

PERFIL DE AMINOÁCIDOS DEL MÚSCULO DE *Macrobrachium tenellum* Y CÓMPUTO QUÍMICO DE PROTEÍNAS USADAS EN SU ALIMENTACIÓN

Luis Daniel ESPINOSA CHAURAND¹; Fernando VEGA VILLASANTE¹; Héctor NOLASCO SORIA²; Olimpia CARRILLO FARNÉS³; Silverio LÓPEZ LÓPEZ⁴

RESUMEN

Se utilizaron langostinos de río *Macrobrachium tenellum* para determinar el contenido de aminoácidos (aa) del músculo, además se determinó el cómputo químico de los principales ingredientes utilizados en los alimentos para la especie. La separación e identificación de los aa se llevó a cabo mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) con detector de fluorescencia y el cómputo químico se obtuvo de la división del valor del aa esencial en la proteína a evaluar entre el contenido del mismo aa en la proteína de referencia. Los aa más abundantes en el músculo fueron el ácido glutámico (16.14%), la lisina (9.60%) y el ácido aspártico (9.06%) y los más bajos fueron la metionina (2.88%), la histidina (2.52%) y el triptófano (0.47%). El primer aminoácido limitante en la harina de pescado fue treonina y en la harina de calamar la histidina; como segundo aa limitante la arginina y la treonina, respectivamente. En la harina de trigo el primer y segundo aminoácidos limitantes fueron la lisina y la treonina y en la harina de soya, la metionina y la lisina, respectivamente. Para la formulación de alimentos para *M. tenellum* se propone emplear una combinación de ingredientes proteicos, animales y vegetales, que se aproximen al perfil de aminoácidos de la especie.

Palabras clave: Langostino; alimentos; aminoácidos limitantes

PERFIL DE AMINOÁCIDOS DO MÚSCULO DE *Macrobrachium tenellum* E ESCORE QUÍMICO DE PROTEÍNAS UTILIZADAS EM SUA ALIMENTAÇÃO

RESUMO

Foram utilizados camarões de água doce *Macrobrachium tenellum* para determinar o conteúdo de aminoácidos (aa) do músculo e o escore químico dos principais ingredientes utilizados nos alimentos para a espécie. A separação e identificação de aa foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detecção por fluorescência, e o cálculo da pontuação química foi obtido pela divisão do valor de aa essenciais nas proteínas avaliadas e os aa nas proteínas de referência. Os aa mais abundantes no músculo foram o ácido glutâmico (16,14%), lisina (9,60%) e ácido aspártico (9,06%), e os mais baixos foram metionina (2,88%), histidina (2,52%) e triptofano (0,47%). O primeiro aminoácido limitante para a farinha de peixe foi a treonina, e no farelo de lula, histidina; o segundo aa limitante foi a arginina e a treonina, respectivamente. Na farinha de trigo, o primeiro e segundo aminoácidos limitantes foram lisina e treonina; na farinha de soja, metionina e lisina, respectivamente. Na formulação dos alimentos para *M. tenellum* recomenda-se utilizar uma combinação de ingredientes com proteína animal e vegetal, aproximando-se ao perfil de aminoácidos da espécie.

Palavras chave: camarão de água doce; alimento; aminoácidos limitantes

Artigo Científico: Recebido em 10/01/2013 – Aprovado em 18/07/2013

¹ Laboratorio de Acuicultura Experimental, Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad, 203 - Del. Ixtapa - C.P. 48280 - Puerto Vallarta - Jalisco - México. e-mail: mcespinosachaurand@gmail.com; fernandovega.villasante@gmail.com (autor correspondiente)

² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. e-mail: hnolasco04@cibnor.mx

³ Facultad de Biología, Universidad de La Habana. e-mail: olimpiacarrillo@infomed.sld.cu

⁴ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. e-mail: silopez@ipn.mx

MUSCLE AMINO ACID PROFILE OF *Macrobrachium tenellum* AND CHEMICAL SCORE OF USED PROTEIN IN ITS FEEDING

ABSTRACT

Freshwater prawns *Macrobrachium tenellum* were used to determine the content of amino acids (aa) of the muscle, and the chemical score of the main ingredients used in feeds for the species was determined. The separation and identification of aa is carried out by high performance liquid chromatography (HPLC) with fluorescence detection. The calculation of chemical score was obtained by dividing the value of essential aa between aa of the reference protein. The most abundant aa in muscle were glutamic acid (16.14%), lysine (9.60%) and aspartic acid (9.06%) and the lowest were methionine (2.88%), histidine (2.52%) and the tryptophan (0.47%). The first limiting amino acid for fishmeal was threonine and histidine for squid meal; and as a second limiting aa arginine and threonine, respectively. In wheat flour first and second limiting amino acids were lysine and threonine, in soybean meal, methionine and lysine, respectively. For feed formulation for *M. tenellum* intends to use a combination of plant and animal proteins that approximates the amino acid profile of the species.

Keywords: Freshwater prawn; feed; limiting amino acid

INTRODUCCIÓN

Los sistemas acuiculturales han tomado relevancia en los últimos veinte años debido a que se presentan como una opción viable en la generación de beneficios nutrimentales, bioecológicos y socioeconómicos para los individuos, comunidades y empresas, respectivamente (ESPINOSA-CHAURAND *et al.*, 2011). Para las especies en cultivo, tanto el tipo de alimento como la estrategia de alimentación representan factores de vital importancia en el aporte de la energía necesaria para el adecuado desarrollo y crecimiento de organismos acuáticos (VEGA-VILLASANTE y CHONG, 2006), lo cual se refleja en el crecimiento de los animales (JAYACHANDRAN, 2001). En un cultivo exitoso de langostino, el manejo y la alimentación son de gran importancia, puesto que el alimento constituye del 40 al 60% de los costos de producción (VEGA-VILLASANTE *et al.*, 2011).

En la escala de la acuicultura potencial, *Macrobrachium tenellum* está considerado en un nivel alto, incluso sobre especies grandes de tipo ripario como *Macrobrachium americanum* y *Macrobrachium carcinus* (GUZMÁN-ARROYO, 1987). Es una especie de importancia comercial por lo que se requiere generar la información necesaria para su producción acuícola (GUZMÁN-ARROYO, 1987; NEW, 1988; ROMÁN-CONTRERAS, 1991). En el medio natural, *M. tenellum* tiene hábitos omnívoros y detritívoros, con un amplio espectro trófico, consumiendo insectos, larvas, vegetales, pequeños

crustáceos y moluscos, anélidos, detritus orgánico, restos de organismos y semillas (GOODYEAR *et al.*, 1976; GUZMÁN-ARROYO, 1987). Los estudios ecológicos que se han realizado a la fecha solo mencionan los componentes de su dieta natural de forma general y pese a las investigaciones relacionadas a su nutrición en condiciones controladas, aún no se conocen de manera exacta los requerimientos para cada una de sus etapas (ESPINOSA-CHAURAND *et al.*, 2011).

El primer factor a considerar, para la aproximación a los requerimientos nutricionales de una especie, es la proteína que necesita el organismo para su crecimiento. La proteína constituye uno de los más importantes nutrientes, el mayor componente y usualmente el más caro ingrediente en las dietas artificiales (BEHANAN y MATHEW, 2004). GALLARDO *et al.* (1989) y JAIME-CEBALLOS (2006) consideran que uno de los índices para evaluar la calidad proteica de los alimentos de especies acuáticas es el cómputo químico. Este se basa en el criterio de que mientras más cercano sea el patrón (tipo y concentración) de aminoácidos de la proteína que se evalúa en relación a los requerimientos de aminoácidos de la especie, mayor será el valor nutricional de la proteína y su utilización (BLOCK y MITCHELL, 1946; JAIME-CEBALLOS, 2006), ya que el cómputo químico de una proteína refleja la razón de su contenido de aminoácidos y la proteína ideal para la especie (SUÁREZ *et al.*, 2006).

La gran mayoría de los alimentos contienen aminoácidos ya sea en la forma libre o como

constituyentes proteicos (en forma de proteína parcialmente hidrolizada o intacta) (LÓPEZ-CERVANTES *et al.*, 2006). El valor biológico de una proteína depende de su composición en aminoácidos y de las proporciones entre ellos, máximo cuando estas proporciones son las necesarias para satisfacer las demandas aminoacídicas para el crecimiento, la síntesis y reparación tisular (SUÁREZ *et al.*, 2006). La harina de pescado tiene un especial interés nutricional y económico por representar unas de las fuentes principales de proteína en los alimentos para la industria pecuaria, así como uno de los ingredientes de mayor costo (CIVERA *et al.*, 2000) representando hasta el 50% de estos (FRAGA-CASTRO y JAIME-CEBALLOS, 2011). Es de suma importancia conocer la composición de aminoácidos del músculo de *M. tenellum* y compararla con el contenido de aminoácidos de los principales ingredientes en su dieta, para conocer la calidad nutricional de éstos. Por lo anterior, el presente trabajo aborda aspectos básicos de la nutrición de *M. tenellum*, como lo es la composición de aminoácidos de su músculo y el cómputo químico de proteínas empleadas usualmente en su alimentación, ya sea de forma directa como ingrediente o en dietas formuladas, con el propósito de incrementar el conocimiento de esta especie y su adecuada nutrición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos

Se utilizaron 10 langostinos de río *M. tenellum* (6.42 ± 0.74 g de peso y 74.90 ± 2.95 mm de longitud total) obtenidos del stock existente (500 organismos de peso y talla similares) en el Laboratorio de Acuicultura Experimental del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara en Puerto Vallarta, Jalisco, que estuvieron bajo un régimen de alimentación de 15 días con alimento comercial con 30% de proteína cruda (PC) (Cameronina® 30%). Los animales muestreados se congelaron a -20°C para su sacrificio y el "pool" obtenido de los apéndices caudales se conservó a esta misma temperatura hasta su posterior análisis bioquímico.

Perfil de aminoácidos

El "pool" de muestras congeladas (-20°C) del apéndice caudal de los langostinos (músculo de la

cola) fue enviado al laboratorio de análisis químico proximal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, para su desgrasado, liofilizado y pulverizado; posteriormente fue enviado al Laboratorio de Nutrición del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) para su análisis aminoacídico de acuerdo con la técnica mencionada por VÁZQUEZ-ORTIZ *et al.* (1995) y SOTO-VELAZCO *et al.* (2005). El análisis de aminoácidos consistió en adicionar 2 mL de ácido tricloroacético (ATA) a 1 g de harina de apéndice caudal del langostino con ayuda de un homogenizador Ultraturrax (Ika, T18) a 22,000 rpm durante 5 minutos. Los extractos fueron centrifugados y separados para su análisis. Los sobrenadantes y una solución de estándar de aminoácidos fueron diluidos con una solución de amortiguador de citrato de sodio (pH 2.2), filtrados y diluidos con la adición de ácido-aminobutírico como estándar interno (EI) a una concentración final de 2.5 M mL^{-1} . A 0.5 mL de muestra o solución estándar de aminoácidos con EI se le adicionaron 0.5 mL de una solución de OPA (ophthalaldehydo, Sigma 643.79.8) y se homogeneizaron con un agitador vortex. La separación e identificación de los aminoácidos de las muestras o solución estándar de aminoácidos se llevó a cabo mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detector de fluorescencia. Se utilizó una columna de 10 cm X 4.6 mm de diámetro interno (DI) C-18 de fase de reversa (Rainin Instrument Co. Inc., USA) conectada a una precolumna de 3 cm X 4.6 mm DI. Los resultados obtenidos se expresaron en g de aa en 100 g de proteína.

Cómputo químico

Los cálculos de cómputo químico (CQ) fueron realizados de acuerdo con BLOCK y MITCHELL (1946) y GALLARDO *et al.* (1989) a través de la división del contenido de aminoácidos esenciales en la proteína a evaluar entre el contenido del aminoácido en la proteína de referencia, expresado en g/g de proteína; la composición aminoacídica del músculo de langostino fue usada como proteína de referencia. Los valores por debajo de 1 en esta relación muestran los aa limitantes; el de valor más bajo es el primer limitante de la fuente proteica o alimento; el segundo con CQ más bajo es el segundo limitante y así sucesivamente. Para el cálculo del cómputo

químico se evaluaron fuentes proteicas (ingredientes) que se emplean comúnmente en la alimentación de este tipo de especies y cinco dietas formuladas a base de estos ingredientes con diferentes concentraciones de PC (23%, 30%, 38%, 45% y 53% de PC; Tabla 1), referidas a la tabla de composición de alimentos de USDA

(2012). Las fuentes proteicas utilizadas fueron: harina integral de trigo (número de nutriente 20080; USDA, 2012), harina de soya (número de nutriente 16419; USDA, 2012), harina de pescado (número de nutriente 15016; USDA, 2012) y harina de calamar (número de nutriente 15175; USDA, 2012).

Tabla 1. Dietas formuladas para *Macrobrachium tenellum* utilizadas en el cálculo de cómputo químico de proteínas (g/100 g de peso seco).

Ingredientes (g/100 g)	Dietas formuladas (% de PC)				
	23	30	38	45	53
Harina integral trigo ¹	38.00	38.00	38.00	38.00	35.09
Harina de calamar ¹	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Harina de Soya ¹	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Harina de pescado ¹	9.11	16.82	24.58	32.31	40.67
Almidón de maíz	27.18	19.82	12.47	5.11	0.00
Aceite de hígado de bacalao	5.71	5.33	4.96	4.58	4.24
Premezcla mineral crustáceos	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Carbonato de calcio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lecitina de soya	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezcla vitamina crustáceos	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitamina C	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cloruro de colina	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Composición proximal calculada (g/100 g en peso seco)					
Proteína cruda (Nx6.25)	23.18	30.49	37.85	45.18	52.67
Lípidos totales	7.89	7.86	8.15	7.99	8.47
Fibra cruda	0.67	0.43	0.47	0.36	0.34
Cenizas	6.55	7.84	9.04	10.52	11.73
Extracto libre nitrógeno ²	61.71	53.38	44.49	35.95	26.79

¹ fuentes proteicas de la dieta.

² Extracto libre de nitrógeno = 100 - (% proteína cruda + % lípidos totales + % fibra cruda + % cenizas).

RESULTADOS

La composición aminoacídica del músculo de langostino *M. tenellum* se muestra en la Tabla 2. Los aminoácidos que se presentan en mayor cantidad en el músculo de la cola de *M. tenellum* son el ácido glutámico, la lisina y el ácido aspártico (16.14%, 9.60% y 9.06%, respectivamente), mientras que la metionina (2.88%), la histidina (2.52%) y el triptófano (0.47%) fueron los relativamente más bajos. En la Tabla 3 se muestra el perfil de aminoácidos esenciales (AAE) del músculo de *M. tenellum* y el cómputo

químico (CQ) de proteínas de los ingredientes proteicos que han sido reportados en la alimentación de los camarones de río (harina integral de trigo, harina de soya, harina de pescado y harina de calamar) (ESPINOSA-CHAURAND *et al.*, 2012). En los ingredientes proteicos de origen animal (harina de pescado y calamar) y de origen vegetal (harina integral de trigo y harina de soya) estudiados, la treonina se puede considerar el aminoácido común que limita la calidad proteica de estas fuentes para la alimentación del langostino de río *M. tenellum*.

Dentro de los ingredientes de origen animal se presentan como primer aminoácido limitante la treonina para la harina de pescado y la histidina para la harina de calamar y como segundo, la arginina y la treonina, respectivamente. En las

harinas vegetales el primer y segundo aminoácidos limitantes, con los valores de cómputo químico más bajos, son la lisina y la treonina para la harina de trigo integral y la metionina y la lisina para la harina de soya, respectivamente.

Tabla 2. Perfil de aminoácidos de la proteína del músculo de la cola de *Macrobrachium tenellum*.

Aminoácidos	g de aa / 100 g de PC
Ácido Aspártico	9.06 ± 0.52
Ácido Glutámico	16.14 ± 0.72
Serina	4.12 ± 0.15
Histidina	2.52 ± 0.07
Glicina	6.12 ± 0.09
Treonina	6.03 ± 0.09
Alanina	6.52 ± 0.12
Arginina	7.11 ± 0.39
Tirosina	6.05 ± 0.22
Valina	3.94 ± 0.13
Fenilalanina	4.39 ± 0.04
Isoleucina	4.04 ± 0.03
Leucina	8.08 ± 0.04
Lisina	9.60 ± 0.78
Metionina	2.88 ± 0.05
Triptófano	0.47 ± 0.01
Concentración de proteína cruda en el músculo	85%

Valores promedio de 2 réplicas ± desviación estándar.

Tabla 3. Perfil de aminoácidos esenciales (AAE) del músculo de cola de *Macrobrachium tenellum*, y cómputo químico (CQ) de proteínas de ingredientes proteicos usados en su alimentación (g de aminoácidos esenciales por 100 g de proteína).

Aminoácidos	Musculo <i>M. tenellum</i> (1)	Harina de pescado (2)	CQ	Harina de calamar (2)	CQ	Harina de trigo integral (2)	CQ	Harina de soya (2)	CQ
Treonina	6.03	4.38	0.73* ¹	4.30	0.71* ²	2.78	0.46* ²	3.97	0.66* ³
Isoleucina	4.05	4.61	1.14	4.35	1.08	3.35	0.83*	4.43	1.10
Leucina	8.08	8.13	1.01	7.03	0.87*	6.80	0.84*	7.44	0.92* ⁴
Lisina	9.60	9.19	0.96* ⁴	7.47	0.78* ³	2.72	0.28* ¹	6.08	0.63* ²
Valina	3.94	5.15	1.31	4.36	1.11	4.27	1.08	4.56	1.16
Arginina	7.12	5.98	0.84* ²	7.29	1.02	4.91	0.69* ⁴	7.09	1.00
Histidina	2.52	2.94	1.17	1.47	0.58* ¹	2.70	1.07	2.46	0.98*
Metionina	2.88	2.96	1.03	2.25	0.78* ⁴	1.73	0.60* ³	1.23	0.43* ¹
Fenilalanina	4.39	3.90	0.89* ³	3.58	0.82*	5.16	1.18	4.77	1.09
Triptófano	0.47	1.12	2.39	1.12	2.38	1.32	2.81	1.33	2.83

*aminoácidos limitantes; ¹ primer limitante; ² segundo limitante; ³ tercer limitante; ⁴ cuarto limitante. (1) Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) (México); (2) USDA (2012).

En la Tabla 4 se presenta el cómputo químico de proteínas en dietas formuladas con diferentes niveles de PC, a base de los ingredientes proteicos antes mencionados. El primer y principal aminoácido limitante de todas las dietas formuladas fue la treonina, mientras que el segundo fue la lisina. Las dietas con los menores valores de PC ofrecida (23% y 30% de PC) tienen como tercer y cuarto aminoácidos limitante a la metionina y a la arginina respectivamente, mientras que las dietas restantes (38%, 45% y 53% PC)

presentan estos aminoácidos limitantes de manera inversa; las dietas experimentales elaboradas podrían cubrir el $86 \pm 1\%$ y el $84 \pm 6\%$ de la arginina y metionina respectivamente, del requerimiento para el *M. tenellum*. Mientras más harina de pescado se agregó a las dietas experimentales, mayor porcentaje de requerimientos del segundo, tercer y cuarto aminoácidos limitantes fueron cubiertos para el organismo, aunque el primer aminoácido limitante no se vio afectado por la inclusión de este ingrediente ($67 \pm 2\%$).

Tabla 4. Perfil de aminoácidos esenciales (AAE) del músculo de cola de *Macrobrachium tenellum*, y cómputo químico (CQ) de proteínas de dietas formuladas propuestas en su alimentación (g de aminoácidos esenciales por 100 g de proteína).

Aminoácidos	Músculo	Dieta		Dieta		Dieta		Dieta		Dieta	
	<i>M. tenellum</i>	23%PC	CQ	30%PC	CQ	38%PC	CQ	45%PC	CQ	53%PC	CQ
	(1)	(2)		(2)		(2)		(2)		(2)	
Treonina	6.03	3.89	0.64* ¹	4.01	0.66* ¹	4.08	0.68* ¹	4.13	0.69* ¹	4.18	0.69* ¹
Isoleucina	4.05	4.22	1.04	4.32	1.07	4.37	1.08	4.41	1.09	4.45	1.10
Leucina	8.08	7.48	0.92*	7.63	0.94*	7.73	0.96*	7.80	0.96*	7.85	0.97*
Lisina	9.60	6.64	0.69* ²	7.25	0.75* ²	7.63	0.79* ²	7.88	0.82* ²	8.12	0.85* ²
Valina	3.94	4.68	1.19	4.79	1.22	4.86	1.23	4.91	1.25	4.95	1.26
Arginina	7.12	6.18	0.87* ⁴	6.13	0.86* ⁴	6.10	0.86* ³	6.08	0.86* ³	6.08	0.85* ³
Histidina	2.52	2.54	1.01	2.64	1.05	2.70	1.07	2.74	1.09	2.77	1.10
Metionina	2.88	2.16	0.75* ³	2.35	0.82* ³	2.47	0.86* ⁴	2.55	0.89* ⁴	2.62	0.91* ⁴
Fenilalanina	4.39	4.36	0.99*	4.25	0.97*	4.18	0.95*	4.14	0.94*	4.09	0.93*
Triptófano	0.47	1.22	2.59	1.19	2.54	1.18	2.51	1.17	2.49	1.16	2.48

*aminoácidos limitantes; ¹ primer limitante; ² segundo limitante; ³ tercer limitante; ⁴ cuarto limitante.

(1) Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) (México); (2) en base USDA (2012).

DISCUSIÓN

El presente trabajo presenta por primera vez la composición de aminoácidos del músculo de la cola de *M. tenellum* y su relación (CQ) con proteínas usadas en su alimentación en forma de ingredientes o dietas experimentales formuladas. Esta información permite conocer sobre la calidad proteica de la carne de este producto de interés comercial, pero principalmente conocer los requerimientos de AAE de estos organismos y con ello la posibilidad de diseñar dietas sobre bases científicas, de acuerdo al cómputo químico, que se ha vuelto indispensable para analizar el contenido de aminoácidos libres y proteicos en los alimentos, su valor en la nutrición de los organismos y el valor nutricional del músculo

animal como producto alimenticio animal y humano (LÓPEZ-CERVANTES *et al.*, 2006).

ROUSTAIAN *et al.* (2000) coinciden con el presente estudio al reportar en larvas de *M. rosenbergii* al ácido glutámico como el de mayor concentración (13.4% a 16.6%) y a la metionina (1.4% a 2.7%), la histidina (2.9% a 4.2%) y el triptófano (1.4% a 1.6%) como los aminoácidos relativamente de más bajos, sin presentar cambios durante su crecimiento larval. YAMASAKI-GRANADOS (2012) coincide también al encontrar en su trabajo de *M. americanum*, al ácido glutámico (13.08%) como el aminoácido con mayor concentración en juveniles enteros y a la histidina (2.03%) y a la metionina (2.36%) con los niveles de concentración más bajos.

VEGA-VILLASANTE *et al.* (2002), mencionan que en la langostilla *Pleuroncodes planipes* el AAE limitante es la valina al compararla por cómputo químico con *Marsupenaeus japonicus*, tejido de pescado y tejido de almeja. Mientras que ZHUANG *et al.* (2008), encontraron que entre *Exopalaemon annandalei* y *Macrobrachium nipponensis* el índice de AAE fue similar (i.e., 52.77 para *E. annandalei* y 52.67 para *M. nipponensis*) y que los dos principales aminoácidos limitantes fueron la metionina y cistina; lo que difiere con el presente reporte, ya que en todos los casos el AAE limitante para *M. tenellum* fue la treonina. Aunque se menciona que el porcentaje de proteína es independiente de su calidad (JAIME-CEBALLOS, 2006), a mayor cantidad de proteína mayor cantidad de aminoácidos (TERRAZAS *et al.*, 2010). Al incorporar proteínas de origen animal a las dietas de *M. tenellum* se mejora el aporte de AAE para esta especie, ya que se ajustan más a su perfil de AAE. Esto resulta lógico ya que la calidad de la proteína presente en un ingrediente está en función de su contenido en aminoácidos (TERRAZAS *et al.*, 2010) y lo aproximado de este perfil al requerido por el organismo.

De las fuentes proteicas de origen animal empleadas destaca la harina de pescado, ya que aporta proteína de alta calidad con un balance de aminoácidos para el rápido crecimiento de los organismos acuáticos (CRUZ-SUÁREZ *et al.*, 2000). En este estudio se reporta que la harina de pescado solo cubrió el 73% de la treonina requerida por *M. tenellum*, presentándose como su primer AAE limitante. En cuanto a las proteínas vegetales, la harina de soya es uno de los principales ingredientes empleados para las dietas de este tipo de organismos; en la presente investigación se encontró que el AAE limitante para este ingrediente fue la metionina. ÁLVAREZ *et al.* (2004) y FRAGA-CASTRO y JAIME-CEBALLOS (2011) difieren al presente estudio, al observar que la harina de pescado en dietas para *Litopenaeus schmitti* cubría todos los AAE excepto la arginina, mientras que coinciden al reportar que la harina de soya satisfacía más de la mitad de los AAE y como primer limitante tenía a la metionina (ÁLVAREZ *et al.*, 2004). Por su parte para *L. vannamei*, TERRAZAS *et al.* (2010) también encontraron a la metionina y a la cistina como primeros limitantes. ÁLVAREZ *et al.* (2004)

sugieren dietas para *L. schmitti* con harina de soya complementada con harina de pescado para compensar las deficiencias de aminoácidos que su ausencia puede provocar.

En dietas formuladas con harina de pescado y ensilado de pescado para *L. schmitti*, se ha mostrado que la arginina se presenta como el primer aminoácido limitante (FRAGA-CASTRO y JAIME-CEBALLOS, 2011). JAIME-CEBALLOS (2006) menciona para *L. schmitti*, que al alimentarse con microparticulados de *Spirulina platensis* el triptófano y la histidina fueron el primer y segundo aminoácido limitante, respectivamente; de igual manera este autor reporta que al alimentar con artemias a este organismo la histidina se vuelve el primer aminoácido limitante y el complejo cistina-metionina el segundo. De igual manera GALINDO *et al.* (2009) mencionan que, en dietas para *L. schmitti* donde existía contribuciones de proteína animal y vegetal, el primer y segundo AAE limitante fue la arginina y la histidina, respectivamente, mientras que al usar solo fuentes de proteína animal el primer aminoácido limitante fue la arginina, y cuando se usaban fuentes de origen vegetal el AAE limitante fue la lisina. Por su parte, FRAGA *et al.* (2010) reportan también, para *L. schmitti* alimentado con dietas que incluían harina de cangrejo rojo (*Gecarcinus ruricola*), a la arginina como primer AAE limitante. Los resultados anteriores son diferentes al presente trabajo, ya que para *M. tenellum* en dietas formuladas se ha encontrado que el principal AAE limitante es la treonina. En contraste, los resultados de esta investigación tienen similitudes con lo reportado por FRAGA *et al.* (2010) y FRAGA-CASTRO y JAIME-CEBALLOS (2011) para *L. schmitti*, que al ser alimentado con dietas con diferentes niveles de harina de cangrejo y pescado, respectivamente, encuentran como segundo AAE limitante a la lisina. Cabe destacar, que al incrementar el nivel de harina de pescado en las dietas formuladas y disminuir los ingredientes proteicos vegetales, el tercer y cuarto aminoácido limitante (metionina y arginina) fue incrementando su participación para cubrir el requerimiento de aminoácidos de *M. tenellum*, sin modificar la presencia de la treonina en estas dietas. Otros investigadores como GALINDO *et al.* (2009) coinciden al mencionar una disminución de

los valores de los aminoácidos esenciales al incrementar la participación de proteína vegetal en la dieta. Esto puede deberse a que, algunos ingredientes tienen proteínas que son deficientes en uno o más aminoácidos, situándose como de baja calidad nutricional (FIGUEIREDO *et al.*, 2007), o a que a pesar de que las dietas se acerquen teóricamente al requerimiento de aminoácidos esenciales de la especie no todos estos aminoácidos se encuentren biodisponibles (GALINDO *et al.*, 2009); esto se podría solucionar al usar diferentes fuentes proteicas en la elaboración de las dietas, a través de la complementación mediante la adición directa de los aminoácidos o con el uso de alimentos que contienen los limitantes en mayor concentración (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Con base en lo obtenido en este estudio sobre la composición de aminoácidos de *M. tenellum* y su comparación a través del cómputo químico con ingredientes y dietas experimentales formuladas, se puede sugerir que en la alimentación del organismo se debe emplear una combinación de ingredientes proteicos de fuentes animales y vegetales, proporcionándose en mayor medida aquellos que se aproximen al perfil de aminoácidos de la especie, como el caso la harina de pescado. Así mismo, sustituir parcialmente con otros ingredientes que sean ricos en los AAE limitantes, a la harina de pescado en alimentos para *M. tenellum*, permitirá tener alimentos de menor costo e igualmente eficientes. Ya que en general, la proteína es el nutrimento más crítico en los alimentos, tanto desde el punto de vista de costo, como de la respuesta de crecimiento de los organismos, se deben buscar las mejores formulaciones que permitan un alimento integral para los organismos en cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los integrantes del Laboratorio de Acuicultura Experimental del Centro Universitario de la Costa-UdeG y al laboratorio de análisis químico proximal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por su apoyo a la presente investigación. Se agradece a la Q. Amparo Nieblas Almada (CIAD,

A.C.) su paciencia y pericia técnica en el análisis de las muestras.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, J.S.; GARCÍA, T.; VILLARREAL, H.; GALINDO, J.; FRAGA, I.; PELEGRIN, E. 2004 Alternativas para obtener alimentos más eficientes en el engorde semiintensivo del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. In: AVANCES EN NUTRICIÓN ACUÍCOLA VII. MEMORIAS DEL VII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA. Hermosillo, Sonora, México. p.721-746.
- BEHANAN, L. y MATHEW, S. 2004 Nucleic acid and protein concentrations in the muscle of *Macrobrachium rosenbergii* juveniles at different periods of growth. *Asian Fisheries Science*, 17: 111-119.
- BLOCK, R.J. y MITCHELL, H.H. 1946 The correlations of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutrition Abstracts and Reviews*, 16: 249-278.
- CIVERA, R.; GOYTORTÚA, E.; ROCHA, S.; NOLASCO, H.; VEGA-VILLASANTE, F.; BALART, E.; AMADOR, E.; PONCE, G.; COLADO, G.; LUCERO, J.; RODRÍGUEZ, C.; SOLANO, J.; FLORES-TOM, A.; MONROY, J.; CORAL, G. 2000 Uso de la langostilla roja *Pleuroncodes planipes* en la nutrición de organismos acuáticos. In: AVANCES EN NUTRICIÓN ACUÍCOLA IV. MEMORIAS DEL IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA. La Paz, B.C.S., México. p.349-365.
- CRUZ-SUÁREZ, L.E.; RICQUE-MARIE, D.; NIETO-LÓPEZ, M.; TAPÍA-SALAZAR, M. 2000 Revisión sobre calidad de harinas y aceites de pescado para la nutrición del camarón. In: AVANCES EN NUTRICIÓN ACUÍCOLA IV. MEMORIAS DEL IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA. La Paz, B.C.S., México. p.298-326.
- ESPINOSA-CHAURAND, L.D.; VARGAS-CEBALLOS, M.; GUZMÁN-ARROYO, M.; NOLASCO-SORIA, H.; CARRILLO-FARNÉS, O.; CHONG-CARRILLO, O.; VEGA-

- VILLASANTE, F. 2011 Biología y cultivo de *Macrobrachium tenellum*: Estado del arte. *Hidrobiológica*, 21(2): 99-117.
- ESPINOSA-CHAURAND, L.D.; FLORES-ZEPEDA, C.; NOLASCO-SORIA, H.; CARRILLO-FARNÉS, O.; VEGA-VILLASANTE, F. 2012 Efecto del nivel proteico de la dieta sobre el desarrollo de juveniles de *Macrobrachium tenellum*. *Revista MVZ Córdoba*, 17(3): 3140-3146.
- FIGUEIREDO, G.R.; OLIVEIRA CAVALHEIRO, J.M.; SIMÃO DE SOUZA, P.A. 2007 Caracterização química e perfil aminoácídico da farinha de silagem de cabeça de camarão. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(3): 793-797.
- FRAGA, I.; GALINDO, J.; JAIME, B. 2010 Evaluación de niveles de inclusión de harina de cangrejo rojo de tierra (*Gecarcinus ruricola*) en la dieta de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. *Revista de Investigaciones Marinas*, 31(1): 53-60.
- FRAGA-CASTRO, I. y JAIME-CEBALLOS, B. 2011 Efecto de ensilados de pescado hígado de tiburón en el crecimiento de *Litopenaeus schmitti*, en sustitución de la harina y el aceite de pescado. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(11): 1-15.
- GALINDO, L.J.; FRAGA, C.I.; FORRELLAT, B.A.; PELEGRÍN, M.E.; CRUZ, Q.Y.; ÁLVAREZ, C.S.; ROJAS, M.G. 2009 Evaluación de diferentes relaciones de proteína animal y vegetal en la dieta de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 26(1): 1-8.
- GALLARDO N.; FORRELLAT, A.; GONZÁLEZ, R.; CARRILLO, O. 1989 Una aproximación a los requerimientos de AAE de *Penaeus schmitti*. *Revista de Investigaciones Marinas*, 10(3): 259-263.
- GOODYEAR, R.; MARTÍNEZ, V.; DEL ROSARIO, J.B. 1976 *Moluscos y crustáceos decápodos del Río Chiriquí (1976)*. Universidad de Panamá. In: BIOTA DE PANAMÁ. Disponible en: <<http://biota.wordpress.com/2008/04/25/moluscos-y-crustaceos-decapodos-del-rio-chiriqui/>> Acceso en: 20 nov 2012.
- GUZMÁN ARROYO, M. 1987 *Biología, ecología y pesca del langostino Macrobrachium tenellum (Smith, 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México*. D.F., México. 319p. (Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Autónoma Nacional de México). Disponible en: Biblioteca de la Universidad Autónoma Nacional de México, Distrito Federal, México.
- JAIME-CEBALLOS, B.J. 2006 *Evaluación de la harina de Spirulina platensis como alimento y aditivo para la producción de postlarvas de camarón blanco Litopenaeus schmitti (Pérez-Farfante y Kensley, 1997)*. Baja California Sur, México. 160 p. (Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.). Disponible en: Biblioteca del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., La Paz, Baja California Sur, México.
- JAYACHANDRAN, K.V. 2001 *Palaemonid Prawns: Biodiversity, taxonomy, biology and management*. Enfield NH, USA: Science Publishers Inc. Enfield, NH, USA. 192p.
- LÓPEZ-CERVANTES, J.; SÁNCHEZ-MACHADO, D.I.; ROSAS-RODRÍGUEZ, J.A. 2006 Analysis of free amino acids in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1105(2006): 106-110.
- NEW, M.B. 1988 *Freshwater Prawns: Status of global aquaculture*. 1987. NACA Technical Manual No. 6. A World Food Day Publication of the Network of Aquaculture Centers in Asia. Bangkok, Thailand. 58p.
- ROMÁN-CONTRERAS, R. 1991 Ecología de *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae) en la laguna Coyuca, Guerrero, Pacífico de México. *Anales del Instituto de ciencias del Mar y Limnología*, 18(1): 87-96.
- ROUSTAIAN, P.; SALLEH, K.M.; BIN, O.H.; ROOS S.C.; HAJI, A.M. 2000 Amino acid composition of developing larval freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of World Aquaculture Society*, 31(1): 130-136.
- SOTO-VELAZCO, C.; SERRATOS, J.C.; RUÍZ, M.; GARCÍA, P. 2005 Análisis proximal y de aminoácidos de los residuos de cosecha del hongo *Pleurotus* spp. *Revista Mexicana de Micología*, 21: 49-53.
- SUÁREZ, L.M.M.; KIZLANSKY, A.; LÓPEZ, L.B. 2006 Evaluación de la calidad de las proteínas en

- los alimentos calculando el escore de aminoácidos corregidos por digestibilidad. *Nutrición Hospitalaria*, 21(1): 47-51.
- TERRAZAS, A.; CIVERA, R.; IBARRA, L.; GOYTORTÚA, E. 2010 Coeficientes de utilización digestiva aparente de materia seca, proteína y aminoácidos esenciales de ingredientes terrestres para el camarón del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae). *Revista de Biología Tropical*, 58(4): 1561-1576.
- USDA. 2012 *National Nutrient Database for Standard Reference*. Release 24. Agricultural Research Service. National Agricultural Library. Disponible en: <<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/list>> Acceso en: 12 Oct. 2012.
- VÁZQUEZ-ORTIZ, F.A.; CAIRE, G.; HIGUERA-CIAPARA, I.; HERNÁNDEZ, G. 1995 High performance liquid chromatographic determination of free amino acids in shrimp. *Journal of Liquid Chromatography*, 18(19): 2059-2068.
- VEGA-VILLASANTE, F. y CHONG CARRILLO, O. 2006 *El Dicamaron, Diccionario de camaronicultura*. 2ª ed. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara. 123p.
- VEGA-VILLASANTE, F.; NOLASCO, H.; FALLARERO, A.; CARRILLO-FARNES, O. 2002 Biochemical characterization of crude extract from *Pleuroncodes planipes* (Crustacea: Galatbeidae) as potencial feed additive, considerations for a new fishery along the Mexico Pacific coast. *Hidrobiológica*, 12(2): 119-128.
- VEGA-VILLASANTE, F.; ESPINOSA-CHAURAND, L.D.; YAMASAKI GRANADOS, S.; CORTÉS JACINTO, E.; GARCÍA GUERRERO, M.; CUPUL MAGAÑA, A.L.; NOLASCO SORIA, H.; GUZMÁN-ARROYO, M. 2011 *Acuicultura del langostino Macrobrachium tenellum - Engorda de estanques semirrústicos*. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara. México. 87p.
- YAMASAKI-GRANADOS, S. 2012 *Desarrollo larvario y biología de la muda del langostino Macrobrachium spp. (Decapoda: Palaemonidae)*. Jalisco, México. 169p. (Tesis de Doctorado en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas. Universidad de Guadalajara). Disponible en: <<https://guadalajara.academia.edu/FernandoVegaVillasante/TESIS-POSGRADO>>
- ZHUANG, P.; SONG, C.; ZHANG, L.Z. 2008 Comparison of nutritive components of *Exopalaemon annandalei* and *Macrobrachium nipponensis* collected from the Yangtze Estuary. *Acta Zoologica Sinica*, 54(5): 822-829.