

D. Cultivo de Algas, Moluscos y Crustáceos

Cultivo de *Ulva pseudorotundata* (Chlorophyta) en diferentes tipos de fotobiorreactores: fotosíntesis, asimilación de nitrato y producción de ulvanos y proteínas

Félix L. Figueroa¹, Víctor Robles¹, Rafael Sesmero¹, Fabio de Farias Neves²

¹Universidad de Málaga, Instituto andaluz de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA). Centro Experimental Grice Hutchinson. Lomas de San Julián, 2. 29004 Málaga, España.

²Laboratorio de Cultivo y Biotecnología de Algas, Departamento de Ingeniería de Pesca y Ciencias Biológicas, Universidad del Estado de Santa Catarina – UDESC. Laguna, Brasil.

Resumen

El cultivo de macroalgas puede ayudar a la biofiltración de efluentes de piscifactorías y mitigar la eutrofización costera, y por otro lado, la biomasa algal puede ser empleada en la obtención de compuestos de interés para la industria alimentaria, acuicultura y cosmeceútica. En este trabajo se investiga sobre la producción de biomasa de la macroalga *Ulva pseudorotundata* (Chlorophyta). Las algas fueron cultivadas en diferentes fotobiorreactores a diferentes concentraciones de nitrato y densidades de algas: (1) tanques rectangulares de 1 m² de superficie y 0.8 m de profundidad, (2) estanques race-ways de 30 m² y 0.1 m de profundidad (3) Bolsas de polietileno de 80 L. Al aumentar la densidad algal disminuyó la tasa específica de crecimiento. Se observó caída en la producción fotosintética al mediodía con recuperación al atardecer (fotoinhibición dinámica). Las algas en tanques tienen un patrón fotosintético de algas tipo sombra con producciones menores y menores irradiancias de saturación que las algas de raceway de tipo sol. Tras 7 días de cultivo se remueve 85-95% del nitrato del medio. Los Ulvanos, polisacáridos ácidos sulfatados ricos en ramnosa con propiedades antivirales, antioxidantes y antitumorales, incrementaron bajo condiciones de baja disponibilidad de nitrato en contraste con las proteínas aunque en tanques a baja irradiancia el incremento de Ulvanos se dio a altos niveles de nitrato. La producción de *Ulva* fue mayor y a menor coste en estanques raceways presentado alta capacidad de biofiltración de nitrato y produciendo proteínas para uso alimentario y Ulvanos de uso cosmeceútico.

Palabras clave: Densidad de algas, Fotosíntesis, Estanques Race ways, Proteínas, Nitrato, *Ulva*, Ulvanos

Introducción

El cultivo de macroalgas en sistemas de acuicultura recirculante (RAS) en instalaciones en tierra en general se realiza en tanques con agitación del agua por bombas soplantes lo que eleva el coste de producción. Las tasas de crecimiento son más bajas que las de microalgas pero presentan ventajas por el menor coste en su cosechado y la presencia de otros compuestos bioactivos de interés. Hay especies de macroalgas nitrófilas con altas tasas de crecimiento como las verdes del género *Ulva* o rojas de los géneros *Porphyra* y *Gracilaria*. Hay fotobiorreactores alternativos menos costosos como los estanques raceways en el que el agua se mueve con paletas o bolsas de polietileno en el que incrementa la relación S/V del sistema de cultivo. La producción de biomasa dependerá además de la densidad algal y de los niveles de nutrientes en el medio así como del uso eficiente de la radiación solar. En este trabajo se compara la producción de biomasa de *Ulva pseudorotundata* a densidades de 3-9 g Peso fresco (PF)/L en: (1) tanques rectangulares de 1 m² de superficie y 0.8 m de profundidad con aireación y (2) estanques raceways con movimiento de agua mediante paletas de 30 m² y 0.1 m de profundidad y (3) Bolsas de polietileno de 80 L a densidades de 3g PF/L.

Material y Métodos

El alga verde *Ulva pseudorotundata* Cormaci, (G. Furnari and Alongi) fue recolectada en la Bahía de Cádiz (36°30'N, 6°10'W) y trasladadas a la Universidad de Málaga. Fueron identificadas mediante marcadores moleculares, subunidad grande de la Ribulose Bifosfato Carboxylasa- Oxygenasa (RuBisCO), región génica (rbcL).

Las algas fueron cultivadas a diferentes densidades (3-9 g PF/L) y niveles de nitratos (50- 500 µmol NO₃/L) dependiendo del Fotobiorreactor y en distintas estaciones del año (primavera y verano). La temperatura en el agua, pH y oxígeno disuelto (OD) fueron monitorizados cada 30 min en los raceways mediante sensores (Jumo tecLine HD, Germany). La irradiancia solar incidente fue medida mediante un sensor HOBO pendant® Light Data Logger (Onset, MA, USA). La concentración de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ and PO₄³⁻ fue

medida espectrofotométricamente mediante un autoanalizador (Technicon AA-2) de acuerdo Grasshoff et al. (1983). Las tasas de crecimiento se expresaron en incremento de biomasa fresca (PF) en unidad de superficie de fotobiorreactor (m^2) y tiempo (días). La Fotosíntesis fue determinada tanto *in situ* en los fotobiorreactores como en el laboratorio mediante la Fluorescencia *in vivo* de la clorofila a asociada al Fotosistema II (Fluorímetros PAM), siendo la tasa de transporte electrónico (ETR, $\mu mol m^{-2} s^{-1}$) un estimador de la producción fotosintética (Figueroa et al., 2021).

Resultados y Discusión

Las tasas de crecimiento se incrementaron con los niveles de nitrato. Las mayores tasas de crecimiento se dieron en los estanques raceways en verano. Estos estanques presentan la mayor relación S/V (Tabla 1). Los niveles de proteínas fueron más altos a mayores concentraciones de nitrato mientras que el de ulvanos fueron a menores en estanques raceways con mayor irradiancia solar mientras que en tanques con ambiente más esciáfilo y menor relación S/V, los niveles de ulvanos fueron mayores a alta concentración de nitrato.

Tabla 1. Tasas de crecimiento ($gPF m^{-2} d^{-1}$) y concentración de proteínas y ulvanos en $mg g^{-1}$ Peso seco (PS) de biomasa de *Ulva pseudorotundata* en diferentes Fotobiorreactores en distintas estaciones del año (primavera y verano) y distintas densidades de algas y niveles nitrato en el medio. La relación superficie/volumen (S/V) de Tanques, Bolsas y Raceways fue 1, 5, 10 m^{-1} , respectivamente.

Fotobiorreactor Densidad algas g PS/L Nitrato $\mu mol/L$	Tasa de crecimiento $gPF m^{-2} d^{-1}$	Proteínas $mg g^{-1} PS$	Ulvanos $mg g^{-1} PS$
Tanques-Primavera			
3-200	20	180	38
3-500	25	240	45
8-200	2	250	34
8-500	5	300	37
Bolsas de polietileno-Verano			
3-50	32	125	40
3-500	45	180	25
Raceways-Primavera			
2-150	17	120	50
Raceways-Verano			
5-150	37	-	-
7-150	38	-	-
9-150	40	-	-
9-150 aclimatada	48	-	-

La tasa fotosintética más alta se observó en estanques raceway en verano a pesar de las altas temperaturas (28-32 °C) y pH (9-10) que se alcanzan al mediodía. Esto produce fotoinhibición pero las algas se recuperan tras el mediodía manteniendo producciones diarias altas incluso a concentraciones medias de nitrato (150 $\mu mol/L$). La aclimatación de algas transferidas de tanques a raceways tras una semana disminuyó la fotoinhibición y en consecuencia se incrementó la producción de biomasa (Tabla 1).

Agradecimientos

La investigación fue financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España (Proyecto Alga Hub Project TED2021-131555B-C22) y el Proyecto CNPq N°26/2021 (Bolsa exterior para investigación Científica, Tecnológica e Innovación de Brasil)

Bibliografía

- Grasshoff, K., Ehrhardt, M. and Kremling K. (1983). *Methods of seawater analysis*, 2nd ed. Vch Publishing, Weinheim
- Figueroa, F. L., Bonomi-Barufi, J., Celis-Plá, P. S. M., Nitschke, U., Arenas, F., Connan, S., Abreu, M. H., Malta, E. J., Conde-Álvarez, R., Chow, F. et al. (2021). Short-term effects of increased CO₂, nitrate and temperature on photosynthetic activity in *Ulva rigida* (Chlorophyta) estimated by different pulse amplitude modulated fluorimeters and oxygen evolution. *Journal of Experimental Botany*, 72(2), 491–509.

Correo electrónico del autor: Felixlfigueroa@uma.es