

Efecto del alga marina *Sargassum* spp. sobre las variables productivas y la concentración de colesterol en el camarón café, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900)

Effect of the marine algae *Sargassum* spp. on the productive parameters and cholesterol content of the brown shrimp, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900)

Margarita Casas-Valdez^{1*}, Guillermo Portillo-Clark², Noemí Aguila-Ramírez^{1*}, Sonia Rodríguez-Astudillo^{1*}, Ignacio Sánchez-Rodríguez^{1*} y Silvia Carrillo-Domínguez³

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n. Col. Playa Palo de Santa Rita. Apdo. Postal 592. La Paz, Baja California Sur, México, C.P. 23090

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. Apdo. Postal 128; La Paz, B.C.S., México, C.P. 23090

³Instituto Nacional de Ciencias Médicas y de la Nutrición Salvador Zubirán, Vasco de Quiroga No. 15, México, D. F.

* Becarios COFAA-EDI
mcasav@hotmail.com

Resumen.- La demanda de alimentos balanceados para camarón en cultivo tiene una tendencia creciente en el mundo, por lo que la búsqueda de nuevos ingredientes no convencionales como las algas marinas, para la elaboración de dichos alimentos cobra importancia, especialmente si éstos pueden reducir la concentración de colesterol en el camarón. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de una dieta que contiene 4% de harina de *Sargassum* spp. sobre los parámetros productivos y concentración de colesterol en el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*). Para ello se realizó un bioensayo con duración de 45 días, evaluando dos dietas: una comercial (tratamiento testigo) y otra que incluyó 4% de harina del alga *Sargassum*. Cuatro acuarios de 60 L fueron usados como réplicas para cada tratamiento. Al concluir el bioensayo se seleccionaron muestras de tejido muscular de camarones de los dos tratamientos, se liofilizaron y se les determinaron los lípidos totales, colesterol, triglicéridos y proteínas. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en cuanto a ganancia de peso, talla, tasa de supervivencia y factor de conversión alimenticia entre los dos tratamientos. La concentración de colesterol en los camarones alimentados con la dieta que contenía *Sargassum* fue estadísticamente ($P < 0,05$) menor (77 mg/100 g) que en los alimentados con la dieta testigo (110 mg/100 g). Los resultados obtenidos muestran que 4% de harina *Sargassum* puede ser incorporada a los alimentos balanceados para camarón café, sin causar efectos negativos en sus parámetros productivos y reduce la concentración de colesterol.

Palabras clave: Camarón, algas marinas, colesterol, acuicultura, dietas

Abstract.- The demand of feed for shrimp is growing worldwide. Therefore the search for new non-conventional ingredients, such as seaweeds is important for the elaboration of shrimp feed. Additionally, in view of the high concentration of cholesterol in shrimp, it was tested if the inclusion of the marine algae *Sargassum* can reduce the cholesterol content. The aim of this study was to evaluate the effect of a diet that contains *Sargassum* spp. on the productive parameters and the cholesterol concentration of brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*). The trial was carried out during 45 days. Two diets were tested: one commercial diet (control treatment) and another with 4% dry weight of *Sargassum* meal. Four 60 L-tanks were used as replicas for each treatment. At the end of the bioassays, samples of shrimp muscle were taken, freeze-dried and total lipids, cholesterol content, triglycerides and proteins were determined. There were not significant differences in weight increments, size, survival rate and feed conversion between the two treatments. The cholesterol concentration in the shrimp fed with the diet that contained *Sargassum* was significantly ($P < 0,05$) lower (77 mg/100 g) than in the shrimp fed with the control diet (110 mg/100 g). Our results show that is possible to include 4% of *Sargassum* meal in the diet for brown shrimp, without detrimental effects in their productive parameters and with a reduction of the cholesterol content.

Key words: Shrimp, marine algae, cholesterol, aquaculture, diet

Introducción

La camaronicultura es una actividad que en los últimos años ha mostrado un notable crecimiento a nivel mundial (FAO 2000). Esta situación ha generado un incremento en la demanda de alimentos balanceados para camarón en cultivo (Lawrence 1985), y un interés creciente en la búsqueda de nuevos ingredientes no convencionales que permitan ofrecer al consumidor un producto con valor agregado.

El camarón tiene un alto consumo en casi todos los países. Este, al igual que otros mariscos, se caracteriza por tener un alto contenido de colesterol (160 mg/100 g) (Essien 1995). Reducir la concentración de colesterol en el camarón es un asunto que hoy en día cobra gran interés en virtud de que actualmente los consumidores están interesados en mantener un buen estado de salud (Childs *et al.* 1987, De Oliveira *et al.* 1996). Por lo tanto, ofrecer camarón con un bajo contenido de colesterol es darle un valor agregado a este producto.

Cruz *et al.* (2000) y Casas *et al.* (2002) demostraron que la inclusión de harina de las algas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. en concentraciones de 2 y 4% en alimento para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) (Boone, 1931) incrementa el consumo de alimento, mejora la tasa de crecimiento y la producción de biomasa, obteniendo las mayores tasas de estos parámetros con *Sargassum* spp. al 4%. Asimismo, observaron que la harina de ambas especies funciona como un excelente atrayente, aglutinante y texturizante, lo que permite una utilización más efectiva de los nutrimentos dietarios, además la harina de *Sargassum* contiene fucoïdinas, que ayudan a prevenir la enfermedad de la mancha blanca (Takahashi *et al.* 1998).

El camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) (Holmes, 1900) es una especie que se desarrolla y reproduce a temperaturas más frías que el camarón blanco, por lo que representa una alternativa para la rotación de especies en cultivo y tiene un gran potencial (Figuroa 1996, Martínez *et al.* 1998, Porchas *et al.* 1999).

El empleo de ingredientes que pudieran contribuir a reducir el colesterol en el camarón, es un área que ha sido muy poco estudiada. Cheng & Hardy (2004) estudiaron el efecto que diferentes fuentes de proteína (harina de pescado y soya) y lípidos (aceite de pescado

y de soya) pudieran tener sobre la concentración de colesterol en el camarón blanco (*L. vannamei*), encontrando que tanto la harina como el aceite de soya disminuyeron el colesterol (8% y 12% respectivamente) con respecto a la harina y aceite de pescado.

Las algas marinas también pueden constituir una alternativa interesante para lograr tal fin, en virtud de las propiedades hipocolesterolémicas que se les han atribuido (Reiner *et al.* 1962, Nishide & Uchida 2003¹); sin embargo, a la fecha esto no ha sido investigado.

Considerando lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de una dieta que contiene 4% de harina de *Sargassum* spp. sobre las variables productivas y concentración de colesterol y triglicéridos en el camarón café.

Material y métodos

Se recolectaron manualmente algas del género *Sargassum* en San Juan de la Costa, en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (24° 21' 31" N, 110° 40' 52" W). Se secaron al sol y se molieron en un molino de martillos, para obtener la harina, a la que se le realizó un análisis químico proximal (humedad, proteína cruda, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno) (A.O.A.C. 1999) y energía bruta a través de la bomba calorimétrica de Parr. El perfil de aminoácidos se consultó en Casas *et al.* (2006), quienes analizaron la misma muestra.

Se formularon dos dietas: una dieta experimental (DES) que incluía 4% de harina de *Sargassum*, y una dieta comercial para el tratamiento como testigo (DTP). Las dos dietas contenían los siguientes ingredientes: harina de pescado, pasta de soya, trigo, harina de trigo, aceite de pescado, lecitina, vitamina A, vitamina D3, vitamina C estabilizada, vitamina E, vitamina K3, tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6), cianocobalamina (B12), niacina, ácido pantoténico, biotina, ácido fólico, inositol, hierro, cobre, zinc, manganeso, selenio, yodo, cobalto, calcio, fósforo, aglutinante y antioxidante; la proporción en que se incluyó cada uno de estos ingredientes no se presenta porque la formulación es propiedad de la empresa que

¹ Nishide E & N Uchida. 2003. Effects of *Ulva* powder on the ingestion and excretion of cholesterol in rats, pp. 165-168. In: Proceedings of the 17th International Seaweeds Symposium. Cape Town. Oxford University Press.

apoyó el estudio. Para la formulación de las dietas se empleó el software MIXIT-WIN^{MR} 4.

El bioensayo tuvo una duración de 45 días. Cuatro acuarios de 60 L fueron usados como réplicas para cada tratamiento. El agua de los acuarios fue reemplazada diariamente en un 60%. Se emplearon aireadores y para el control de la temperatura ($27^{\circ}\text{C} \pm 0,5$), calentadores eléctricos. Se utilizaron 10 camarones por acuario ($55 \text{ camarones}/\text{m}^2$), con un peso promedio de 0,500 g. Los camarones fueron alimentados dos veces por día; la cantidad proporcionada (aproximadamente el 10% de su peso) se ajustó diariamente, dependiendo del alimento rechazado. Los parámetros ambientales temperatura, oxígeno, pH y salinidad, se midieron tres veces al día (9:00, 12:00 y 15:00 h) y cada 15 días se determinaron nitritos, nitratos y amonio.

Los parámetros zootécnicos que se midieron fueron: ganancia de peso, talla, supervivencia, consumo de alimento y conversión alimenticia. El peso se midió al inicio, a los 15, 30 y 45 días de experimentación, y la talla, al inicio y a los 45 días. El consumo de alimento y el alimento rechazado se midieron diariamente; este último fue colocado sobre papel filtro para que absorbiera el exceso de humedad y posteriormente se llevó a peso constante colocándolo en una estufa a 60°C . La longitud total (medida desde el inicio del rostrum hasta el extremo posterior del telson) se midió con una regla graduada con precisión de un milímetro y el peso con una balanza Ohaus con precisión de tres dígitos. El factor de conversión alimenticia se calculó mediante la siguiente fórmula: $\text{FCA} = \text{alimento consumido}/\text{incremento en peso corregido}$; para calcular el incremento en peso corregido se utilizó la siguiente expresión matemática: $\text{IPC} = \text{Alimento consumido}/[(\text{biomasa final} - \text{biomasa inicial}) + \frac{1}{2}(\text{peso}$

promedio final – peso promedio inicial) x número de muertos] (Kitabayashi *et al.* 1971).

Los nutrientes se determinaron utilizando la siguiente metodología: nitritos, a través del método Bendschneider & Robinson (1972); nitratos, de acuerdo al método de Morris & Riley (1963) y amonio, por el método del indol (Lind 1979).

Al concluir el bioensayo, se obtuvieron muestras de tejido muscular de tres camarones seleccionados al azar, de cada una de las cuatro réplicas de cada tratamiento; estos se liofilizaron para determinarles lípidos totales por el método colorimétrico de sulfofosfovainillina con lectura a 540 NM (Barnes & Blackstock 1973) y colesterol, a través de un método enzimático-colorimétrico (CHOP-PAP, Kit bioquímico de RANDOX), triglicéridos (GPO-PAP, Kit bioquímico de RANDOX) estandarizados para micro-muestras de tejido de camarón (Palacios *et al.* 1999, 2000) y proteína por el método de Bradford (1976).

Los resultados de las variables productivas, de los análisis químicos realizados en el músculo (lípidos totales, colesterol, triglicéridos y proteínas), así como los valores promedio de los parámetros ambientales se analizaron estadísticamente mediante una prueba t de student. Un nivel alfa de $P < 0,05$ fue usado para determinar significancia estadística.

Resultados y discusión

La composición química proximal de *Sargassum* spp. y de las dietas suministradas se presenta en la Tabla 1. Ambas dietas, la testigo (DTP) y la experimental (DES) fueron isocalóricas e isoproteicas y cubrieron los requerimientos nutricionales del camarón (Van Wyk 1999).

Tabla 1

Composición química proximal y energía bruta de las dietas proporcionadas al camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el bioensayo

Proximate chemical composition and gross energy of diets for brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) in the bioessay

Dieta	Humedad %	Proteína %	Cenizas %	Extracto etéreo %	Fibra cruda %	E.L.N %	Energía bruta cal/g
Dieta con <i>Sargassum</i>	6,30 ± 0,04	43,22 ± 0,16	9,44 ± 0,02	2,61 ± 0,16	1,39 ± 0,08	43,34	4345,12 ± 21,78
Dieta testigo	6,64 ± 0,06	44,26 ± 0,16	8,36 ± 0,10	2,69 ± 0,23	1,56 ± 0,13	43,13	4281,69 ± 10,03
Harina de <i>Sargassum</i>	8,71 ± 0,25	6,09 ± 0,40	34 ± 0,03	0,34 ± 0,01	6,82 ± 0,24	51,95	2461,16 ± 11,37

Se reporta la media de tres repeticiones ± la desviación estándar

Los mayores constituyentes de la harina de *Sargassum* fueron el extracto libre de nitrógeno y las cenizas; el contenido de proteína cruda fue de 6,09%, valor que resultó inferior a los reportados por Casas *et al.* (2002) y Marín (1999) de 7,7 y 7,0% para este mismo género. Esto puede deberse en gran medida a la época de recolecta del alga, ya que se sabe que estos organismos presentan variaciones estacionales en la concentración de sus constituyentes (Pérez 1997). Sin embargo, aunque la cantidad de proteína no es alta, es importante destacar que la calidad de la misma es buena, ya que contiene en concentraciones adecuadas nueve de los diez aminoácidos considerados como esenciales para los crustáceos (arginina, histidina, lisina, leucina, isoleucina, fenilalanina, metionina, valina, triptofano y treonina), como lo señalan Casas *et al.* (2006), quienes analizaron esta misma muestra de algas. En cuanto a los carbohidratos, el 14% de ellos está representado por los alginatos (Pérez 1997) los cuales por su composición química actúan como ligantes; 4,6% lo constituye el fucoidan (Casas *et al.* 2002), polisacárido sulfatado que tiene propiedades antivirales y que actúa contra el síndrome de la mancha blanca en camarón (WSS), inhibiendo la adsorción del virus WSSV a las células del camarón, previniendo así la infección (Takahashi *et al.* 1998); actualmente se comercializa en varias partes del mundo fucoidan líquido como aditivo inmunoestimulador para camarones. El resto de los carbohidratos está

conformado por otros polisacáridos de reserva (laminaran, manitol) y estructurales como la celulosa (Jiménez & Goñi 1999).

Las variables ambientales: temperatura, oxígeno, salinidad, pH, nitritos, nitratos y amonio (Tabla 2) se mantuvieron en el rango normal para el crecimiento del camarón (Cheng *et al.* 2002), no encontrándose diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$).

Tabla 2

Parámetros de calidad del agua durante el experimento

Water quality parameters during the experiment

Variable	Dieta experimental (<i>Sargassum</i>)	Dieta testigo
Temperatura °C	26,76 ± 0,044 ^a	26,69 ± 0,068 ^a
Oxígeno mgL ⁻¹	5,18 ± 0,042 ^a	5,16 ± 0,118 ^a
Salinidad gL ⁻¹	38,84 ± 0,109 ^a	39,15 ± 0,116 ^a
pH mgL ⁻¹	7,87 ± 0,024 ^a	7,92 ± 0,019 ^a
Nitritos mgL ⁻¹	2,37 ± 1,21 ^a	4,49 ± 1,324 ^a
Nitratos mgL ⁻¹	2,21 ± 1,233 ^a	1,47 ± 0,64 ^a
Amonio mgL ⁻¹	58,93 ± 3,956 ^a	59,73 ± 5,06 ^a

^a Literales iguales para cada columna indican que no hay diferencia significativa ($P > 0,05$). Se reportan media y desviación estándar

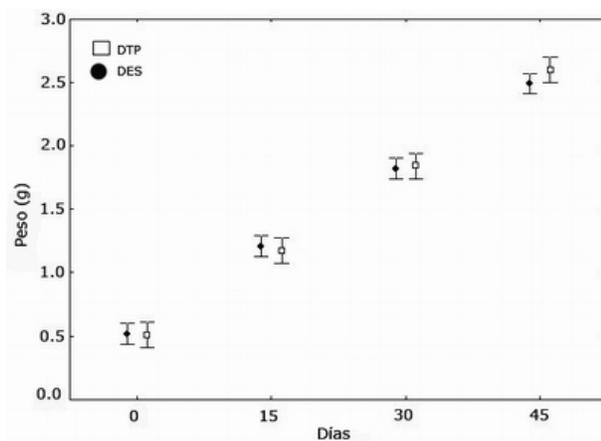


Figura 1

Peso de los camarones café (*Farfantepenaeus californiensis*) alimentados con la dieta testigo (DTP) y la dieta con *Sargassum* spp. (DES)

Weight of brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) fed with the control diet (DTP) and the *Sargassum* spp. diet (DES)

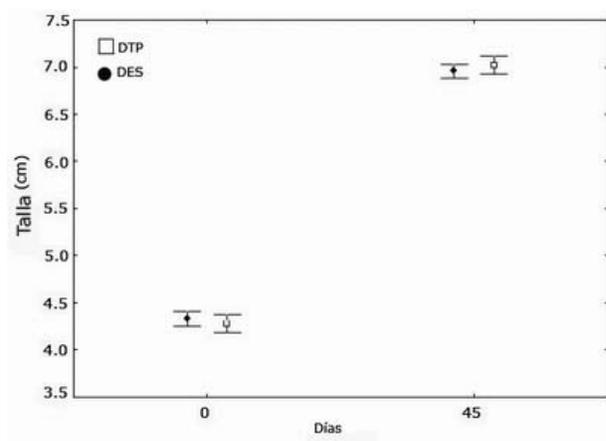


Figura 2

Talla de los camarones café (*Farfantepenaeus californiensis*) alimentados con la dieta testigo (DTP) y la dieta con *Sargassum* spp. (DES)

Size of brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) fed with control (DTP) and the *Sargassum* spp. diet (DES)

Las variaciones obtenidas en el peso y talla de los camarones en el bioensayo se muestran en las Figs. 1 y 2, no detectándose diferencias significativas ($P>0,05$) en las variables, entre los tratamientos. Los valores de crecimiento total, expresados en peso, obtenidos en este experimento a los 45 días de bioensayo, tanto con la dieta testigo (2,6 g) como la experimental (2,5 g) fueron superiores a los obtenidos por Martínez *et al.* (1998) para esta misma especie a los 45 días (1,0 g). Estos autores aplicaron diferentes prácticas de alimentación utilizando: tablas de alimentación, charolas alimentadoras y complementación con el alimento natural; el alimento base que les proporcionaron fue camarón 25 (una dieta formulada por Purina, México, con 25% de proteína cruda) y a los obtenidos por Villarreal *et al.* (2004) (2,1 g) para esta misma especie cuando le proporcionaron una dieta que incluyó harina de langostilla, que es una excelente fuente de proteína.

Asimismo, el peso alcanzado por los camarones en el presente bioensayo es superior al obtenido por Porchas *et al.* (1999) en el mismo período de tiempo (2,0 g). Ellos cultivaron camarón café en tanques con presencia del alga *Caulerpa sertularioides* (Gmelin) Howe, 1905, proporcionando el alimento comercial en forma peletizada (camarón 35) y fresco (calamar, almeja y pescado); la temperatura del agua a la que los cultivaron fue de 17,5°C. Estos autores encontraron que la presencia del alga incrementó significativamente el peso de los camarones, sugiriendo que esto se debe a que el alga tiene algún factor de crecimiento o algún elemento que hace que el camarón café coma más y como consecuencia crezca más; sus resultados concuerdan con los nuestros en el sentido de que las algas favorecen el desarrollo de los camarones. La tasa instantánea de crecimiento tampoco presentó diferencias significativas entre el grupo testigo ($3,64 \pm 0,18$) y el experimental ($3,49 \pm 0,08$) ($P>0,05$). Otros autores como Cruz *et al.* (2000) y Casas *et al.* (2002) han incluido algas en dietas para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Los primeros incluyeron 4% de *Macrocystis pyrifera* en las dietas, y los segundos, 4% de *Sargassum*; las ganancias de peso obtenidas fueron muy superiores a las obtenidas con el resto de las dietas con las que los compararon. Estos autores señalan que la harina de ambas especies funciona como un excelente attractante, aglutinante y texturizante, lo que permite una utilización más efectiva de los nutrimentos dietarios.

Los valores de factor de conversión alimenticia (FCA) fueron de 1,78 para la dieta testigo y de 1,70 para la dieta con 4% de *Sargassum*, no detectándose diferencia entre tratamientos ($P>0,05$). Estos valores obtenidos de FCA son inferiores a los reportados por Martínez *et al.* (1998) para camarón café, los cuales variaron entre 2,14 y 2,91 dependiendo de la práctica de alimentación que utilizaron dichos autores, quedando comprendidos dentro del rango señalado por Gutiérrez (2003) quien utilizó dietas en las que substituyó la harina de pescado por hidrolizados de langostilla, harina y un extracto de langostilla en dietas para camarón blanco. Casas *et al.* (2002) obtuvieron un valor de conversión alimenticia de 1,8 al utilizar una dieta con una concentración de 4% de *Sargassum* para camarón blanco. Es importante mencionar que entre menor sea el valor del factor de conversión alimenticia es mejor, ya que este valor indica la cantidad de alimento que consume un organismo para transformarlo en un kilogramo de peso.

Se observó un incremento en el consumo del alimento en el tratamiento que contenía algas (1,15 g DES, 1,03 g DTP), lo que concuerda con lo señalado por Cruz *et al.* (2000) en el sentido de que la inclusión de algas en la dieta aumenta la búsqueda e ingesta del alimento; al respecto, Casas *et al.* (2002) mencionan que éstas actúan como attractantes. Los compuestos propios del alga con capacidad attractante pueden ser varios, pero según Tierney & Atema (1998) los aminoácidos, los compuestos nitrogenados volátiles y algunos azúcares podrían estar participando en esta función.

La supervivencia registrada por los camarones alimentados con la dieta que contiene *Sargassum* fue superior en un 7% con respecto a la testigo, sin embargo, esta diferencia no fue significativa entre tratamientos (Fig. 3); ésta es muy superior a la considerada como aceptable (60%) en cultivos comerciales (Clifford 1994)².

La cantidad de lípidos totales presentes en los camarones alimentados con la dieta comercial y con la dieta que incluyó *Sargassum* quedaron comprendidos dentro de los valores encontrados (11,6mg/g – 23,3 mg/g peso seco) por Krzynawek & Panunzio (1989),

² Clifford HC. 1994. El manejo de estanques camaroneros. Memorias del Seminario Internacional de Camaronicultura. Camarón 94. Mazatlán, Sinaloa, México.

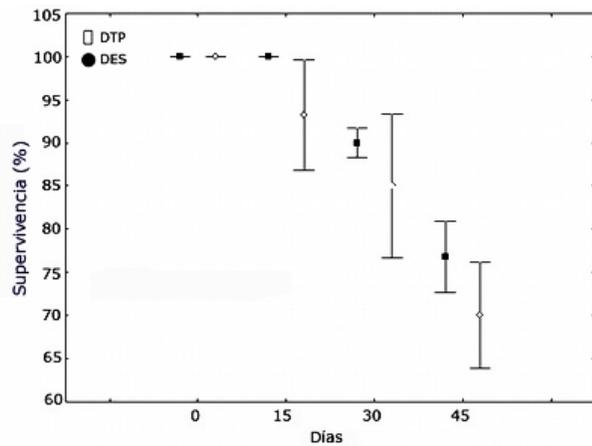


Figura 3

Supervivencia de los camarones café (*Farfantepenaeus californiensis*) alimentados con la dieta testigo (DTP) y la dieta con *Sargassum* spp (DES)

Survival of brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) fed with a control diet (DTP) and a *Sargassum* spp diet (DES)

Kotb *et al.* (1991) y Bragagnolo & Rodríguez (2001) para camarones de las costas de Ecuador, USA, Brasil, Honduras, Canadá y Golfo de Arabia y son inferiores a los reportados (42 mg/g peso seco) por Eissen (1995). La concentración de lípidos encontrados en los camarones alimentados con la dieta que contiene *Sargassum*, es similar a la obtenida por Cheng & Hardy (2004) cuando incorporó aceite de pescado y de soja a las raciones (24–27 mg/g), ésto posiblemente se debió a un aumento en la concentración de algunos componentes lipídicos que se encuentran en las algas marinas como esteroides, fosfolípidos, pigmentos, vitaminas, ácidos grasos (Freile 2001). Es posible que gran parte del colesterol eliminado en los camarones del grupo experimental haya sido reemplazado por otro tipo

de esteroides provenientes de las algas como el ergosterol, condrosterol y fucosterol.

La concentración de colesterol y triglicéridos determinada en el tejido muscular de los camarones alimentados con la dieta testigo y experimental se muestran en la Tabla 3. La concentración de colesterol y triglicéridos fue menor ($P < 0,05$) en los camarones alimentados con la dieta que incluyó la harina de *Sargassum*; es importante resaltar que el colesterol presenta una reducción de un 29%, mientras que los triglicéridos de 11%. La concentración de colesterol determinada en los camarones alimentados con la dieta que contiene *Sargassum* (77,60 mg/100 g) resultó muy inferior a la obtenida por Bragagnolo & Rodríguez (2001) para *P. schimitti* (122 mg/100 g) y *P. brasiliensis* (125 mg/100 g), por Thompson (1964) para *P. aztecus* (156 mg/100 g) y *P. setiferus* (157 mg/100g), por Krzynowek & Panunzio (1989) para *P. boreales* (186 mg/100 g), por Johnston *et al.* (1983) para *P. aztecus* (201 mg/100 g) e incluso a los reportados por Krishnamoorthy *et al.* (1979) para *P. setiferus* (96 mg/100 g). Cheng & Hardy (2004) demostraron que al reemplazar la harina de pescado y el aceite de pescado en dietas para camarón por harina de soja y aceite de soja, el comportamiento en el crecimiento del camarón no se afectó, pero sí se redujo la concentración de colesterol en el organismo. Se han sugerido algunos mecanismos mediante los cuales las algas reducen el colesterol (Reiner *et al.* 1962, Jiménez & Goñi 1999): 1) esteroides del alga interfieren con la síntesis endógena de colesterol, 2) los esteroides compiten con el colesterol por los sitios de absorción y 3) los polisacáridos de las algas favorecen la retención del colesterol exógeno ya que forman coloides de tipo iónico que posteriormente se excretan en heces. Asimismo, Cheng & Hardy (2004) mencionan que las proteínas de origen animal han sido asociadas con efectos hipercolesterolémicos, mientras

Tabla 3

Concentración de proteínas, lípidos, colesterol y triglicéridos en músculo de camarones café *Farfantepenaeus californiensis* alimentados con una dieta testigo (DTP) y la dieta con *Sargassum* spp. (DES)

Proteins, lipids, cholesterol and triglycerides concentrations in muscle of brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* fed with the control diet (DTP) and *Sargassum* spp. diet (DES)

Dieta	Proteínas (mg/g)	Lípidos (mg/g)	Colesterol (mg/100 g)	Triglicéridos (mg/g)
Testigo	601,48 ± 0,43 ^a	14,38 ± 0,36 ^a	110,04 ± 0,52 ^a	8,42 ± 0,21 ^a
Con <i>Sargassum</i>	618,58 ± 0,15 ^b	21,58 ± 0,37 ^b	77,60 ± 0,07 ^b	7,44 ± 0,11 ^b

a, b Literales distintas para cada columna, indican diferencias significativas ($P < 0,055$)

que las proteínas vegetales con efectos hipocolesterolémicos. En ensayos realizados con aves, Carrillo *et al.* (1998)³ encontraron que al incorporar harina de *Sargassum* al 6% en la dieta de gallinas de postura se redujo significativamente la concentración de colesterol en el huevo, esto lo relacionan con la presencia de esteroides y polisacáridos en el alga. Se requieren futuras investigaciones para determinar con precisión los mecanismos mediante los cuales el alga *Sargassum* puede reducir el colesterol.

Los valores obtenidos de proteína en el músculo del camarón, tanto en el grupo testigo como experimental, no fueron diferentes entre sí ($P > 0,05$) pero sí menores (60,1 y 61,8% respectivamente) a los obtenidos por Cheng & Hardy (2004) a los 28 días de experimentación, obteniendo concentraciones de 70 a 74% al incorporar en la dieta para camarones, aceite de pescado y aceite de soya.

Con los resultados obtenidos en el presente estudio se demostró que puede ser incorporado 4% de harina del alga *Sargassum* a los alimentos balanceados para camarón café, sin causar efectos negativos en los parámetros productivos: crecimiento, supervivencia y factor de conversión alimenticia. La incorporación del alga *Sargassum* a las dietas para camarón tiene además la ventaja de que contiene compuestos con propiedades hipocolesterolémicas. Debido a que el alga *Sargassum* es muy abundante y puede ser cosechada de manera sustentable, su uso en la alimentación de camarón debería de ser fomentado.

Agradecimientos

A la empresa PIASA, S. A. por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo. A los revisores anónimos de este trabajo, cuyas sugerencias enriquecieron este artículo.

Literatura citada

- A.O.A.C. 1999. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis, 1141 pp. 16th ed. Association of Analytical Chemists, Washington, D.C.
- ³ Carrillo S, F Pérez-Gil, E Avila, ME Carranco, RM Castillo, M Casas & J Lecumberri. 1998. Cholesterol content in eggs from laying hens fed *Sargassum sinicola* and *Ulva lactuca* seaweeds. XVIth International Seaweeds Symposium. April 12-17, Cebu City, Philippines, 65 pp.
- Barnes H & J Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin method for 'total' lipids. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 12: 103-118.
- Bendschneider & Robinson. 1972. Determination of nitrites. En: Strickland JD & TR Parson (eds) A practical handbook of seawater analysis, pp. 77-80. Fisheries Research Board of Canada. 1972. Bulletin 167 2nd ed. Ottawa, Canada.
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
- Bragagnolo N & DB Rodriguez Amaya. 2001. Total Lipid, Cholesterol, and Fatty Acids of Farmed Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and Wild Marine Shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schmitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*). Journal of Food Composition and Analysis 14: 359-369.
- Casas Valdez M, C Hernández, R Aguila, B González, A Marín, S Rodríguez, S Carrillo, F Pérez Gil, E Cruz, M Rique & M Tapia. 2002. *Sargassum* spp. como fuente potencial de alimento para camarón. Informe Técnico Final. CGPI. Instituto Politécnico Nacional, 34 pp.
- Casas Valdez M, H Hernández Contreras, A Marín Álvarez, RN Aguila Ramírez, CJ Hernández Guerrero, I Sánchez Rodríguez & S Carrillo Domínguez. 2006. El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae): una alternativa tropical en la alimentación de ganado caprino. Revista de Biología Tropical 54(1): 83-92.
- Cruz Suárez E, D Ricque Marie, M Tapia Salazar & C Guajardo Barbosa. 2000. Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. En: Cruz Suárez E, Olvera Novoa, D Ricque Marie, M Tapia Salazar & R Civera Cerecedo (eds). Avances en nutrición acuícola. Memorias del Quinto Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados – I. P. N. Mérida, Yucatán, pp. 1-40.
- Cheng ZJ, KC Behnke & WG Dominy. 2002. Effects of feather meal on growth and body composition of the juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Journal of Applied Aquaculture 12: 57-70.
- Cheng Z & R Hardy. 2004. Protein and lipid sources affect cholesterol concentrations of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). Journal of Animal Science 82: 1136-1145.
- Childs MT, Dorsett CS, Failor A, Roidt L & GS Omenn. 1987. Effect of shellfish consumption on cholesterol absorption in normolipidic men. Metabolism 36(1): 31-35.

- De Oliviera e Silva ER, CE Seidman, JJ Tian, LC Hudgins & FM Sacks. 1996.** Effects of shrimp consumption on plasma lipoproteins. *American Journal of Clinical Nutrition* 64: 712-717.
- Essien EU. 1995.** Lipid content and fatty acid profiles of some lesser known Nigerian foods. *Journal of Food Biochemistry* 19: 153-159.
- FAO. 2000.** FAO Yearbook, Fishery Statistics: Capture Production, Vol. 86/1, FAO, Roma.
- Figueroa J. 1996.** Es el camarón café *Penaeus californiensis* una alternativa de producción. *Panorama Acuicola* 1(4): 5.
- Freile PY. 2001.** Algas en la botica. *Avance y Perspectiva* 20: 283-292.
- Gutiérrez Leyva R. 2003.** Calidad nutricional de dos productos a base de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) como fuente de proteína o aditivo alimentario en alimentos balanceados para juveniles de camarón blanco. Tesis de Biología Marina. Facultad de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B. C. S. México, 102 pp.
- Jiménez Escrig A & I Goñi Cambrodon. 1999.** Evaluación nutricional y efectos fisiológicos de macroalgas marinas comestibles. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 49(2): 114-120.
- Johnston JJ, HA Ghanbari, WB Wheeler & JR Kirk. 1983.** Characterization of shrimp lipids. *Journal of Food Science* 48: 33-35.
- Kitabayashi K, H Kurata, K Shudo, K Nakamura & S Ishikawa. 1971.** Studies of formula feed for kuruma prawn I: on the relationship among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research* 65: 91-107.
- Kotb AR, AF Hadeed & AA Al-Baker. 1991.** Omega-3 polyunsaturated fatty acid content of some popular species of Arabian Gulf fish. *Food Chemistry* 40: 185-190.
- Krishnamoorthy RV, A Venkataramia & P Biesiot. 1979.** Effects of cooking and of frozen storage on the cholesterol content of selected shellfish. *Journal of Food Science* 44: 314-315.
- Krzynowek J & LJ Panunzio. 1989.** Cholesterol and fatty acids in several species of shrimp. *Journal of Food Science* 54: 237-239.
- Lawrence AI. 1985.** Marine shrimp culture in the Western Hemisphere. En: Rothlisberg PC, BJ Hill & DJ Staples (eds), *Second Australian National Prawn Seminar*, pp. 327-336. Kooralbyn, Queensland, Australia.
- Lind Owen T. 1979.** Handbook of common methods in limnology, pp. 84-85. The CV Mosby Company. 2nd ed. United States of America.
- Marín Álvarez A. 1999.** Utilización del alga *Sargassum* spp. como complemento alimenticio de mantenimiento en dietas de ganado ovino. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. La Paz, B.C.S., México, 86 pp.
- Martínez Córdova L, L Porchas Cornejo, H Villareal Colmenares & J Calderón Pérez. 1998.** Evaluation of three feeding practices on the winter culture of yellow leg shrimp, *Penaeus californiensis* (Holmes), in low water exchange ponds. *Aquaculture Research* 29: 573-578.
- Morris & Riley. 1963.** Determination of nitrate. En: Strickland JD & TR Parson (eds). *A practical handbook of seawater analysis*, pp. 71-76. Fisheries Research Board of Canada. 1972. *Bulletin* 167, 2nd ed. Ottawa, Canada.
- Palacios E, CI Pérez Rostro, JL Ramírez, AM Ibarra & IS Racotta. 1999.** Reproductive exhaustion in shrimp (*Penaeus vannamei*) reflected in larval biochemical composition, survival and growth. *Aquaculture* 171(3/4): 309-321.
- Palacios E, AM Ibarra & IS Racotta. 2000.** Tissue biochemical composition in relation to multiple spawning in wild and pond-reared (*Penaeus vannamei*) broodstock. *Aquaculture* 185: 353-371.
- Pérez RC. 1997.** Composición química de *Sargassum* spp. colectado en la Bahía de la Paz, B. C. S. y la factibilidad de su aprovechamiento en forma directa o como fuente de alginato. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. I.P.N., 76 pp.
- Porchas Cornejo MA, L Martínez Córdova, F Magallón Barajas, J Naranjo Páramo & G Portillo Clark. 1999.** Efecto de la macroalga *Caulerpa sertularioides* en el desarrollo del camarón *Penaeus californiensis* (Decapoda: Penaeidae). *Revista de Biología Tropical* 47(3): 437-442.
- Reiner E, J Topliff & JD Word. 1962.** Hypocholesterolemic agents derived from sterols of marine algae. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 40: 1401-1406.
- Takahashi Y, K Uehara, R Watanabe, T Okumura, T Yamashita, H Omura, T Kawano, A Kanemitsu, H Narasaka, N Suzuki & T Itami. 1998.** Efficacy of oral administration of fucoidan, a sulfated polysaccharide, in controlling white spot syndrome in kuruma shrimp in Japan. En: Flegel TW (ed). *Advances in shrimp biotechnology*, pp. 171-174. National Center of Genetic Engineering and Biotechnology, Thailand, Bangkok.

Tierney AJ & J Atema. 1998. Behavioral responses of cryfish (*Orconectes virilis* and *Orconectes rusticus*) to chemical feeding stimulants. *Journal of Chemical Ecology* 14(1): 123-132.

Thompson RH. 1964. Cholesterol content of various species of shellfish. I. Methods of analysis and preliminary survey of variables. *Fisheries Industry Review* 36: 21-35.

Van Wyk P. 1999. Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems. En: Van Wyk P, M Davis-Hodgkins, R Laramore, KL Main, J Mountain & J Scarpa (eds). *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. pp. 125-139. Harbor Branch Oceanographic Institution.

Villarreal H, A Hernández Llamas, M Rivera, A Millán & S Rocha. 2004. Effect of substitution of shrimp meal, fish meal and soy meal with red crab *Pleuroncodes planipes* (Simpson) meal in polluted diets for post larvae and juvenile *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes). *Aquaculture Research* 35: 178-183.

Recibido el 15 de diciembre de 2005 y aceptado el 27 de abril de 2006