



Extracción, caracterización parcial y evaluación de la digestibilidad *in vitro* de la proteína asociada al exoesqueleto del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

Extraction, partial characterization and evaluation of *in vitro* digestibility of the protein associated with the exoskeleton of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Osuna-Lizárraga, A.E., Escobedo-Lozano, A.Y.*, Méndez Gómez, E.,
Vázquez-Olivares, A.E., Martínez-Sánchez, H.F.

Instituto Tecnológico de Mazatlán, Departamento de Ingeniería Química y
Bioquímica, Corsario 1 No.203., Colonia Urías, C.P. 82070, Mazatlán, Sinaloa., México.

RESUMEN

La necesidad de obtener nuevas fuentes alimentarias que satisfagan los requerimientos humanos, obliga el estudio de suministros alternos, por ello, se investigó la calidad y evaluación *in vitro* de la digestibilidad de las fracciones proteicas obtenidas como subproducto del procesado del exoesqueleto de camarón *Litopenaeus vannamei*. Los exoesqueletos fueron lavados, secados, molidos, sometidos a una hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina, las proteínas liberadas fueron precipitadas y caracterizadas. De 1 kg de caparazón, se obtuvieron 496 g de exoesqueleto desmineralizado y de estos, 376 g correspondieron a quitina y 120 g a proteínas, el contenido de proteína total fue de 33.80 ± 0.34 %. Las fracciones proteicas digeribles fueron 26.7 g y 92.1 g fueron proteínas insolubles. De estas últimas la mayor proporción fue del tipo escleroproteínas. El análisis de perfil de aminoácidos indicó que en las proteínas recuperadas se encontraron presentes nueve de los diez aminoácidos esenciales, siendo el de mayor proporción la Leucina. La digestibilidad *in vitro* de las proteínas fue del 83.7 %, por lo que la recuperación de proteínas asimilables del exoesqueleto de camarón pueden ser de utilidad en la alimentación.

PALABRAS CLAVE

Proteínas, exoesqueleto, camarón, digestibilidad, alimento.

ABSTRACT

The need of new food sources to satisfy human requirements forces researchers to study any possible alternative supplies. Therefore this study aimed to explore the quality and digestibility evaluation of the protein fractions obtained as a by-product of processing the shrimp exoskeleton *Litopenaeus vannamei*. Shrimp exoskeletons were washed, they were dried, minced and they were brought under acid hydrolysis and alkaline hydrolysis; released proteins were then precipitated and characterized. 496 g of demineralized exoskeleton were obtained from 1 kg of shrimp shell; out of these, 376 g corresponded to chitin and 120 g corresponded to protein. Total protein content was 33.80 ± 0.34 %. The digestible protein fractions were 26.7 g and 92.1 g were insoluble proteins. Of this latter fraction, the largest proportion belonged to the scleroprotein type. The amino acid profile analysis from the recovered proteins indicated that there were present nine amino acids out of the ten essential ones, being leucine the one with the highest proportion. *In vitro* digestibility was shown to be up to an 83.7 %. Therefore, it was possible to conclude that the recovery of digestible proteins from shrimp exoskeleton may be useful in diet formulation.

KEY WORDS

Proteins, exoskeleton, shrimp, digestibility, food.

Información del artículo

Recibido: 22 de mayo de 2013.

Aceptado: 14 de agosto de 2013.

*Autor responsable:

Escobedo-Lozano, A.Y. Instituto Tecnológico de Mazatlán, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Corsario 1 No. 203, Colonia Urías, C.P. 82070, Mazatlán Sinaloa, México. Tel. +52(669) 101 3219. Correo electrónico: amadayerene@yahoo.com.mx

Introducción

México, es uno de los grandes exportadores de recursos pesqueros, destacando la comercialización de camarón a nivel mundial. Durante el año 2010 la producción de camarón en la República Mexicana fue de 167,015 toneladas, de las cuales 27,885 correspondieron al litoral del Golfo de México y el Caribe, y 139,131 para el litoral del Pacífico. En las costas del Pacífico mexicano, tiene lugar la captura comercial de tres de las principales especies de crustáceos marinos: el camarón café (*Penaeus californiensis*), camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y camarón azul (*Penaeus stylirostris*), donde se destaca Sinaloa por ser el estado con mayor producción camarónica con 59,498 toneladas, de las cuales 39,605 pertenecen a la producción de camarón de cultivo de la especie *L. vannamei* (CONAPESCA, 2011).

Actualmente, la única parte del camarón que es aprovechada en la industria alimentaria, es el músculo, desperdiciando el exoesqueleto y la cabeza, generando con ello una gran cantidad de residuos biológicos, sólidos y lixiviados que contaminan el ambiente terrestre y acuático (Beraud, 1997). Los residuos de crustáceos se estiman en el 40 % del peso del producto, de los cuales del 15-20 % corresponden únicamente al exoesqueleto. En la matriz del exoesqueleto están asociadas numerosas moléculas de gran interés; tales como proteínas, sales de magnesio, carbonatos de calcio y fosfatos, quitina, lípidos y pigmentos carotenoides (Beaney *et al.*, 2005).

La proteína que se encuentra presente en el exoesqueleto de camarón representa de 17-42 % de la materia orgánica de los caparazones (Beaney *et al.*, 2005 y Pastor, 2004), es por ello, que se han realizado varios estudios cuya finalidad ha sido la recuperación de proteínas, su caracterización y su digestibilidad; tal como lo realizaron Bertsch *et al.*, (2010), quienes obtuvieron un hidrolizado proteico proveniente de desechos de camarón; sin embargo, este método es deficiente en cuanto a la extracción de quitina (subproducto del camarón de mayor interés), además de ser un proceso tardío; no obstante en otros países utilizan el método químico, que es más rápido y se obtiene mayor cantidad de quitina. En México, no se emplea y es por ello la importancia de implementar este método para la obtención de la proteína ya que a nivel industrial el tiempo es uno de los factores de mayor importancia. También, en México, no se han encontrado estudios en los que se aborden la

recuperación de las proteínas de desechos de camarón de una especie en particular, por lo que en esta investigación se planteó el recuperar la proteína de la especie *L. vannamei*, siendo este un factor de importancia para contribuir con el impacto ambiental que este desecho genera en el medio.

El objetivo de este estudio fue recuperar las proteínas presentes en el exoesqueleto de camarón blanco cultivado (*L. vannamei*), y evaluar la calidad de la misma en base a su digestibilidad *in vitro* y perfil de aminoácidos, para comprobar su posible uso en formulaciones alimenticias.

Materiales y Métodos

Recuperación de proteína

En la recuperación de proteína se emplearon desechos de exoesqueleto de camarón blanco cultivado (*L. vannamei*) recolectados de una empresa congeladora de mariscos en el municipio de Mazatlán, Sinaloa, México. Después de la recolección, el exoesqueleto fue lavado y secado por exposición solar empleando bolsas de tela para evitar la contaminación por organismos extraños. Una vez que el exoesqueleto de camarón se encontró completamente seco se procedió a su trituración empleando una licuadora con una velocidad de 3,500 rpm, la trituración se efectuó hasta obtener un molido fino. La primera etapa para la recuperación de proteína fue la desmineralización, en la cual se puso a reaccionar el exoesqueleto de camarón con HCl en una concentración de 2.1 M por 3 h a una temperatura de 37 °C, después de esta etapa se llevaron a cabo lavados del producto con agua destilada hasta que este se encontró en un pH neutro (Figura 1).

La segunda etapa consistió en una reacción de desproteínización, el producto (cáscara desmineralizada) que se obtuvo de la reacción anterior se mezcló con solución alcalina (NaOH 2N), durante 2.5 h a una temperatura constante de 50-60 °C, transcurriendo este tiempo, se volvieron a realizar lavados del producto con agua destilada hasta un pH neutro, obteniéndose por un lado quitina y por el otro una mezcla acuosa de proteínas y otros residuos solubles, la cual se almacena en frascos de 2 litros hasta alcanzar la temperatura ambiente. Posteriormente para separar las proteínas se realizó una precipitación con HCl 2.1 M, ya precipitada la pro-

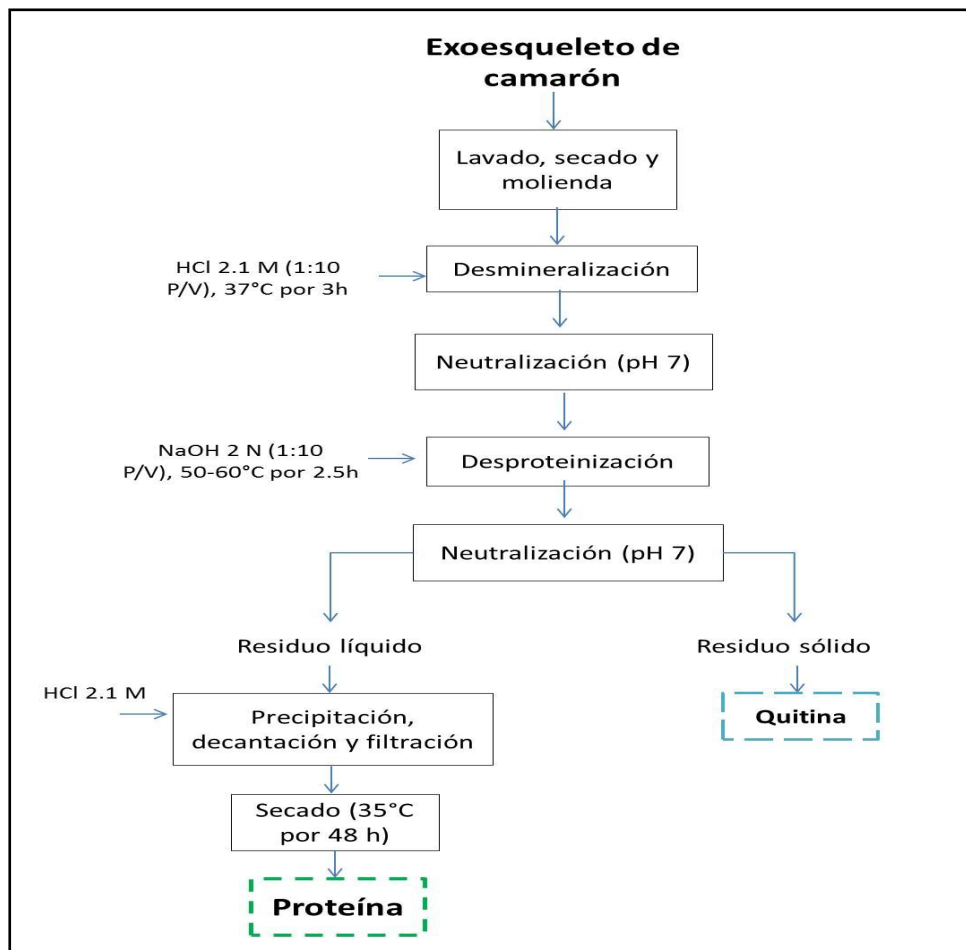


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso para la recuperación de proteína por método químico.

teína, se decantó, filtró y secó empleando un horno de secado a 35°C durante 48 h y por último se realizó su pesaje en una balanza analítica.

Prueba cualitativa de la proteína

La prueba con la cual se indicó la presencia de proteína en la muestra fue la reacción Xantoproteica. Para llevar a cabo esta prueba se tomó 1g de la proteína obtenida (por triplicado) y se le añadió unas gotas de HNO₃ concentrado, posteriormente fue calentado hasta que desprendiera humo, si éste era de color amarillo, se confirmaba la presencia de proteína y por consiguiente la presencia de aminoácidos esenciales tales como triptófano, tirosina y fenilalanina (Debajyoti, 2005).

Cuantificación del contenido de proteína

Para determinar el contenido de proteína presente en la muestra recuperada se empleó el método de micro Kjeldahl descrito por Woyewoda *et al.*, (1986). Para el cálculo del contenido de proteína cruda (PC) se empleó la siguiente ecuación:

$$PC = \frac{(\text{Gasto HCl} - \text{Gasto Blanco}) * NHCl * 14.007 * 100 * 6.25}{\text{Peso de la muestra (g)} * 1000}$$

Contenido de cenizas

El porcentaje de cenizas en la muestra de proteína fue determinado en base a la Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978, que establece el procedimiento para

determinar el contenido de cenizas en alimentos. El procedimiento consistió en colocar en un crisol 3 g de muestra de proteína (por triplicado), posteriormente la muestra fue quemada hasta que no desprendiera humo, se llevaron los crisoles a la mufla y se efectuó su calcinación por 6 horas, para determinar el contenido de cenizas se empleó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P_{\text{crisol con cenizas}} - P_{\text{crisol sin cenizas}})}{\text{Masa de la muestra (g)}}$$

Fracciones de proteína

De la muestra de proteína recuperada se tomaron 10 g de alícuota y se realizó la metodología propuesta por Hashimoto *et al.*, (1979) en la cual se obtienen cinco fracciones distintas, (Figura 2): 1) Compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), 2) Proteínas Sarcoplásmicas (PS), 3) Proteínas miofibrilares (PMF),

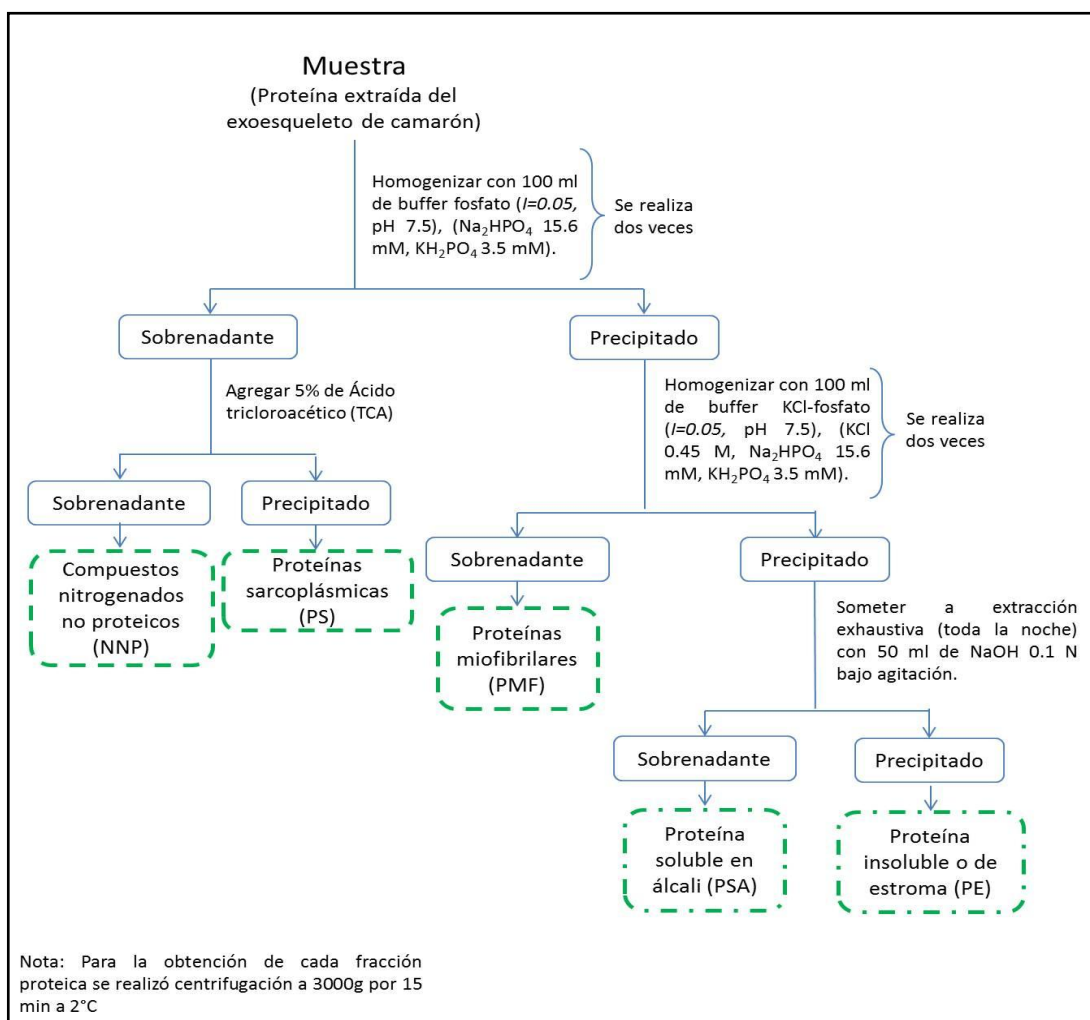


Figura 2. Esquema de fraccionamiento de proteínas de acuerdo con la Técnica de Hashimoto *et al.*, (1979).

4) Proteínas solubles en álcali (PSA) y 5) Proteínas de estroma (PE); a cada una de estas fracciones se les determinó el contenido de proteína empleando método de micro Kjeldahl propuesto por Woyewoda *et al.*, (1986).

Determinación del perfil de aminoácidos

El análisis de perfil de aminoácidos de la proteína recuperada como subproducto durante el pro-

ceso de extracción de quitina, se realizó en el laboratorio de análisis instrumental del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. de Hermosillo, Sonora. Los aminoácidos fueron determinados por cromatografía líquida (HPLC), de acuerdo a la técnica *High Performance Liquid Chromatographic Determination of Free Amino Acids in Shrimp* descrita por Vázquez et al., (1995).

Preparación de la muestra: 1 g de la proteína recuperada previamente desgrasada se le adicionó 2 mL de ácido tricloroacético (TCA), se homogeneizaron con ayuda de un Ultraturax (IKA, T18) a 22,000 rpm durante 5 minutos. Los extractos fueron centrifugados y separados para su análisis.

Preparación de las muestras para derivatización: Los sobrenadantes y una solución estándar de aminoácidos fueron diluidos con una solución amortiguadora 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 el EI se le adicionaron 0.5 mL de una solución de o-ftalaldehído (OPA), se homogeneizaron en vortex. La separación e identificación de los aminoácidos de las muestras se llevó a cabo mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), utilizando un cromatógrafo modelo Varian 5000 con detector de fluorescencia equipado con una columna de 10 cm X 4.6 mm de diámetro interno (DI) C-18 de fase de reversa conectada a una precolumna de 3 cm X 4.6 mm DI.

Digestibilidad *In vitro*

El ensayo de digestibilidad *in vitro* se realizó por triplicado para cada una de las fracciones proteicas obtenidas, en base a lo señalado en la norma mexicana NMX-Y-085-SCFI-2006; este ensayo consistió en tratar las fracciones proteicas previamente desgrasadas, con una solución al 0.2 % (pepsina pura (1:10000) disuelta en agua acidulada), posteriormente, se realizó una digestión con dichas muestras a una temperatura de 45 °C, empleando agitación constante durante 16 h, una vez realizada la digestión, las muestras fueron filtradas y desecadas hasta obtener un residuo sólido. Posteriormente el porcentaje de digestibilidad fue medido indirectamente empleando el método de micro Kjeldahl (Woyewoda et al., 1986). Para determinar el porcentaje de digestibilidad se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Digestion de proteína} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Resultados y Discusión

Recuperación de la proteína

Los resultados indicaron que por kilogramo de exoesqueleto de camarón procesado, se obtuvieron 496 g de exoesqueleto desmineralizado, éstos pasaron a una hidrólisis alcalina de la cual se logró obtener 376 g de quitina y 120 g de proteína seca. La prueba cualitativa de proteína confirmó la presencia de proteína en la muestra; por lo tanto, de acuerdo a ésta técnica, la proteína recuperada contiene los aminoácidos esenciales triptófano, tirosina y/o fenilalanina de interés en formulaciones alimenticias (Zambrano, 2008).

El rendimiento de proteína y cenizas fue de 2.4 g 100 mL⁻¹ de residuo desproteinizado y 13.42 % de material inorgánico respectivamente, estos resultados son similares a lo reportado por otros autores (Benavente et al., 2009 y Bertsch et al., 2010). La cuantificación de proteína por el método de micro Kjeldahl reportó un porcentaje de 18.53 ± 0.18, y el porcentaje de nitrógeno ligado a la quitina fue de 2.35 ± 0.01, obteniendo finalmente el porcentaje de proteína total de 33.80 ± 0.34. El resultado de contenido de nitrógeno fue menor en comparación con los porcentajes de nitrógeno reportados por Synowiecki et al., (2000) y por López et al., (2010), lo cual se atribuye al proceso químico empleado para la recuperación de proteína, ya que este presenta una mayor eficiencia al momento de aislar la proteína de la matriz quitina-proteína, con respecto a los procesos utilizados para la recuperación de ésta mediante hidrolizados proteicos (Tabla 1).

Caracterización parcial de la proteína.

a) pH. El aislamiento de la proteína se logró con la hidrólisis alcalina del exoesqueleto de camarón blanco (*L. vannamei*), dicha proteína fue precipitada a un pH de 4, el cual resultó ser igual al reportado por Benavente et al., (2009); y muy similar a Gomes et al., (2005), quienes también emplearon un método químico para la obtención de proteína, indicando que el punto isoeléctrico alcanzado en la precipitación de la misma fue de 4.5.

b) Solubilidad de la proteína. Se obtuvieron cinco fracciones proteicas a las cuales se les determinó el por-

Tabla 1.
Porcentaje de proteína bruta; nitrógeno no proteico y proteína verdadera en diferentes muestras de crustáceos.

Estudios	% Proteína	% Nitrógeno en la quitina	% Proteína total
Presente estudio	18.53 ± 0.18	2.35 ± 0.01	33.80 ± 0.34
Synowiecki <i>et al.</i> , 2000.	33.71 ± 0.1	6.58 ± 0.05	33.71 ± 0.1
López <i>et al.</i> , 2010.	42.34 ± 0.03	18.12 ± 0.15	31.62 ± 0.2

centaje final de proteína, con el propósito de conocer si hubo pérdidas durante la ejecución de la técnica, el porcentaje inicial de proteína en la muestra era del 18 %, una vez realizado el fraccionamiento, dicho porcentaje disminuyó un 7.96%, dejando un contenido proteico final del 10.04 %. Este porcentaje final fue tomado como base del 100 %, para representar los resultados en porcentaje de distribución; por lo tanto, los resultados obtenidos para cada fracción de proteína quedó de la siguiente manera: 1.1 % para la fracción de compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), 10.3 % (12.36 g de proteína) para proteínas sarcoplásmicas (PS), 0.5 % (0.6 g de proteína) para proteínas miofibrilares (PMF), 11.5 % (13.8 g de proteína) para las proteínas solubles en álcali (PSA), y 76.73 % (92.08 g de proteína) para proteínas estromáticas (PE).

Las proteínas estromáticas (92.08 g) se encontraron presentes en mayor cantidad puesto que engloban a las proteínas del sarcolema, del retículo sarcoplasmático, membranas mitocondriales así como también, a las proteínas del tejido conjuntivo, Las principales proteínas del estroma en el exoesqueleto de camarón son artropodina, esclerotina y resilina, las cuales están consideradas dentro del grupo de las escleroproteínas o proteínas fibrosas, grupo al cual también pertenece el colágeno, la elastina, la queratina y la fibrina (Moret y Moreau, 2012). La artropodina es una proteína hidrosoluble, que en el exoesqueleto de los artrópodos se encuentra asociada con micro fibrillas y quitina, durante la formación de la exocutícula de los crustáceos, las moléculas de la artropodina se unen por puentes de ortoquinonas y de esta manera forman esclerotina, las cuales derivan del aminoácido L-tirosina (Dale, 2004). En cuanto a la esclerotina, es una proteína de gran dureza la cual le confiere el soporte mecánico a la cutícula de los organismos artrópodos tal como la resistencia e imper-

meabilidad al agua debido a su asociación con la quitina (Andersen, 2010), por otra parte la resilina es una proteína elástica que se encuentra en regiones especializadas de la cutícula de los artrópodos, y muestran una resistencia única como la elastina (Burrows *et al.*, 2008). Debido a que estas proteínas poseen características y funciones similares al colágeno, fibrina, queratina y elastina pueden estudiarse con mayor profundidad para descubrir su utilidad cosmetológica, alimenticia y farmacéutica, generando así un valor agregado a los subproductos del camarón.

Posteriormente en menor cantidad (26.76 g) le siguieron las fracciones proteicas PS, PMF y PSA. Esta cantidad de proteínas miofibrilares era la esperada en esta investigación, ya que son proteínas ligadas específicamente al músculo, residuo cárnico que no fue removido durante el lavado del exoesqueleto de camarón blanco *L. vannamei* (De Dios, 2002).

c) Perfil de Aminoácidos. El valor nutritivo de un alimento se relaciona con el contenido de proteínas que se aportan al organismo, y estas a su vez se ven influenciadas por el contenido de aminoácidos esenciales y su composición, aunque también se debe considerar la digestibilidad y biodisponibilidad de los aminoácidos aportados desde cada fuente, es decir la forma en que el organismo utiliza y aprovecha las proteínas suministradas desde la dieta (Hoffman y Falvo, 2004; Manore y Thompson, 2000).

En la tabla 2 se muestran el análisis de perfil de aminoácidos en la muestra de proteína recuperada de los desechos de camarón, donde se puede observar que el contenido total de aminoácidos fue de 87.036 mg g⁻¹ de proteína empleada; el aminoácido presente en mayor cantidad fue Ácido glutámico con un 16.7 %. El total de aminoácidos esenciales fue de 47.788 mg g⁻¹ de proteína, se puede observar que el aminoácido esencial presente en mayor cantidad fue leucina

Tabla 2.
Perfil de aminoácidos de muestra de proteína e hidrolizados proteicos de desechos de camarón (mg aminoácido g⁻¹ de proteína).

Aminoácidos (AA)	Presente estudio	Bueno et al., 2009	López et al., 2010	Synowiecki et al., 2000
ASP	9.933	14.8	38	11.00
GLU	14.551	26.9	39	12.40
SER	1.856	10.8	16	5.09
HIS *	1.391	7.8	9	5.01
GLI	2.098	24.9	28	4.32
TRE *	7.809	11.2	14	5.19
ARG *	2.079	7.0	18	4.94
ALA	8.264	34.1	30	5.21
TIR	2.546	24	70	5.18
MET *	3.440	2.6	4	2.99
VAL *	7.399	17.0	20	5.89
FEL *	7.140	13.6	39	4.93
ISL *	6.116	12.2	15	
LEU *	8.544	16.2	23	13.20
LIS *	3.870	ND	13	6.60
PRO	ND	14.6	8	4.68
TRP *	ND	ND	ND	1.20
Σ AA	87.036	237.7	394	97.83
Σ AA Esenciales	47.788	111.6	207	49.95

*Aminoácidos esenciales; ND=No Determinado

con un 9.8 %, mientras que el AA limitante fue histidina con un 1.6 %, mientras que para otros estudios (Bueno *et al.*, 2009 y López *et al.*, 2010) fue metionina y para Synowiecki *et al.*, (2000) fue el Triptófano.

Continuando con el perfil de aminoácidos, se encontró la presencia de nueve de los diez aminoácidos esenciales para el ser humano, siendo Leucina y Treonina los que se encontraron en una mayor proporción, en comparación con los estudios realizados por Bueno *et al.*, (2009), López *et al.*, (2010) y Synowiecki *et al.*, (2000) quienes obtuvieron los aminoácidos esenciales Valina y Leucina; Fenilalanina y Leucina; Lisina y Leucina, respectivamente. Se puede observar que el común denominador entre estos cuatro estudios fue la presencia del aminoácido Leucina, el cual es importante debido a que participa en la formación de esteroides los cuales cumplen funciones reguladoras, estructurales y hormonales dentro del hígado, tejido adiposo y en el tejido muscular en el ser humano.

En los organismos acuáticos los aminoácidos metionina, lisina y arginina son los considerados como más importantes en su dieta, pues son los que influyen en la productividad y el crecimiento de estos, para el caso específico de la tilapia *Oreochromis* sp los valores de lisina, metionina y arginina necesarios son 1.6%, 0.9% y 1.3% respectivamente (Valdez, 2009), en este estudio se cumple con estas cantidades de aminoácido para el desarrollo de esta especie, por lo que se estima que es una proteína completa.

Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad *in vitro* de las diferentes fracciones de proteína fue evaluada obteniendo como resultado un porcentaje total de 83.76 % de digestibilidad (Tabla 3). Este porcentaje es menor a los reportados por Gomes *et al.*, (2005), Valdez (2009) y Bertsch *et al.*, (2010) quienes señalan digestibilidad *in vitro* de un 98.37 %, 92.22 % y del 94 % respectivamente. La

Tabla 3.
Porcentajes de digestibilidad *in vitro*
de las fracciones de proteína

Fracción de Proteína	% Total de Digestibilidad.
Presente Estudio	83.76
Gomes <i>et al.</i> , 2005.	98.37
Bertsch <i>et al.</i> , 2010.	94
Valdez, 2009.	92.22

digestibilidad *in vitro* de la proteína de los desechos de camarón se ve entonces, determinada por la fracción del desecho que se emplea, pues en estos estudios fueron empleados vísceras de cabeza y exoesqueleto; así como también otros ingredientes como harina de pescado, de trigo, pasta de soya, entre otros, con los cuales se prepararon formulaciones dietéticas que pudieron proporcionar una mayor cantidad de proteínas a los organismos. y de esta manera aumentar su digestibilidad.

Conclusiones

Para la especie de camarón blanco cultivado *L. vannamei* se obtuvo un contenido de proteína total de 33.80 ± 0.34 %, que fue satisfactorio mediante este proceso químico empleado, ya que el contenido de nitrógeno no proteico (2.35 %) demostró su mínima cantidad ligada al exoesqueleto de camarón.

Las fracciones proteicas fueron: NNP, PS, PMF, PSA y PE, de las cuales esta última presentó un 76.73 % de la proteína total, indicando la presencia de las proteínas artropodina, esclerotina y resilina, las cuales pertenecen al grupo en las que se encuentran el colágeno, la fibrina, elastina y quera-

tina, pueden estudiarse a fondo, para descubrir su utilidad cosmetológica, alimenticia y farmacéutica, generando así un valor agregado a los subproductos del camarón.

El análisis de perfil de aminoácidos indicó que se encuentran presentes nueve de los diez aminoácidos que se identifican como esenciales tanto para el ser humano como para organismos acuáticos, siendo la Leucina el aminoácido esencial que se encontró en mayor porcentaje. La digestibilidad *in vitro* de la proteína fue de 83.76 %, con lo cual se concluye que la proteína recuperada es de calidad, debido a su porcentaje de digestibilidad significativamente alto, así como también; por su alto contenido de aminoácidos esenciales.

Agradecimientos

Esta investigación agradece a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica por ser el organismo gestor de la Beca que hizo posible los estudios de maestría. Al Instituto Tecnológico de Mazatlán y a la Universidad Politécnica de Sinaloa por ser las instituciones que brindaron apoyo para el desarrollo de esta investigación, así como a todas y cada una de las personas involucradas en la redacción de este manuscrito.

Literatura citada

- Andersen, S.O. 2010. Insect cuticular sclerotization. *Journal Insect Biochemistry and Molecular Biology* 40: 166-178.
- Beaney, P., Lizardi, M.J. y Healy, M. 2005. Comparison of chitins produced by chemical and bioprocessing methods. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 80: 145-150.
- Benavente, M., Escorcia, D., Hernández, D. y Sánchez, M. 2009. Diseño y montaje de una planta piloto para la extracción de quitina y proteínas. *Nexo Revista Científica* 22: 45-55.
- Beraud, J.L. 1997. Interacciones sociedad-naturaleza en Mazatlán, *Revista Sinaloa. Región y Sociedad* 8: 99-123.
- Bertsch, A., Díaz, I. y Coello, N. 2010. Optimization of shrimp waste fermentation by *Kocuriarosea* to obtain a protein hydrolysate. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de Universidad de Zulia* 33: 130-137.

- Bueno, S.C., López, C.J., Campas, B.O., Lauterio, G.R., Adán, B.N. *et al.* 2009. Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by products. *Journal Food Chemistry* 112: 671-675.
- Burrows, M., Shaw, S.R. y Sutton, G.P. 2008. Resilin and chitinous cuticle form a composite structure for energy storage in jumping by frog hopper insects. *BMC Biology* 6: 41.
- CONAPESCA. Anuario estadístico de acuicultura y pesca [Monografía en internet]. México: Comisión nacional de acuicultura y pesca, 2011. 14-285 pp. En: www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2012, última consulta: 15 de octubre de 2012.
- Dale, W.E. Anatomía fisiología Insectos. [monografía de internet]. Peru, 2004. En: http://www.lamolina.edu.pe/profesores/wdale/anat_fisio_insect/2/ANATOM%C3%8DA%20FISIOLOG%C3%8DA%20INSECTOS.%20GENERALIDADES.%20%20VERSI%C3%93N%2001.TO1.%20WILLIAM%20E.%20DALE%20PHD.pdf, última consulta: 9 de diciembre de 2012.
- De Dios, N.C. 2002. Extracción de pigmentos de residuos de cangrejo azul (*Canallectes sapidus*) fermentados y no fermentados. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- Debajyoti, D. 2005. Biochemistry. Publisher, Academic Publishers, Length, 634 pp.
- Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 3 de noviembre de 1978.
- Norma Mexicana NMX-Y-085-SFCI-2006. Alimentos para animales-Determinación de la digestibilidad de proteínas de origen animal-Método de prueba. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 21 de febrero del 2006.
- Gomes, C.P., Fontana, A. y Prentice, C. 2005. Obtención y caracterización de un aislado proteico proveniente de la matriz de exoesqueletos de camarón rosado (*Farfantepenaeus paulensis*). *Revista Alimentaria* 82-89.
- Hashimoto, K., Watabe, S. y Kono, M. 1979. Muscle Protein Composition of Sardine and Mackerel. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. Nippon Suisan Gakkaishi* 4: 1435-41.
- Hoffman, J.R. y Falvo, M.J. 2004. Protein-Which is the best? *Journal Sports Science and Medicine* 3: 118-130.
- López, C.J., Adán, B.N. y Sánchez, M.D. 2010. Separation and biochemical characterization of the products from fermented shrimp wastes. *Transworld Research Network* 37: 1-16.
- Manore, M. y Thompson, J. 2000. Sport Nutrition for health and performance. *Human Kinetics* 514 pp.
- Moret, Y. y Moreau, J. 2012. The immune role of the arthropod exoskeleton. *Invertebrate Survival Journal* 9: 200-206.
- Pastor, A.A. 2004. Quitina y Quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones. Proyecto CYTED IV. 14: Obtención de quitina y quitosano a partir de desechos de crustáceos. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. 29: 312 pp.
- Synowiecki, J. y Al-Khateeb, N.A. 2000. The recovery of protein hydrolysate during enzymatic isolation of chitin from shrimp *Crangon crangon* processing discards. *Food Chemistry* 68: 147-152.
- Valdez, G.F. 2009. Digestibilidad de harina de cabeza de camarón libre de quitina y afrecho de maíz, en dietas para tilapia roja *Oreochromis ssp.* Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Sinaloa, México.
- Vazquez, O.A., Caire, G., Higuera, C.I. y Hernandez, G. 1995. High performance liquid chromatographic determination of free amino acids in shrimp. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 18: 2059-68.
- Woyewoda, A.D., Shaw, S.J., Ke, P.J. y Burns, B.G. 1986. Recommended Laboratory Methods for Assessment of Fish Quality. Halifax, NS. Canada: Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1448. *Minister of Supply and Services Canada* 16-25.
- Zambrano, D.A. 2008. Formulación de alimentos balanceados para pollo de engorde bajo el concepto de aminoácidos digestibles [monografía de internet]. Daule, Guayaquil, Ecuador: Molinos Champion S.A. En: <http://www.amevea-ecuador.org/datos/AMINOACIDOS%20DIGESTIBLES.pdf>, última consulta: 06 de agosto de 2013.

Como citar este documento: Osuna-Lizárraga, A.E., Escobedo-Lozano, A.Y., Méndez Gómez, E., Vázquez-Olivares, A.E., Martínez-Sánchez, H.F. (2014). Extracción, caracterización parcial y evaluación de la digestibilidad *in vitro* de la proteína asociada al exoesqueleto del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). *Revista Bio Ciencias* 2(4) 293-301.

