

Perfil de aminoácidos y contenido de pigmentos en las harinas de residuos de camarón

Amino acid profile and pigment content in shrimp waste meal

Jean Carlos Belandria* y Nancy J. Morillo

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Laboratorio de Control de Productos de la Estación Local. Zulia.

*Correo electrónico: jbelandria@inia.gob.ve.

RESUMEN

La industrialización de los crustáceos produce una importante cantidad de residuos (10.000 TM al año), que al ser aprovechados, pueden constituir una excelente materia prima en diferentes procesos industriales. Para evaluar los subproductos obtenidos a partir de los residuos sólidos generados del procesamiento industrial de camarón, se determinó la composición proximal de las harinas de camarón provenientes de dos plantas de procesamiento del estado Zulia, Venezuela. Se analizaron cinco muestras por variedad de harinas (cabeza y concha de camarón) para humedad, proteínas, cenizas, grasas, calcio, fósforo, astaxantina y aminoácidos. Los subproductos de cabeza de camarón mostraron los valores más altos ($P < 0,05$) en comparación con las harinas de concha de camarón con un contenido de proteínas y grasas de 50,72% vs 46,20% y 12,03% vs 1,13%, respectivamente. Las harinas de camarón son una excelente fuente de astaxantina con valores de 38,59 y 55,71 $\mu\text{g/g}$ en concha y cabeza de camarón, respectivamente. La evaluación del contenido de aminoácidos en las harinas de camarón, presentaron aminoácidos esenciales como metionina con 4,35 vs 0,65 g/100 g, lisina 6,98 vs 6,19 g/100 g, arginina 19,22 vs 5,89 g/100, fenilalanina 6,71 vs 2,83 g/100 g, valina 4,22 vs 3,10 g/100 g, isoleucina 1,21 vs 3,37 g/100 g, triptófano 8,19 vs 5,77 g/100 g y histidina 6,50 vs 4,43 g/100 g, en cabeza y concha de camarón, respectivamente. Estos subproductos constituyen una excelente fuente de nutrientes debido a su alto valor biológico y puede contribuir en varias procesos industriales que son de gran importancia en la cadena agroalimentaria.

Palabras clave: harinas, residuos, camarón, aminoácidos, astaxantina.

ABSTRACT

Industrial processing of crustaceans generate a significant amount of waste (10000 TM per year), which can be used as excellent raw material in different industrial processes. To evaluate by-products obtained from solid wastes generated from industrial processing of shrimp, proximate composition was determined in shrimp meals from two processing plants in the State of Zulia, Venezuela. Five samples by variety of meals (head and shell of shrimp) were analyzed by AOAC methods, to moisture, proteins, ashes, fats, calcium, phosphorus, astaxanthin and amino acids. By-products of shrimp head had highest values ($P < 0.05$) of protein 50.72% vs 46.20% and fat 12.03% vs 1.13% than shrimp shell meal. Shrimp meals are an excellent source of astaxanthin with values of 38.59 and 55.71 $\mu\text{g/g}$ in shell and head shrimp, respectively. Evaluation of amino acid content in shrimp meal, presents essential amino acids, as methionine with 4.35 vs 0.65 g/100 g, lysine 6.98 vs 6.19 g/100 g, arginine 19.22 vs 5.89 g/100, phenylalanine 6.71 vs 2.83 g/100 g, valine 4.22 vs 3.10 g/100 g, isoleucine 1.21 vs 3.37 g/100 g, tryptophan 8.19 vs 5.77 g/100 g and histidine 6.50 vs 4.43 g/100 g in head and shell shrimp, respectively. These products are an excellent source of nutrients due to its high biological value and can contribute in various industrial processes are of great importance in the food chain.

Key words: flours, wastes, shrimp, amino acids, astaxanthin.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la explotación e industrialización del camarón proveniente de las capturas artesanales y cosechas de cultivo, producen anualmente cerca de 20 toneladas métricas. Se ha estimado que estos residuos constituyen cerca del 45% del camarón capturado, y debido a su fácil degradación son considerados una fuente potencial de contaminación ambiental (Shirai *et al.*, 1996; Choorit *et al.*, 2008).

Los residuos de camarón contienen componentes extraordinariamente valiosos de naturaleza orgánica y de composición química definida tales como proteínas, carbohidratos, grasas, pigmentos, minerales, quitina, entre otros, que al ser aprovechados pueden constituir una excelente materia prima para la obtención de subproductos de gran interés a nivel industrial (Shirai *et al.*, 1996; Choorit *et al.*, 2008; Belandria y Morillo, 2008).

Las altas cantidades de residuos, unido a su rápida capacidad de degradación, ha estimulado un gran interés por los investigadores centrada en la determinación de los posibles usos de estas sustancias con una doble afinidad, por un lado la búsqueda de una explotación económicamente beneficiosa y por otro lado, la reducción del impacto ambiental (Belandria, 2009).

El aprovechamiento y transformación de los residuos sólidos generan subproductos como harinas de camarón, que pueden ser, empleados como materia prima para la alimentación y suplementación humana y animal, ya que están enriquecidas con un alto contenido de proteínas y minerales, las cuales son atractivas a la hora de la formulación de nuevos productos alimenticios (Morillo *et al.*, 2006).

Los aminoácidos constituyen una de las fuentes de nutrimentos esenciales en los crustáceos (Ruiz-Capillas y Moral, 2004). Ellos no sólo son importantes como unidades para la formación de proteínas, sino que contribuyen directamente al sabor de los alimentos (Ruiz-Capillas y Moral, 2004; Vilaso-Martínez *et al.*, 2007) y son precursores de los componentes aromáticos y las sustancias coloreadas que se forman mediante las reacciones térmicas y/o enzimáticas que ocurren durante la obtención, preparación y almacenamiento de los productos alimenticios (Sánchez-Machado *et al.*, 2008).

Los productos derivados del camarón se han utilizado como fuente pigmentante en el cultivo comercial de varias especies de salmónidos. Este subproducto, puede constituir una fuente importante de carotenoides, entre los cuales se encuentra la astaxantina, pigmento que tiene varias aplicaciones en

la industria farmacéutica, alimentaria y de cosméticos (Armenta y Guerrero, 2009; Armenta *et al.*, 2002, Bueno-Solano *et al.*, 2009). Es importante considerar que los carotenoides aparte de ofrecer una coloración adecuada, pueden proporcionar beneficios biológicos en el pez, al evaluar estas opciones justificarían el alto precio que se paga por su incorporación en la dieta (Ingle *et al.*, 2002).

Todas estas aplicaciones justifican el uso de este recurso natural, como una posibilidad económica para las poblaciones costeras de la región, más aún, considerando que no es necesario depredar la especie, ya que sólo se utilizarían los residuos sólidos.

El objetivo del presente estudio es la evaluación de los subproductos obtenidos a partir de los residuos sólidos generados del procesamiento de camarón.-

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de Materia Prima

Se recolectaron muestras de dos plantas procesadoras de camarón, ambas ubicadas en el municipio San Francisco del estado Zulia. Las mismas se tomaron y clasificaron de acuerdo al tipo de subproducto, residuos de cabeza y conchas de camarón. Todas las muestras, se trasladaron al laboratorio en bolsas plásticas de polietileno y transportadas en cavas con hielo para su conservación.

Los residuos fueron pesados y distribuidos uniformemente en las bandejas, donde se colocaron en estufas para ser sometidos al proceso de secado a una temperatura entre 60 a 70°C por período de 48 a 72 horas. Una vez secadas, las muestras se pesaron nuevamente para medir el rendimiento y conocer la cantidad de producto obtenido. Después, se procedió a la molienda en un molino manual hasta la obtención de harinas, posteriormente se pasaron a través de un tamiz de 0,18 µm y se almacenaron a temperaturas entre 1 a 4°C hasta la caracterización bromatológica de las harinas. Se analizaron un total de cinco muestras de harinas de camarón por duplicado.

Reactivos y estándares

Todos los reactivos utilizados son de grado analítico. Los solventes empleados para la preparación de las fases móviles son grado HPLC y las soluciones acuosas se prepararon con agua purificada con un sistema de desionización (Barnstead International, Dubuque, Iowa, USA).

Por su parte, las soluciones estándar de aminoácidos ácido aspártico (Asp), ácido glutámico (Glu), serina

(Ser), histidina (His), glicina (Gli), alanina (Ala), arginina (Arg), tirosina (Tir), valina (Val), metionina (Met), triptófano (Tript), fenilalanina (Fen), isoleucina (Isol) y lisina (Lis), se disolvieron y diluyeron en 0,1 N de ácido clorhídrico (HCl) para obtener diferentes concentraciones para la elaboración de las curvas de calibración. La cuantificación se obtuvo por el método de estándar interno, utilizando norvalina a una concentración de 0,05 pmol/ μ L. Todas las muestras y patrones se analizaron por duplicado.

Determinación de la composición proximal

Se analizó la composición proximal empleando normas de la A.O.A.C (AOAC, 1997), para proteínas por el método Kjeldahl N° 976.05, para humedad por el método N° 934.01 y cenizas totales por el método N° 938.08. Para determinación de grasa, se utilizó el método propuesto por Randall (1974). El contenido de calcio se obtuvo por espectrofotometría de absorción atómica según el método propuesto por Perkin Elmer (1976), y para fósforo se empleó el método colorimétrico propuesto por Fiske y Subbarow (1925).

Perfil de aminoácidos esenciales por HPLC Tratamiento de las harinas

Las muestras se hidrolizaron tomando 100 mg de las harinas de camarón, adicionando 10 mL de ácido clorhídrico (HCl) 6 N, por período de 22 horas en reflujo a 110°C. Seguidamente, se ajustó el pH 2,2 con el buffer de citrato de 0,02 N y se aforó a 100 mL con el mismo buffer. Se tomó una alícuota de 10 mL, y se filtró a través de un filtro millipore de 0,45 μ m.

Condiciones Cromatográficas

Para el análisis cromatográfico, se utilizó una columna de fase reversa Hypersil AA-ODS, con una escala de 200 mm x 2,1 mm y un diámetro de partícula de 5 μ m. Las condiciones cromatográficas establecidas son las siguientes: la fase móvil A contiene: acetato de sodio 20 mMol + 0,018% v/v trietilamina (TEA) ajustado a un pH 7,2 con ácido acético entre 1 a 2% v/v y la fase móvil B de 20% v/v de acetato de sodio de 10 mMol ajustado a un pH 7,2 con ácido acético entre 1 a 2% v/v y acetonitrilo: metanol (40:40)% v/v. La velocidad de flujo fue constante a 0,45 mL/min y la temperatura de la columna se mantuvo a 40°C. Así mismo, la detección se realizó por fluorescencia con excitación a 340 nm y emisión a 450 nm y a los 14,50 min a 266 nm y 305 nm, respectivamente. El tiempo total entre inyecciones fue de 33 min. Se utilizó un programa de gradiente mostrado en la Cuadro 1.

Determinación del contenido de astaxantina en harinas de crustáceos

Para la determinación del contenido de astaxantina en las harinas de camarón, se utilizó el método estándar de extracción de solventes orgánicos (Meyers y Bligh, 1981), empleando la mezcla de extracción constituida por éter de petróleo: acetona: agua, en proporciones de 15:75:10% v/v/v, respectivamente. El contenido de astaxantina se cuantificó utilizando el coeficiente de extinción de 2.100 para hexano.

Análisis de los datos

Todos los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), para determinar el efecto del

Cuadro 1. Programa de gradiente empleado para la separación de OPA-aminoácidos.

Tiempo (min)	Fase Móvil A (%)	Fase Móvil B (%)
0	100	0
17	40	60
18	0	100
24	0	100
25	100	0
33	100	0

tipo de residuo sobre la composición proximal de los subproductos obtenidos del procesamiento de camarón. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete statistix versión 8.0. El modelo matemático para el análisis fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

En el modelo anterior, el efecto del *i*-ésimo harina τ_i , se consideró fijo, mientras que el error experimental ε_{ij} , se considera aleatorio, normal e independiente distribuido con media cero y varianza σ_e^2 , esto es, $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$, común para todas las observaciones.

Los análisis para las variables, en donde el tipo de harina fue significativo, se realizaron por pruebas “*t*” de Student en el procedimiento de modelo lineal general (GLM), fijándose el nivel de significación de $\alpha = 0,05$

Cuando las pruebas ANOVA resultaron significativas para los efectos principales ($P < 0,05$), se efectuaron las pruebas de comparación de medias por Tuckey (Morillo *et al.*, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se discuten los resultados obtenidos en el presente trabajo. En primer lugar se presentan los análisis de composición nutricional de cada una de las harinas de camarón (cabeza y concha) para determinar el contenido de proteínas (perfil de aminoácidos), cenizas y lípidos que constituye una fuente de nutrientes esenciales para la elaboración de alimentos y otros componentes como astaxantina que es muy valorada para pigmentar salmónidos en sistemas de acuicultura, así como otras aplicaciones que han adquirido gran importancia en la industria de los cosméticos.

Composición proximal de las harinas de camarón

Las harinas de crustáceos se prepararon a partir de los residuos sólidos provenientes de la industrialización del camarón. Las harinas se sometieron a un proceso tecnológico de recepción de la materia prima, descongelación, escurrimiento, pesaje, secado, molienda y empaque. En el Cuadro 2, se muestran los resultados del análisis de la composición proximal de las harinas (cabeza y concha) de camarón originadas de la pesca artesanal en el estado Zulia.

Proteína

Las proteínas constituyen una de las fuentes de nutrientes esenciales en los residuos de crustáceos. Su presencia en cualquier alimento comprende una

porción sustancial del espacio disponible o peso de la dieta (González *et al.*, 2007). Como se aprecia en el cuadro 2, la fracción más abundante resultó ser la proteína cruda con valores promedio de 50,72 y 46,20% para cabeza y concha de camarón, respectivamente; indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre estas harinas.

Los altos valores de proteínas en las harinas de camarón, se atribuyen, probablemente al tipo de habitat y alimentación del camarón, que a diferencia de los animales terrestres, utiliza la proteína como fuente primaria de energía, en lugar de los carbohidratos (Carranco *et al.*, 2003). Otro factor importante que favorece el elevado porcentaje de proteína en cabezas de camarón se debe posiblemente a los restos de carne que quedan adheridos a la cabeza, los cuales son mayores que los restos que puedan quedar adosados a la concha, donde la extracción de la carne se realiza con mayor facilidad. Cabe destacar, que en la cabeza de camarón se encuentran los principales órganos del camarón, como cerebro, corazón, branquias, hepatopáncreas, entre otros (Mujica, 2005).

En otros estudios realizados por Morillo *et al.*, (2006), en harinas de cabeza y concha de camarón, se obtuvieron valores de 46,79 y 39,17%, respectivamente, inferiores a los alcanzados en la presente investigación.

Los resultados obtenidos les confieren una gran potenciabilidad a las harinas derivadas de los residuos sólidos del procesamiento de camarón por constituir una excelente fuente de proteínas a muy bajo costo, que permitirá reemplazar parcialmente a las harinas de uso tradicional (soya, carne, pescado) en la fabricación de alimentos balanceados.

Grasa

En el Cuadro 2, se observan los valores promedio de grasas de 12,03% para cabeza y 1,13% para concha de camarón. Está marcada diferencia ($P < 0,05$) se atribuye como se mencionó anteriormente a los restos de carne que podría adherirse a la cabeza del camarón. Además, se ha reportado un elevado contenido de lípidos en casi todos los crustáceos y peces marinos debido a su dieta, conformada por zooplancton y fitoplancton, que es rica en ácidos grasos insaturados (Carranco *et al.*, 2003). En otros trabajos realizados por Morillo *et al.*, (2006), reportó valores en subproductos de conchas de camarón de 0,71% menor al alcanzado en esta investigación.

En cuanto al contenido de grasa en las harinas de cabeza de camarón, Andrade *et al.*, (2007), Carranco *et al.*, (2003), Morillo *et al.*, (2006), consiguieron valores promedio de 6,57, 8,81 y

10,48%, respectivamente, los cuales son inferiores a los arrojados en el trabajo. Sin embargo, Guilherme *et al.* (2007), estableció resultados superiores de 12,50% a los comparados anteriormente. Estas variaciones pueden ser originadas por la zona de captura, estado fisiológico, tamaño, sexo y edad del animal (Morillo *et al.*, 2006).

Humedad

En el Cuadro 2, se destaca los resultados arrojados en cuanto a la composición porcentual de humedad en las harinas de camarón. Los valores promedio de humedad obtenidos para cabeza y concha de camarón fueron de 7,70 y 7,74%, respectivamente, indicando que no existen diferencias significativas entre sí ($P > 0,05$). En otros estudios realizados por Morillo *et al.*, (2006) en subproductos de conchas de camarón, se obtuvo un valor de 5,25%, siendo inferior al alcanzado en esta investigación.

En otras investigaciones realizadas por Morillo *et al.*, (2006), Andrade *et al.*, (2007) y Guilherme *et al.*, (2007), se destacan los resultados conseguidos en harinas de cabeza de camarón de 4,46, 3,94 y 19,70%, respectivamente. Estas marcadas variaciones pueden atribuirse a las técnicas de presecado utilizadas por estos autores.

Cenizas

En cuanto al contenido de cenizas en las harinas de camarón, se compararon los valores promedios para cabeza y concha de camarón de 16,73 y 20,22%, respectivamente. Estos resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas con un nivel de probabilidad de 95% ($P > 0,05$) entre estas harinas, siendo mayor el contenido de cenizas en concha de camarón.

Recientemente, se llevaron a cabo algunas investigaciones reportadas en harinas de conchas por Andrade *et al.*, (2007) y Morillo *et al.*, (2006) quienes presentaron valores promedios superiores de 30,00 y 23,85% respectivamente, a los alcanzados en el presente estudio. En cambio, para las harinas de cabeza los resultados son superiores a los presentados por Carranco *et al.*, (2003), Morillo *et al.*, (2006) y Andrade *et al.*, (2007), los cuales reportaron cifras de 18,54, 20,89 y 19,58%, respectivamente. Estos resultados son inferiores al conseguido por Guilherme *et al.*, (2007), quien indicó un valor de 12,50%. En tal sentido, las diferencias observadas pueden ser debido a zona de captura, estado fisiológico y la especie utilizada (Morillo *et al.*, 2006).

En el Cuadro 3, se muestra el contenido de calcio y fósforo para las harinas de camarón. Los resultados

Cuadro 2. Composición proximal de las harinas de camarón.

Harinas	Proteínas (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
Cabeza de Camarón	50,72 ± 3,10 ^a	12,03 ± 3,45 ^a	7,70 ± 1,47 ^a	16,73 ± 1,49 ^a
Concha de Camarón	46,20 ± 1,75 ^a	1,13 ± 0,25 ^b	7,74 ± 0,28 ^a	20,22 ± 1,33 ^a

^{a, b} Letras distintas en una misma columna denotan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Cuadro 3. Composición de minerales (fósforo y calcio) en las harinas de camarón.

Harinas	Calcio (g/100 g)	Fósforo (g/100 g)
Cabeza de Camarón	3,40 ± 0,47 ^a	1,29 ± 0,89 ^a
Concha de Camarón	3,55 ± 0,90 ^a	1,35 ± 0,47 ^a

^{a, b} Letras distintas en una misma columna denotan diferencias significativas ($P < 0,05$).
n= 3

arrojados mostraron, que de acuerdo al contenido de calcio y fósforo, en ambas harinas, se demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$). Esto posiblemente se atribuyó, a que el calcio junto al fósforo son los componentes esenciales en el exoesqueleto de los crustáceos, el cual juega un papel importante en la regulación de la permeabilidad de la membrana y consecuentemente sobre la entrada de nutrimentos a la célula (Carranco *et al.*, 2003).

Los trabajos publicados en harinas de camarón, ha tomado gran interés por los investigadores, debido al alto contenido de proteínas y minerales que se localizan en estos subproductos (Heu *et al.*, 2003). Andrade *et al.*, (2007) y Morillo *et al.*, (2006), alcanzaron niveles de calcio en harinas de cabeza de 7,20 y 9,90 g/100 g, respectivamente; estos resultados son superiores a los presentados en este estudio. Por otra parte, el contenido fósforo fue de 1,29 g/100 g, siendo inferior al conseguido por Andrade *et al.*, (2007) quien reportó un valor promedio de 1,68 g/100 g, el cual es menor al alcanzado por Morillo *et al.*, (2006) de 1,24 g/100 g.

En el caso de las harinas de concha de camarón, se obtuvieron valores promedio de 3,55 y 1,35 g/100 g, de calcio y fósforo, respectivamente. Estos resultados son inferiores a los presentados recientemente por Andrade *et al.*, (2007) y Morillo *et al.*, (2006), quienes reportaron valores de calcio de 9,70 y 24,69 g/100 g y fósforo de 1,57 y 2,74 g/100 g, respectivamente. Las diferencias arrojadas por estos resultados pueden estar relacionadas con la concentración de sales minerales presentes en los lugares donde habitan estas especies (Mujica, 2005).

Composición de aminoácidos en harinas de camarón

Los aminoácidos (AA) y las proteínas son los componentes de mayor interés en los alimentos. Ellos proporcionan los elementos necesarios para la síntesis proteica. Además de, contribuir directamente en el sabor y la textura de los alimentos (Vilaso-Martínez *et al.*, 2007).

En el Cuadro 4, se observa los resultados de la ecuación de regresión lineal para la curva de calibración de cada uno de los AA. Así mismo, se observó que el rango dinámico lineal basada en las diluciones correspondiente a la solución estándar, es suficientemente amplio, lo cual aumenta su aplicabilidad. En todos los casos, los resultados arrojados de la curva de calibración mostraron una correlación lineal aceptable (0,9995-0,9990) entre la concentración del derivado de AA y el área del pico. Así mismo, se observa los tiempos de retención y los

límites de detección establecidos por el método. En cuanto, a los tiempos de retención se inyectaron los estándares de referencia de forma individual y como una mezcla. Es importante destacar que los límites de detección (LD), establecido como la concentración mínima detectada por el instrumento, definido como tres veces la relación señal/ruido, arrojaron valores muy bajos, en el orden de los ng/mL, los cuales comparados con otros estudios reportados para la determinación del perfil de aminoácidos, en donde los rangos de detección son altos (23 a 72) ng/mL (López-Cervantes *et al.*, 2006), se puede considerar como un método sensible para la determinación de aminoácidos esenciales y no esenciales (Vilaso-Martínez *et al.*, 2007; Cao *et al.*, 2008).

Para evaluar el perfil de aminoácidos en las harinas de camarón, se utilizaron dos muestras, una que contiene la harina de cabeza y la otra de concha de camarón. En las Figuras 1 y 2, se muestra la comparación de la separación cromatográfica de los derivados de aminoácidos de la harina de cabeza de camarón y una solución estándar de la mezcla de aminoácidos. Así mismo, se resalta que el derivatizante o-ftaldehído (OPA) no interfirió en la separación y cuantificación de los aminoácidos. Sin embargo, fue necesario controlar el tiempo de reacción y el tiempo de inyección para obtener resultados reproducibles.

En el Cuadro 5, se aprecian los resultados del contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en las muestras antes mencionadas, las cuales, se llevaron a cabo por duplicado. Los valores obtenidos se expresaron en gramos por cada 100 g de peso fresco.

En comparación con los resultados alcanzados en harinas de cabeza y concha de camarón, los niveles más altos de aminoácidos, se observaron en la arginina (19,22 y 5,89 g/100 g), ácido glutámico (24,54 y 14,93 g/100 g), y ácido aspártico (8,91 y 6,82 g/100 g), respectivamente. Los valores mostraron que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) en cuanto al contenido de algunos aminoácidos esenciales y no esenciales, en ambas harinas de camarón. En tal sentido, las diferencias podrían estar relacionada posiblemente a los restos de carne que puedan quedar adheridos durante el proceso de extracción, lo cual hace que incremente el contenido de proteínas y la calidad nutricional de las harinas (García, 1998).

Es importante destacar que existen otros aminoácidos que contribuyen a la calidad nutricional de las harinas de cabeza y concha camarón, entre ellos, se encuentran la lisina y la serina (Vilaso-Martínez *et al.*, 2007), con valores de 6,98 y 6,19 g/100 g y 2,16 y 2,10 g/100 g, respectivamente. En tal sentido, la

Cuadro 4. Curva de calibración de los aminoácidos con análisis de regresión lineal.

Aminoácidos	Rango (min)	Rango Dinámico Lineal (µg/mL)	Límite de detección (ng/mL)	Ecuación de la recta	Coefficiente de correlación lineal (r)
Acido Aspártico	1,96-2,034	0,13-33,28	2,53	$y = 1,538x$	0,9990
Acido Glutámico	2,30-2,65	0,15-36,78	2,65	$y = 0,875x$	0,9990
Serina	6,20-6,52	0,11-26,27	2,21	$y = 2,332x$	0,9990
Histidina	7,90-8,21	0,16-38,79	4,50	$y = 2,204x$	0,9990
Glicina	8,30-8,51	0,08-18,76	1,58	$y = 1,503x$	0,9990
Alanina	9,21-9,51	0,09-22,27	1,78	$y = 1,621x$	0,9995
Arginina	9,55-9,71	0,17-43,55	2,96	$y = 0,884x$	0,9990
Tirosina	10,90-11,21	0,18-45,30	3,44	$y = 1,607x$	0,9995
Valina	13,10-13,40	0,12-29,29	1,99	$y = 2,021x$	0,9995
Metionina	13,90-14,20	0,15-37,30	2,39	$y = 1,253x$	0,9995
Triptófano	14,22-14,49	0,20-51,06	3,47	$y = 1,254x$	0,9990
Fenilalanina	14,57-14,80	0,17-41,30	2,64	$y = 1,877x$	0,9995
Isoleucina	14,88-15,09	0,13-32,79	2,10	$y = 1,732x$	0,9995
Lisina	15,41-15,55	0,15-36,55	8,33	$y = 1,623x$	0,9995

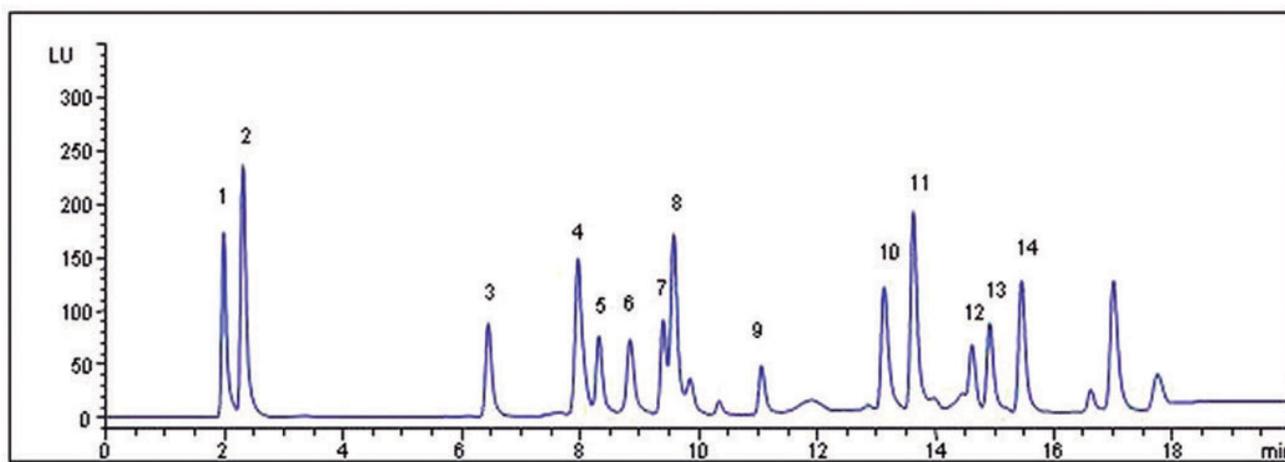


Figura 1. Cromatograma típico de aminoácidos de una muestra de harina de cabeza de camarón. 1. Ácido Aspártico, 2. Ácido Glutámico, 3. Serina, 4. Histidina, 5. Glicina, 6. Alanina, 7. Arginina, 8. Tirosina, 9. Valina, 10. Metionina, 11. Triptófano, 12. Fenilalanina, 13. Isoleucina, 14. Lisina.

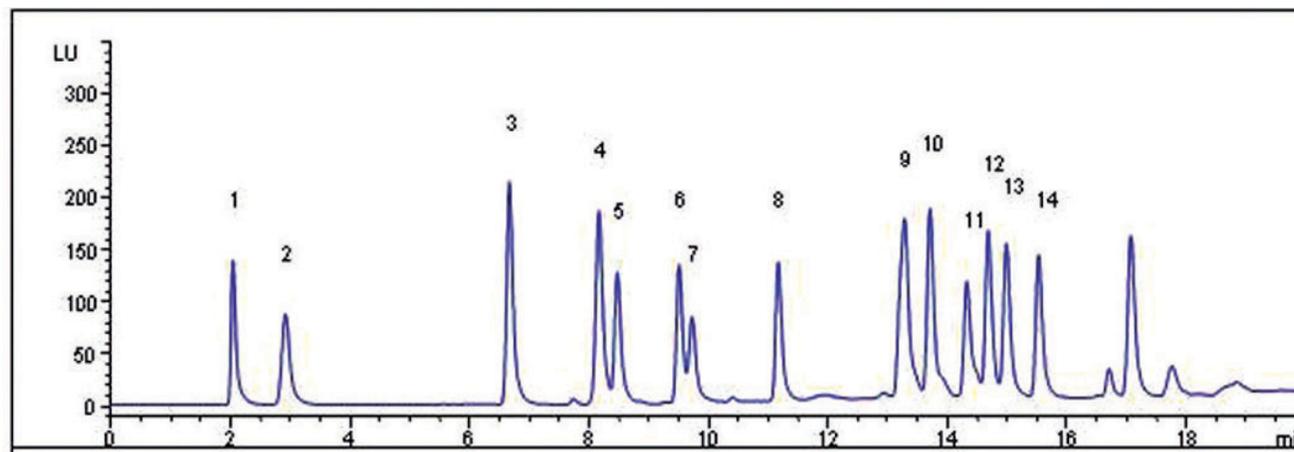


Figura 2. Cromatograma de un estándar de aminoácidos de 10 pmol/μL. 1. Ácido Aspártico, 2. Ácido Glutámico, 3. Serina, 4. Histidina, 5. Glicina, 6. Alanina, 7. Arginina, 8. Tirosina, 9. Valina, 10. Metionina, 11. Triptófano, 12. Fenilalanina, 13. Isoleucina, 14. Lisina.

Cuadro 5. Comparación del contenido de aminoácidos (g/100 g proteína) en las harinas de cabeza y concha de camarón.

Aminoácidos	Harina de cabeza (g/100 g)	Harina de concha (g/100 g)
Acido Aspártico	8,91 ± 0,27 ^a	6,82 ± 1,11 ^a
Acido Glutámico	24,54 ± 2,88 ^a	14,93 ± 1,92 ^a
Serina	2,16 ± 0,55 ^a	2,10 ± 0,35 ^a
Histidina	6,50 ± 0,38 ^a	4,43 ± 0,61 ^a
Glicina	2,35 ± 0,05 ^a	1,86 ± 0,29 ^a
Alanina	3,17 ± 0,14 ^a	4,23 ± 0,66 ^a
Arginina	19,22 ± 0,48 ^a	5,89 ± 1,03 ^b
Tirosina	3,56 ± 0,24 ^a	2,81 ± 0,41 ^a
Valina	4,22 ± 0,23 ^a	3,10 ± 0,44 ^a
Metionina	4,35 ± 0,40 ^a	0,65 ± 0,25 ^b
Triptófano	8,19 ± 0,64 ^a	5,77 ± 1,00 ^a
Fenilalanina	6,71 ± 0,44 ^a	2,83 ± 0,43 ^b
Isoleucina	1,21 ± 0,28 ^b	3,37 ± 0,48 ^a
Lisina	6,98 ± 0,48 ^a	6,19 ± 0,50 ^a

^{a, b}. Letras distintas en las dos columnas denotan diferencias significativas (P<0,05).

lisina es un aminoácido esencial que se encuentra en baja proporción en cereales, el cual es apropiado para el desarrollo y se utiliza como precursor en la producción de carnitina, una sustancia nutritiva que convierte los ácidos grasos en energía y regula los niveles de colesterol (Cao *et al.*, 2008). Cabe destacar, que la cisteína no fue determinada debido a la rápida oxidación de este compuesto a la forma de ácido cisteico (Vilaso-Martínez *et al.*, 2007).

El aminoácido que se presentó en menor proporción en las harinas de cabeza y concha de camarón fueron la Isoleucina y Metionina con valores de 1,21 y 0,65 g/100 g de peso fresco, respectivamente.

En el caso de los aminoácidos aromáticos como triptófano y tirosina arrojaron valores para cabeza (8,19 y 3,56) g/100g y concha de camarón (5,77 y 2,81) g/100 g, respectivamente. Estos valores, se compararon con otros estudios realizados en harinas de cabeza de camarón, alcanzó un valor 2,82 g/100 g para triptófano inferior a los arrojados en la presente investigación. Estas diferencias se atribuyen a que este aminoácido es un factor limitante en la proteína (Sánchez-Machado *et al.*, 2008). Cabe resaltar, que el análisis de triptófano ha generado grandes problemas, debido a que la etapa de hidrólisis ocasiona largos tiempos de reacción y requieren del calentamiento de reactivos peligrosos. (Sánchez-Machado *et al.*, 2008).

El triptófano y la tirosina son conocidos como sustancias precursoras para muchos compuestos neuroactivos. Su importancia radica por ser un aminoácido esencial utilizado para la alimentación animal y humana, pero se ha reportado que su ingesta excesiva, podría generar efectos aterogénicos (Sánchez-Machado *et al.*, 2008).

En otros estudios realizados por Guilherme *et al.*, 2007, demostraron que el perfil de aminoácidos esenciales en harinas de ensilaje en cabezas de camarón para la elaboración de alimentos en tilapias, presentaron niveles bajos de arginina con 4,51 g/100 g; histidina con 1,62 g/100 g; lisina 3,67 g/100 g;

metionina 1,12 g/100 g, fenilalanina 2,67, tirosina 2,27 g/100 g, valina 3,41 g/100 g, en comparación con las observadas en la presente investigación.

Composición de astaxantina en harinas de camarón

En el cuadro 6, se muestra la cantidad de astaxantina extraídas en las harinas de cabeza y concha de camarón. Los resultados mostraron que el valor más altos se obtuvo en la harina de cabeza de camarón con un nivel de 55,71 $\mu\text{g/g}$, mostrando que existen diferencias significativas ($<0,05$) entre ambas harinas.

Estos valores indican que los crustáceos son una rica fuente de astaxantina, las cuales pueden ser empleadas en la pigmentación de salmónidos, como la trucha arcoíris y en los sistemas de acuicultura (Armenta *et al.*, 2002; Carranco *et al.*, 2003; Sachindra *et al.*, 2006; Sachindra *et al.*, 2007).

El contenido total de astaxantina se comparó con otros estudios reportados en harinas de cabeza de camarón con un valor de 73,5 $\mu\text{g/g}$, el cual es superior al arrojado en el presente estudio (Carranco *et al.*, 2003). Sin embargo, este valor es semejante al alcanzado por Castro *et al.*, (1995) en diferentes especies de tejido de camarón con niveles de 65, 98 y 79 $\mu\text{g/g}$ en *Penaeidae vannamei*, *P. monodon* y *P. japonicus*, respectivamente.

Hoy en día, se han establecido niveles de carotenoides en residuos de camarón. Donde se han encontrado valores que pueden variar desde 35 a 153 $\mu\text{g/g}$ dependiendo de la especie. En tal sentido, el pigmento principal es la astaxantina y sus esteroides (Sachindra *et al.*, 2005; Sachindra *et al.*, 2006). La recuperación de este componente valioso, mejoraría la economía del camarón que es procesado en la planta.

CONCLUSIONES

Las harinas derivadas de los residuos sólidos del procesamiento de camarón constituyen una excelente fuente de proteínas y grasas a muy bajo costo, que

Cuadro 6. Contenido de astaxantina ($\mu\text{g/g}$) en harinas de camarón.

Harinas de camarón	Astaxantina ($\mu\text{g/g}$)
Cabeza	55,71 \pm 10,04
Concha	38,59 \pm 9,48

^{a, b} Letras distintas en una misma columna denotan diferencias significativas ($P < 0,05$).
n= 5

permitiría reemplazar parcialmente a las harinas de uso tradicional (soya, carne, pescado) en la fabricación de alimentos balanceados.

Los altos niveles de fósforo y calcio alcanzados en las harinas de camarón indicaron que constituyen los componentes esenciales del exoesqueleto de los crustáceos.

El perfil de aminoácidos establecido en las harinas de camarón, demostraron que son una excelente fuente de aminoácidos esenciales y no esenciales.

Las harinas de camarón conforme a los resultados alcanzados indican que son una excelente fuente de astaxantina.

LITERATURA CITADA

- Andrade, R., M. Chávez y V. Osorio. 2007. Evaluación de las etapas de cocción y secado en la obtención de harina de cabezas de camarón de cultivo (*Penaeus* sp). *Dyna*. 153, 181-186.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. 1997. *Official Methods of Analysis*. 16TH ed. Pub. B y AOAC, Washington, D. C. 13, 44.
- Armenta, R. and I. Guerrero. 2009. Amino acid profile and enhancement of the enzymatic hydrolysis of fermented shrimp carotenoproteins. *Food Chem*. Vol. 112; 310–315.
- Armenta, R., I. Guerrero y S. Huerta. 2002. Extracción de carotenoides a partir de residuos de camarón fermentados. *Rev. Mex. Ing, Química*. Vol. 1, No. 1-2, 49-55.
- Belandria, J. 2009. Perfil de aminoácidos y contenido de pigmentos de las harinas de residuos de cangrejo y camarón. Tesis. Magister Scientiarum en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia (LUZ). Facultad de Ingeniería. 81p.
- Belandria, J. y N. Morillo. 2008. Recuperación de quitina a partir de los residuos sólidos generados del procesamiento industrial de crustáceos. *Rev. Cub. Quim*. Vol. XX, No. 3, 17 -26.
- Bueno, C., J. López, O. Campas, R. Lauterio, N. Adan and D. Sánchez. 2009. Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products. *Food Chem*. Vol. 112, 671–675.
- Cao, W., C. Zhang, P. Hong and H. Ji. 2008. Response surface methodology for autolysis parameters optimization of shrimp head and amino acids released during autolysis. *Food Chem*. Vol. 109, 176–183.
- Carranco, M., C. Calvo, L. Arellano, F. Pérez, E. Ávila E. y B. Fuente. 2003. Inclusión de la harina de cabezas de camarón (*Penaeus* sp.) en raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad del huevo. *Interciencia*, Vol. 28, No. 6, 328-333.
- Castro, C. y C. Perez-Gil. 1995. Composición química de la langostilla y procesos tecnológicos. En Aureoles-Gamboa D., Balat Ef (eds.). *La langostilla: Biología, ecología y aprovechamiento*. Centro de Investigaciones biológicas del Noroeste. S.C. México. 163-177.
- Choorit, W., W. Patthanamane and S. Manurakchinakorn. 2008. Use of response surface method for the determination of demineralization efficiency in fermented shrimp shells. *Bioresource Technol*. Vol. 99, 6168–6173.
- Fiske, C. and Y. Subbarow. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biolog. Chem.*, Vol. LXVI, No. 2, 375-400.
- García, L. 1998. Composición proximal y mineral en desechos de conchas de cangrejo. Trabajo Especial de Grado. Maracaibo, Venezuela. Universidad del Zulia (LUZ), Facultad de Ingeniería. 65 p.
- González, D., J. Cordiba, F. Indorf y E. Buitriago. 2007. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado. *Revista Científica, FCV-LUZ*. Vol. XVII, No. 2, 166-172.
- Guilherme, R., J. Oliveira and P. Simão. 2007. Caracterização química e perfil aminoacídico da farinha de silagem de cabeça de camarão. *Ciênc. agrotec. Lavras*, Vol. 31 No. 3, 793-797.
- Heu, M., J. Kim and F. Shahidi. 2003. Components and nutritional quality of shrimp processing by-products. *Food Chem*. Vol. 82, 235–242.
- Ingle de la Mora, G., L. Cruz., D. Ricque-Marie, M. Tapia, M. Gaxiola y N. Simões. 2002. Incremento al valor agregado de salmónidos a través de su pigmentación con colorantes naturales. *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias Internacional de Nutrición Acuícola*. Cancún, México, 1-10.

- López, J., D. Sánchez and J. Rosas. 2006. Analysis of free amino acids in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. A*, Vol. 1105, 106–110.
- Meyers, S. and D. Bligh. 1981. Characterization of astaxanthin pigment from heat processed crawfish waste. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 29, 505–508.
- Morillo, N., N. Montiel, J. Belandria y F. Mújica. 2006. Caracterización proximal de los desechos del procesamiento de los crustáceos (cangrejo y camarón) en el estado Zulia”. *Veterinaria Trop.* Vol. 31, No. 1-2, 71-83.
- Mujica, F. 2005. Análisis proximal de los desechos generados por el procesamiento industrial de crustáceos (cangrejo y camarón) en el estado Zulia. Tesis. Trabajo Especial de Grado. Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia (LUZ). Facultad Experimental de Ciencias. 75 p.
- Perkin-Elmer. 1976. Analytical methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin-Elmer Corporation, Norwalk CT, USA.
- Randall, E. 1974. Improved method for fat and oil analysis by a new process of extraction. *J. A.O.A.C.*, Vol. 57, No. 5, 1165-1168.
- Ruiz-Capillas, C. and A. Moral. 2004. Free amino acids in muscle of Norway lobster (*Nephrops norvegicus* (L.)) in controlled and modified atmospheres during chilled storage. *Food Chem.* Vol. 86, 85–91.
- Sachindra, N., N. Bhaskar and N. Mahendrakar. 2005. Carotenoids in crabs from marine and fresh waters of India. *LWT.* 38, 221–225.
- Sachindra, N., N. Bhaskar, S. Siddegowda, A. Sathisha and P. Suresh. 2007. Recovery of carotenoids from ensilaged shrimp waste”. *Bioresource Technol.* Vol. 98, 1642–1646.
- Sachindra, N., N. Bhaskar and N. Mahendrakar. 2006. Recovery of carotenoids from shrimp waste in organic solvent. *Waste Management.* Vol. 26, 1092-1098.
- Sánchez-Machado, D., B. Chavira and J. López. 2008. High-performance liquid chromatography with fluorescence detection for quantitation of tryptophan and tyrosine in a shrimp waste protein concentrate. *J. Chromatogr. B*, Vol. 863, 88–93.
- Shirai, K., I. Guerrero and G. Hall. 1996. Utilización de desechos de crustáceos para la obtención de quitina, quitosano, proteína y quitinasas mediante biotecnología. *Ciencia*, Vol. 47, No. 4, 317-328.
- Vilaso-Martinez, M., J. López and M. Lage-Yusty. 2007. Protein and amino acid contents in the crab, *Chionoecetes opilio*”. *Food Chem.* Vol. 103, 1330-1336.