

TABLA 7. CONTINUA

INGREDIENTES	Tre	Val	Met	Cis	Ile	Leu	Fen	Tir	Lis	His	Arg	Tri	AAL	z
Concentrado protein. pescado	83	110	118	* 63	127	109	85	103	92	90	95	153	Cis	
Ensilado de pescado	98	122	72	72	101	129	120	94	98	121	108	* 59	Trp	
Harina de camarón	83	97	109	85	112	106	95	105	86	73	134	106	His	
Harina de carne y huesos	77	128	* 59	89	109	113	88	* 60	86	100	150	88	Met	
Harina de sangre	* 69	158	* 23	* 52	* 24	162	124	* 69	89	214	* 62	123	Ile	
Harina de hígado	76	135	72	89	105	121	109	106	71	98	105	153	Lis	
Harina de subproductos aves	76	125	81	141	132	123	80	* 60	71	87	134	112	Tir	
Harina de pluma hidrolizada	91	164	* 24	289	131	124	78	86	* 33	* 50	147	76	Met	
Harina de lombriz	107	99	106	* 52	112	124	84	106	79	125	98	82	Cis	
Larvas de mosca	75	103	72	* 52	96	90	128	218	77	127	82	147	Cis	

1- Score basado en la comparación de los requerimientos promedio de aminoácidos esenciales (AAE) de trucha arco-iris y carpa. Los requerimientos promedio de AAE (expresados como % del total de AAE) son: Treonina 10.6; Valina 9.5; Metionina 5.4; Cistina 2.7; Isoleucina 7.5; Leucina 13.5; Fenilalanina 9.5; Tirosina 6.5; Lisina 16.8; Arginina 11.6; Triptofano 1.7 e Histidina 4.8.

2- Primer aminoácido limitante.

\*- Aminoácidos esenciales limitantes (presentes por debajo de 30% del requerimiento promedio del pez).

TABLA 8. PATOLOGIAS CAUSADAS POR DIFERENCIAS DE AMINOACIDOS ESENCIALES.

AAL *	ESPECIE	SIGNOS POR DEFICIENCIA
Lisina	<u>Salmo gairdneri</u> <u>Cyprinus carpio</u>	Erosión de aleta dorsal/caudal, aumento en la mortalidad. Aumento en la mortalidad.
Metionina	<u>S. gairdneri</u> <u>S. salar</u>	Cataratas. Cataratas.
Triptofano	<u>S. gairdneri</u>	Escoliosis; lordosis; calcinosis renal; cataratas; erosión de aleta caudal; disminución en el contenido lipídico del cadáver; elevadas concentraciones de Ca, Mg, Na y K en el cadáver.
Misceláneos	<u>Oncorhynchus nerka</u> <u>O. keta</u> <u>C. carpio</u>	Escoliosis. Escoliosis / lordosis. Aumento en mortalidad e incidencia de lordosis observada con una deficiencia de leucina, isoleucina, lisina, arginina e histidina.

FUENTE: Tacon, 1987.

B. NECESIDADES NUTRICIONALES DE CRUSTACEOS: PROTEINAS Y AMINOACIDOS

Dra. Elizabeth Cruz, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

Resumen

Los requerimientos protéicos de los crustáceos y especialmente de los camarones peneidos, son los más estudiados, sobre todo por el valor económico que la proteína representa dentro de la dieta.

Según las especies y los autores, los niveles de proteína que aseguran un crecimiento óptimo varían de 28 a 55% del alimento o el equivalente a un 30 - 70% de energía bruta contenida en la dieta en forma de proteína. Este elevado requerimiento es generalmente atribuido a los hábitos carnívoros/omnívoros de los camarones, y al uso preferencial de la proteína, en vez de carbohidratos, como fuente de energía en la dieta. Las diferencias interespecificas están ligadas principalmente a los hábitos alimenticios y a la edad. Aunque una parte importante de estas variaciones se debe a las características de los alimentos usados y muy particularmente a la calidad de las proteínas alimentarias.

Desde un punto de vista cualitativo, los aminoácidos esenciales son los mismos que en los vertebrados. Las proteínas de mejor calidad son aquellas que presentan un perfil de aminoácidos esenciales más cercano a los requerimientos, (en el caso de los camarones, determinados teóricamente a partir del tejido de una almeja considerada como excelente alimento para camarón).

Sin embargo, las diferencias de valor biológico, de las diferentes fuentes de proteínas no siempre están explicadas por su composición en aminoácidos. Ciertas proteínas, como la proteína de calamar, estimulan el crecimiento por mecanismos aún desconocidos.

1. INTRODUCCION

La proteína de la dieta es utilizada con varios fines fundamentales: mantenimiento, reparación de tejidos, crecimiento o formación de nuevas proteínas estructurales funcionales como hormonas, enzimas y una gran variedad de otras sustancias biológicamente importantes como anticuerpos y hemoglobina.

Además la proteína de la dieta puede ser catabolizada como una fuente de energía o puede servir como un sustrato para la formación de carbohidratos o lípidos de tejidos.

El uso de la proteína dietética con estos fines depende de la calidad de la proteína, así como, de la relación energía/proteína de la dieta, donde los lípidos y los carbohidratos juegan un papel importante.



El estudio de los requerimientos en camarón ha sido basado en estudios comparables a aquellos conducidos en animales domésticos terrestres. La información es obtenida en laboratorio por medio de bioensayos, con medio controlado sin acceso a alimento natural. Los requerimientos en proteínas son los mejor estudiados por el valor económico que representan dentro de la dieta.

Para determinación del requerimiento protéico los camarones son alimentados con dietas conteniendo niveles graduales de proteína de alta calidad durante un periodo de 4-8 semanas y se observa el nivel protéico que de el crecimiento óptimo.

En cierta medida, una vez cubierta la ración de mantenimiento existe una relación directa casi lineal entre la ración proteica y la tasa de crecimiento. La dosis más baja que asegura el crecimiento máximo es utilizada para definir el requerimiento, aunque otros criterios pueden ser utilizados como conversión alimenticia, composición corporal, aminoacidemia etc.

Los requerimientos proteínicos de la dieta son expresados en términos de un porcentaje fijo de la dieta o como una relación de proteína y energía de la dieta.

Deshimaru y Kuroki (1974) determinaron el requerimiento protéico de *Penaeus japonicus* utilizando una dieta pura a base de caseína-albúmina de huevo a dosis variable: 54% de proteína. Las tasas protéicas inferiores a 48% y superiores a 57% producen una disminución marcada del crecimiento. Estos fenómenos, en general, han sido encontrados por la mayoría de los autores, pero con muchas diferencias según la especie estudiada y el tipo de alimento elegido para el experimento.

Aunque sea raramente posible comparar los requerimientos de especies diferentes en un mismo contexto nutricional, es muy claro que existen grandes diferencias entre especies, aún en el caso de un mismo género (Tabla 1).

Los requerimientos protéicos globales no son constantes, y varían en función de factores endógenos y exógenos; dentro de los más importantes tenemos los siguientes:

**Edad:** Los animales jóvenes con tasas de crecimiento muy elevadas son más exigentes que los animales más viejos, en los cuales una parte importante de la ración sirve para cubrir los requerimientos de mantenimiento.

**Hábitos alimenticios de la especie:** Los carnívoros son más exigentes.

**Calidad de la fuente proteica:** Mientras mejor sea, menor será el requerimiento cuantitativo de las proteínas totales.

**Valor energético de la dieta:** Puede haber economía de proteínas con carbohidratos, por menor utilización por el animal, de proteínas para fines energéticos.

**Factores abióticos como temperatura y salinidad:** El efecto de estos factores no ha sido tan bien estudiado en crustáceos como en los peces.

En la Tabla 1 se muestran los requerimientos protéicos de diferentes especies de camarones considerando su edad y el tipo de

proteína con el que fue determinado.

Desgraciadamente es difícil de obtener conclusiones precisas de los diferentes resultados resumidos en la Tabla 1 debido al uso de diferentes fuentes de proteína, sustitutos de energía no protéicos, regímenes alimenticios, tallas, métodos de cultivo, estado fisiológico etc.

Los camarones y los peces, en contraste con los animales terrestres, son capaces de derivar más energía metabolizable del catabolismo de las proteínas que de los carbohidratos.

## 2. REQUERIMIENTOS CUALITATIVOS EN AMINOACIDOS

Para propósitos nutricionales, los aminoácidos pueden dividirse en dos grupos: los aminoácidos esenciales (AAE) y aminoácidos no esenciales (AANE). Los AAE son aquellos que no pueden ser sintetizados por el animal o existen en concentraciones insuficientes para satisfacer las necesidades fisiológicas del animal en crecimiento y deben ser suministradas en forma directa en la dieta. Los AANE son los aminoácidos que pueden ser sintetizados en el cuerpo a partir de una fuente de carbono adecuada y grupos amino de otros aminoácidos o a partir de compuestos simples como citrato diamonio, y por lo tanto no tienen que suministrarse de una forma directa en la dieta.

La naturaleza de los AAEs en los crustáceos a sido el objeto de un gran número de estudios. Todos estos experimentos han sido efectuados por inyección de un precursor radioactivo, glucosa o más frecuentemente acetato, y búsqueda de radioactividad en los aminoácidos provenientes de la hidrólisis de proteínas algunos momentos después de la inyección, los aminoácidos en los que no se encuentra ninguna radioactividad son aquellos que han sido identificados como indispensables: treonina, valina, leucina, isoleucina, metionina, triptofano, fenilalanina, lisina, histidina y arginina. La tirosina y la cisteína tienen un carácter semi-indispensable ya que pueden ser sintetizados a partir fenilalanina y metionina respectivamente.

## 3. NIVELES OPTIMOS DE AAE EN LA DIETA

Actualmente no existe información cuantitativa de los requerimientos dietéticos de AAE para camarón. Esto es debido principalmente al mal crecimiento que se obtiene con dietas experimentales a base de aminoácidos sintéticos puros por el problema inherente de la dilución rápida de estos nutrientes debido a los hábitos alimenticios del camarón. Por el momento los requerimientos son estimados en base a la composición de aminoácidos del músculo de camarón, o a la carne de almeja que es un buen alimento para el camarón. En general los AAEs incluyendo cisteína y tirosina, constituyen cerca del 35% de la proteína total requerida por el camarón. Entonces, si se sabe que un camarón tiene un requerimiento protéico en la dieta de 45% el requerimiento de AAE será del 35% de este nivel de proteína. Por ejemplo, si el patrón de AAE del 'carcas' para lisina es de 16.9% del total de los AAE



con cisteína y tirosina presentes, entonces el nivel de requerimiento dietético para lisina podría ser  $(45 \times 35 \times 16.9) / 10,000$  o 2.66% de la dieta seca (Tacon, 1987).

En la Tabla 2 se presentan los requerimientos dietéticos calculados de los AAEs de camarón con varios niveles de proteína en la dieta, basados en el perfil de AAEs del tejido de almeja *Tapes philippinarum* (considerado como un alimento natural excelente e ideal para camarón).

#### 4. UTILIZACION DE AMINOACIDOS LIBRES

Los camarones que son alimentados con dietas cuya proteína está constituida por aminoácidos libres, generalmente presentan un crecimiento sub-óptimo y una baja tasa de conversión en comparación con los animales alimentados con aminoácidos unidos a proteínas (Deshimaru, 1981; Deshimaru y Kuroki, 1974 a, 1975).

La tasa de asimilación de arginina libre de la dieta a la proteína del músculo, en *P. japonicus* es extremadamente baja, menor de 0.6%, comparada con la asimilación de la arginina ligada en proteína superior a 90% (Deshimaru, 1981).

Recientes estudios demuestran que las larvas de la misma especie son capaces de utilizar los aminoácidos suplementados en las dietas para crecimiento (Teshima et al., 1986).

Para que la síntesis óptima de proteínas ocurra es necesario que todos los aminoácidos (de proteínas o libres) estén presentes simultáneamente en el tejido. Si este equilibrio no se consigue se inicia el catabolismo de aminoácidos con la consecuente pérdida de crecimiento y de eficiencia alimenticia.

#### 5. COMPOSICION DE AMINOACIDOS Y CALIDAD DE PROTEINA

Considerando todo lo mencionado anteriormente es evidente que la calidad de la proteína de un ingrediente es dependiente de la composición de aminoácidos de la proteína y de la disponibilidad biológica de los aminoácidos presentes. En general, mientras más parecido sea el perfil de AAE de la proteína dietética al requerimiento de AAE de la especie, mayor será su valor nutricional y su utilización.

La calidad de las proteínas se resume esencialmente en dos características:

**Coefficiente de utilización digestiva:** Medida de digestibilidad o disponibilidad aparente de nutrientes después de pasar la barrera digestiva.

**Valor biológico:** Equilibrio de aminoácidos esenciales o indispensables y, principalmente, del valor relativo del aminoácido esencial menos abundante con respecto a los requerimientos (aminoácido limitante).

Otros factores tales como la disponibilidad del aminoácido limitante, nivel atractante o de apetecibilidad de la proteína, presencia de factores antinutricionales, etc., deben de tomarse en cuenta.

En la práctica, en alimentación animal, estas nociones son muy

utilizadas y para mejorar el valor biológico de una proteína se trata generalmente de suplementar a las proteínas con aminoácidos puros o por medio de combinaciones de proteínas que presentan perfiles de aminoácidos complementarios.

#### 6. EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEICA

Además de la medida química de aminoácidos y su disponibilidad dentro de las proteínas alimenticias, existen varios métodos biológicos para evaluar la calidad de una proteína:

a- **Tasa de crecimiento específico (TCE):** La tasa de crecimiento de un animal es un índice sensitivo a la calidad de la proteína, bajo condiciones controladas el incremento en peso es proporcional al suministro de aminoácidos esenciales. La tasa de crecimiento específico puede ser calculada usando la fórmula:

$$TCE = \frac{(\log_e \text{ peso final} - \log_e \text{ peso inicial})}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$$

b- **Tasa de conversión alimenticia (TCA):** Definida como los gramos de alimento consumido por gramo de peso corporal ganado.

$$TCA = \frac{\text{ALIMENTO CONSUMIDO}}{\text{PESO GANADO}} \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{ en peso seco} \\ \rightarrow \text{ peso húmedo} \end{array}$$

c- **Eficiencia alimenticia (EA):** Definida como los gramos de peso ganados por gramo de alimento consumido; inverso de TCA.

d- **Tasa de eficiencia proteica (TEP):** Definida como gramos de peso ganado por gramo de proteína consumida.

$$TEP = \frac{\text{PESO GANADO}}{\text{PROTEINA CONSUMIDA}}$$

e- **Utilización neta aparente de proteína (UNAP):** Definida como el porcentaje de proteína ingerida que es depositada como proteína tisular.

$$UNAP = \frac{Pa - Pb}{Pi} \times 100$$

Pb: proteína corporal total al final del experimento.

Pa: proteína corporal total al inicio del experimento.

Pi: proteína consumida durante el experimento.

Con este cálculo no se toman en cuenta las pérdidas endógenas de proteína. En contraste con los otros métodos de evaluación de la calidad proteica, este método requiere de una muestra representativa de animales para sacrificar al principio y al final del experimento para el análisis de proteínas.

La desventaja de estos métodos de predicción de dietas o de calidad de proteínas es que tienen que ser realizados bajo condiciones experimentales controladas, sin organismos que sirvan de alimento natural. En consecuencia, estos métodos pueden ser usados solamente en sistemas intensivos o de aguas claras.



7. COMPUESTOS NITROGENADOS NO PROTEICOS

Los aminoácidos también son precursores de muchos compuestos nitrogenados no proteicos biológicamente importantes como son: purinas y pirimidinas, creatinina, ácidos biliares, tiroxina, epinefrina y norepinefrina, etanolamina y colina, histamina, serotonina etc., (Tacon, 1987).

8. DEFICIENCIA DE AMINOACIDOS ESENCIALES

La deficiencia de AAE reduce el crecimiento; otros signos de deficiencia anatómicos no se han observado en crustáceos.

Una deficiencia de AAE en el alimento puede deberse a varias causas: formulación con proteínas deficientes en AAE, presencia de niveles desproporcionados de aminoácidos antagónicos (leu/iso, arg/lis, cis/met), calentamiento excesivo durante el procesado del alimento, tratamiento químico o físico de las proteínas de la dieta, y pérdidas por mala estabilidad del alimento en el agua.

9. FACTORES PROTEICOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO

Ciertas proteínas, como la de cangrejo, para la alimentación de langosta (Boghen 1985), o la proteína de calamar, para el camarón (Cruz y Guillaume, 1983), estimulan el crecimiento por un efecto que no está ligado al perfil o composición en AAEs, ya que su incorporación a niveles de 3% de la dieta, no puede modificar significativamente el perfil de AAEs de la proteína de la dieta.

Actualmente el factor de crecimiento de la harina de calamar es desconocido, pero sabemos que es un factor ligado a proteínas, o una molécula peptídica que ejerce un efecto de tipo hormonal ya sea en el tubo digestivo o a nivel metabólico. Otros autores han mencionado también la posible existencia de factor de crecimiento en el mejillón (Fernández y Puchal, 1979).

10. BIBLIOGRAFIA

- \* Boghen A.D. 1985. UTILISATION DES PROTEINES DE LA CHAIR DE CRABE, *Cancer irroratus*, DANS LA DEFINITION D'UN REGIME ALIMENTAIRE STANDARD POUR LE HOMARD AMERICAIN, *Homarus americanus*, AINSI QUE POUR D'AUTRE CRUSTACES. Comm. Reunion de la Com. Nutrition de poecilothermes, CNRS-Paris: 5-6 mars, 1985.
- \* Cruz L.E. y Guillaume J., 1983. FACTEUR DE CROISSANCE INCONNU DE LA FARINE DE CALAMAR POUR LA CREVETTE JAPONAISE: LOCALISATION DE CE FACTEUR. CIEM Communication Comite de Mariculture, CMF:14.
- \* Guillaume J.C. 1986. LA NUTRITION PROTEIQUE DES CRUSTACES.

FIGURA 1. COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE OCHO INGREDIENTES.

