

B. Alimentación y Nutrición I, II, III

## **OPTIMIZACIÓN DE LA BIOACCESIBILIDAD DE NUTRIENTES EN UNA MEZCLA DE MICRO Y MACROALGAS MEDIANTE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA Y FERMENTACIÓN MICROBIANA**

**Jorge García-Márquez<sup>1</sup>, Antonio J. Vizcaíno<sup>2</sup>, Miguel Á. Moriñigo<sup>1</sup>, Roberto T. Abdala Díaz<sup>3</sup>, Francisco J. Alarcón-López<sup>2,4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Instituto Andaluz de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), Universidad de Málaga, 29071 Málaga, España

<sup>2</sup>Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería, 04120 Almería, España

<sup>3</sup>Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Instituto Andaluz de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), Universidad de Málaga, 29071 Málaga, España

<sup>4</sup>Lifebioencapsulation SL, Parque Científico PITA, 04131 El Alquián, Almería

### **Resumen**

Este estudio investiga el impacto de diferentes tratamientos en la composición nutricional y la biodisponibilidad de una mezcla de algas con el objetivo de mejorar su potencial como ingrediente para piensos acuícolas. Se realizaron tratamientos de hidrólisis enzimática, fermentación y una combinación de ambos sobre la mezcla de algas. Se evaluaron cambios en la composición nutricional, incluida la digestibilidad, así como la biodisponibilidad de nutrientes clave. Los resultados muestran que la combinación hidrólisis-fermentación mejoraron significativamente la biodisponibilidad de los nutrientes en comparación con la hidrólisis enzimática o la fermentación sola. Además, se observaron cambios en la composición química de las algas, lo que sugiere una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales para los organismos acuáticos. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para el desarrollo de piensos acuícolas más eficientes y sostenibles, que pueden mejorar el rendimiento de los peces y reducir el impacto ambiental de la acuicultura.

### **Introducción**

La acuicultura desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria global al proporcionar una fuente sostenible de productos del mar. Sin embargo, el desarrollo de piensos acuícolas eficaces y sostenibles sigue siendo un desafío importante para la industria. En este contexto, las algas han surgido como una alternativa prometedora para la alimentación acuícola debido a su alta calidad nutricional y su potencial para mejorar el rendimiento de los peces (Shah et al., 2018). La composición nutricional de las algas puede variar significativamente según la especie y las condiciones de cultivo, lo que afecta su valor como ingrediente para piensos. Además, la estructura celular de las algas, que incluye la pared celular, puede limitar la biodisponibilidad de los nutrientes para los organismos acuáticos. Por lo tanto, es crucial desarrollar métodos efectivos para mejorar la digestibilidad y la biodisponibilidad de los nutrientes y optimizar su uso en la alimentación acuícola.

En este estudio, investigamos el impacto de diferentes tratamientos en la composición nutricional y la biodisponibilidad de una mezcla de algas. Se emplearon tratamientos de hidrólisis enzimática, fermentación y una combinación de ambos para mejorar la accesibilidad de los nutrientes en la mezcla. Nuestro objetivo es evaluar *in vitro* cómo estos tratamientos afectan la composición química de las algas y la disponibilidad de nutrientes para los organismos acuáticos. Los resultados de este estudio tienen el potencial de informar el desarrollo de piensos acuícolas más eficientes y sostenibles, lo que contribuye a la mejora del rendimiento de los peces y la reducción del impacto ambiental de la acuicultura.

### Material y métodos

Se preparó una mezcla de distintas especies de algas (30% *Arthrospira* sp., 30% *Ulva* sp., 20% *Chlorella* sp., 10% *Isochrysis* sp., y 10% *Nannochloropsis* sp.) debido a su valor nutricional y su disponibilidad comercial. La mezcla de algas se sometió a tres tratamientos diferentes: hidrólisis enzimática, fermentación y una combinación de ambos. Los pretratamientos fueron realizados por LifeBioencapsulation S.L. (Almería, España). Para el tratamiento de hidrólisis enzimática, se utilizó una mezcla de enzimas comerciales que incluía celulasas y proteasas. Para el tratamiento de fermentación, la mezcla de algas se mezcló con dos concentraciones distintas de *Saccharomyces cerevisiae* y de *Bacillus subtilis* ( $10^8$  ufc/mL y  $10^9$  ufc/mL de ambas, respectivamente). Además, un tercer lote de algas pretratadas se obtuvo mediante una combinación secuencial de ambos procesos, llevando a cabo la mejor condición obtenida en la hidrólisis enzimática seguida de la mejor condición obtenida en la fermentación.

La estimación de los distintos tratamientos (hidrólisis, fermentación y combinación secuencial) se llevó a cabo mediante la cuantificación de aminoácidos totales (Church et al., 1983), la cantidad de azúcares reductores (Miller, 1959), y polifenoles totales (Singh et al., 2002). En todos los tratamientos se incluyó un control bajo las mismas condiciones experimentales, sin la adición de enzimas o bacterias.

### Resultados y discusión

La cantidad total de aminoácidos liberados bajo las condiciones de ensayo alcanzó los 20 g / 100 g<sup>-1</sup> proteína en varias condiciones de hidrólisis enzimática, así como en la fermentación a la concentración de  $10^9$  ufc/mL de ambas bacterias. Sin embargo, el tratamiento secuencial de hidrólisis-fermentación aumentó la concentración de aminoácidos liberados hasta los 80 g / 100 g<sup>-1</sup> proteína, en comparación con los 9-10 g de aminoácidos libres / 100 g<sup>-1</sup> proteína medidos en los controles. La concentración de azúcares reductores en los recipientes de reacción aumentó a lo largo de los distintos ensayos debido a la adición tanto de las enzimas como de las bacterias, siendo las diferencias significativas en cada tiempo de muestreo. Finalmente, la cuantificación de polifenoles totales reveló un aumento significativo respecto a los controles de estas sustancias en los sobrenadantes tras las distintas hidrólisis, fermentaciones, así como en el tratamiento secuencial. A la vista de los resultados, la condición biotecnológica recomendada es un tratamiento secuencial (hidrólisis-fermentación) de la biomasa que será evaluada *in vivo* para validar su eficacia y aplicabilidad en condiciones reales de cultivo.

### Palabras Clave:

Algas, fermentación bacteriana, hidrólisis enzimática, nutrición acuícola

### Bibliografía

- Church, F. C., Swaisgood, H. E., Porter, D. H., y Catignani, G. L. 1983. Spectrophotometric Assay Using o-Phthaldialdehyde for Determination of Proteolysis in Milk and Isolated Milk Proteins. *Journal of Dairy Science*, 66(6): 1219–1227.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical chemistry*, 31(3), 426-428.
- Shah, M. R., Lutz, G. A., Alam, A., Sarker, P., Kabir Chowdhury, M. A., Parsaeimehr, A., Liang, Y., y Daroch, M. 2018. Microalgae in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry. *Journal of Applied Phycology*, 30(1): 197–213.
- Singh, R. P., Chidambaram Murthy, K. N., y Jayaprakasha, G. K. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 81–86.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto TED2021-132290B-I00 (Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, Ministerio de Ciencia e Innovación), y por el proyecto PCM\_00081 (Programa de Ayudas a Proyectos de I+D+i, en régimen de concurrencia competitiva, en el marco del Plan Complementario de Ciencias Marinas y del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, Junta de Andalucía).

### Correo del Autor

j.garcia@uma.es