



ALLIANCE™

[.https://www.globalseafood.org](https://www.globalseafood.org)**Responsible
Seafood**
ADVOCATE

Aquafeeds

Evaluación de la digestibilidad de ingredientes con extractos enzimáticos de zoea, mysis y postlarvas de camarón blanco del Pacífico

14 April 2025

By Celine De Maesschalck, Ph.D. , Roeland Wouters, Ph.D. and Olivier Decamp, Ph.D.

Comprender y abordar la crisis enzimática observada en las etapas de PL mediante la selección óptima de ingredientes y la formulación de dietas puede mejorar el rendimiento del cultivo y la salud general



Un estudio evaluó la digestibilidad de ingredientes con extractos enzimáticos en etapas larvarias de camarón blanco del Pacífico. Los resultados revelaron variaciones significativas en la digestibilidad de las proteínas a lo largo de las etapas de desarrollo de *L. vannamei*, lo que destaca la importancia de formulaciones dietéticas específicas para cada etapa para optimizar el crecimiento y la salud. Fotografía de un muestreo de *L. vannamei* PL7 durante el estudio, realizada por Celine De Maesschalck.

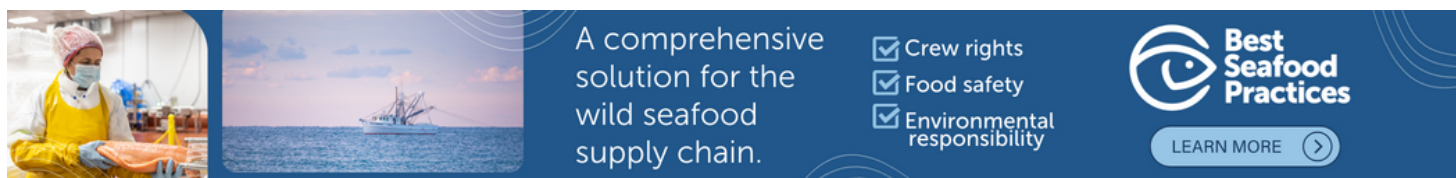
Una formulación, producción y prácticas de alimentación eficientes son cruciales para el suministro oportuno de nutrientes accesibles, su absorción y utilización en el camarón. Sin embargo, a nivel fisiológico del camarón, las enzimas digestivas disponibles desempeñan un papel clave en la digestión y absorción de proteínas, moléculas ricas en nutrientes. Las proteínas son esenciales en el desarrollo de las dietas para larvas de camarón, ya que proporcionan los aminoácidos necesarios para su crecimiento y supervivencia. Asegurar un suministro adecuado de proteínas es fundamental para optimizar la salud y el desarrollo de las larvas de camarón. La muda larvaria no solo conlleva distintas etapas morfológicas, sino también profundos cambios en el sistema digestivo que afectan la tasa de ingestión, el tiempo de tránsito intestinal y el conjunto de enzimas.

Durante las primeras etapas larvarias (zoea-mysis) del camarón marino, el tracto digestivo aún es muy simple y no está completamente desarrollado. La etapa postlarval temprana se caracteriza por una disminución significativa en la producción de enzimas digestivas (tripsina y quimotripsina), un fenómeno conocido como "crisis enzimática."

Las investigaciones indican que la actividad de la tripsina, que disminuye durante las primeras etapas postlarvales, disminuye significativamente a medida que el camarón crece. De igual manera, la actividad de la quimotripsina aumenta durante las etapas de zoea, pero disminuye durante las primeras etapas postlarvales. Esta reducción en la producción de enzimas afecta la capacidad del

camarón para digerir y utilizar eficientemente las proteínas de la dieta durante este período crítico de crecimiento y desarrollo. Comprender esta crisis enzimática es esencial para formular dietas efectivas que favorezcan un crecimiento óptimo en la acuicultura del camarón.

Nuestro estudio, realizado en colaboración con el laboratorio del Prof. Dr. Daniel Lemos de la Universidad de São Paulo (Brasil), se centró en optimizar el ensayo de digestibilidad *in vitro* para las etapas larvares y postlarvales del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). También realizamos un análisis exhaustivo de diversos ingredientes para analizar su digestibilidad, comprender el impacto de la crisis enzimática e identificar maneras de promover un crecimiento óptimo durante estas etapas.



(<https://bspcertification.org/>).

Materiales y métodos

Aplicamos el ensayo pH-stat como método *in vitro* para evaluar la digestibilidad proteica de diversos ingredientes, incluyendo fuentes proteicas de origen vegetal, animal y marino, tanto terrestres como marinos.

El método pH-stat para la digestibilidad proteica *in vitro* se estandarizó utilizando extractos enzimáticos de diferentes estadios de zoea (Z), mysis (M) y postlarval (PL) de *L. vannamei*. La relación enzima-sustrato (E:S) óptima se determinó evaluando diferentes concentraciones para lograr valores repetibles y una hidrólisis proteica significativa.



Vista de la configuración del ensayo pH-stat como método *in vitro* utilizado para evaluar la digestibilidad proteica de diversos ingredientes en el estudio. Foto de Celine De Maesschalck.

Este método implica la monitorización de la hidrólisis proteica mediante cambios en el pH. Durante la proteólisis, los protones se liberan de los enlaces peptídicos escindidos a un pH alcalino, lo que provoca una disminución del pH. Esta reducción se contrarresta añadiendo continuamente hidróxido de sodio (NaOH) para mantener un pH constante, lo que permite medir el consumo de NaOH, el cual se correlaciona con el grado de hidrólisis y, en consecuencia, con la digestibilidad de las proteínas. El método pH-stat se considera fiable gracias a su simplicidad y precisión para evaluar la digestibilidad de diversos ingredientes del alimento.

Resultados y discusión

Digestibilidad por etapa

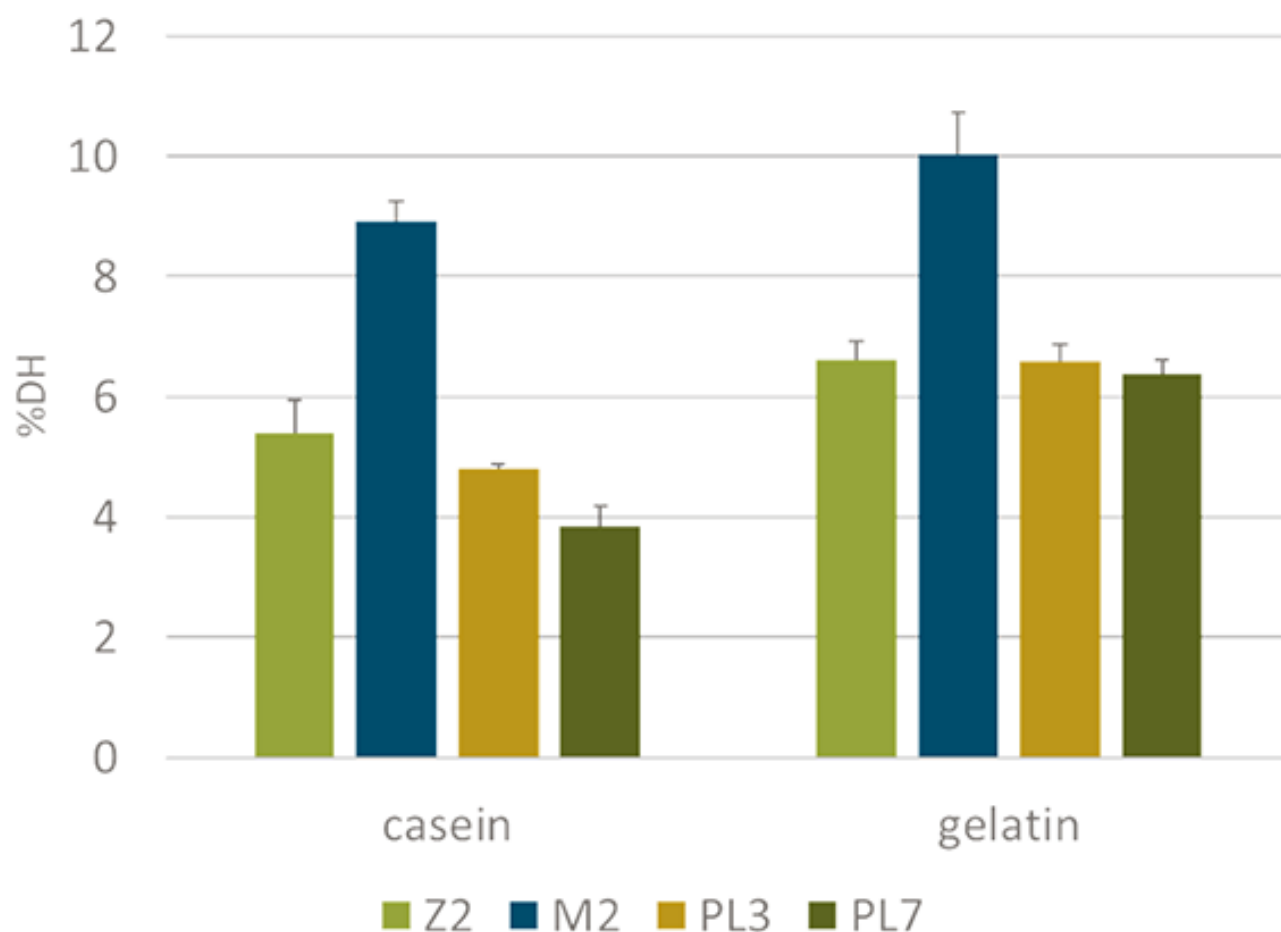


Fig. 1: Digestibilidad de las proteínas en diferentes etapas de desarrollo de *L. vannamei*. Las muestras se hidrolizaron durante 60 minutos a 30 ± 1 grados-C. Los resultados se muestran como media (barra vertical) y desviación estándar (barra de error), $n = 4$.

El ensayo reveló variaciones significativas en la digestibilidad de las proteínas en diferentes etapas de desarrollo de *L. vannamei* y subrayó la importancia de las formulaciones dietéticas específicas para cada etapa para optimizar el crecimiento y la salud del camarón. Específicamente, la etapa mysis II (MII) mostró una mayor digestibilidad de las proteínas en comparación con otras etapas. Los datos indicaron un aumento del potencial enzimático para digerir proteínas desde la etapa de zoea ZII hasta la etapa MII, seguido de una disminución desde la etapa MII hasta la etapa de postlarva PL3, y una disminución continua desde la etapa PL3 hasta la etapa PL7 (Fig. 1).

Digestibilidad de diferentes ingredientes

La selección de ingredientes es crucial para formular dietas larvarias eficaces. Nuestro estudio examinó la digestibilidad de diversos ingredientes alimenticios en diferentes etapas de desarrollo. Utilizamos dos controles (caseína y gelatina), cinco fuentes marinas, dos fuentes vegetales y una fuente de levadura (Fig. 2). El mayor grado de hidrólisis se observó en el pescado liofilizado, seguido de la harina de calamar y la gelatina.

Fig. 2: El grado de hidrólisis proteica (DH, porcentaje) mediante pH-stat in vitro de ingredientes seleccionados para Z2, M2, PL3 y PL7 de *L. vannamei*. Las muestras se hidrolizaron durante 60 minutos a 30 ± 1 grados-C. Los superíndices diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los ingredientes dentro de una etapa de desarrollo del camarón. Los resultados se muestran como media (barra vertical) y desviación estándar (barra de error), $n = 4$. Pescado liofilizado (a) de Tailandia; (b) de Rusia.

Las fuentes de proteína marina fueron, en general, más digestibles que las fuentes vegetales. Esta disparidad puede atribuirse a la presencia de inhibidores enzimáticos en las fuentes vegetales y a la falta de proteasas específicas necesarias para la digestión eficiente del material vegetal por las larvas de camarón. Por ejemplo, la harina de soya, una proteína vegetal común, presentó una menor digestibilidad en todas las etapas de nuestro estudio.

El pescado liofilizado fue el ingrediente más digestible en todas las etapas, lo que destaca el valor nutricional superior de los alimentos de origen marino. El grado relativamente menor de hidrólisis de la harina de pescado en comparación con el pescado liofilizado ilustra aún más cómo el procesamiento de la materia prima puede afectar la digestibilidad. Las proteínas de mariscos frescos congelados, por ejemplo, se consideran fuentes de alta calidad debido a su mayor digestibilidad y contenido nutricional. Estos ingredientes marinos frescos congelados proporcionan nutrientes esenciales que las larvas absorben fácilmente, lo que favorece su crecimiento y desarrollo de forma más eficaz que los ingredientes marinos secos procesados.

La crisis enzimática observada en las etapas postlarvales PL3 y, en menor medida, PL7, supone un desafío significativo para la digestión de proteínas y la absorción de nutrientes. Comprender y abordar esta crisis enzimática mediante la selección óptima de ingredientes y la formulación de dietas puede mejorar el rendimiento del cultivo y la salud general.

Conclusiones

En primer lugar, el análisis de diferentes ingredientes demostró que las fuentes marinas presentaron una digestibilidad consistentemente mayor en comparación con las fuentes vegetales en las etapas investigadas. En segundo lugar, la mayor digestibilidad del pescado liofilizado en comparación con la harina de pescado demostró cómo un mayor procesamiento de los ingredientes afecta la digestibilidad y destacó el potencial de los ingredientes frescos congelados. En tercer lugar, el método pH-stat demostró ser un modelo eficaz para determinar la digestibilidad proteica de diferentes ingredientes del alimento.

Authors



CELINE DE MAESSCHALCK, PH.D.

Corresponding author

INVE Technologies NV, Hoogveld 93, 9200 Dendermonde, Belgium

c.demaesschalck@inveaquaculture.com (<mailto:c.demaesschalck@inveaquaculture.com>).**ROELAND WOUTERS, PH.D.**

INVE Technologies NV, Hoogveld 93, 9200 Dendermonde, Belgium

**OLIVIER DECAMP, PH.D.**

INVE (THAILAND) Ltd, Amphoe Wachirabarami, Phichit 66220, Thailand

Eva Werbrouck, Ph.D.

INVE Technologies NV, Hoogveld 93, 9200 Dendermonde, Belgium

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.