

Control de la Composición Química y Atributos de Calidad de Camarones Cultivados

J.M. Ezquerro-Brauer (1), L. Bringas-Alvarado (2), A. Burgos-Hernández (1), O. Rouzaud-Sández (1)

(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

(2) Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Universidad de Sonora, Blvd..Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, 83000. Hermosillo, Sonora. México

E-mail: ezquerro@guayacan.uson.mx

Resumen

La aceptación de los productos marinos depende de que sean seguros para el consumidor, tengan buena calidad nutricional, además del sabor, olor, color y firmeza. En las granjas acuícolas se pueden controlar algunos factores ambientales y dietarios. Estos factores pueden influir sobre la calidad alimentaria de los productos al momento de la cosecha. En este trabajo se recopiló información sobre el efecto de la proteína de la dieta y la calidad toxicológica del alimento en la calidad post-cosecha de camarones. La calidad y cantidad de proteína en la dieta influyen en: a) la actividad enzimática en el hepatopáncreas y el músculo; b) la calidad química, microbiológica y nutricional de los camarones. La calidad de la proteína afecta el contenido de las proteínas estromales y las propiedades termodinámicas del principal componente de éstas proteínas estromales, el colágeno. Al relacionar estas características con los organismos alimentados con dietas pobres o bien con altas concentraciones de proteína, éstos perdieron más textura y presentaron la menor aceptación por parte del panel. La presencia de micotoxinas en alimento para camarón pueden poseer puede provocar bajo riesgo para la salud, pero afectar la aceptación. La calidad del alimento para camarón impactará en la comercialización del mismo.

Abstract

The consumer's acceptance of fishery products depends on several attributes: safety, nutrition, flavour, colour and texture. The seafood farmer has some control of environmental and dietary factors. Culture conditions can affect the food quality of cultured seafood. This paper summarizes information regarding with the influence of diet protein and feed toxicology quality on the chemical and edible qualities of cultured shrimp. The results indicated that feed protein concentration and protein quality had an influence on: a) hepatopancreas and muscle enzymatic activity; b) chemical, microbiological and nutritional quality of cultured shrimp; c) thermodynamics properties of shrimp muscle. Feed protein quality affected stroma protein muscle concentration. The major component of the stroma fraction is collagen. The source of protein influenced the thermodynamics properties of collagen from shrimp muscle. Those characteristics are related with storage life and acceptance of cultured shrimp. Shrimp fed with feed of low protein quality or high protein concentration showed changes in texture as decrease measured in shear force and also the lowest acceptance of a sensory panel. High micotoxin levels were found on shrimp feed, although it poses a very low risk to human health, could have an impact on consumer acceptance.

Running title: Calidad post-cosecha camarón

Introducción

La aceptación de los productos pesqueros por parte del consumidor depende de varios atributos de calidad. Considerándose importante en este aspecto, el que un alimento no represente riesgos en la salud del consumidor, posea una buena calidad nutricia, además del sabor, olor, color y textura. En los productos marinos se sabe que existen factores tanto extrínsecos como intrínsecos que tienen una marcada influencia en la calidad alimentaria.

En el caso de los productos obtenidos de granjas acuícolas se pueden controlar algunos factores ambientales como la temperatura, la presión, el flujo y química del agua; así como factores dietarios como los ciclos de alimentación, ayuno, sobre-alimentación, la presencia o ausencia de componentes específicos, los cuales pueden influir sobre la calidad alimentaria de los productos al momento de la cosecha (Haard, 1992).

En general, se sabe que durante el cultivo de los camarones peneidos, el crecimiento y desarrollo de éstos, es afectado por el nivel y la calidad de la proteína, además de otros factores (New, 1980). Un camarón alimentado con proteína de alta calidad presentará una mayor digestibilidad, un mejor crecimiento y una menor susceptibilidad a enfermarse (Pike & Hardy, 1997).

En estudios realizados en peces cultivados, se detectó que el tipo de alimento puede afectar no solo los procesos digestivos, sino también la formación de nutrientes específicos y la bioacumulación de compuestos, los cuales influyen en la calidad del músculo (Haard 1992). En el caso de crustáceos los trabajos relacionados con manejo durante el cultivo y calidad post-cosecha son escasos. Sin embargo, al igual que en los peces, factores como la calidad química, microbiológica y toxicológica de la dieta va afectar grandemente, no solo el crecimiento y desarrollo de los camarones en cultivo, sino también impactará en su calidad desde el punto de vista comercial.

La camaronicultura ofrece interesantes posibilidades para las personas que se dedican a la producción de camarón, de influir favorablemente sobre el valor nutricional, el sabor, color, calidad sanitaria, textura y en la vida de anaquel de los organismos después de la cosecha. Por lo que existe la necesidad de poseer más conocimientos sobre la relación que hay entre las condiciones de cultivo y la calidad de especies específicas. En este trabajo no se abarcarán todos aquellos aspectos que pueden afectar la calidad comercial de los camarones, está centrado principalmente en uno de los más importante, que es el alimento.

Aceptación de los Productos Silvestres contra los Cultivados

La industria de la acuicultura tiene grandes ventajas sobre los pescadores. El acuicultor puede cosechar los organismos con menos estrés y daño físico de acuerdo con las demandas del mercado. También puede controlar la talla y la calidad de los productos para mercados específicos. Por otro lado, hay la percepción equivocada de que los productos de acuicultura son menos atractivos que los silvestres, ya que el consumidor cree que los organismos de cultivo presentarían sustancias perjudiciales para la salud. Sin embargo la gran mayoría de los consumidores no alcanzan a percibir entre un organismo de cultivo y uno silvestre (Nettleton 1990). Aunque los hábitos alimentarios han cambiado, y los productores de alimentos se enfrentan con serios retos para satisfacer las demandas de los consumidores de productos marinos.

Con esto en mente, investigaciones bajo condiciones controladas, y con paneles entrenados, han demostrado que los productos provenientes de granjas presentan diferencias sensoriales con los silvestres. Como regla, la carne de los organismos cultivados, principalmente el pescado y el camarón, tiende a ser más blanda, y presentan un sabor menos robusto que los organismos silvestres (Mohr 1986; Rivas-Vega 2000; Torres-Mendoza 2003).

Proteína Dietaria y Composición Química del Camarón

Como ya se mencionó, los camaricultores tienen diferentes formas de influenciar la calidad post-cosecha del producto. Éstos incluyen el control de factores dietéticos, tales como el sistema de alimentación, ayuno, sobre alimentación y la presencia o la ausencia de los componentes dietéticos específicos (Haard 1992). En trabajos realizados en peces se observó que el contenido de proteínas y lípidos en el músculo de estos organismos son los componentes más afectados por el alimento (Haard 1992). En camarón blanco, se detectaron diferencias en el contenido de grasa (Tablas 1 y 2) por efecto del tipo de dieta. En los camarones alimentados con concentraciones de proteína variable se detectaron los valores más altos de grasa (2.7 %) (Ezquerria-Brauer, Parra-Vergara & Carrillo-Pérez 2003a). Rivas-Vega, Rouzaud-Sáñez, Martínez-Córdova & Ezquerria-Brauer (2001) al trabajar con camarones azules observaron que los organismos alimentados con 25% de proteína en el alimento, presentaron también un mayor contenido de grasa en el músculo.

Tabla 1. Composición química y textura del músculo de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) alimentado con diferentes niveles de proteína

Alimento ¹	Textura ² (Lb-f)	Agua ³ (%)	Proteína ³ (% base seca)	Grasa ³ (% base seca)	Cenizas ³ (% base seca)
F-25	1.2 ^b	76 ^a	82 ^a	9.6 ^a	6.5 ^a
F-35	1.3 ^{bc}	76 ^a	86 ^b	9.3 ^a	6.4 ^a
F-40	1.4 ^c	74 ^b	88 ^b	8.2 ^b	6.0 ^b

¹Porcentaje de proteína en la dieta: F-25= 25%; F-35=35%; F-40=40%.

²n= 12 organismos. Textura con un texturómetro (Chatillon 12-3b).

³Determinaciones por triplicado. Método AOAC (1990).

Valores con diferente letra entre columna, diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Tomado de: Rivas-Vega *et al.* 2001

Tabla 2. Composición química del músculo abdominal del camarón blanco cultivado alimentado con diferentes niveles de proteína

Tratamiento	Composición Química (g/100g)			
	Agua	Proteína (base seca)	Grasa (base seca)	Cenizas (base seca)
Baja Proteína (25%)	77b	71 ^a	1.9 ^a	5.6 ^a
Alta Proteína (40%)	75 ^a	72 ^a	2.0 ^a	5.9 ^a
Proteína Variable	79c	74 ^a	2.7b	5.9 ^a

Determinaciones por triplicado. Método AOAC (1990).

Valores con diferente letra entre columna, diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Tomado de: Ezquerra-Brauer *et al.* 2003a

Proteínas

El contenido de las proteínas extraídas del músculo de los camarones también puede verse afectado por la dieta. En camarón blanco se obtuvo que las proteínas del estroma extraídas del músculo de los organismos, se vieron influenciadas por la fuente de proteína utilizada en la dieta (Tabla 3). En un trabajo realizado por Ezquerra-Brauer, Salazar-Leya, Bringas-Alvarado & Rouzaud-Sáñez. (2003b) donde aislaron el colágeno del músculo de camarones alimentados con diferentes fuentes de proteína, observaron que el colágeno del camarón blanco presentaba pesos similares al del colágeno tipo I de bovino y un pico máximo a los 47 °C en los colágenos aislados de los camarones cultivados, mientras que el colágeno tipo I de bovino fue a los 65°C (Tabla 4). Además detectaron que el colágeno aislado del músculo de camarón alimentado con calamar presentó dos bandas más con pesos moleculares superiores al del colágeno tipo I (Figura 1) y diferencias en las entalpías de transición entre los colágenos aislados de los camarones, mostrando la menor energía el proveniente de los organismos alimentados con calamar.

Tabla 3. Contenido de proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas y estromales, extraídas del músculo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) alimentado con diferentes fuentes de proteína.

Tratamiento	Tipo de Proteínas		
	Miofibrilares ¹ (mg/mL)	Sarcoplasmáticas ¹ (mg/mL)	Estromales ² (g/100g)
Calamar	4.1 ^a	3.3 ^a	10 ^a
Harina comercial	3.6 ^a	2.9 ^a	6.3 ^c
Sardina	4.1 ^a	3.9 ^a	7.3 ^b

¹Determinaciones por triplicado. Método de Bradford (1974)

²Determinaciones por triplicado. Método AOAC (1990).

Valores con diferente letra entre columna, diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Tabla 4. Entalpía de desnaturalización y transición endotérmica (Tmax) del colágeno extraído del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) alimentado con diferentes fuentes de proteína y del colágeno de bovino tipo I.

Tratamiento	ΔH^1 (J/g)	To ² (°C)	Tmax ³ (°C)
Sardina	12.3	41.9	47.5
Calamar	2.7	41.6	47.1
Harina comercial	11.20	42.9	47.6
Colageno de bovino	5.22	60.16	65.9

¹ ΔH (J/g): Cambio de la entalpía total de desnaturalización del colágeno

²To (°C): Temperatura de inicio

³Tmax (°C) Temperatura al flujo máximo de calor

Tomado de: Ezquerria *et al.* 2003b

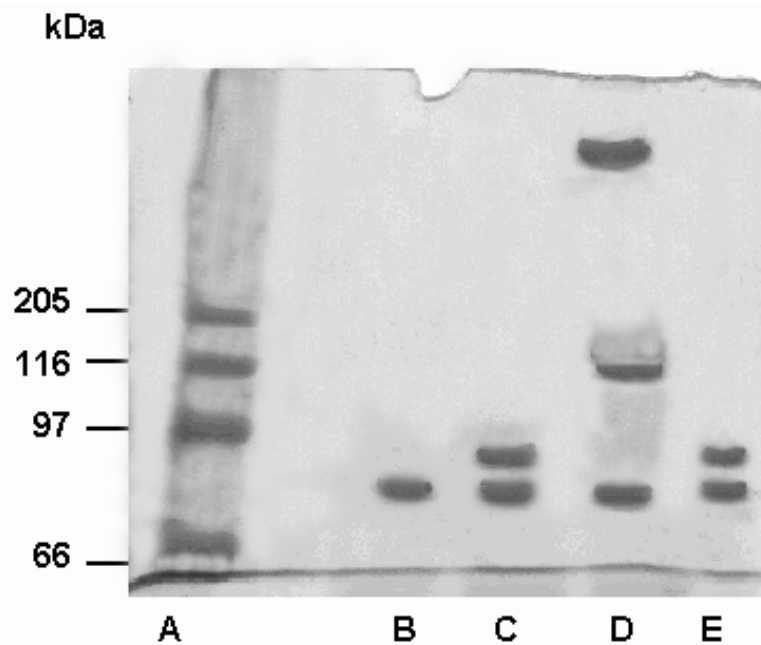


Figura 1. Gel de electroforesis de poliacrilamida-dodecil sulfato de amonio (SDS-PAGE) del colágeno extraído del músculo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Línea A= marcadores de peso molecular. Línea B= colágeno tipo I; Línea C= dieta a base de harina comercial; Línea D = dieta a base de calamar; Línea E = dieta a base de sardina. Tomado de: Ezquerria *et al.* 2003b

Los métodos clásicos para medir la desnaturalización proteica, muestran solo una vista parcial del fenómeno, y frecuentemente los procesos de extracción y purificación afectan el estado nativo de las proteínas, mientras que la calorimetría de barrido diferencial ofrece un método directo para estudiar la transición de las proteínas musculares "in situ". La estabilidad de las proteínas de los camarones esta muy relacionada con las propiedades que el producto presente durante el procesamiento. El estudio del comportamiento térmico de las proteínas miofibrilares del músculo de camarón puede ser importante para predecir la calidad final del producto, ya que las características del tejido dependen primordialmente de la fracción proteica.

En estudios donde se evaluó el efecto de la cantidad de proteína durante el cultivo de camarón azul, se observó que los termogramas obtenidos del músculo de los camarones

cultivados (Figura 2), presentan un perfil similar con tres picos que representan las tres transiciones importantes que se han reportado en el músculo de algunos pescados y mamíferos (Wright, Leach & Wilding 1977; Beas, Wagner, Crupkin & Anon 1990). El pico I corresponde a la transición de la miosina, la cual ocurre a temperaturas más bajas (alrededor de los 52°C) que las reportadas para la miosina del músculo de conejo y bovino, que ocurren alrededor de los 56°C (Wright *et al.* 1977). El pico II representa la transición de las proteínas sarcoplásmicas y el pico III a la transición de la actina.

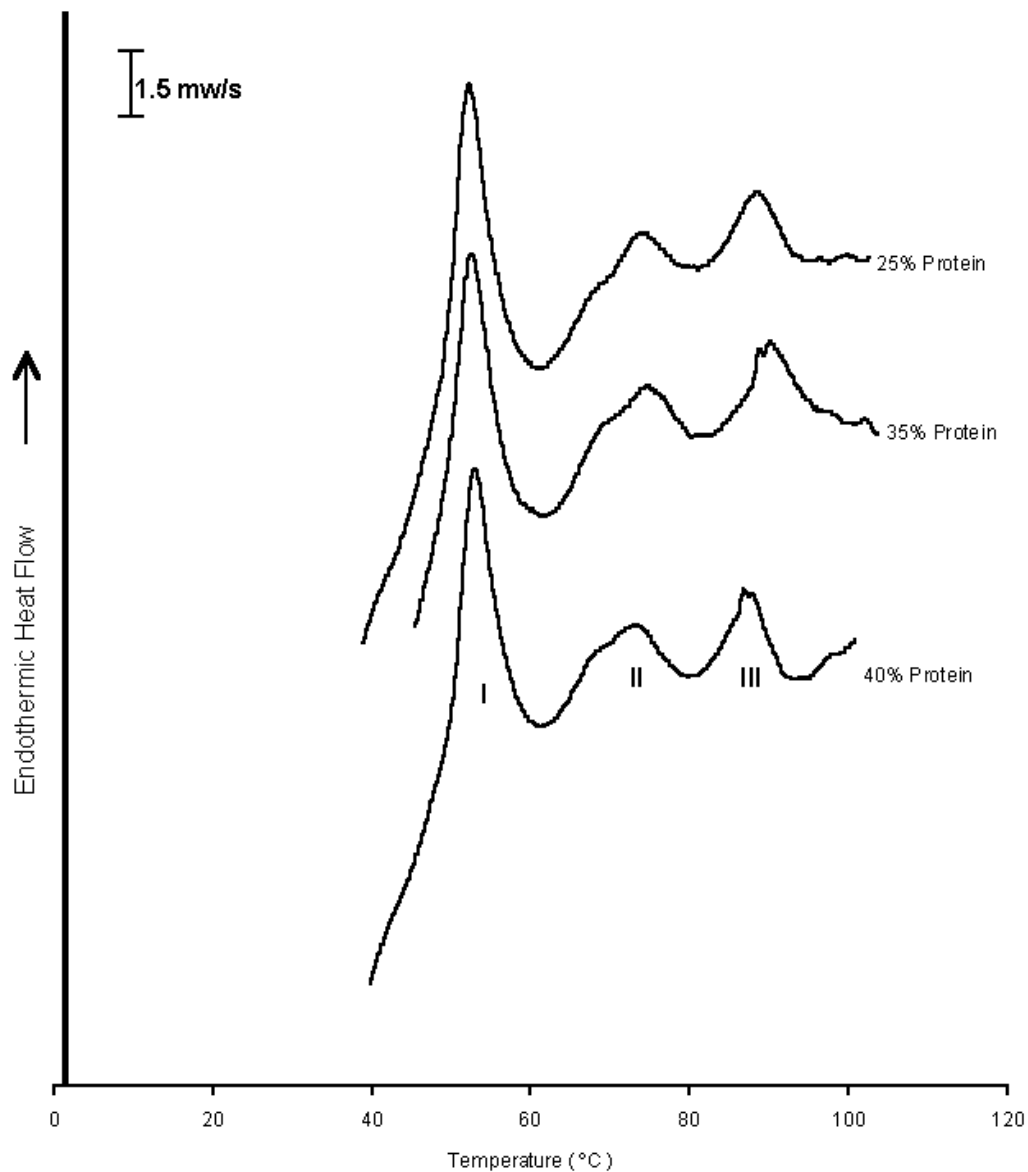


Figura 2. Termogramas de la calorimetría de barrido diferencial obtenidos del músculo de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) alimentado con diferentes concentraciones de proteína.
Tomado de: Rivas-Vega *et al.* 2001

Por otro lado, solo se observó diferencia en la entalpía de transición de la miosina (Tabla 5) del músculo de los camarones alimentados con diferente contenido de proteína. La entalpía disminuyó a medida que aumenta la proteína en la dieta, de 1.77 J/g en el camarón alimentado con 25 % de proteína a 1.52 en el camarón alimentado con 40% de

proteína. Estos valores nos indican que bajo las condiciones de este estudio, la miosina del músculo de los camarones alimentados con un 25 % de proteína requieren mayor energía para su desnaturalización. Estas diferencias pueden ser atribuidas a la composición del músculo y a las interacciones que se presentan entre estos componentes. Hamada I., Yabuno, Furumatsu & Niwa (1982) reportaron que los fosfolípidos en el músculo, interactúan con la actinmiosina y la estabilizan, en nuestro caso, a pesar de que no se cuantificó la naturaleza de los lípidos presentes en el músculo, se observó que existe una relación inversa, ya que al aumentar el contenido de lípidos en el músculo la entalpía de transición de la miosina es menor.

Cuando éstos camarones fueron almacenados por tres meses en congelación se observó que aquellos que presentaron una menor energía de transición a su vez presentaron una mayor pérdida de firmeza. Lo que indica que realmente los parámetros térmicos del músculo proporcionan una información importante, para predecir de alguna manera los cambios en textura del músculo de camarones peneidos y que estos son influenciados por el contenido de proteína en la dieta (Rivas-Vega *et al.* 2001).

Tabla 5. Entalpía de desnaturalización y transición endotérmica (Tmax) del músculo del camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) alimentado con diferentes concentraciones de proteína

Alimento	Pico I		Pico II		Pico III	
	ΔH^1 (J/g)	Tmax ² (°C)	ΔH^1 (J/g)	Tmax ² (°C)	ΔH^1 (J/g)	Tmax ² (°C)
F-25	1.77	52.96	0.51	72.75	0.31	86.63
F-35	1.72	52.95	0.48	72.83	0.38	87.96
F-40	1.52	52.66	0.49	72.35	0.33	86.66

¹ ΔH (J/g): Cambio de la entalpía total de desnaturalización del colágeno

²Tmax (°C) Temperatura al flujo máximo de calor

Porcentaje de proteína en la dieta: F-25= 25%; F-35=35%; F-40=40%.

Tomado de: Rivas-Vega *et al.* 2001

Actividad Enzimática

La proteína dietaria puede influir en la habilidad de un organismo para digerir la proteína del alimento, mediante la regulación de la síntesis, secreción e inactivación de sus enzimas digestivas (Snook & Meyer, 1964). La actividad de las enzimas presentes en el hepatopáncreas está influenciada grandemente por el alimento (Lee & Lawrence 1985; Le Moullac, Van Wormhoudt & AQUACOP 1994; Le Moullac, Klein, Sellos & Van Wormhoudt 1996; Ezquerro, García-Carreño & Haard 1997; Ezquerro, García-Carreño, Arteaga & Haard 1999). Mientras que la degradación de la proteína del músculo de varios crustáceos, entre ellos el camarón, está asociada con las proteasas del hepatopáncreas, las cuales pueden migrar hacia el músculo de la sección anterior de la cola durante el almacenamiento postmortem (Kim, Meyers & Godber 1996).

Las enzimas digestivas del camarón se encuentran localizadas en el cafolotorax (Gibson & Barker, 1979), sin embargo Rivas et al. (2001) reportaron actividad tipo tripsina y tipo quimotripsina en el músculo del camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) (Tabla 6). Además observaron que la actividad de estas enzimas se afectó significativamente por la concentración de proteína presente en el alimento. En camarón blanco se observó que al alimentar los organismos durante su cultivo con diferentes fuentes de proteínas, se afectaba la actividad de la enzima colagenasa presente en el músculo del organismo (Figura 3).

Tabla 6. Proteína soluble, actividad proteolítica total, actividad tipo tripsina y quimotripsina) del músculo del camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) alimentado con diferentes concentraciones de proteína

Alimento	Proteína (mg/mL)	Actividad Proteolítica (U ¹ /g proteína)	Actividad Tipo Tripsina (U ² /g proteína)	Actividad Quimotripsina (U ³ /g proteína)	Tipo
F-25	6.9 ^a	0.05 ^a	0.53 ^a	2.11 ^a	
F-35	7.8 ^a	0.09 ^b	0.20 ^b	0.17 ^c	
F-40	9.5 ^a	0.05 ^a	0.17 ^b	0.62 ^b	

¹ Actividad específica con azocaseína a 37 °C, Δ Abs366nm/min/mg proteína

² Actividad específica con BAPNA a 37 °C, Δ Abs410nm/min/mg proteína

³ Actividad específica con SAPNA a 37 °C, Δ Abs410nm/min/mg proteína

n = 3. Valores con diferente letra entre columna, diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Porcentaje de proteína en la dieta: F-25= 25%; F-35=35%; F-40=40%.

Tomado de: Rivas-Vega et al. (2001)

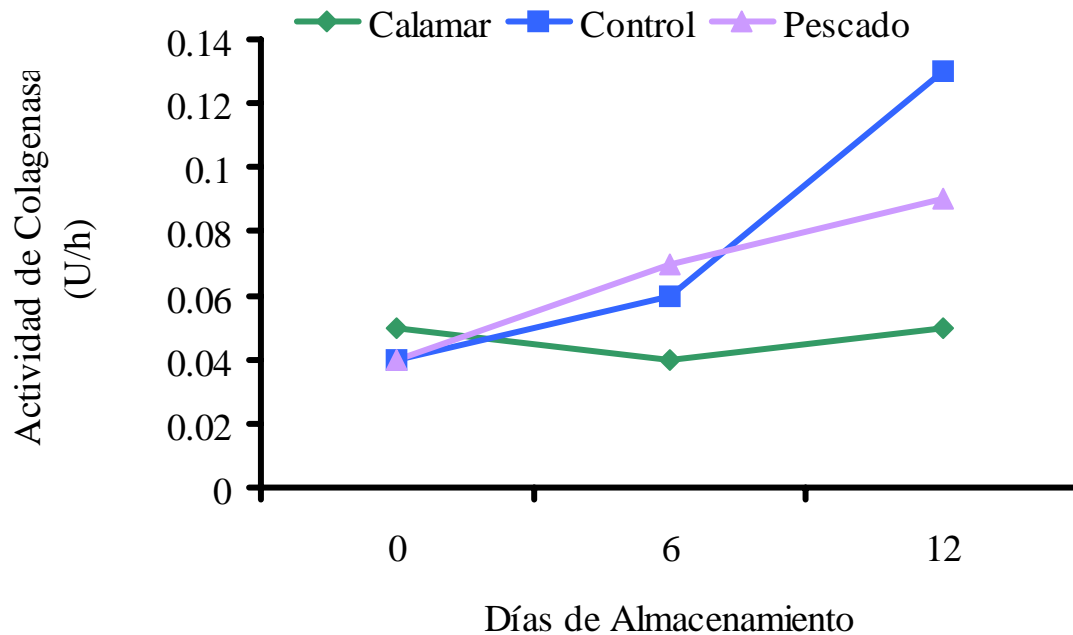


Figura 3. Efecto del tipo de alimento sobre la actividad de la colagenasa en los extractos provenientes de los músculos de los camarones blanco, durante el almacenamiento en hielo por 12 días.

Proteína Dietaria y Calidad Nutricional

Una considerable atención se presta a la calidad nutricional de los productos pesqueros. Los camarones son ampliamente consumidos, independientes de su valor nutricional, sin embargo es un punto que no debe dejarse de lado. La calidad nutricional del músculo de los camarones cultivados fue realizada mediante el análisis de aminoácidos, la energía calórica, la digestibilidad *in vitro* y la corrección de la calificación química (PDCAAS). No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la energía calórica. En cuanto al contenido de aminoácidos, el mayor desbalance se observó en el músculo de aquellos camarones alimentados con una proteína variable (PV) (Tabla 8). El tener una mayor o menor concentración de aminoácidos en un alimento ocasiona que se absorba mayoritariamente el de mayor concentración, lo que indicaría un alimento de una calidad nutricional pobre. Los métodos de evaluación *in vitro* se han propuesto como una alternativa a los métodos *in vivo*, como indicadores de calidad nutricia de un producto. En

este estudio se utilizó el método propuesto por Hsu, Vavak, Satterlee & Miller G.A. (1977), con el cual se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, presentando la menor digestibilidad, aunque dentro de lo considerado como aceptable, los músculo provenientes del tratamiento de PV (Tabla 9). El valor más bajo de PDCAAS, lo que corroboraría la menor calidad nutricia, fue obtenida en el músculo de los camarones que fueron alimentados con la combinación proteína natural y proteína artificial (PV). Esto indicaría que el utilizar PV, al menos bajo las condiciones de este estudio afectó negativamente la calidad nutricional de los camarones (Ezquerria *et al.* 2003a). Sin embargo para corroborar esto se requeriría realizar estudios *in vivo*.

Tabla 8. Composición de aminoácidos en el del músculo abdominal del camarón blanco cultivado alimentado con diferentes niveles de proteína.

Aminoácido	Recomendado FAO	Baja (25%)	Proteína Alta (40%)	Proteína Variable
G DE AMINOÁCIDO/100 G PROTEÍNA				
Isoleucina	4.0	3.7	4.8	4.2
Leucina	7.0	5.8	7.5	6.2
Lisina	5.5	4.8	8.1	6.7
Metionina	2.2	1.8	2.3	1.0
Fenilalanina	3.5	4.0	6.8	7.1
Treonina	4.0	2.4	3.0	3.9
Valina	5.0	3.4	4.6	3.8

Tomado de: Ezquerria et al. (2003a)

Tabla 9. Estimación del valor nutricio del músculo de los camarones blancos cultivados con diferentes niveles de proteína mediante la determinación de energía calórica, digestibilidad *in vitro*, calificación química y calificación química corregida con la digestibilidad *in vitro* (PDCAAS).

Tratamiento	Energía Calórica (Cal/J) ¹	Digestibilidad <i>In vitro</i> ¹	Calificación Química	PDCAAS
Baja Proteína (25%)	4968.1 ^a	75 ^a	0.74	0.55
Alta Proteína (40%)	4492.7 ^a	76 ^b	0.74	0.56
Proteína Variable	4863.9 ^a	70 ^b	0.46	0.32

¹Valores promedio de una n = 3

Tratamiento con diferente letra entre renglones, son significativamente diferentes (p < 0.05). Se utilizó la prueba de Tukey para la separación de medias.

Tomado de: Ezquerria et al. (2003a)

Alimento y Calidad Sanitaria

Microorganismos

Además del costo que implica utilizar una mayor concentración de proteína en el alimento empleado para cultivar camarones, se ha observado que el exceso de proteína origina que la carga bacteriana en el agua se incremente, lo cual puede repercutir sobre la calidad sanitaria de los camarones una vez que éstos sean cosechados. En la tabla 10 se puede apreciar como aquellos camarones que fueron alimentados con la mayor concentración de proteína (40%) presentaron la mayor carga bacteriana. Lo cual puede llegar a repercutir desfavorablemente en la vida de anaquel del producto, como se menciona mas adelante.

Tabla 10. Cuenta total de mesófilos aeróbicos, textura inicial, textura final y pérdida de textura del músculo abdominal del camarón blanco cultivado alimentado con diferentes niveles de proteína.

Tratamiento	Cuenta Total (x103) ¹	Textura Inicial (lb/Fuerza) ²	Textura Final (lb/Fuerza) ²	Pérdida de Textura (%)
Baja Proteína (25%)	5.6 ^a	1.05 ^b	0.99 ^c	4.87 ^a
Alta Proteína (40%)	16.2 ^c	0.77 ^a	0.59 ^a	22.5 ^c
Proteína Variable	8.4 ^b	0.76 ^a	0.65 ^b	14.1 ^b

¹Valores promedio de una n = 3

²Valores promedio de una n =10

Tratamiento con diferente letra entre renglones, son significativamente diferentes (p < 0.05). Se utilizó la prueba de Tukey para la separación de medias.

Tomado de: Ezquerro et al. (2003a)

Micotoxinas

El alimento para camarón es el insumo más elevado en lo que respecta a costos, es por esto que requiere de un buen manejo, elaboración y almacenamiento para evitar la descomposición o alteración del alimento en cuestión de proteínas, ácidos grasos, carbohidratos. Un alimento artificial puede estar bien balanceado y poseer todos los nutrimentos esenciales, pero aún así no contribuir a un buen crecimiento e incluso ocasionar mortalidad en los organismos, debido a que los nutrientes no son aprovechados, atribuido entre otras causas a la presencia de sustancias perjudiciales, afectando la digestibilidad o asimilación de los alimentos (Lee & Lawrence, 1997). Además hay que

considerar que las condiciones de almacenamiento o manejo no son las apropiadas esto podría dar lugar a la aparición de hongos, los cuales pueden producir y contaminar al alimento con unas sustancias conocidas como micotoxinas (Morales 2003).

Las micotoxinas son metabolitos fúngicos, algunas son altamente tóxicas para el hombre. La importancia que se les concede en la actualidad esta relacionada con sus propiedades cancerígenas y con la naturaleza de su actividad en los animales. Las micotoxinas pueden desarrollarse en ciertos productos alimenticios antes o después de la cosecha, durante el transporte y en almacenamiento bajo condiciones idóneas. Los factores que influyen en la producción de micotoxinas son: humedad relativa, temperatura y la disponibilidad de oxígeno además de la actividad hídrica, pH y el potencial de oxidación-reducción (Yépez 1987).

En estudios realizados recientemente se detectó en Sonora, que el alimento para camarón presentaba el desarrollo de hongos toxigénicos, exponiendo de ésta forma al camarón cultivado al posible efecto dañino de estos contaminantes (Morales 2003).

En diversos trabajos realizados en *Litopenaeus vannamei* y *Penaeus monodon*, donde los organismos fueron alimentados con dietas conteniendo aflatoxina (AFB1) se detectó que uno de los principales tejidos afectados eran los pertenecientes al heptopáncreas, notándose anormalidades y necropsia en dichos tejidos (Boonyaratpalin, Supamattaya, Verkunpiriya & Supraser 2001). En otros estudios se detecto que la intoxicación para seres humanos de AFB1 por el consumo de camarones que hayan sido alimentados con AFB1 es muy baja, ya que no observaron acumulación de la aflatoxina (AFB1) en el tejido (Bintvihok, Ponpornpisist, Tangtrongpiros, Panichkriankrai, Rattanapanee, Doi & Kumagi 2003; Divakaran & Tacon 2000), pero si causar pérdidas económicas a los productores.

En los estudios realizados con la presencia de aflatoxina en alimentos, se ha observado que una de las enzimas que se ve afectada es la polifenoloxidasas (Boonyaratplin *et al.* 2001) y recientemente en nuestro laboratorio en estudios *in vitro* se detectó que aún a niveles bajos de aflatoxina y fumonisina la actividad de ésta enzima se potenciaba. La fenoloxidasas esta

relacionada, por un lado con el sistema inmune de insectos y crustáceos (Kim, Marshall & Wei 2000) y también con el desarrollo del oscurecimiento enzimático en los alimentos. La fenoloxidadasa se ha localizado en los crustáceos en su forma inactiva de pro-fenoloxidasa, la cual es activada por proteasas, grasas o polisacáridos. Farias, Torre-Arreola, Burgos-Hernández & Ezquerra-Brauer (2003) reportaron que la actividad de una enzima tipo colagenasa extraída del hepatopáncreas de camarón blanco, incrementaba 1.8 veces con 10000 ng/g de aflatoxina AFB1 y 5.6 veces con 1µg/g de fumonisina FB1. Por lo que en un momento dado la presencia de compuestos como las micotoxinas en la dieta de los camarones, sí estos no causan mortandad por encontrarse en niveles muy bajos, pueden llegar a afectar la calidad post-cosecha del organismo, pudiendo ocasionar desarrollo de sabores amargos y colores indeseables. Sin embargo para poder corroborar lo anterior en nuestro laboratorio se están realizando más estudios al respecto.

Proteína Dietaria y Firmeza

La textura (firmeza o resistencia al corte) del músculo de los organismos marinos es un importante atributo sensorial que determina la calidad o aceptación de los productos con alto valor comercial. La textura de los organismos marinos está influenciada por varios factores. Entre ellos el manejo que se da a los organismos una vez que éstos han sido capturados. Aparentemente hay una relación entre la textura y el contenido de grasa en el músculo, y como ya se mencionó hay una relación entre la dieta y el contenido de grasa en el músculo del camarón, así aquellos camarones cuyo contenido de grasa en el músculo era mas altos, también presentaron la menor textura inicial (Tablas 1 y 10) (Ezquerra *et al.* 2003a; Rivas-Vega *et al.* 2001). Una posible explicación de este pueda atribuirse a que, la llamada “agua libre”, que representa aproximadamente el 80% del contenido total de agua en el músculo, que es un mecanismo de inmovilización de los filamentos proteicos y las membranas celulares, y estas estructuras inmovilizan a su vez a los lípidos neutrales de los organismos. Cuando hay un mayor contenido de grasa, estos componentes tienden a diluir los elementos estructurales y disminuyen la firmeza de la carne. Por lo tanto, el músculo de los productos marinos grasos tiende a ser más blando que de los magros (Dunajski 1979).

Las propiedades funcionales del músculo del camarón, especialmente la textura, se están relacionadas con la integridad de la molécula de miosina (Beas *et al.* 1990). Las proteínas miofibrilares y otros constituyentes del tejido conectivo pueden ser afectados por factores ante y postmortem, así como las condiciones de procesamiento (Dunajski, 1979).

Por otro lado, de los mecanismos involucrados en el ablandamiento del músculo se consideran tanto de tipo fisicoquímico como enzimático (Ouali & Talmant 1990). En el músculo de los organismos acuáticos, varias proteinasas han sido identificadas y caracterizadas (i.e. calpainas-calpastinas, catepsinas-cisteinas, y proteosomas o macropainas) (Jiang 2000). Además de las calpainas y las proteinasas lisosomales, el músculo contiene otro tipo de proteinasas que han sido caracterizadas (Jiang 2000). Martone, Buscón, Folco & Sánchez (1991) reportó actividad tipo tripsina, serina proteasa, del músculo de *Macropopagon operculis*. Esta enzima referida como proteasa I, demostró tener gran habilidad para degradar las proteínas miofibrilares del citoesqueleto (Kim *et al.* 1996), por lo que podría ser una de las enzimas involucradas en la autólisis del músculo de los productos marinos. Además una enzima involucrada en los cambios de textura de los organismos marinos es la colagenasa. Aquellos camarones en los que se detectó la mayor actividad tripsinica y colagenasa a su vez, fueron los que presentaron mayor pérdida de textura durante el almacenamiento en frío y la menor aceptación por parte del panel (Figuras 4 y 5) (Torres-Mendoza 2003).

Un factor muy importante que repercute en la pérdida de textura de los organismos marinos durante su almacenamiento es la carga microbiana original. En estudios hechos en camarón blanco se detectó que cuando los camarones cosechados presentaban una mayor carga bacteriana esto repercutió desfavorablemente en la textura de los camarones durante los 10 días de almacenamiento en hielo (Tabla 10). Al realizar el análisis de correlación simple entre carga bacteriana y pérdida de textura se observó una correlación significativa ($p < 0.05$) del 0.99. Los efectos, de la carga microbiana presente en los camarones evaluados en éste estudio sobre la salud del consumidor, son difíciles de predecir, ya que desafortunadamente se conocen cuando el problema ya se ha dado, por lo que es importante

contar con un programa de control sanitario en las granjas. Se puede decir que un efecto significativo de la carga microbiana será la disminución de la calidad, ya que estos productos no podrían comercializarse fácilmente, sobre todo en el mercado internacional, el cual tiene normas muy estrictas al respecto.

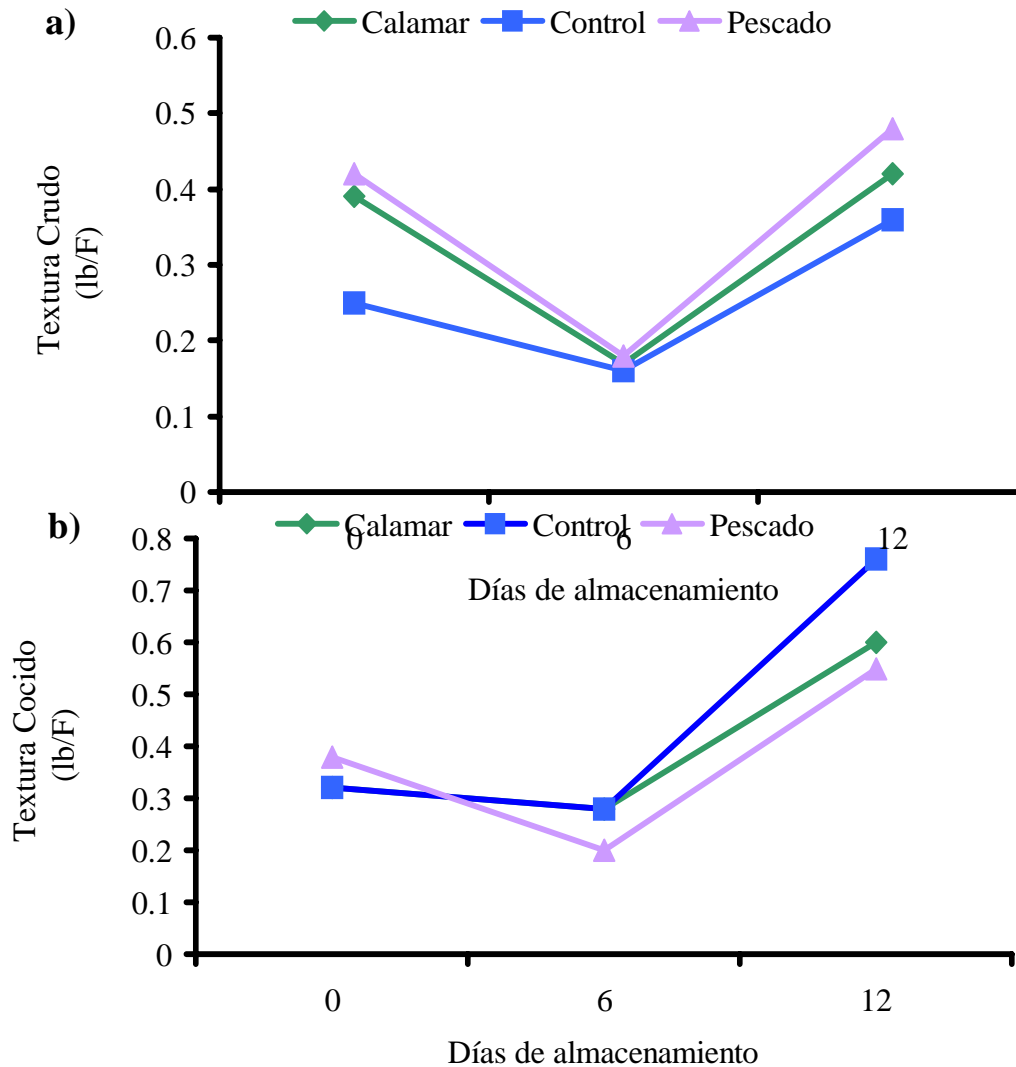
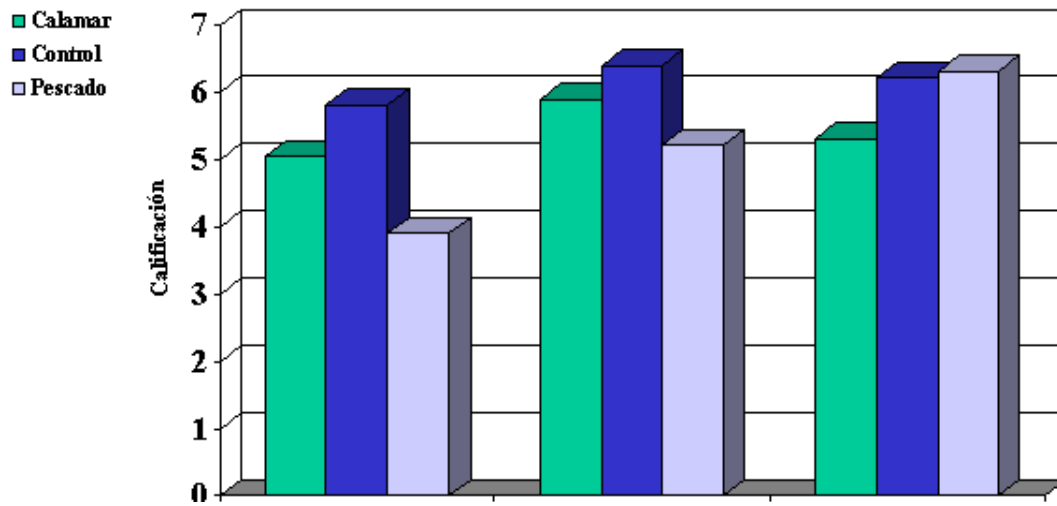


Figura 4. Evaluación de la textura medida instrumentalmente del músculo crudo (a) cocido (b) y de los camarones blancos cultivados alimentados con tres dietas durante el almacenamiento en hielo por 12 días.

a. Textura



b. Masticabilidad

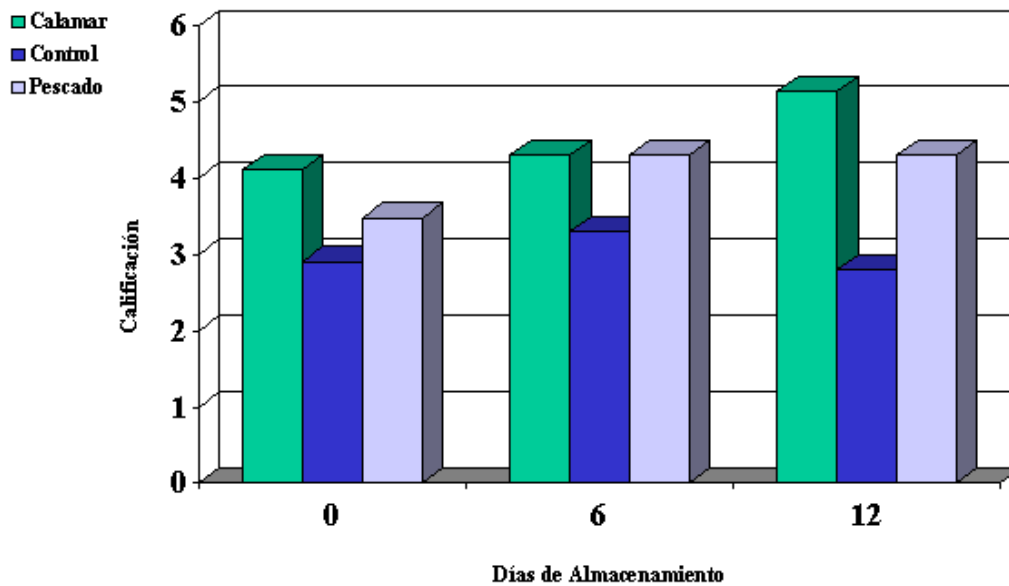


Figura 5.-Efecto del alimento sobre la (a) textura y la (b) masticabilidad sensorial del camarón blanco cultivado, durante 12 días de almacenamiento en hielo.

Conclusiones

Este trabajo discutió sobre un factor de cultivo que puede repercutir en la composición química y en la calidad de los camarones cultivados. Se detectó que un control adecuado en la cantidad y calidad de la proteína en la dieta puede llegar a favorecer indicadores importantes en la calidad camarón como su composición química, nutricional, microbiológica, firmeza y propiedades térmicas de las proteínas. Las condiciones de almacenamiento del alimento para camarón, impactan en su calidad microbiológica, pudiendo favorecer el desarrollo de hongos productores de compuestos tóxicos, como las micotoxinas. Hacen falta más estudios para poder establecer como afectan otros factores como la temperatura, salinidad, oxígeno, ayuno, la presencia de micotoxinas en las dietas, sobre la calidad final del producto y de que manera impactan estos en la comercialización de los mismos.

Bibliografía

- Beas V., Wagner J., Crupkin M. & Anon M. (1990) Thermal denaturation of Hake (*Merluccius hubbsi*) myofibrillar proteins. A differential scanning calorimetric and electrophoretic study. *Journal of the Food Science* **55**, 683-687.
- Bintvihok A., Ponpornpisit A., Tangtrongpiros J., Panichkriankrai W., Rattanapanee R., Doi K. & Kumagi S. (2003) Aflatoxin contamination in shrimp feed and effects of aflatoxin addition to feed on shrimp production. *Journal of Food Protection* **66**, 882-885.
- Boonyaratpalin M., Supamattaya K., Verkunpiriya V. & Supraser D. (2001) Effects of aflatoxin B1 on growth performance, blood components, immune function and histopathological changes in black tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) *Aquaculture Research* **32**, 388-398.
- Divakaran S. & Tacon A.G. (2000) Studies on the toxicity of shrimp (*Penaeus vannamei*) fed diets dosed with aflatoxin B1 to human. *Journal of Aquatic Food Product Technology* **9**, 115-119.
- Dunajski E. (1979) Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies* **10**, 301-318.
- Ezquerro J.M., García-Carreño F. L. & Haard, N.F. (1998) Effects of feed diets on digestive proteases from the hepatopancreas of white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Journal of Food Biochemistry* **21**, 401-419.
- Ezquerro J.M., García-Carreño F.L., Arteaga G. & Haard N.F. (1999) Aminopeptidase activity from the hepatopancreas of white shrimp (*Penaeus vannamei*) fed with different diets *Journal of Food Biochemistry* **23**, 59-74.
- Ezquerro-Brauer J.M., Parra-Vergara N.V. & Carrillo-Pérez C. (2003a) Efecto de la concentración de proteína en la dieta sobre la calidad química, microbiológica y textura de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado. *Biotecnia* **5**, 25-33.
- Ezquerro-Brauer J.M., Salazar-Leya J.A., Bringas-Alvarado L. & Rouzaud-Sández O. (2003b) Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *European Food Research and Technology* **217**, 277-280.
- Farias S.I., Torres-Arreola W., Burgos-Hernández A. & Ezquerro-Brauer J.M. (2003) Efecto de micotoxinas comerciales sobre la actividad de tripsina y colagenasa semipurificadas del hepatopáncreas de camarón
- Ezquerro-Brauer, J.M., Bringas-Alvarado, L., Burgos-Hernández, A., Rouzaud-Sández, O. 2004. Control de la Composición Química y Atributos de Calidad de Camarones Cultivados. In: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México

- blanco cultivado. *Memorias del X Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería* Institución Organizadora: Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C. Puerto Vallarta, Jalisco, 8 al 12 de Septiembre 2003.
- Gibson R. & Barker P. (1979) The decapod hepatopancreas. *Oceanographic Maine. Biology* **17**, 285-346.
- Haard N.F. (1992) Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* **25**, 289-307.
- Hamada I., Yabuno F., Furumatsu K. & Niwa E. (1982) The effect of lipid on the heat denaturation of actomyosin. *Bulletin of Japan Society of Science Fish* **48**, 189-193.
- Hsu H.W., Vavak D.L., Satterlee L.D. & Miller G.A. (1977) A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of the Food Science*. **42**, 1269-1273.
- Jiang S.H. (2000) Enzymes and their effects on seafood texture. In: *Seafood Enzymes. Utilization and Influence on Postharvest Seafood Quality* (ed. by N.F. Haard and B.K. Simpson), pp. 411-450. Marcel Dekker Inc. New York, N.Y. USA.
- Kim H.A., Meyers S.P. & Godber S. (1996) Anionic trypsin from crayfish hepatopancreas: Effects on protein degradation of tail meat. *Journal of the Food Science*. **61**, 78-80,96
- Kim J., Marshall R. & Wei Ch. (2000) Polypenoloxidase. In: *Seafood Enzymes. Utilization and Influence on Postharvest Seafood Quality* (ed. by N.F. Haard and B.K. Simpson), pp. 271-315. Marcel Dekker Inc. New York, N.Y. USA.
- Lee, P. & Lawrence A.L. (1982) A quantitative analysis of digestive enzymes in penaeid shrimp; influences of diet, age and species. *Physiologist* **25**, 241-245.
- Le Moullac G., Van Wormhoudt A. & AQUACOP (1994) Adaptation of digestive enzymes to dietary protein, carbohydrate and fibre levels and influence of protein and carbohydrate quality in *Penaeus vannamei* larvae (Crustacea, Decapoda). *Aquatic Living Resources* **7**, 203-210.
- Le Moullac G., Klein B., Sellos D. & Van Wormhoudt A. (1996) Adaptation of trypsin, chymotrypsin and α -amylase to casein level and protein source in *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **208**, 107-125.
- Martone C.B., Busconi L., Folco E.J.E. & Sánchez J.J. (1991) Detection of a trypsin-like serine protease and its endogenous inhibitor in hake skeletal muscle. *Archives of Biochemistry and Biophysical* **289**, 1-5.
- Mohr V. (1986) Control of nutrition and sensory quality of cultured fish. In: *Seafood Quality Determination* (ed. D.E. Kramer & J. Liston), pp. 487-496. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Morales L.B. (2003) *Detección y Cuantificación de Fumonisinias y Aflatoxinas en Alimento para Camarón y Determinación de su Potencial Mutagénico*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.
- Nettleton, J.A. (1985) *Seafood Nutrition: Facts, Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish*. Osprey Books, Huntington, New York.
- New M.B. (1980) A bibliography of shrimp and prawn nutrition. *Aquaculture* **21**, 101-128.
- Ouali A. & Talmant A. (1990) Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. *Meat Science* **28**, 331-348.
- Pike I.H. & Hardy R.W. (1997) Standards for assessing quality of feed ingredients. In *Crustacean Nutrition, advances in World Aquaculture, vol 6*, (ed. L.R. D'Abramo, D.E. Conklin and D.M. Akiyama), pp. 473-489. World Aquaculture Society, Louisiana.
- Rivas Vega M.E. (2000) *Efecto del Contenido de Proteína en el Alimento de Camarón Azul (Litopenaeus stylirostris) Cultivado sobre la Actividad Proteolítica y Parámetros Calorimétricos y su Relación con la Pérdida de Textura Durante su Almacenamiento en Congelación*. Tesis de Maestría. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.
- Rivas-Vega M.E., Rouzaud-Sandez O., Martínez-Córdova L.R. & Ezquerro-Brauer J.M. (2001) Effects 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**, 25-38.
- Torres-Mendoza F. (2003) *Calidad de la Proteína Durante el Cultivo de Camarón Blanco (Litopenaeus vannamei): Efecto Sobre la Textura y Actividad Colagenasa Durante el Almacenamiento en Hielo*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.

- Snook , J.T. & Meyer, J.H. (1964) Effect of diet and digestive processes on proteolytic enzymes. *Journal of Nutrition*. **83**, 94-102.
- Wright D.J., Leach, I.B. & Wilding, P. (1977) Differential scanning calorimetric studies of muscle and its constituent proteins. *Journal of the Science and Food Agriculture* **28**, 557-564.
- Yepiz M. S. (1987) *La Nixtamalización como Métodos de Detoxificación de sorgo y maíz contaminado con aflatoxinas*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.