

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI HEO SAU XỬ LÝ KỸ KHÍ BẰNG QUÁ TRÌNH TĂNG TRƯỞNG ĐÍNH BẮM CỦA *Spirulina platensis* CÓ HỖ TRỢ CHIẾU SÁNG BẰNG ĐÈN LED

Phạm Duy Thanh*, Nguyễn Mậu Trung Chính,
Phạm Thị Ngọc Hân, Phùng Lê Thúy Hằng, Nguyễn Lan Hương

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

*Email: thanhpd@hufi.edu.vn

Ngày nhận bài: 03/5/2022; Ngày chấp nhận đăng: 31/10/2022

TÓM TẮT

Nghiên cứu này ứng dụng quá trình tăng trưởng đính bám của vi tảo *Spirulina platensis* để khảo sát khả năng loại bỏ amoni và phosphat trong nước. Nước thải chăn nuôi heo sau quá trình phân hủy kỵ khí được sử dụng trực tiếp làm môi trường nuôi *Spirulina platensis*. Kết quả nghiên cứu cho thấy vi tảo phát triển tốt trên giá thể và sinh khối tảo bám đạt 30,50 g/m². Hiệu quả loại bỏ amoni, phosphat và COD của hệ thống tương ứng đạt 70,60%, 54,30% và 88,46%. Nghiên cứu này cho thấy tiềm năng ứng dụng quá trình tăng trưởng đính bám của *Spirulina platensis* trong việc nuôi thu sinh khối và loại bỏ nitơ, phospho trong nước thải chăn nuôi heo sau quá trình xử lý kỵ khí.

Từ khóa: Amoni, nhu cầu oxy hóa học, màng sinh học, phosphat, *Spirulina platensis*.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, công nghệ xử lý sinh học kỵ khí kết hợp với sản xuất biogas được áp dụng để xử lý nước thải từ trại chăn nuôi heo. Tuy nhiên, nguồn nước sau xử lý vẫn chứa nồng độ cao COD, nitơ, phospho và các chất dinh dưỡng khác [1]. Đã có nghiên cứu chỉ ra rằng vi tảo có khả năng loại bỏ nitơ và phospho trong nước. Anh & Khuyên (2020) nuôi vi tảo *Chlorella* sp. trong nước thải thủy sản trong bể quang sinh dạng cột để tìm hiểu khả năng xử lý nước thải nuôi tôm sú. Kết quả chỉ ra rằng có sự tăng trưởng sinh khối vi tảo cùng với sự giảm nồng độ amoni và phosphate. Hiệu quả xử lý cao nhất sau 4 ngày nuôi tảo trong hệ thống quang sinh và hiệu suất loại bỏ amoni và phosphate lần lượt là 77,54% và 79,17% [2]. Nghiên cứu của Blanco và cs. (2021) sử dụng vi tảo *Chlorella vulgaris* để xử lý nước thải sau xử lý kỵ khí trong bể quang sinh có sục khí (bubble column photobioreactors). Kết quả chỉ ra rằng *C. vulgaris* có khả năng loại bỏ nitơ trong nước đồng thời có thể tận dụng loại nước thải này để sản xuất sinh khối tảo [3].

Cùng với *Chlorella* sp., vi tảo *Spirulina platensis* cũng đã được dùng để nghiên cứu khả năng loại bỏ chất ô nhiễm nitơ, phospho khỏi môi trường nước [4]. Nezzomo và cs. (2009) nghiên cứu pha loãng nước thải nhà máy sản xuất rượu vang để nuôi tảo *Spirulina platensis* và tìm hiểu khả năng xử lý amoni, phosphate, COD của loài vi tảo này. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả xử lý nước liên quan với mức độ pha loãng nước thải và sự tăng trưởng của *Spirulina platensis* [5]. Markou và cs. (2012) đã dùng sodium hypochlorite (NaClO) để khử màu nước thải của nhà máy sản xuất dầu ô liu, nguồn nước sau đó dùng nuôi *Spirulina platensis* để tìm hiểu hiệu suất xử lý phenol, phospho, nitrate và COD [6].

Đặc điểm chung của những nghiên cứu này là ứng dụng quá trình tăng trưởng lơ lửng của vi tảo để xử lý nước. Vi tảo được nuôi trong bể nuôi hoặc hệ thống quang sinh, được gắn hệ thống cấp ánh sáng nhân tạo. Nhìn chung, mật độ sinh khối trong những hệ thống này không cao, đạt 0,5 g/L ở hồ và từ 2 đến 6 g/L khi áp dụng hệ thống quang sinh [7]. Sau khi xử lý nước, sinh khối tảo có thể được sử dụng vào nhiều mục đích như làm thức ăn gia súc, phân bón, hay nhiên liệu sinh học. Phương pháp thu sinh khối tảo thường được dùng là lắng, lọc, keo tụ, tuyển nổi hay ly tâm. Những phương pháp này tốn thời gian, có thể chiếm 21% tổng chi phí nuôi [7]. Ngoài ra, ứng dụng quá trình tăng trưởng lơ lửng vi tảo xử lý nước còn có một số hạn chế như cần diện tích lớn và chi phí lắp đặt cao [8].

Khác với quá trình tăng trưởng lơ lửng của vi tảo, ứng dụng tăng trưởng dính bám để xử lý nước thải có những ưu điểm nổi bật. Trong phương pháp này, tế bào tảo dính bám vào giá thể; sử dụng nitơ, phospho và các chất dinh dưỡng khác cho sự sinh trưởng, phát triển tạo nên màng sinh học. Theo thời gian nuôi tảo, nồng độ chất dinh dưỡng trong nước giảm, màng sinh học vi tảo dày lên và sinh khối được thu bằng cách cào trên bề mặt giá thể. Sinh khối thu đạt 10-20% trọng lượng khô, giống như sinh khối sau ly tâm [7]. Sau khi thu sinh khối, tảo vẫn còn dính bám vào trong các lỗ của vật liệu làm giá thể giúp chúng nhanh chóng phát triển trở lại. Giá thể sử dụng cho tảo bám có thể cố định hay xoay tròn; được đặt nằm ngang hay thẳng đứng. Vật liệu làm giá thể cho vi tảo đa dạng; có thể là sợi cotton, vải cotton hay được làm từ nylon.

Nghiên cứu này sử dụng nguồn nước thải chăn nuôi heo sau quá trình xử lý kỵ khí từ hầm biogas làm môi trường nuôi tảo *Spirulina platensis*. Khác với các nghiên cứu trước, ở nghiên cứu này không cần công đoạn tiền xử lý nước thải. Cụ thể như không pha loãng nước thải và cũng không xử lý bằng NaClO trước khi thí nghiệm. Nghiên cứu ứng dụng quá trình sinh trưởng dính bám của tảo trên giá thể cố định trong điều kiện có chiếu sáng đèn LED (light - emitting diode) để khảo sát hiệu suất loại bỏ amoni, phosphat và COD. Sự gia tăng sinh khối *Spirulina platensis* cũng được khảo sát trong nghiên cứu này.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

2.1.1. Vi tảo

Trong nghiên cứu này, vi tảo *Spirulina platensis* được dùng để tiến hành thí nghiệm. Loài vi tảo này được lưu giữ tại phòng thí nghiệm Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 2, tại địa chỉ 116 Nguyễn Đình Chiểu, Quận 1, TP. Hồ Chí Minh.

2.1.2. Môi trường

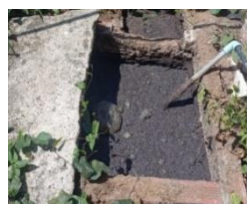
Giống tảo được nuôi trong môi trường Zarrouk. Thành phần môi trường bao gồm các chất sau (cho 1 lít): 13,61 g NaHCO_3 ; 4,03 g Na_2CO_3 ; 2,5 g NaNO_3 ; 0,5 g K_2HPO_4 ; 1,0 g K_2SO_4 ; 1,00 g NaCl ; 0,20 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,04 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,01 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ và 1 mL dung dịch vi lượng. Thành phần dung dịch vi lượng (trong 100 mL) bao gồm: 286 mg H_3BO_3 ; 250 mg $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 22,2 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 7,9 mg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ và 2,1 mg $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.



a. *Spirulina platensis*



b. *Spirulina platensis* trong bình nuôi



c. Bể sau xử lý kỵ khí



d. Nước thải

Hình 1. Vi tảo *Spirulina platensis* và nước thải

2.1.3. Nước thải

Ở nghiên cứu này, nước thải chăn nuôi heo sau quá trình phân hủy kỵ khí, ở bể sau hầm biogas, được dùng để thí nghiệm. Mẫu nước được lấy tại hộ chăn nuôi heo tại xã Tân Phú Trung, huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh. Trong xử lý nước thải bằng vi tảo, mẫu nước sau hầm biogas thường được xử lý sơ bộ để loại bỏ rác, một phần chất rắn lơ lửng hoặc khử màu làm nước trong hơn nhằm tạo điều kiện cho tảo quang hợp. Nhiều phương pháp đã được áp dụng như lọc cát [9], hay dùng NaClO , H_2O_2 , O_3 [10]. Khác với các nghiên cứu trước, ở nghiên cứu này nước thải chỉ được lọc qua vải nylon 300 μm để loại bỏ mảnh vụn và không dùng hóa chất để giảm độ màu, độ trong của nước. Nước thải sau lọc được dùng trực tiếp làm môi trường nuôi tảo. Thông số nước thải trong nghiên cứu này được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc tính nước thải trong thí nghiệm

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	pH	-	7,3
2	Phosphat	mg/L	63,70
3	Amoni	mg/L	68,18
4	COD	mgO ₂ /L	416,00

2.1.4. Giá thể, mô hình thí nghiệm

Giá thể cho tảo bám ở nghiên cứu này được làm bằng lưới. Lưới được làm từ chất liệu polyester. Kích thước sợi lưới là 1 mm, mắt lưới hình vuông rộng 5 mm. Mỗi giá thể có kích thước rộng, dài tương ứng là 25 cm \times 29 cm. Mô hình sử dụng 6 miếng giá thể, ứng với tổng diện tích 0,870 m². Mỗi giá thể được gắn với ống nhựa PVC đường kính 1,5 cm để phân phối nước thải. Các giá thể được đặt trong bể kính có chiều dài, rộng, cao tương ứng là 50 \times 32 \times 34 cm.



a. Giá thể



b. Mô hình thí nghiệm

Hình 2. Giá thể và mô hình thí nghiệm

2.2. Phương pháp

Nghiên cứu này thực hiện hai thí nghiệm. Thí nghiệm thứ nhất nhằm tìm hiểu sự tăng sinh khối tảo trong các điều kiện chiếu sáng của bốn loại ánh sáng đèn LED khác nhau, trong môi trường nước thải. Kết quả của thí nghiệm này sẽ chọn loại đèn LED tạo sự tăng sinh khối tảo nhiều nhất và được dùng để vận hành mô hình xử lý nước thải trong thí nghiệm thứ hai.

2.2.1. Thí nghiệm *Spirulina platensis* đối với ánh sáng đèn LED

Trong nghiên cứu này, bốn loại đèn LED: (a) đèn LED trắng (380-700 nm), (b) LED đỏ (580-720 nm), (c) LED xanh (430-480 nm) và sự kết hợp của hai loại đèn (d) LED xanh và LED đỏ được sử dụng. Chu kỳ chiếu sáng 12 : 12, cường độ chiếu sáng 2.0 klux. Ở cường độ chiếu sáng này, vi tảo có tốc độ tăng trưởng nhanh nhất [11]. Mô hình vận hành theo mẻ trong

thời gian 7 ngày. Sinh khối tảo được xác định bằng phương pháp khối lượng. Môi trường chứa tảo được lọc qua giấy lọc đã biết khối lượng, sau đó sấy ở 70 °C trong 24 giờ và tính được khối lượng sinh khối tảo khô [12, 13].

2.2.2. Thí nghiệm ứng dụng tăng trưởng dính bám vi tảo để xử lý nước thải

Vận hành mô hình xử lý nước thải: Mô hình được vận hành theo mẻ trong thời gian 6 ngày, được lặp lại 3 lần. Nước thải được bơm từ dưới lên qua ống PVC phân phối cho các giá thể trong bể kính. Bơm nước hiệu LifeTech, AP2500, công suất 30 w được đặt chìm trong thùng 30 lít chứa 20 lít nước thải. *Spirulina platensis* dùng ở thí nghiệm này đã được nuôi thích nghi với môi trường nước thải trong thời gian 15 ngày. Khi tiến hành thí nghiệm, 5 lít dịch tảo *Spirulina platensis* đã thích nghi, có nồng độ 63,20 mg/L, được bổ sung vào can chứa nước thải. Trong quá trình thí nghiệm, tảo *Spirulina platensis* sẽ dính bám vào giá thể, tăng trưởng và phát triển.

2.2.3. Xác định sinh khối

Để xác định sinh khối tảo bám trên giá thể, 3 miếng giá thể đã biết khối lượng, diện tích mỗi miếng 4 cm² được thu, sấy ở 70 °C, cân khối lượng và tính sinh khối tảo bám. Đơn vị dùng tính sinh khối là khối lượng tảo trên diện tích giá thể (g/m²) [13].

2.2.4. Thông số amoni, phosphat, COD

Thu 25 mL mẫu nước trong bể sau đó ly tâm 3000 vòng/phút trong 10 phút. Phần nước sau ly tâm được dùng để phân tích amoni, phosphat và COD theo hướng dẫn trong APHA, 2012. Máy đo pH hiệu SI Analytics - Lab 855, cân phân tích Pionieer - OHAUS và máy đo quang PhotoLab - 6100 VIS được dùng trong nghiên cứu này. Hiệu suất loại bỏ chất ô nhiễm được tính theo công thức: $H (\%) = 100\% \times (C_o - C_i)/C_o$.

Trong đó: C_o và C_i lần lượt là giá trị nồng độ khởi đầu và ở thời gian thu mẫu.

2.2.5. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsofl Excel Office 2010 và Statgraphics XV, Version 15.1.02. Sử dụng phương pháp phân tích ANOVA và kiểm định T-test với độ tin cậy 95% để xác định sự khác biệt có ý nghĩa giữa các giá trị trung bình mẫu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

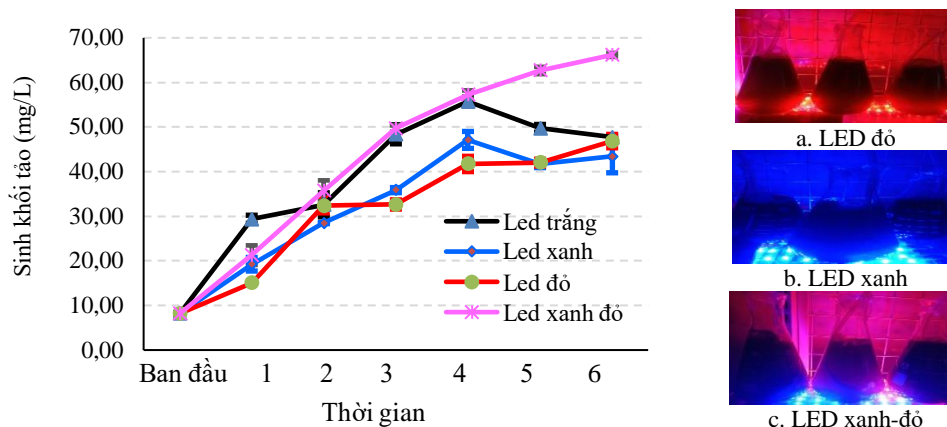
3.1. Sự tăng sinh khối vi tảo

Sự tăng sinh khối vi tảo trong các trường hợp chiếu sáng bằng đèn LED xanh, đỏ, xanh - đỏ và trắng được trình bày ở Hình 3. Kết quả nghiên cứu này cho thấy đối với đèn LED đỏ và đèn LED xanh, sinh khối ban đầu thí nghiệm là 8,16 mg/L, sau 7 ngày nuôi giá trị sinh khối tương ứng đạt 46,90 mg/L và 43,42 mg/L. Trong 5 ngày đầu, sinh khối tảo đều tăng dần đối với 4 loại đèn LED. Sau 7 ngày, sinh khối *Spirulina platensis* đạt giá trị cao nhất là 66,20 mg/L trong trường hợp đèn LED xanh - đỏ, cao gấp 1,38 lần so với đèn LED trắng, ứng với sự tăng sinh khối là 38,76 %. Kết quả xử lý thống kê chỉ ra rằng có sự khác biệt về sinh khối tảo trong trường hợp chiếu sáng bằng đèn LED xanh - đỏ so với ba loại đèn LED trắng, LED xanh và LED đỏ.

Kết quả ở nghiên cứu này không khác so với nghiên cứu trước đó. Nghiên cứu trên tảo *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* chỉ ra rằng việc kết hợp ánh sáng xanh (390-450 nm) và ánh sáng đỏ (~ 660 nm) sẽ giúp tăng sinh khối vi tảo mặc dù những vùng bước sóng khác

cũng góp phần hỗ trợ cho sự tăng trưởng [14]. Rizzo và cs. (2015) đã thí nghiệm nuôi *Spirulina platensis* trong môi trường Zarrouk dưới ánh sáng của đèn huỳnh quang trắng và xanh với các cường độ chiếu sáng khác nhau. Kết quả chỉ ra rằng sinh khối tảo được tạo ra nhiều hơn khi dùng ánh sáng trắng và không có sự khác biệt về hàm lượng protein, phycobiliproteins và phycocyanin của *Spirulina platensis* trong những điều kiện chiếu sáng khác nhau [15].

Đối với *Spirulina platensis*, sắc tố tham gia vào quá trình quang hợp bao gồm chlorophyll a (chlorophyll b chiếm tỷ lệ rất nhỏ), carotenoid, phycocyanin. Trong đó chlorophyll a là sắc tố quang hợp chủ yếu hấp thụ ánh sáng vùng ánh sáng xanh với đỉnh 430 nm và ánh sáng đỏ với đỉnh 662 nm; carotenoid hấp thụ bước sóng đỉnh 440 nm và 470 nm; phycocyanin hấp thụ bước sóng đỉnh 605 nm [16]. Do vậy, việc cung cấp ánh sáng xanh, đỏ sẽ góp phần làm tăng hiệu quả quang hợp của tảo. Bên cạnh đó, nitơ và phospho là nguồn dinh dưỡng cần thiết sẵn có trong nước thải cũng sẽ góp phần cho sự phát triển của *Spirulina platensis*.

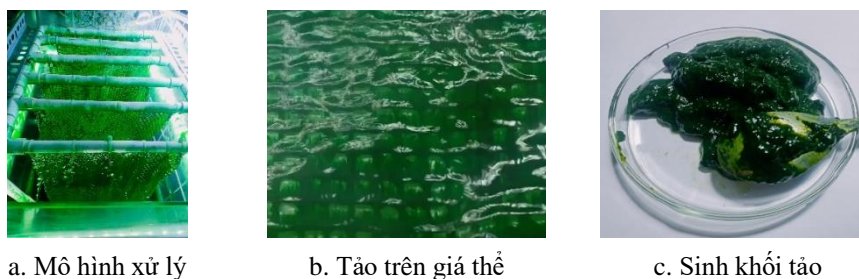


Hình 3. Sự tăng sinh khối của *Spirulina platensis*

3.2. Hiệu quả xử lý nước thải

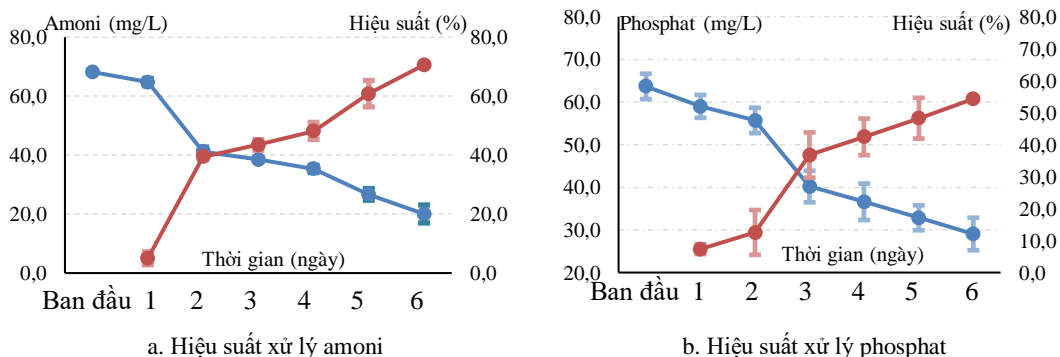
Để tìm hiểu sự tăng trưởng dính bám và khả năng loại bỏ chất dinh dưỡng của tảo trong nước thải chăn nuôi heo sau xử lý kỵ khí, mô hình thí nghiệm được vận hành theo mẻ trong thời gian 6 ngày, thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Đèn LED sử dụng trong thí nghiệm này là LED xanh - đỏ được gắn bên ngoài thành của bể kính, cường độ sáng là 2 klux, chu kỳ chiếu sáng 12:12. Can chứa 20 lít nước thải, được bổ sung 5 lít môi trường *Spirulina platensis* đã thích nghi. Bơm chìm sẽ dẫn nước thải qua ống PVC và phân phối nước cho các giá thể trong bể kính.

Khác với các nghiên cứu trước [3, 6, 17], ở nghiên cứu này tảo không sống lơ lửng trong môi trường nước thải. *Spirulina platensis* sẽ dính bám vào giá thể, tăng trưởng và phát triển theo thời gian thí nghiệm. Chất dinh dưỡng trong nước sẽ được tảo sử dụng trong quá trình sinh trưởng và phát triển. Mẫu nước thải được thu hằng ngày dùng để phân tích amoni, phosphat và COD.



Hình 4. Mô hình xử lý nước và sự phát triển của *Spirulina platensis* trên giá thể

Loại bỏ amoni, phosphat và COD: Giá trị amoni và phosphat của môi trường nước trong 6 ngày thí nghiệm được thể hiện trong Hình 5. Giá trị amoni trong nước thải đầu vào là 68,18 mg/L, sau 3 ngày xử lý nồng độ amoni giảm, có giá trị 38,55 mg/L, hiệu suất loại bỏ amoni đạt 43,47%. Ở ngày thứ 6, nồng độ amoni giảm, có giá trị là 10,04 mg/L và hiệu suất loại bỏ amoni là 70,60%. Cũng như amoni, nồng độ phosphat cũng giảm theo thời gian xử lý, giá trị phosphat ban đầu và sau 3 ngày xử lý lần lượt là 63,65 mg/L và 40,18 mg/L, ứng với hiệu suất loại bỏ phosphat là 36,74%. Sau 6 ngày nuôi tảo nồng độ phosphat là 29,05 mg/L và hiệu suất loại bỏ phosphat là 54,30 %.

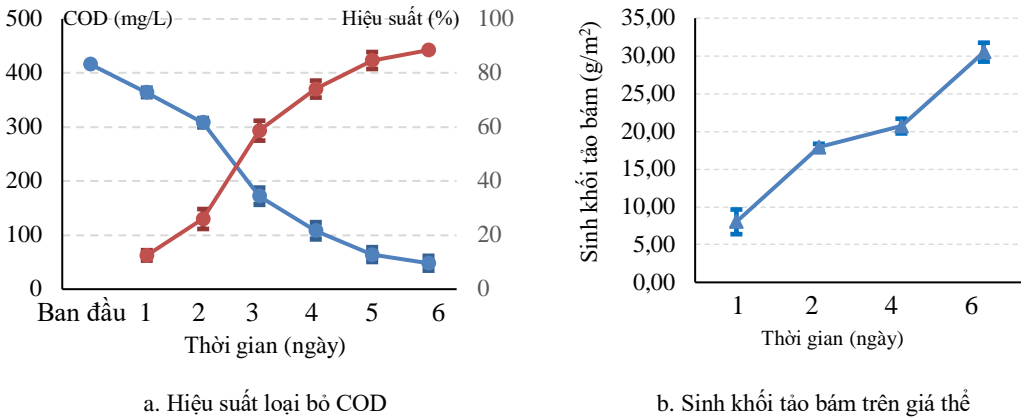


Hình 5. Hiệu suất xử lý amoni và phosphat

Trong nghiên cứu này sự biến đổi của COD cũng được khảo sát. Giá trị COD nước thải đầu vào là 416 mg/L, sau 3 ngày nuôi tảo COD giảm dần, có giá trị là 172 mg/L, ứng với hiệu suất xử lý đạt 58,65%. Ở ngày thứ 6, giá trị nồng độ COD là 48 mg/L, ứng với hiệu suất loại bỏ COD đạt 88,46%.

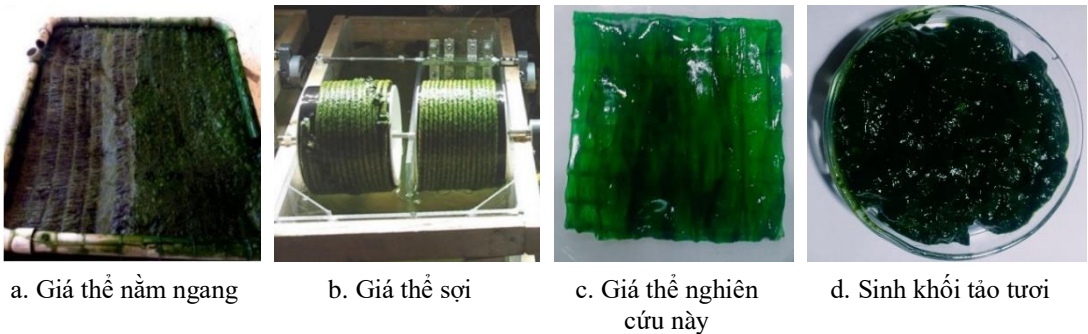
Đã có một số nghiên cứu tận dụng nước thải chăn nuôi heo làm môi trường nuôi tảo. Cheng và cs. (2017) đã nghiên cứu ứng dụng tăng trưởng dính bám của tảo *Chlorella pyrenoidosa* trên đĩa giá thể, có cung cấp khí carbonic trong 8 ngày thí nghiệm. Kết quả cho thấy hiệu suất loại bỏ amoni, tổng phosphat và COD tương ứng đạt 75,9%, 68,4% và 74,8% [12]. Khiewwijit và cs. (2017) thí nghiệm nuôi *Spirulina platensis* trên giá thể là lưới đặt ngang (Hình 7a). Nước thải chăn nuôi heo sau xử lý kỵ khí được dùng làm môi trường nuôi tảo. Kết quả chỉ ra rằng hiệu suất loại bỏ nitơ Kjeldahl và phosphat tương ứng đạt 96% và 92% sau 14 ngày nuôi [18]. Ở nghiên cứu này, sau 6 ngày nuôi *Spirulina platensis* hiệu suất loại bỏ amoni, phosphat và COD tương ứng là 70,60%, 54,30% và 88,46%. Sự khác nhau về đặc tính nước thải, thời gian thí nghiệm, các thông số vận hành mô hình được cho là nguyên nhân dẫn đến sự khác biệt về hiệu suất loại bỏ chất ô nhiễm trong môi trường nước thải.

Nhìn chung, nước thải chăn nuôi heo có hàm lượng amoni, phosphat và COD, độ đục và độ màu cao. Nitơ và phospho là những nguyên tố thiết yếu cho sự sinh trưởng và phát triển của tảo. Trong môi trường nước, tảo đóng vai trò quan trọng trong quá trình chuyển đổi nitơ vô cơ thành nitơ hữu cơ thông qua quá trình đồng hóa [19]. Trong các dạng amoni, nitrat, nitrit thì amoni là nguồn nitơ thích hợp nhất cho sự hấp thu của tảo vì amoni được tế bào sử dụng trực tiếp mà không cần có sự tham gia của các enzyme [4]. Bên cạnh đó, phosphat cũng cần thiết cho sự tăng trưởng vi tảo và tham gia vào các quá trình sinh tổng hợp RNA ribosome và năng lượng [18]. Mặc dù quy chuẩn Việt Nam về nước thải chăn nuôi không quy định về thông số phosphat trong nước thải khi xả thải ra môi trường, nhưng kết quả nghiên cứu này đã cho thấy hệ thống xử lý nước dựa vào quá trình tăng trưởng dính bám của *Spirulina platensis* có thể loại bỏ được amoni và phosphat và sau 5 ngày xử lý thông số COD (64 mg/L) đã đạt quy chuẩn này (COD < 100 mg/L, Cột A, QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT).



Hình 6. Hiệu suất xử lý COD và sinh khối tảo bám

Sinh khối tảo dính bám trên giá thể: Với mục đích tận dụng nước thải chăn nuôi heo làm môi trường nuôi tảo và thu sinh khối một cách hiệu quả thì việc sử dụng tăng trưởng dính bám của tảo là phù hợp. Khi ứng dụng tăng trưởng lơ lửng của tảo để xử lý nước thì phương pháp thu sinh khối thường dùng bao gồm: lắng, lọc, keo tụ, tuyển nổi hay ly tâm. Những phương pháp này tốn thời gian đồng thời góp phần nâng chi phí xử lý. Khi tảo phát triển trên giá thể, sinh khối có thể thu bằng cách cào trên bề mặt giá thể ở giai đoạn kết thúc quá trình xử lý. Sinh khối thu đạt 10-20% trọng lượng khô [13], giống như sinh khối sau ly tâm. Hơn nữa, vi tảo dính bám trên giá thể là những những đại diện đã thích nghi với môi trường nước thải và nhanh chóng tham gia thực hiện xử lý môi trường trong mẻ tiếp theo mà không cần trải qua pha thích nghi.



Hình 7. Các loại giá thể cho tảo bám

Ngoài các thông số amoni, phosphat và COD, nghiên cứu này cũng tìm hiểu sự thay đổi sinh khối tảo bám trong quá trình thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy sinh khối tảo bám trên giá thể trong ngày thứ 2 và ngày thứ 4 có giá trị lần lượt là 17,90 và 20,71 g/m². Sau sáu ngày thí nghiệm, giá trị sinh khối *Spirulina platensis* là 30,50 g/m². Như vậy, sản lượng sinh khối tảo bám trên giá thể trung bình trong 6 ngày thí nghiệm có giá trị là 5,08 g/m²/ngày.

Một số nghiên cứu đã sử dụng giá thể nằm ngang [18], giá thể dạng sợi [12] (Hình 7) để tìm hiểu sự phát triển của tảo. Bảng 2 trình bày kết quả về sản lượng sinh khối tảo đối với một số loại giá thể. Nghiên cứu này cho thấy vi tảo *Spirulina platensis* tăng trưởng và phát triển tốt khi sử dụng giá thể làm bằng lưới polyester có kích thước mắt lưới là 0,5 cm. Hình thái sợi xoắn của *Spirulina platensis* có thể tạo điều kiện dễ dàng cho tảo dính bám và phát triển trên giá thể. Hơn nữa, kích thước mắt lưới giá thể (0,5 cm) có thể đã giúp *Spirulina platensis* nhận được ánh sáng hiệu quả hơn, góp phần tăng sinh khối tảo trong quá trình xử lý.

Bảng 2. Sản lượng sinh khối tảo

TT	Nguồn nước thí nghiệm	Loài tảo	Loại giá thể	Sinh khối (g/m ² /ngày)	Nguồn
1	Nước thải chăn nuôi heo	<i>Spirulina platensis</i>	Lưới polyester	5,08	Nghiên cứu này
2	Nước thải chăn nuôi bò sữa	Filamentous algae	Lưới polyethylene	5,00	[20]
3	Nước thải chăn nuôi heo	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Giấy cellulose acetate đặt trên tấm thủy tinh	5,03	[12]
4	Môi trường BG11	<i>Scenedesmus</i> sp.	Vải polyvinylidene fluoride (PVDF)	4,00	[21]
			Vải PVDF xử lý với polyvinylpyrrolidone	6,00	
5	Tổng hợp từ môi trường Chu 10	<i>Scenedesmus obliquus</i>	Tấm thủy tinh	2,10	[22]
		<i>Nitzschia palea</i>		2,80	

4. KẾT LUẬN

Tóm lại, kết quả nghiên cứu này cho thấy khi được chiếu sáng bằng đèn LED xanh - đỏ tảo *Spirulina platensis* tạo sinh khối cao hơn so với đèn LED trắng, LED đỏ và LED xanh. Tảo *Spirulina platensis* phát triển được trong môi trường nước thải chăn nuôi heo sau quá trình xử lý kỵ khí. *Spirulina platensis* có thể dính bám, sinh trưởng và phát triển tạo màng sinh học trên lưới giá thể. Theo thời gian, hiệu suất xử lý amoni, phosphat và COD tăng dần cùng với sự gia tăng sinh khối của tảo bám. Cần có thêm những nghiên cứu về hàm lượng protein, lipid, carbohydrate trong sinh khối tảo thu được để làm cơ sở đề xuất tận dụng sinh khối từ quá trình xử lý nước thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Toumi J., Miladi B., Farhat A., Noura S., Hamdi M., Gtari M., Bouallagui H. - Microbial ecology overview during anaerobic codigestion of dairy wastewater and cattle manure and use in agriculture of obtained bio-fertilisers, *Bioresource Technology* **198** (2015) 141-149.
2. Anh L. H. and Khuyen V. T. K. - Biotreatment of aquaculture wastewater with *Chlorella* sp. in tubular photo-bioreactors, *International Journal of Scientific & Technology Research* **9** (4) (2020) 1008-1013.
3. Blanco G. C., Stablein M. J., and Tommaso G. - Cultivation of *Chlorella vulgaris* in anaerobically digested gelatin industry wastewater, *Water Supply* **21** (5) (2021) 1953-1965.
4. Markou G. and Georgakakis D. - Cultivation of filamentous cyanobacteria (blue-green algae) in agro-industrial wastes and wastewaters: A review, *Applied Energy* **88** (10) (2011) 3389-3401.
5. Mezzomo N., Saggiorato A. G., Siebert R., Tartsch P. O., Lago M. C., Hemkemeier M., Costa J. A. V., Bertolin T. E., Colla L. M. - Cultivation of microalgae *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) from biological treatment of swine wastewater, *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **30** (1) (2010) 173-178.

6. Markou G., Chatzipavlidis I., and Georgakakis D. - Cultivation of *Arthrospira (Spirulina) platensis* in olive-oil mill wastewater treated with sodium hypochlorite, *Bioresource Technology* **112** (2012) 234-241.
7. Davis R., Aden A., and Pienkos P.T. - Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production, *Applied Energy* **88** (10) (2011) 3524-3531.
8. Ward B. - Microalgae production in a biofilm photobioreactor, Wageningen University (2016).
9. Ayre J. - Microalgae culture to treat piggery anaerobic digestion effluent, Murdoch University (2013).
10. Kwon G., Nam J. H., Kim D. M., Song C., Jahng D. - Growth and nutrient removal of *Chlorella vulgaris* in ammonia-reduced raw and anaerobically-digested piggery wastewaters, *Environ Eng Res.* **25** (2) (2020) 135-146.
11. Kumar M., Kulshreshtha J., Singh G. P. - Growth and biopigment accumulation of cyanobacterium, *Brazilian Journal of Microbiology* **42** (2011) 1128-1135.
12. Cheng P., Wang Y., Liu T., Liu D. - Biofilm attached cultivation of *Chlorella pyrenoidosa* is a developed system for swine wastewater treatment and lipid production, *Frontiers in Plant Science* **8** (2017) 1-9.
13. Gross M. A. - Development and optimization of algal cultivation systems, Iowa State University (2013) 133.
14. Schulze P. S. C., Pereira H. G. C., Santos T. F. C., Schueler L., Guerra R., Barreira L.A., Perales J.A., Varela J.C.S. - Effect of light quality supplied by light emitting diodes (LEDs) on growth and biochemical profiles of *Nannochloropsis oculata* and *Tetraselmis chuii*, *Algal Research* **16** (2016) 387-398.
15. Rizzo R. F., Corrêia N., Fernandes G., Catro G. F. P., Passos T. S., Nascimento M. A., Buerra H. D., Silva C. G., Dia D. S., Domingues J. R., Araujo K. G. - Production of phycobiliproteins by *Arthrospira platensis* under different light conditions for Food Products, *Food Science and Technology* **35** (2) (2015) 247-252.
16. Nguyen D. B., Phi T. C. M., Kim A. T., Nguyen T. H., Vu L. D. H. - Application of light-emitting diodes (LEDs) in the extension of the cultivation period of *Spirulina* in Northern Vietnam, *Minist Sci Technol Vietnam* **63** (7) (2021) 57- 64.
17. Wang L., Min M., Li Y., Chen P., Chen Y., Liu Y., Wang Y., Ruan R. - Cultivation of green algae *Chlorella* sp. in different wastewaters from municipal wastewater treatment plant, *Appl Biochem Biotechnol* **162** (4) (2010) 1174 -1186.
18. Khiewwijit R., Panyaping K., and Wongpankamol P. - Nutrient removal by suspended and biofilm microalgae for treating the wastewater of agro-industrial pig farm, *Walailak Journal of Science and Technology* **16** (10) (2019) 791-803.
19. Salama E. S., Kurade M. B., Abou-Shanab R. A. I., Dalatony M. M., Yang I. S., Min B., Heon B.H. - Recent progress in microalgal biomass production coupled with wastewater treatment for biofuel generation, *Renewable and Sustainable Energy* **79** (2017) 1189-1211.
20. Mulbry W. W. and Wilkie A. C. - Growth of benthic freshwater algae on dairy manures, *Journal of Applied Phycology* **13** (4) (2001) 301-306.
21. Chen X., Liu T., and Wang Q. - The growth of *Scenedesmus* sp. attachment on different materials surface, *Microbial Cell Factories* **13** (1) (2014) 1-6.
22. Schnurr P. J., Espie G. S., and Allen D. G. - Algae biofilm growth and the potential to stimulate lipid accumulation through nutrient starvation, *Bioresour Technol.* **136** (2013) 337-344.

ABSTRACT

BIOFILM ATTACHED CULTIVATION OF *SPIRULINA PLATENSIS* UNDER LIGHT- EMITTING DIODES (LED) FOR ANAEROBICALLY DIGESTED PIGGERY WASTEWATER

Pham Duy Thanh*, Nguyen Mau Trung Chinh,
Pham Thi Ngoc Han, Phung Le Thuy Hang, Nguyen Lan Huong
Ho Chi Minh City University of Food Industry
*Email: thanhpd@hufi.edu.vn

In this study the anaerobically digested piggery wastewater containing nitrogen and phosphorus are used for culture media of *Spirulina platensis*. The cultivation experiments indicated that *Spirulina platensis* with biofilm attached cultivation grew well in wastewater reaching a biomass of 30.50 g/m². Biofilm microalgal systems show efficient nutrient removal from digested piggery wastewater and removal ratios of NH₄⁺, PO₄⁻³, and COD are 70.60, 54.30 and 88.46% respectively. Therefore, it was concluded that efficient biomass production and nutrients removal could be accomplished by biofilm attached cultivation of *Spirulina platensis* for digested piggery wastewater treatment.

Keywords: Ammonium, biofilm, chemical oxygen demand, phosphate, *Spirulina platensis*.