicos y químicos. Estos factores unidos a un buen alimento repercuten en una mayor producción (Villareal-Cavazos *et al.*, 2004).

El alimento debe cumplir con ciertos atributos que no solo dependen del valor nutricional sino de sus características físicas, porque es el insumo más elevado en lo que respecta a costos, es por ello que requiere de un buen manejo, elaboración y almacenamiento para evitar la descomposición y alteración del mismo. Si las condiciones de la materia prima, producción o almacenamiento no son las apropiadas, esto podría dar lugar a la aparición de hongos, los cuales pueden producir compuestos tóxicos que contaminen el alimento. Estos compuestos son subproductos tóxicos o metabolitos secundarios llamados micotoxinas y pueden desarrollarse en ciertos productos alimenticios antes o después de la cosecha y durante el transporte o almacenamiento si se presentan las condiciones idóneas para su producción (Villareal-Cavazos *et al.*, 2004).

*Fusarium verticillioides* y *F. proliferatum* son hongos que producen un grupo particular de micotoxinas, conocidas como fumonisinas, de las cuales se han caracterizado 28 análogos estructuralmente similares, siendo la fumonisina B1 (FB1) la que se encuentra en mayor abundancia y es la más tóxica (Hlywka *et al.*, 1997; Van der Westhuizen *et al.*, 2004; Arranz *et al.*, 2004).

Se ha asociado el consumo de alimento contaminado con FB1 a leucoencefalomalacia equina y edema pulmonar porcina; en ratas se ha visto que afecta su crecimiento y causa hepatotoxicosis, hepatocarcinogénesis y toxicidad renal; en pollos causa lesiones en el hígado y corazón así como un incremento en la mortalidad y tiene efecto supresor sobre el sistema inmune (Lumlertdacha *et al.*, 1995). En peces, como tilapia, bagre y carpa, se observó una disminución en el crecimiento debido al consumo de alimento contaminado, así como una menor resistencia a la infección por bacterias (Lumlertdacha *et al.*, 1995; Pepeljnjak *et al.*, 2002; Tuan *et al.*, 2003). En cuanto a

camarón, se detectó que al alimentar camarones con diferentes concentraciones de FB1, aquellos organismos que recibieron las dosis de 0.6 y 2  $\mu\text{g/g}$  de FB1 presentaron un menor crecimiento (Figura 1) (García-Morales, 2007).

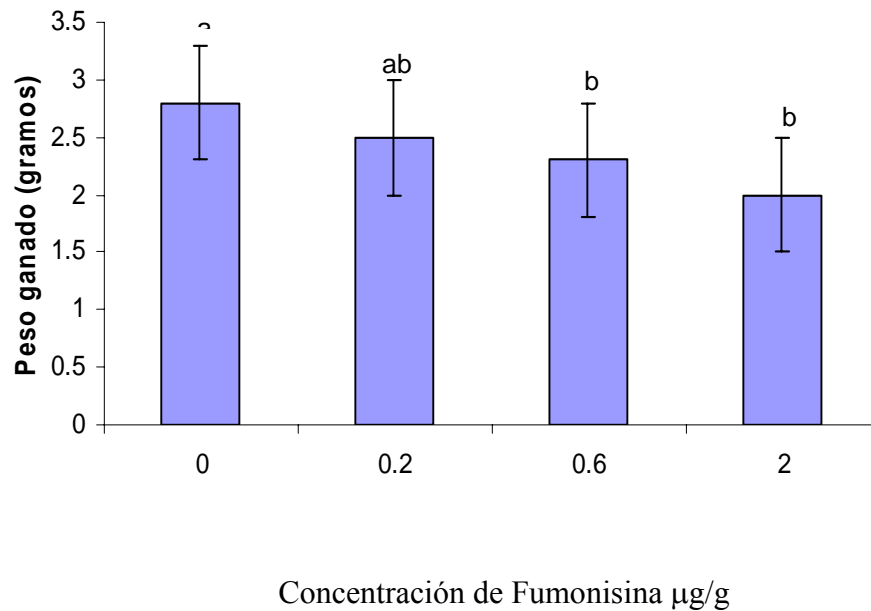


Figura 1. Ganancia en peso del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) alimentado con dietas contaminadas con FB1<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencia significativa entre dosis ( $p > 0.05$ ).

TOMADO DE: García-Morales, 2007.

En numerosas investigaciones realizadas en animales terrestre de sangre caliente se ha establecido que la presencia de estos metabolitos causan serios daños a diferentes niveles, llegando, dependiendo de la concentración de la toxina, ha ocasionar algunos daños o hasta la muerte, en el caso del camarón blanco el exponerlos a la FB1 no impactó en su supervivencia (García-Morales, 2007).

Las razones de porque se presenta esa menor tasa de crecimiento pueden ser variadas. Se ha reportado que la presencia de algunas toxinas presentes en los alimentos van alterar la actividad enzimática en el camarón (Burgos-Hernández *et al.*, 2005), teniendo probablemente como consecuencia que la proteína se destine para mantenimiento y no para crecimiento. Se detectó que

cuando los alimentos para camarón poseían FB1 en su formulación presentaban un menor grado de hidrólisis (Figura 2) evaluada ésta por el método de OPA (Mexía-Salazar, 2006).

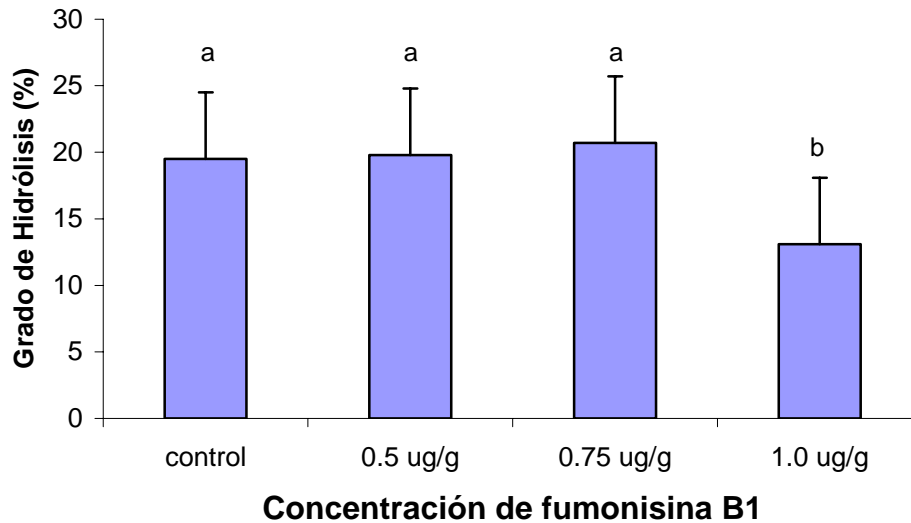


Figura 2. Efecto de la fumonisina B1 sobre el grado de hidrólisis de las dietas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencia significativa entre dosis ( $p > 0.05$ ).

TOMADO DE: Mexía-Salazar, 2006.

### Estudios en el Sistema Humoral y Celular del Camarón Alimentado con Fb1

La fenoloxidasa es una enzima involucrada en la síntesis del pigmento de melanina la cual es capaz de oxidar los fenoles a quinonas, que posteriormente polimerizan por vía no enzimática a la melanina, pigmentos que con sus intermediarios, tienen propiedades microbicidas. Esta se encuentra como una pro-enzima en forma inactiva, conocida como Profenoloxidasa (ProFo) (Gollas-Galvan *et al.*, 2003). La actividad total de la profenoloxidasa (ProFO) y de fenoloxidasa (FO) en la hemolinfa de camarones alimentados con FB1 se afecta, (Figura 3) (Mexía-Salazar *et al.*, 2008). En diversos estudios se ha reportado que la actividad de la PO en camarón y cangrejo, se altera con la presencia de compuestos tóxicos, como los  $\beta$ -glucanos, presentes en contaminantes muy comunes como los hongos y bacterias (Itami *et al.*, 1998; Sung *et al.*, 1999).

Por lo que el incremento de la actividad de la FO se atribuyó a una respuesta del camarón ante la presencia de sustancias tóxicas (Mexía-Salazar *et al.*, 2008).

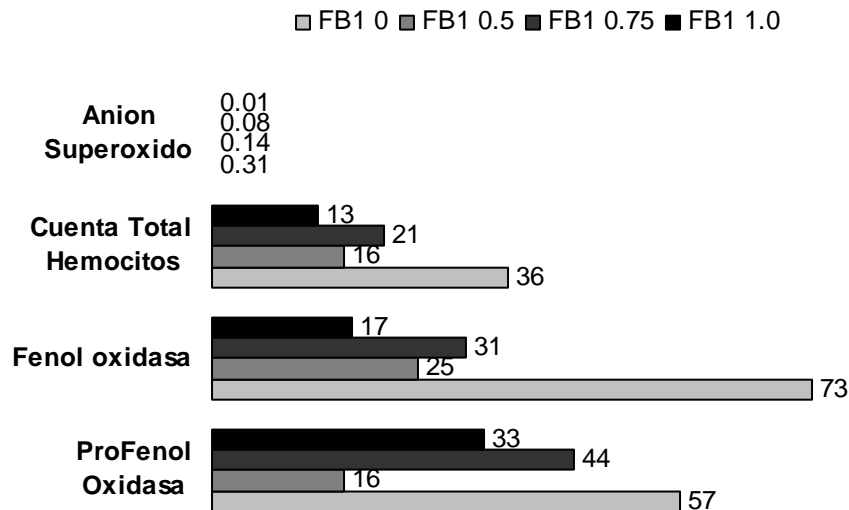


Figura 3. Efecto de la fumonisina B1 sobre el sistema humoral y celular de camarones blancos

Concentración de Fumonisinina µg/g

TOMADO DE: Mexía-Salazar, 2008.

La activación del sistema inmune humoral (ProFO y FO) de los camarones blancos estimula el sistema inmune celular (cuenta total de hemocitos) (Hernández-López *et al.*, 1996). La FB1 indujo que la concentración total de hemocitos disminuyera, coincidiendo con una menor actividad de la anión superóxido (Figura 3), lo cual sugirió que el sistema inmune se encontraba deprimido (Mexía-Salazar *et al.*, 2008) haciendo al camarón más susceptible al ataque de bacterias o virus.

### Estudios en el Hepatopáncreas del Camarón Alimentado con FB1

Una de las manifestaciones detectadas en diversos animales, por la presencia de FB1 en sus dietas, es el desarrollo de cáncer en el hígado de ratas (Gelderblom *et al.*, 1991), alteraciones en el hígado de la trucha arco iris (Meredith *et al.*, 1998), en el camarón blanco indujo cambios estructurales en el tejido. La presencia de la fumonisina B1 en las dietas de los camarones,



dependiendo de la concentración evaluada, indujo desde una deformación en los túbulos del hepatopáncreas hasta daño severo, caracterizado por una excesiva vacuolización. También se detectó la reacción bioquímica llamada melanización posiblemente provocada por el efecto del tratamiento y daños en las branquias caracterizado por deformidad en la estructura (Mexía-Salazar *et al.*, 2008).

Histológicamente, se puede decir que la fumonisina B1 afecta al hepatopáncreas de camarón, provocando atrofia de los túbulos. Lo cual puede repercutir en la absorción de nutrientes.

### Estudios en el Tejido Muscular del Abdomen del Camarón Alimentado con FB1

El músculo de los camarones puede verse afectado por la presencia de compuestos tóxicos (Mexía-Salazar *et al.*, 2008), relacionado esto principalmente con las proteínas que conforman el tejido. La presencia de la FB1 indujo alteraciones en el sistema de aprovechamiento de la proteína muscular, ya que al final de un bioensayo los valores detectados en los camarones alimentados con la dieta control, es decir en ausencia de FB1, la concentración de proteína permaneció constante, mientras que en organismos alimentados con FB1 se detectó una aparente disminución en la concentración de la proteína (Figura 4) (García-Morales, 2007).

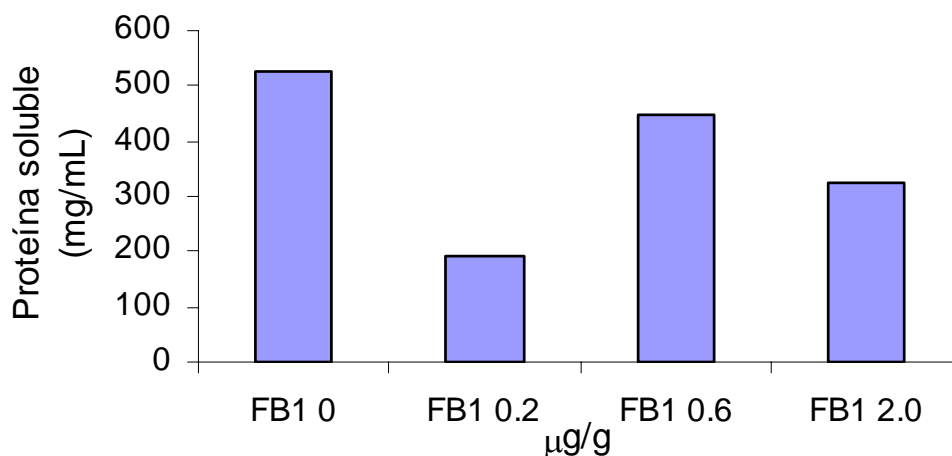


Figura 4. Efecto de la fumonisina B1 sobre la concentración de proteína soluble en el músculo de camarones blancos  
TOMADO DE: García-Morales, 2007.

El comportamiento antes mencionado, hace suponer que la FB1 causó alteraciones estructurales, con lo cual se vieron afectadas las interacciones entre proteínas, ocasionando una menor solubilización de éstas en las soluciones salinas que se utilizan para extraerlas (Sriket *et al.*, 2007).

Una herramienta muy útil que permite evaluar a las proteínas presentes en el músculo de los organismos es la electroforésis. El típico patrón electrofóretico de las proteínas miofibrilares consiste en 2 bandas principales, el de la cadena pesada de la miosina y la actina (Sotelo *et al.*, 2000), siendo miosina la principal fracción proteica afectada por la presencia de FB1 en la dieta para camarones (Figura 5).

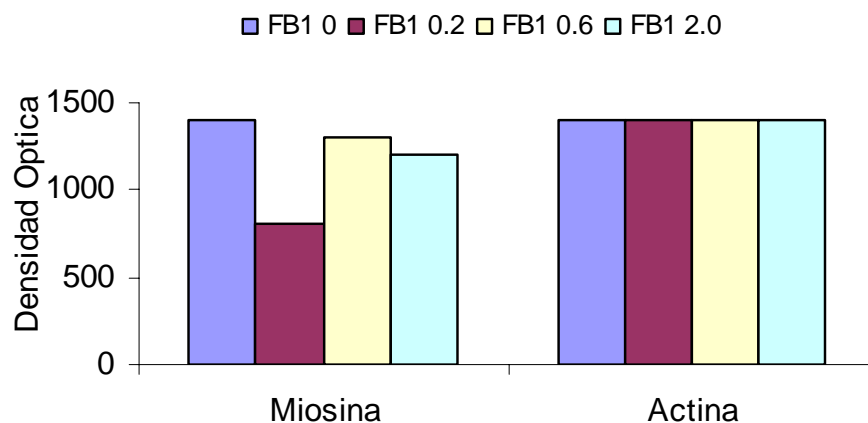


Figura 5. Efecto de la fumonisina B1 sobre la densidad óptica de las proteínas miofibrilares del músculo de camarones blancos

Concentración de fumonisina en  $\mu\text{g/g}$

TOMADO DE: García-Morales, 2007.

Para corroborar el efecto que tiene la fumonisina B1 sobre las proteínas del músculo y establecer su estabilidad térmica, parámetro muy importante para establecer condiciones de proceso en los alimentos, se pueden llevar a cabo evaluaciones como lo es la Calorimetría de Barrido diferencial. Esta técnica mide la cantidad de energía que se desprende o absorbe cuando la muestra es calentada, enfriada o mantenida a temperatura constante (Rouzaud *et al.*, 1995). La FB1 además provocó que las proteínas miofibrilares presentes en el músculo de los camarones se hicieran más susceptibles a la desnaturalización térmica (Figura 6). El comportamiento detectado

puede atribuirse a que la presencia de la FB1 esta causando alteraciones conformacionales en las proteínas (García-Morales, 2007).

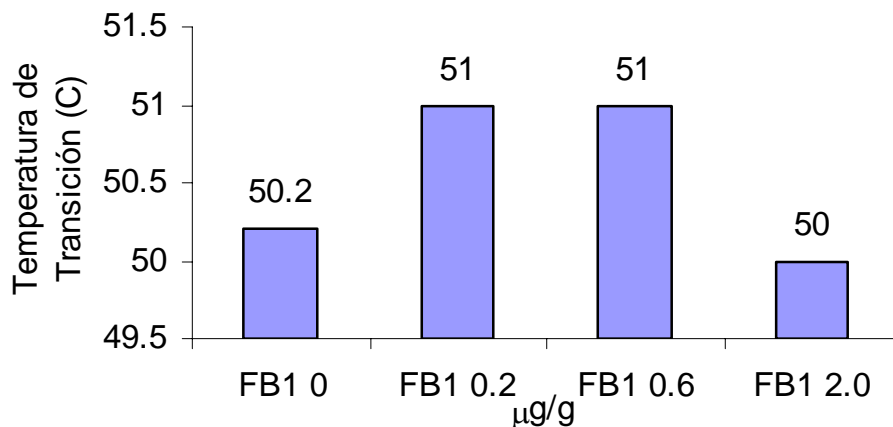


Figura 6. Efecto de la fumonisina B1 sobre la temperatura de transición de la miosina presente en el músculo de camarones blancos

TOMADO DE: García-Morales, 2007.

Mediante un estudio usando la microscopia electrónica de barrido (SEM) se detectó que las fibras del músculo de los camarones alimentados con FB1 se detectó que los bordes de las fibras musculares se presentaban más difusas, sin la típica forma estriada, es decir que la FB1 provocó alteraciones en las fibras musculares de los camarones (García-Morales, 2007). Por lo que en función de éstos resultados se esperaría que la presencia de la FB1 en la dieta repercutiera en la vida de anaquel de los camarones.

### **Estudios Durante el Almacenamiento en Hielo de Camarones Alimentados con FB1**

Se ha reportado que durante los primeros días del almacenamiento en hielo de organismos marinos se da una hidrólisis de las proteínas miofibrilares causada principalmente por enzimas proteolíticas endógenas, como catepsinas y calpainas (Benjakul *et al.*, 1997; Martínez *et al.*, 2001; Tironi *et al.*, 2002; Yongswawatdigul y Park, 2002). Esta pérdida en la integridad de las

proteínas miofibrilares indica un desdoblamiento parcial de éstas, lo cual puede contribuir a que incremente la concentración de proteína soluble. Al darse este desdoblamiento algunos grupos hidrofóbicos son expuestos en la superficie molecular, pudiéndose dar interacciones entre dichos grupos viéndose reflejado esto en una disminución de la solubilidad de las proteínas (Yongswawatdigul y Park, 2002; Sriket *et al.*, 2007).

Durante el almacenamiento en hielo de camarones cosechados, los cuales fueron alimentados con diferentes concentraciones de FB1, los cambios observados fueron atribuidos principalmente al efecto del almacenamiento y no a la FB1. Se observó el típico patrón de incremento en la solubilidad de las proteínas, disminución en la intensidad de las fracciones proteicas, así como una disminución de la entalpía de transición de la miosina, sin detectarse diferencias significativas entre las dietas evaluadas (García-Morales, 2007).

Por otro lado se sabe que la resistencia al corte (o firmeza) del músculo de camarón, es un importante atributo sensorial, el cual está relacionado con la integridad de las proteínas miofibrilares así como con las proteínas del tejido conectivo. Esta propiedad del músculo de camarón juega un papel muy importante en la aceptación de éstos en el mercado, ya que es un reflejo de la calidad del producto (Dunajski, 1979).

Durante un almacenamiento en hielo se espera una disminución de la resistencia al corte, la cual se atribuye principalmente a la acción de las enzimas sobre las proteínas del músculo (Roth *et al.*, 2002; Ramírez-Olivas *et al.*, 2004). La disminución en la firmeza durante un almacenamiento se puede relacionar con un aumento en la extracción de proteínas, ya que la firmeza está relacionada principalmente con los cambios en las proteínas durante el almacenamiento. Además, que los mecanismos involucrados en el ablandamiento del músculo se consideran de tipo fisicoquímico y enzimático (Dunajski, 1979, Ezquerro-Brauer *et al.*, 2004). En un estudio realizado con camarones alimentados con diferentes concentraciones de FB1, se observó durante un almacenamiento en hielo por 12 días de los camarones sin cabeza, que la FB1 no tuvo efecto sobre la pérdida de firmeza detectada en el músculo durante dicho almacenamiento (Figura 7). Sugiriéndose que la adición de la fumonisina B1 afecta el desarrollo del camarón durante su

cultivo, pero esto no impactara en su firmeza durante el almacenamiento en hielo (García-Morales, 2007).

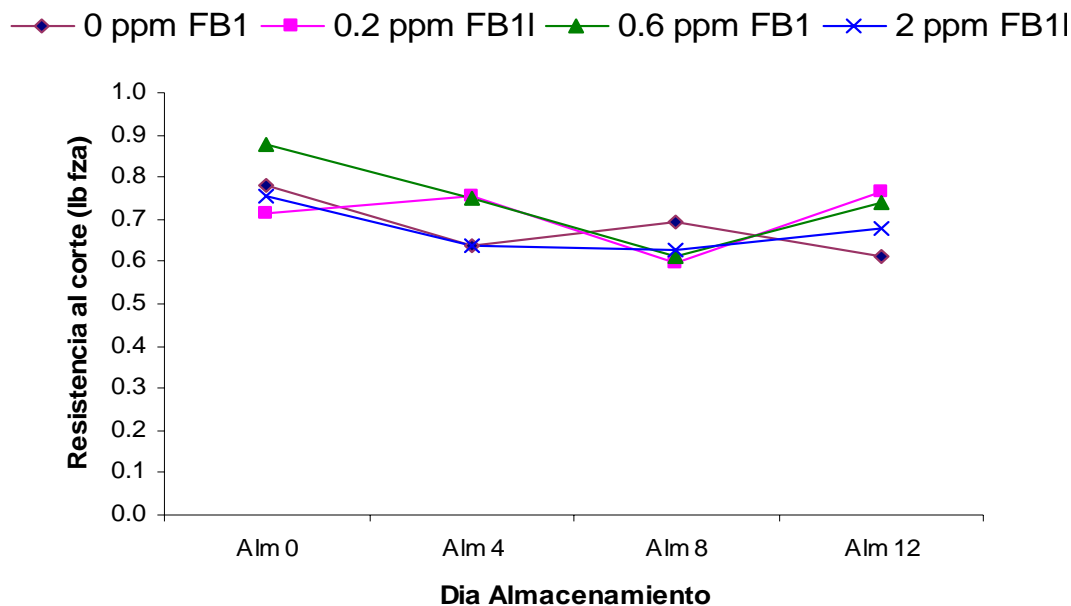


Figura 6. Efecto de la fumonisina B1 sobre la resistencia al corte del músculo de camarones blancos cosechados, durante el almacenamiento en hielo por 12 días.

TOMADO DE: García-Morales, 2007.

### Estudios del Tiempo de Cocción En Camarones Blancos Cultivados

El establecimiento del tiempo en el que un producto alcance una determinada temperatura, es de suma importancia para prevenir con esto una sobre-cocción del producto y disminuir de esta manera el impacto sobre las propiedades organolépticas del mismo, principalmente la firmeza. Cada alimento dependiendo del acomodo de sus proteínas tiende a presentar diferentes grados de desnaturalización de éstas de acuerdo a la temperatura que se aplica y el tiempo de permanencia en dicha temperatura.

Se ha reportado que la composición química de los organismos silvestres es diferente a los cultivados, sobre todo en cuanto a su contenido de lípidos. (Rivas-Vega *et al.*, 2001). También se reportó que la firmeza de los organismos cultivados es menor, comparada con los silvestres,

relacionándose esta con una menor entalpía de transición en las proteínas miofibrilares presentes en el músculo de los camarones en cultivo (Rivas-Vega *et al.*, 2001). Aunque se sabe que las proteínas miofibrilares durante la cocción se van a modificar; el grado de modificación que sufren en el camarón blanco cultivado por efecto del tiempo de cocción, y como esta alteración que se presenta en las proteínas miofibrilares y su relación con el tamaño del organismo no está del todo documentado.

Se observó que dependiendo de la especie de camarón, se obtenían diferentes curvas de cocción (Figura 7), lo cual indica una resistencia térmica diferente, atribuidas a la concentración y tipo de proteínas (Guerrero-Manjarrez *et al.*, 2006). Durante el proceso de cocción tiende a modificarse la solubilidad de las proteínas, lo cual es un indicativo del grado de desnaturalización y agregación de las mismas. Dentro de las proteínas mayoritarias del músculo, durante la cocción tanto las sarcoplasmáticas como las miofibrilares y estromales participan en el fenómeno denominado de gelificación (Belitz y Grosch, 1999).

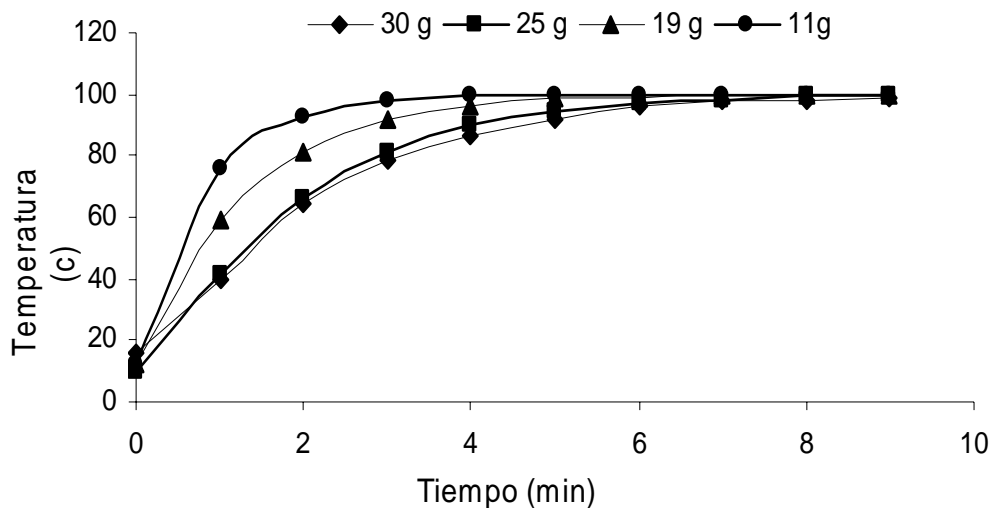


Figura 7. Efecto del peso de los camarones sobre el tiempo de cocción a 100°C

TOMADO DE: Guerrero-Manjarrez *et al.*, 2006

En general la cantidad de proteína insoluble aumenta con el tiempo de cocción (Figura 8).

También se observó que a menor tamaño de los organismos hay una mayor concentración de

proteína soluble antes de la cocción. Estas variaciones en la solubilidad de las proteínas impactarán en la firmeza de los organismos (Guerrero-Manjarrez 2006).

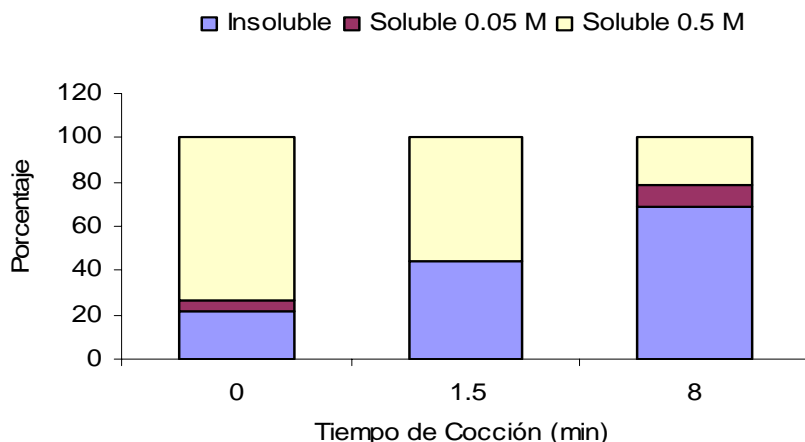


Figura 8. Efecto del tiempo de cocción a 100°C sobre la concentración de proteínas solubles e insolubles en el músculo de camarón blanco cultivado.

TOMADO DE: Guerrero-Manjarrez *et al.*, 2006

Dentro de los parámetros tecnológicos que influyen, como ya se mencionó, en la estructura y conformación de las proteínas presentes en el músculo, es la temperatura (Dunajski, 1979) así los productos sometidos al proceso de cocción mostraran una mayor resistencia al corte al compararse con el producto fresco debido al fenómeno de gelificación ya mencionado, sin embargo cuando el centro del músculo alcanza los 100°C (8 min en cocción) la resistencia al corte es menor a aquellos productos cuyo centro alcance los 50°C (1.5 min en cocción) (Figura 9). A mayor tiempo de cocción, se ha visto que el colágeno se va modificando hasta desnaturalizarse completamente (Valencia-Perez *et al.*, 2008), lo que pudo ocasionar esa menor firmeza en los camarones mantenidos por 8 min a 100°C. En el caso del camarón blanco se ha reportado que el colágeno presente en este, posee una temperatura de desnaturalización de 47°C, menor a la reportada incluso para peces, y varía en función de la dieta (Ezquerria *et al.*, 2003), por lo que esta proteína en conjunto con las proteínas miofibrilares juegan un papel importante en la firmeza de los camarones cocidos.

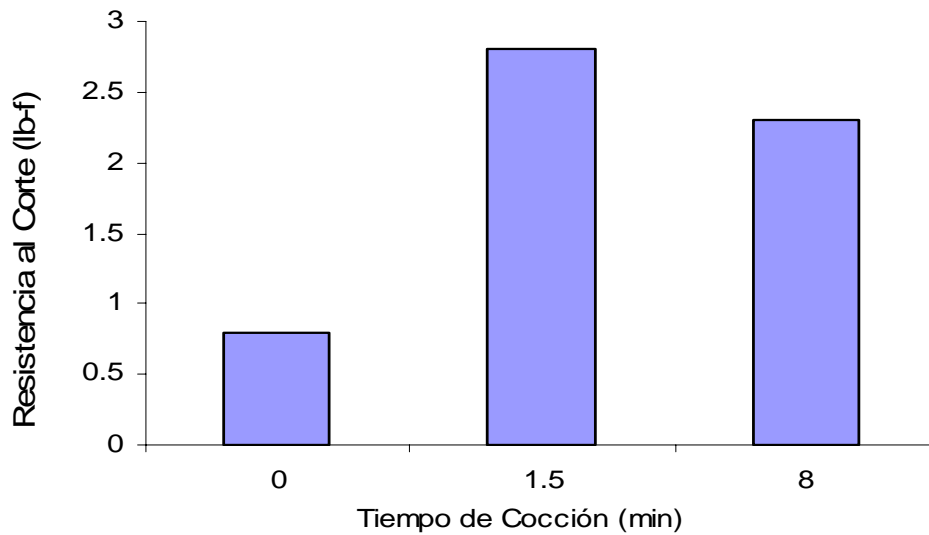


Figura 9. Efecto del tiempo de cocción a 100°C sobre la resistencia al corte en el músculo de camarón blanco cultivado.

TOMADO DE: Guerrero-Manjarrez *et al.*, 2006

## Conclusiones

Este trabajo presentó algunos estudios relacionados con el impacto de una micotoxina detectada en dietas para camarón, la fumonisina, sobre el desarrollo de los organismos y la calidad del músculo en post-cosecha, evaluada en términos de la firmeza. Así mismo, se presentó información sobre la relación que hay entre el tiempo de cocción, tamaño de los camarones y firmeza. El conocer el impacto de la fumonisina B1 sobre diferentes indicadores de calidad del camarón da mayores argumentos para establecer reglas específicas en cuanto al cuidado durante el manejo y almacenamiento que se debe tener en los insumos y el alimento para camarón, para prevenir en el organismo los efectos negativos que ésta micotoxina y otras tienen sobre los camarones, lo cual puede causar pérdidas cuantiosas para los acuicultores, ya que en un momento dado, aquellos camarones cuyos alimentos estén contaminados con fumonisina B1 o bien otra micotoxina, probablemente presentarían una mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos



y/o bien repercutir así sobre su vida de anaquel y calidad de los productos procesados, como es el camarón cocido con cabeza.

## Referencias

- Álvarez, C. R., Marroquín, J. A., y Tequida, M. M. 1998. Análisis de microflora y micotoxinas en trigo y maíz, almacenados y destinados a consumo animal en el estado de Sonora. Tesis. Depto de Ciencias Químico Biológicas. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- Arranz, I., Baryens W.R.G. y Van der Weken G. 2004. Review: HPLC determination of fumonisin mycotoxins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44:195-203.
- Belitz, H.D. y Grosch, W. 1999. *Food Chemistry*. 2nd. ed. Ed. Springer. Germany. 426-430 pp.
- Benjakul, T., Seymour, A., Morrissey, M.T. y An, H. 1997. Physicochemical changes in pacific whiting muscle proteins during iced storage. *Journal of Food Science*. 62 (4):729-733.
- Burgos-Hernández, A., Farias, S.I., Torres-Arreola, W. y Ezquerra-Brauer, J.M. 2005. *In vitro* studies of the effects of aflatoxin B1 and fumonisin B1 on trypsin-like and collagenase-like activity from the hepatopancreas of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 250: 390-410.
- Dunajsky, E. 1979. Texture in fish muscle. *Journal of Texture Studies*. 10: 301-318.
- Ezquerra-Brauer, J.M., Bringas-Alvarado, L., Burgos-Hernández, A. y Rouzaud-Sandez, O. 2004. Control de la composición química y atributos de calidad de camarones cultivados. *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora, México. 441-462 pp.
- Ezquerra J.M., Salazar J.A., Bringas L y Rouzaud O. 2003. Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Eur Food Res Technol*. 217(4):277-280.
- García Morales M.H. 2007. Crecimiento, Supervivencia y Vida de Anaquel en Hielo del Camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*) Alimentado con Dietas Contaminadas con Fumonisin B1. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Universidad de Sonora.
- Gelderblom, W. C. A., Smuts, C. M., Abel, S., Snyman, S. D., Vander Westhuizen, L., Huber, W. W., y Swanevelder, S. 1997. Effects of fumonisin B1 on the levels and fatty acid composition of selected lipids in rat liver *in vivo*. *Food Chem. Tox.* 35:647-656.
- Gollas-Galvan, T., Sotelo-Mundo, R., Yépiz-Plascencia, G., Vargas-Requena C., y Vargas-Albores, F. 2003. Purification and characterization of alpha 2-macroglobulin from the white shrimp (*Penaeus vannamei*) *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*.134(4):431-8.
- Guerrero-Manjarrez G., Barraza-Guardado R., y Ezquerra-Brauer J.M. 2006. Freezing and cooking studies of three species of wild shrimp from the Gulf of California. 57th Annual Meeting of the Pacific Fisheries Technologists Anchorage, Alaska March 5-8, 2006 – The Hotel Captain Cook.
- Guerrero-Manjarrez G. 2006. Efecto del Tiempo de Cocción Sobre las Proteínas del Músculo de Camarón Blaco (*Litopenaeus vannamei*) Cultivado Cocido con Cabeza Durante su Almacenamiento en Congelación. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Universidad de Sonora.

- Hernández-López, J., Gollas-Galvan T. y Vargas-Albores, F. 1996. Activation of the prophenoloxidase system of the brown shrimp (*Penaeus californiensis* Holmes). *Comp. Biochem. Physiol.* 113C(1): 61-66.
- Ikins W. G. 1991. Modern methods of analyzing mycotoxins in foods. En: E. D. Daniel and Y.C. Fung (Editors), *Instrumental Methods of Quality Assurance in foods*. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.
- Itami, t., Asano, M., Tokushige, K., Kubono, T.; Nakagawa, Takeno, N., Nishimura, H., Maeda, M., Kondo, M., y Takahashi, Y. 1998. Enhancement of disease resistance of turuma shrimp, *penaeus japonicus*, after oral administration of peptidoglycan derived from bifidobacterium thermophilum. *Acuaculture.* (164):277-288.
- Jantrarat, W., Lovell, R.R., y Grizzle, J.M., 1990. Acute toxicity of aflatoxin B1 to catfish. *J. Aquat. Anim. Health* 2, 237– 247.
- Hlywka, J.J., Beck, M.M. y Bullerman, L. 1997. The use of the chicken embryo screening test and brine shrimp (*Artemia salina*) bioassays to assess the toxicity of fumonisin B1 mycotoxin. *Food and Chemical Toxicology.* 35: 991-999.
- Jiansheng, W., Ying, Z., Wanbo, L., Xiangcheng, Z., Liangcheng, D. y Qiaomei, W. 2007. Fumonisin level in corn-based food and feed from Linxian County, a high-risk area for esophageal cancer in China. *Food Chemistry.* 76:1-17
- Kim, E.K., Maragos, C. y Kendra, D.F. 2004. Liquid chromatographic determination of fumonisins B1, B2, and B3 in corn silage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 52:196-200.
- Lightner, D.V. 1993. Disease of culture Penaeid shrimp. In: Mac-Vey, J.P. (Ed.), *CRC Handbook of Mariculture. Crustacean Aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, Fl, pp. 474– 955.
- Lumlertdacha, S., Lovell, R.T., Shelby, R.A., Lenz, S.D. y Kempainen, B.W. 1995. Growth, hematology and histopathology of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed toxin from *Fusarium moniliforme*. *Aquaculture.* (130): 201-218.
- Martínez, I., Friis, T.J. y Careche, M. 2001. Post mortem muscle protein degradation during ice-storage of Arctic (*Pandalus borealis*) and tropical (*Penaeus japonicus* and *Penaeus monodon*) shrimps: a comparative electrophoretic and immunological study. *Journal of Food Science and Agriculture.* 81(12):1199-1208.
- Meredith, F. I., Riley R.T., Bacon C.W., Williams D.E., y Carlson D.B. 1998. Extracción, cuantificación, and biological availability of fumonisin B1 incorporated into the oregon test diet and fed to rainbow trout. *Journal of Food Protection.* 61(8):1034-1038.
- Mexía-Salazar, A.L. 2005. Efecto del Alimento Contaminado Artificialmente con Fumonisin B1 sobre el Sistema Inmune, el Hepatopáncreas y las Proteínas del Músculo de Camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*) Cultivado. Tesis de Maestro en Ciencias. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Mexía-Salazar A.L., Burgos-Hernández A., Cortez-Rocha M.O., Hernández-López J., Castro-Longoria R., y Ezquerra-Brauer J.M. 2008. Effects of fumonisin B1 addition to feed on immune response, hepatopancreas and muscle proteins white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Chemistry.*

- Murphy, P.A., Hendrich S., Landgren, C. y Bryant, C. 2006. Food mycotoxin: An update. *Journal of Food Science*. 71(5): 51-65.
- Pepeljnjak, S., Petrincic, Z., Kovacic, S. y Segvic, M. 2002. Screening toxicity study in young carp (*Cyprinus carpio* L.) on feed amended with fumonisin B1. *Mycopathologia*. 156:139-145.
- Ramírez-Olivas, R., Rouzaud, O., Haard, N., Pacheco-Aguilar, R., y Ezquerra-Brauer, J. 2004. Changes in firmness and thermal behavior of ice-stored muscle of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *Eur. Food Res. Technol.* 219:312-315.
- Rivas-Vega, M.E., Rouzaud-Sández, O., Martínez-Córdova, L.R. y Ezquerra-Brauer, J.M. 2001. Effect of feed protein levels on digestive proteolytic activity, texture and thermal denaturation of muscle protein in reared blue shrimp. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 10(4):25-37.
- Roth, B., Moeller, D., Veland, J.O., Imsland, A. y Slinde E. 2002. The effect of stunning methods on rigor mortis and texture properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science*. 67(4):1462–1466.
- Rouzaud, O., Ramírez, B. y Jara, M. 1995. Uso del calorímetro de barrido diferencial en alimentos. Curso de actualización para profesores investigadores. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora. Hermosillo, México.
- SAGARPA, 2003. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)
- Shephard, G.S. 2005. Do fumonisin mycotoxins occur in wheat? *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 53 (23):9295-9302.
- Sotelo, C.G., Piñeiro, C., Pérez-Martín, R. y Gallardo, J.M. 2000. Analysis of fish and squid myofibrillar proteins by capillary sodium dodecyl sulfate gel electrophoresis: actin and myosin quantification. *European Food Research and Technology*. 211(6): 1438-2377.
- Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. y 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.
- Sung, H., Chang, H., Her, C., Chang, J., y Song, Y. 1999. Phenoloxidase activity of hemocytes derived from *Penaeus monodon* and *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Invertebrate Pathology*. (71): 26-33.
- Tironi, V.A., Tomás, M.C., y Añón, M.C. 2002. Structural and functional changes in myofibrillar proteins of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*) by interaction with malonaldehyde. *Journal of Food Science*. 67(3): 929–935.
- Tuan, N.A., Manning B. B., Lovell R. T. y Rottinghaus, G.E. 2003. Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing different concentrations of moniliformin or fumonisin B1. *Aquaculture*. 217: 515-528.
- Valencia-Pérez A.Z.; García-Morales M.H.; Cárdenas-López J.L., Herrera-Urbina J.R.; Rouzaud-Sández O; y Ezquerra-Brauer J.M. 2008. Effect of thermal process on connective tissue from jumbo squid (*Dosidicus gigas*) mantle. *Food Chemistry*. 107(4): 1371-1378.

- Van der Westhuizen, L., Wentzel, C.A., Gelderblom, A., Shephard, G. y Swanevelder, S. 2004. Disruption of sphingolipid biosynthesis in hepatocyte nodules: selective proliferative stimulus induced by fumonisin B. *Toxicology*. 200: 69-75.
- Velásquez-González, C.A. 1995. Análisis de micotoxinas aminopolihidroxiladas. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida. Universitat de Lleida. 1-70 pp.
- Villareal-Cavazos, D.A., Guajardom, G.C., Ezquerra-Brauer, J.M., Scholz, U., Cruz-Suárez, E. y Ricque-Marie, D. 2004. Efectos de las micotoxinas en la nutrición de camarones peneidos. *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora, México. 463-479 pp.
- Yongswatdigul, J. y Park, J.W. 2002. Biochemical and conformation changes of actomyosin from threadfin bream stored in ice. *Journal of Food Science*. 67(3): 985-990.