



Alliance

(<https://www.aquaculturealliance.org>).



[FEED SUSTAINABILITY \(/ADVOCATE/CATEGORY/FEED-SUSTAINABILITY\)](#)

# Un vistazo a las enzimas proteasas en la nutrición de los crustáceos

Monday, 22 May 2017

By M.A. Kabir Chowdhury, Ph.D.

**Una mejor comprensión de la suplementación enzimática en los alimentos acuícolas es esencial**



La composición enzimática y su interacción con el medio ambiente y las dietas pueden influir significativamente en la capacidad digestiva y en la respuesta inmune del camarón.

La digestión, un complejo proceso fisiológico, depende de la activación y el reconocimiento molecular, y de la hidrólisis de los alimentos en condiciones específicas. El proceso involucra enzimas digestivas para romper macromoléculas poliméricas en bloques de construcción más pequeños, facilitando así la absorción de nutrientes.

En los crustáceos, la etapa de vida, la edad, la etapa de muda, el ciclo circadiano, la composición de los alimentos y las condiciones ambientales todas afectan la producción de enzimas digestivas. Entre estas enzimas, las proteasas son las más importantes responsables de hidrolizar proteínas dietéticas y romperlas en péptidos más pequeños y aminoácidos libres. Las actividades de la proteasa en el tracto digestivo de un animal son inducidas por la alimentación, y son generalmente afectadas por las características genéticas del individuo, la edad, la etapa de vida y el ambiente del cultivo.

## Efecto del ambiente y la dieta en las enzimas digestivas



Los camarones tienen cerca de 14 tipos diferentes de enzimas proteolíticas digestivas, con diferentes grados de temperatura y pH óptimo.

El medio ambiente, las dietas y sus interacciones parecieron afectar la producción de enzimas en todos los animales. Las diferencias específicas entre especies en el rango óptimo de pH y temperatura de las enzimas proteolíticas de los animales acuáticos pueden atribuirse a su hábitat, alimentos, y diferencias genotípicas y fenotípicas. Por ejemplo, el rango de pH óptimo en los crustáceos oscila normalmente entre 7,0 y 8,0 para las enzimas de tipo tripsina y para las enzimas de tipo quimotripsina, de 7,5-8,0 para el camarón de São Paulo (*Farfantepenaeus paulensis*). Y en el cangrejo marino comestible (*Cancer pagurus*) oscila de 8,0 a 10,0.

Las diferencias en la actividad proteolítica pueden ser significativas para camarones criados en ambientes de cultivo con grandes variaciones en cantidad y calidad de alimento natural. Por ejemplo, Moss et al. (2001) reportaron una actividad significativamente mayor de serina proteasa (71648 unidades frente a 30200 unidades/mg de proteína soluble), colagenasa (653 unidades frente a 312 unidades/mg de proteína soluble) y fosfatasa ácida (189 frente a 83

unidades/mg de proteína soluble) en camarones blancos del Pacífico cultivados en agua de estanques que los criados en agua de pozo. La mayor actividad enzimática de los camarones en agua de estanque indica la presencia de alimentos naturales en el sistema. Curiosamente, entre las enzimas digestivas, sólo la actividad de quitinasa fue mayor en camarones criados en agua limpia, lo que indica que los animales se alimentan de cascaras de muda, altas en quitina.

## Proteasa dietética, una solución en la mano

El alto costo y la disponibilidad limitada de harina de pescado y otras fuentes de proteínas balanceadas frecuentemente obligan a los fabricantes de alimentos acuícolas en muchas regiones a depender en alternativas de bajo costo, pero poco digeribles. Al mismo tiempo, hay una creciente presión para reducir los costos ambientales y económicos, poniendo una seria responsabilidad en los fabricantes de piensos para mejorar la digestibilidad de los nutrientes de los alimentos acuícolas mientras se reduce el costo de fabricación.

## Mejor digestibilidad de nutrientes

Davis et al. (1998) probaron la digestibilidad aparente de materia seca (ADCDM) y proteína cruda (ADCCP) en camarones blancos del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) alimentados con dietas suplementadas con niveles graduados (0, 0,2 o 0,4 por ciento) de una proteasa, y reportaron que el ADC de CP (74,3 por ciento) en camarones alimentados con dietas con proteasa al 0,4 por ciento fue mayor que para aquellos animales alimentados con el control (65,3 por ciento) u otras dietas. En un ensayo posterior, estos autores informaron un pobre rendimiento de crecimiento (aumento de peso, eficiencia del alimento y relación de eficiencia de la proteína) en camarones alimentados con dietas con la proteasa.

## Mejor rendimiento y respuesta inmune

Recientemente, Li et al. (2015) reportaron aumentos significativos en el aumento de peso (288 por ciento) y la conversión alimenticia (1,29) para camarones blancos del Pacífico alimentados con dietas bajas en harina de pescado (38 por ciento CP, 22 por ciento harina de pescado) suplementado con 175 mg/kg de una proteasa comercial multicomponente (Jefo Nutrition Inc., Canadá) en comparación con los animales alimentados con la misma dieta sin la suplementación (275 por ciento y 1,42, respectivamente). Los autores sugirieron el posible uso de proteasa en los alimentos acuícolas para reducir o reemplazar fuentes costosas de proteína con ingredientes poco digeribles y menos costosos sin afectar el rendimiento de los animales cultivados (Tabla 1).

## Chowdhury, Tabla 1

Parámetros	Control positivo (PC) 40% CP, 25% FM	Control negativo (NC) 38% CP, 22.5% FM	NC + 175 mg/kg proteasa 38% CP, 22.5% FM
FBW, g	12.9 +/- 0.6b	11.5 +/- 0.5a	12.4 +/- 0.2b
FCR	1.14 +/- 0.05a	1.28 +/- 0.05b	1.16 +/- 0.04a
HP_PROT, U/g tejido	3665 +/- 203b	3257 +/- 192a	3788 +/- 167b
IN_PROT, U/g tejido	520 +/- 57b	499 +/- 30a	527 +/- 37b

Peso corporal final (FBW), la relación de conversión alimenticia (FCR) y las actividades de proteasa digestiva en hepatopancreas (HP\_PROT) e intestino (IN\_PROT) en camarones blancos del Pacífico alimentados con dietas altas y bajas en harina de pescado (FM) donde la dieta baja en FM fue suplementada con una proteasa [de Li et al. (2015)].

Song et al. (2016) también reportaron una ganancia de peso y FCR significativamente mejores en camarones alimentados con dietas bajas en harina de pescado (LFM, 10 por ciento) suplementadas con la proteasa, en comparación con la misma dieta sin suplementación. También informaron de una concentración de fenol oxidasa sérica significativamente más alta y una menor concentración de malondealdehído en suero y hepatopancreas de camarones alimentados con las dietas suplementadas con proteasa. Los autores también realizaron una prueba de desafío de la enfermedad con una cepa patógena de *Vibrio parahaemolyticus* y reportaron una disminución lineal de mortalidad acumulada en 96 horas de los camarones alimentados con las dietas con 0, 125, 150 y 175 ppm de la proteasa (Tabla 2).

## Chowdhury, Tabla 2

Parámetros	Control positivo (PC) 20% FM	Control negativo (NC) 10% FM	NC + 125 mg/kg proteasa	NC + 150 mg/kg proteasa	NC + 175 mg/kg proteasa
FBW, g	12.3 +/- 0.3d	11.0 +/- 0.3a	11.3 +/- 0.3ab	11.7 +/- 0.5bc	12.0 +/- 0.5cd
Tripsina, U mg <sup>-1</sup> PROT	4927 +/- 21e	2106 +/- 59a	3419 +/- 192b	4048 +/- 137c	4576 +/- 141d
PO_S, U mL <sup>-1</sup>	672 +/- 11bc	525 +/- 14a	605 +/- 55b	691 +/- 4c	890 +/- 63d
MDA_S, nmol/mL	12 +/- 1.1b	16 +/- 0.2d	14 +/- 0.1d	13 +/- 0.6c	9 +/- 0.2a
PO_HP, U/mL	1028 +/- 13c	701 +/- 30a	739 +/- 52a	833 +/- 11b	1032 +/- 35c
CMR_96h	0.31 +/- 0.09a	0.54 +/- 0.04b	0.46 +/- 0.05b	0.40 +/- 0.04ab	0.32 +/- 0.06a

El peso corporal final (FBW), la actividad de tripsina endógena, la actividad de fenol oxidasa en suero (PO\_S) y hepatopancreas (PO\_P), la actividad malondealdehído en suero (MDA\_S) y la mortalidad acumulativa de 96 horas (CMR\_96h) bajo una prueba de desafío de enfermedad (una cepa patógena de *Vibrio parahaemolyticus*) de camarón blanco del Pacífico alimentado con una dieta de harina de pescado (FM) y una dieta baja en FM suplementada con niveles graduados (0, 125, 150 y 175 mg/kg de dieta) de una proteasa [de Song et al. (2016)].

## Perspectivas

Los ingredientes, las dietas, la edad, el tamaño, la etapa de muda y el ambiente de cultivo (como el pH, la temperatura y los niveles de oxígeno disuelto) pueden afectar significativamente la producción de enzimas digestivas en crustáceos y otros animales. La naturaleza compleja de la dieta y el medio ambiente, y sus efectos sobre la producción de enzimas digestivas, requiere una mejor comprensión de estas enzimas. Hay aproximadamente 14 tipos diferentes de enzimas proteolíticas digestivas reportadas en el camarón, con diferentes grados de temperatura y pH óptimo. La composición de estas enzimas y su interacción con el medio ambiente y las dietas puede influir significativamente en la capacidad digestiva y la respuesta inmune de los camarones.

Las enzimas dietéticas son una alternativa importante para mejorar la calidad del alimento y para una mejor digestibilidad de los nutrientes, y también para reducir los desechos orgánicos. Además, la suplementación enzimática puede mejorar la salud intestinal, compensar las enzimas digestivas cuando sea necesario, y también puede mejorar las respuestas inmunes.

Sin embargo, una gran mayoría de las partes interesadas sigue estando escéptica debido a problemas con la estabilidad térmica, las interacciones con otras enzimas, la seguridad de las dosis recomendadas y el conocimiento insuficiente sobre sustratos adecuados para las enzimas. Nuestra falta de comprensión sobre sustratos adecuados



Los ingredientes, las dietas, la edad, el tamaño, la etapa de muda y el ambiente de cultivo (tales como el pH, la temperatura y los niveles de oxígeno disuelto) pueden afectar significativamente la producción de enzimas digestivas en camarones y otros crustáceos y animales.

a menudo conduce al uso innecesario o inadecuado de algunas enzimas bajo varias marcas de complejos multi-enzimas, donde se combinan proteasas, carbohidrasas, fitasa y algunas veces incluso lipasas.

Es importante entender que cada enzima específica normalmente ataca sitios activos específicos en una molécula compleja. Por ejemplo, una enzima que contiene una única enzima proteasa puede ser sólo adecuada para sustratos o ingredientes específicos. Por otra parte, una enzima que contiene múltiples actividades de proteasa puede ser adecuada para múltiples sustratos y puede reaccionar positivamente con una amplia gama de materias primas. Con la crisis omnipresente de las materias primas de calidad, es esencial una comprensión en toda la industria de la aplicación dietética de la enzima, no sólo para los alimentos acuícolas para camarón, sino también para los alimentos acuícolas en general.

Se necesitan más investigaciones para comprender los efectos de diferentes proteasas dietéticas sobre la calidad de las proteínas en los alimentos, sus interacciones con diversos ingredientes, la salud intestinal y la utilización de nutrientes. La aplicación apropiada de las proteasas dietéticas disponibles en el mercado también ha sido un problema debido a las preocupaciones de estabilidad térmica y el temor a la destrucción durante la fabricación. Algunas mejores enzimas estables al calor están disponibles en forma de polvo seco, se pueden añadir fácilmente al mezclador durante la fabricación de alimentos acuícolas, y pueden mantener la mayor parte de su actividad intacta. Otras enzimas son, o revestidas, o están disponibles en forma líquida para la aplicación después de la peletización y que requiere herramientas mecánicas costosas.

También necesitamos una mejor comprensión de las ventajas y desventajas de los diversos métodos de aplicación al seleccionar una enzima. La capacidad de aplicar enzimas directamente al mezclador puede tener varias ventajas. Además de la facilidad de manejo, la proteasa también puede alterar la calidad de las proteínas del alimento durante la cocción o el acondicionamiento, dando como resultado un alimento acuícola de mejor calidad. Y una capa o recubrimiento parcial podría proporcionar una mejor solución para mejorar la estabilidad térmica.

A medida que el costo y la disponibilidad de fuentes de proteínas de calidad se convierten cada vez más en un problema, el uso de proteasas dietéticas podría proporcionar una mejor solución a la sostenibilidad de la industria acuícola. Sin embargo, todavía estamos en la infancia de nuestra comprensión de la complejidad del mundo de las

proteasas. Se recomienda encarecidamente un enfoque renovado en nuestra agenda de investigación para aprovechar al máximo el potencial de las enzimas proteasas.

*Todas las referencias disponibles del autor.*

## Author

---



**M.A. KABIR CHOWDHURY, PH.D.**

Jefo Nutrition Inc.  
Saint-Hyacinthe, Quebec, Canadá

[Kchowdhury@jefo.ca](mailto:Kchowdhury@jefo.ca) (<mailto:Kchowdhury@jefo.ca>).

Copyright © 2016–2019 Global Aquaculture Alliance

All rights reserved.