

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ CÁC ĐIỀU KIỆN ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHẢ NĂNG PHÁT TRIỂN CỦA TẢO SPIRULINA TRONG NƯỚC THẢI SẢN XUẤT TINH BỘT MÌ Ở TẢI TRỌNG CHẤT HỮU CƠ KIỂM SOÁT

ThS. Hồ Phùng Ngọc Thảo,
GVC. TS. Trần Thị Mỹ Diệu

TÓM TẮT

Nước thải tinh bột mì có các thành phần ô nhiễm rất cao như : Chemical Oxygen Demand -COD dao động trong khoảng 7.000-41.500 mg/L, Biochemical Oxygen Demand - BOD trong khoảng 6.200-23.000 mg/L, SS gần 500-6.800 mg/L, pH thấp (dao động trong khoảng 4,2 – 5,7), nito tổng 223 – 326 mg/L và photpho tổng 39-73 mg/L. Có khả năng ứng dụng trong xử lý nước thải và thu hồi sinh khối để tái sử dụng, tảo Spirulina được sử dụng trong nghiên cứu với nước thải tinh bột mì. Với nồng độ cơ chất 240 mg sCOD/L, các thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của độ kiềm, tốc độ xáo trộn và cường độ chiếu sáng đến quá trình phát triển của tảo Spirulina và hiệu quả khử COD trong nước thải tinh bột mì. Kết quả của nghiên cứu cho thấy nồng độ sinh khối tảo thu hồi được từ các thí nghiệm này dao động trong khoảng 186-250 mg VSS/L, hiệu quả khử cơ chất khoảng 80-86% ở các giá trị độ kiềm (1100 mg CaCO₃/L), mức độ xáo trộn (520 L/h) và cường độ chiếu sáng (7500 lux).

A. GIỚI THIỆU CHUNG

Sự phát triển của ngành công nghiệp chế biến tinh bột mì góp phần đáng kể cho sự

phát triển nền kinh tế đất nước. Tuy nhiên, sự phát triển nhanh chóng của ngành sản xuất này làm gia tăng các yếu tố ảnh hưởng tiêu cực đối với môi trường. Trung bình, để sản xuất 1 tấn tinh bột mì, sẽ làm phát sinh khoảng 10-15 m³ nước thải (Hien và cộng sự, 1999; Mai, 2004). Loại nước thải này có nồng độ chất ô nhiễm rất cao: COD dao động trong khoảng 7.000-41.500 mg/L, BOD trong khoảng 6.200-23.000 mg/L, SS gần 500-6.800 mg/L và pH thấp (dao động trong khoảng 4,2 – 5,7), có thể gây ô nhiễm nặng cho các nguồn nước mặt nếu không được xử lý trước khi thải bỏ (Mai, 2006). Các công nghệ xử lý nước thải tinh bột bằng phương pháp sinh học đã được nghiên cứu và áp dụng như hệ thống xử lý sử dụng UASB kết hợp với xử lý hiếu khí và hồ sinh học (Mai và cộng sự, 2007), hệ thống UASB và hồ oxy hóa (Hien và cộng sự, 1999), và hệ thống hồ (Uddin, 1970; Yothin, 1975; Pescod và cộng sự, 1977; Nandy và cộng sự, 1995). Xử lý nước thải tinh bột mì hầu như được áp dụng tại các nhà máy lớn sử dụng hệ thống các hồ ổn định cùng với thực vật nước (Mai, 2006).

Có nhiều nghiên cứu sử dụng tảo Spirulina để xử lý nước thải như các nghiên cứu: xử lý nước thải sinh hoạt (Kosaric và cộng sự, 1974; Saxena và cộng sự, 1983; Fox, 1987 và 1988); xử lý nước thải dầu cặn sau xử lý kỵ khí (Siew-Moi, 1987); xử lý nước thải tinh bột mì sau xử lý bậc 2 (Tanticharoen và cộng sự, 1993) và xử lý nguồn nước khoáng giàu bicarbonat của Công ty Cổ phần Vĩnh Hảo¹. Sinh khối tảo thu hồi có giá trị sử dụng làm thực phẩm bổ sung cho gia súc, gia cầm, các loại thủy sản và con người.

Khi phát triển trong nước thải, sự có mặt của nguồn cacbon hữu cơ làm tăng tốc độ hô hấp của tảo trong điều kiện có ánh sáng (Vonshak, 1996). Carbon hữu cơ có thể gây ức chế sự phát triển khi vượt quá nồng độ giới hạn (De Swaaf và cộng sự, 200; Ip và cộng sự 2004) hoặc ngăn chặn sự hình thành các sản phẩm trao đổi chất mong muốn (Sloth và cộng sự, 2006). Tuy nhiên sự tích lũy quá nhiều chất hữu cơ trong môi trường nuôi cấy Spirulina ngoài trời gây trở ngại cho sự phát triển của tảo và gây tạp nhiễm các loại tảo khác (Belay và cộng sự, 1994). Vì vậy trong nghiên cứu này, cacbon hữu cơ được bổ sung bằng nước thải tinh bột mì với nồng độ chất hữu cơ (tính theo chất hữu cơ hòa tan, sCOD) được khống chế trong các mô hình nuôi tảo Spirulina là 240 mg sCOD/L. Theo Chongrak (1996), các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất hồ nuôi tảo và sản lượng tảo bao gồm cacbon, nguồn dinh dưỡng, nhiệt độ, cường độ chiếu sáng, mức độ xáo trộn, độ sâu của hồ và thời gian lưu nước HRT.

¹ <http://www.spiviha.com/index.php>, ngày 10/10/2012.

B. MỤC ĐÍCH VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

I. Mục đích

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá các điều kiện ảnh hưởng đến khả năng phát triển của tảo Spirulina trong nước thải sản xuất tinh bột mì ở tải trọng chất hữu cơ kiểm soát.

II. Nội dung nghiên cứu

Các loại vi tảo sử dụng CO₂ từ quá trình phân hủy chất hữu cơ (như một giải pháp để giảm chi phí) liên quan đến việc cung cấp nguồn carbon vô cơ (Venkataraman và cộng sự, 1982), nhưng điều này có thể thích hợp cho sự tạp nhiễm Chlorella (Ip và cộng sự, 1982; Richmond và cộng sự, 1982). Một số nghiên cứu cho thấy: việc bổ sung thêm bicarbonate trong chất thải đã phân hủy dao động trong khoảng 3- 4 g/l là vừa đủ cho sự phát triển của tảo Spirulina (Fedler và cộng sự, 1993; Becker and Venkataraman, 1982). Độ kiềm quá cao làm giảm hiệu suất quang hợp và làm ngưng sự phát triển của tảo (Binaghi và cộng sự, 2003).

Bên cạnh nguồn carbon và dinh dưỡng, xáo trộn trong hồ nuôi tảo rất cần thiết cho sự phát triển sinh khối. Xáo trộn hạn chế sự lắng đọng của tảo, tạo ra sự tương tác giữa các chất lắng ở đáy và lượng oxy tự do trong lớp nước bề mặt, giúp cho dinh dưỡng tiếp xúc tốt với bề mặt tế bào tảo, kích thích hoạt động trao đổi chất và giúp sử dụng hiệu quả ánh sáng chiếu đến (Persoone và cộng sự, 1980; Laws và cộng sự, 1983). Ngoài ra, việc xáo trộn trong hồ nuôi tảo tránh tạo điều kiện kỵ khí ở đáy

hỗ và tránh hiện tượng ức chế quang hợp tảo. Tốc độ xáo trộn trong hồ nuôi tảo nên được duy trì trong khoảng 5-15 cm/s (Green và Oswald, 1995).

Đối với các vi sinh vật quang hợp, ánh sáng là nguồn năng lượng chính cho quá trình trao đổi chất, là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tốc độ phát triển, tốc độ quang hợp và có khả năng gây ức chế quang hợp. Các nghiên cứu về vi tảo đều được thực hiện với cường độ ánh sáng kiểm soát (Marcel, 2002). Vì cường độ ánh sáng mặt trời không thể kiểm soát được vào các thời điểm khác nhau trong ngày, để đánh giá ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng đến hiệu suất quang hợp, nguồn ánh sáng nhân tạo thường được sử dụng (Marcel, 2002). Tuy nhiên theo Marcel (2002), năng lượng ánh sáng chỉ được sử dụng hiệu quả trong quang hợp khi có mật độ dòng photon thấp hơn $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ ($< 8,3 \text{ klux}$).

Vì vậy, để đánh giá khả năng phát triển của tảo *Spirulina* trên nước thải tinh bột mì, các yếu tố ảnh hưởng đến sản lượng sinh khối tảo thu hồi cần được khảo sát. Các nội dung được thực hiện bao gồm:

- Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của độ kiềm (từ 700 - 1.300 mg CaCO_3/L).

- Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của mức độ xáo trộn (xáo trộn tương ứng với lưu lượng bơm nước tuần hoàn trong mô hình từ 260 – 1.040 L/giờ).

- Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng (khoảng cường độ chiếu sáng sử dụng 2.500 – 7.500 lux).

C. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

I. Mô hình thí nghiệm

Mô hình được sử dụng trong các thí nghiệm này là những thùng nhựa hình chữ nhật, hiệu Duy Tân, kích thước 70 cm x 49 cm x 41 cm, thể tích thùng 90 L. Mô hình hơi nhỏ dần về phía đáy, giúp tăng mức độ khuấy trộn đều trong mô hình. Bên ngoài được định lượng thể tích theo chiều cao lớp nước. Thể tích mô hình tương ứng với chiều cao sử dụng, 0,3 m, là 69,75 lít. Diện tích bề mặt của mô hình tại chiều cao sử dụng là 0,2325 m². Mô hình được đặt ngoài trời, tại lầu 3, trường ĐHDL Văn Lang.

Năng lượng cung cấp cho sự phát triển của tảo *Spirulina* có thể là ánh sáng mặt trời hoặc ánh sáng nhân tạo, tùy thuộc vào điều kiện thí nghiệm. Để hạn chế sai số do các điều kiện thời tiết, các mô hình được che chắn mỗi khi trời có mưa. Quá trình khuấy trộn hỗn hợp trong mô hình được thực hiện bằng thủ công hoặc máy bơm nước hồ cá tùy thuộc vào điều kiện thí nghiệm.



Hình 1 Mô hình thí nghiệm nuôi tảo *Spirulina* bằng nước thải tinh bột mì khi xáo trộn thủ công.

II. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của độ kiềm đến quá trình phát triển của Spirulina trong nước thải tinh bột mì

Thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của độ kiềm đến sự phát triển của tảo được thiết lập với các mô hình có độ kiềm thay đổi do bổ sung lượng NaHCO_3 khác nhau, dao động từ 0 đến 600 mg CaCO_3/L . nếu xét đến độ kiềm có trong hỗn hợp nhân giống tảo, độ kiềm của hỗn hợp nuôi cấy ở thời điểm ban đầu dao động từ 700 – 1.300 mg CaCO_3/L . Trong thí nghiệm này, các mô hình kiểm chứng để khảo sát sự biến thiên của thành phần cơ chất có trong nước thải và khả năng phát triển của tảo Spirulina trong nước thải tinh bột cũng được thiết lập. Các thông số thiết lập mô hình thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1.

III. Đánh giá ảnh hưởng của xáo trộn đến quá trình phát triển của Spirulina trong nước thải tinh bột mì

Mức độ xáo trộn trong các mô hình nuôi tảo của mẻ thí nghiệm này được thiết lập nhờ vào sự thay đổi số bơm nước hồ cá đặt trong mô hình để. Các mô hình được thiết lập với số máy bơm thay đổi từ 1 đến 4. Nước trong mô hình được bơm tuần hoàn để tạo độ xáo trộn hỗn hợp nuôi cấy với lưu lượng dao động từ 260-1.040 L/h. Các máy bơm đặt trên thành của mô hình, sâu cách mực nước 5 cm ở các bên đối xứng của mô hình. Các mô hình được chiếu sáng tự nhiên nên việc xáo trộn chỉ được thực hiện vào thời điểm ban ngày (từ 6h đến 18h). Độ kiềm tối ưu do bổ sung thêm NaHCO_3 (không tính đến độ kiềm có trong hỗn hợp nuôi cấy tảo giống và trong nước thải) là 450 mg CaCO_3/L . tương tự thí nghiệm trước, các mô hình kiểm chứng nuôi tảo

Bảng 1: Các thông số vận hành mô hình thí nghiệm ảnh hưởng của độ kiềm đến sự phát triển của tảo Spirulina trong nước thải tinh bột mì

Thông số	C	1	2	3	4	5	T ₀	T ₁
Tải trọng chất hữu cơ (kg COD ha.ngày)	0	50	50	50	50	50	50	50
Nồng độ COD (mg/L)		240	240	240	240	240	240	240
Độ sâu lớp nước trong hồ (m)	0,3							
Diện tích bề mặt (m ²)	0,2325							
Thể tích hồ (L)	69,75							
Dung dịch Zarrouk không kiềm (L)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	0	0
Độ kiềm do bổ sung NaHCO_3 (mg CaCO_3/L)	300	0	150	300	450	600	0	0
Độ kiềm của hỗn hợp nuôi cấy (mg CaCO_3/L)	1000	700	800	1000	1.100	1.300	100	700
Nồng độ tảo (mg/l)	40	40	40	40	40	40	0	40
Thời gian nuôi cấy (ngày)	14							
Cường độ chiếu sáng	Chiếu sáng tự nhiên							
Mức độ khuấy trộn	Khuấy trộn thủ công 5 lần/ngày vào các thời điểm 6 giờ, 9 giờ, 12 giờ, 15 giờ và 18 giờ							

trong nước sạch và mô hình nước thải không nuôi tảo cũng được thiết lập. các thông số vận hành được tóm tắt trong Bảng 2.

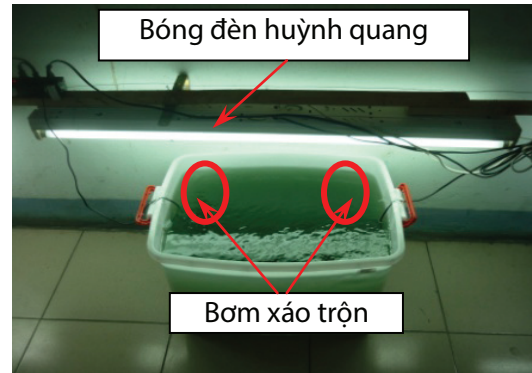


Hình 2: Mô hình thí nghiệm nuôi tảo *Spirulina* bằng nước thải tinh bột mì khi xáo trộn khác nhau (4 máy bơm nước hồ cá)

IV. Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng đến quá trình phát triển của *Spirulina* trong nước thải tinh bột mì

Thí nghiệm ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng được thiết lập dựa trên độ kiểm tối ưu của hỗn hợp nuôi cấy là 1.100 mg CaCO₃/L và mức độ xáo trộn tương ứng với

lưu lượng bơm tuần hoàn 520 L/h. Các mô hình trong thí nghiệm dạng mẻ được thiết lập, đặt trong khu vực không có ánh sáng mặt trời, sử dụng ánh sáng từ các bóng đèn huỳnh quang dài 1,2m, đặt phía trên mô hình, cách mặt nước 0,4 m, cường độ chiếu sáng thay đổi từ 2.500 – 7.500 lux (Hình 3). Các mô hình kiểm chứng được chiếu sáng tự nhiên và khuấy trộn thủ công. Các thông số vận hành mô hình được tóm tắt trong Bảng 3.



Hình 3: Mô hình nuôi tảo *Spirulina* trong nước thải sản xuất tinh bột mì sử dụng trong điều kiện chiếu sáng khác nhau.

Bảng 2: Các thông số vận hành mô hình thí nghiệm ảnh hưởng của xáo trộn đến sự phát triển của tảo *Spirulina* trong nước thải tinh bột mì

Thông số	C	T	0	1	2	3	4
Tải trọng chất hữu cơ (kg COD/ha.ngày)	0	50	50	50	50	50	50
Nồng độ COD (mg/L)							
Độ sâu lớp nước trong hồ (m)	0,3						
Diện tích bề mặt (m ²)	0,2325						
Thể tích hồ (L)	69,75						
Môi trường Zarrouk không kiềm (L)	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Độ kiềm hỗn hợp nuôi cấy (mg CaCO ₃ /L)	1.100	0	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
Nồng độ tảo (mg/l)	35	0	35	35	35	35	35
Lưu lượng bơm tuần hoàn (L/h)	0	0	0	260	520	780	1.040
Bơm khuấy trộn (bơm)	0	0	0	1	2	3	4
Thời gian nuôi cấy (ngày)	14						
Cường độ chiếu sáng	Chiếu sáng tự nhiên						

Tảo Spirulina

Tảo Spirulina Platensis gốc được lấy từ phòng thí nghiệm của Viện Hải dương học Nha Trang. Tảo được nhân giống trên môi trường chuẩn Zarrouk để cấy vào các thí nghiệm nuôi tảo sử dụng nước thải tinh bột mì.

Môi trường dinh dưỡng Zarrouk

Môi trường dinh dưỡng chuẩn Zarrouk bao gồm (g/L) NaHCO_3 : 16,80; K_2HPO_4 : 0,50; FeSO_4 : 0,01; NaNO_3 : 2,50; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,20; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 0,04; Na – EDTA: 0,08 và các thành phần vi lượng (sử dụng 2 mL/ L dinh dưỡng), (g/L) FeSO_4 : 0,004; MgSO_4 : 0,0200; MnCl_2 : 1,810; CuSO_4 : 0,0790; VO_3NH_4 : 0,02296; NiSO_4 : 0,04785; CaCl_2 : 0,0200; H_3BO_3 : 2,860; ZnSO_4 : 0,220; MoO_3 : 0,01506; $\text{Cr}_2\text{K}_2(\text{SO}_4)_4$: 0,09601; $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$: 0,04938; WO_4Na_2 : 0,01791; $\text{Ti}(\text{SO}_4)_3$: 0,040.

Nước thải sản xuất tinh bột mì

Nước thải sản xuất tinh bột mì lấy từ khâu tách bột của Cơ sở Sản xuất tinh bột mì Tây Ninh và Cơ sở Sản xuất tinh bột mì Lương Sơn tỉnh Bình Thuận. Để tránh hiện tượng khác biệt về thành phần trong thời gian nghiên cứu, nước thải từ các cơ sở được trộn với nhau và sau đó lắng trọng lực 3 giờ, tách bớt một phần bột có trong nước thải.

Các phương pháp phân tích

Sự phát triển sinh khối của tảo và hiệu quả xử lý chất hữu cơ của trong các thí nghiệm được đánh giá hằng ngày qua các chỉ tiêu COD, SS, pH, DO, VSS, độ kiềm, N-NH_3 , N-NO_2^- , N-NO_3^- . Mẫu nước được lọc qua giấy sợi thủy tinh để xác định VSS, phần nước sau lọc được sử dụng để phân tích các chỉ tiêu còn lại. Các chỉ tiêu đều được phân tích theo các phương pháp trong Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Bảng 3: Các thông số vận hành mô hình thí nghiệm ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng đến sự phát triển của tảo Spirulina trong nước thải tinh bột mì

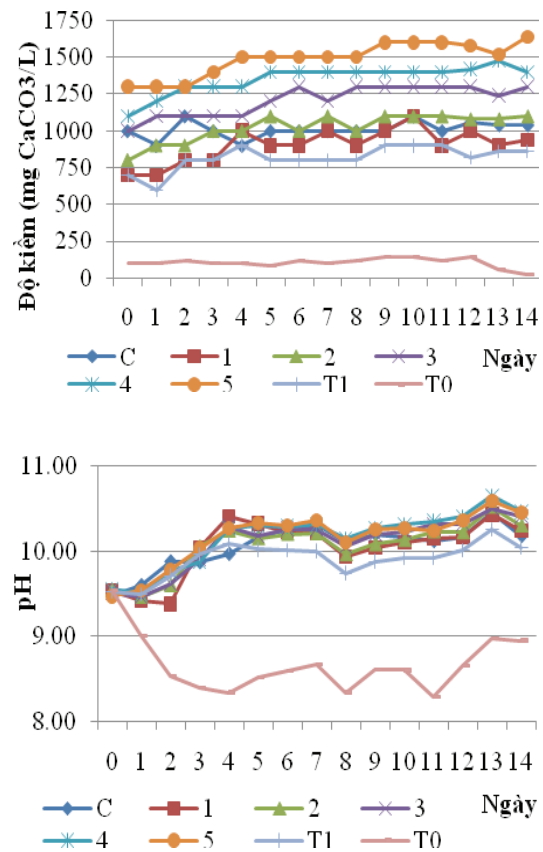
Thông số	C	T	AS1	AS2	AS3
Tải trọng chất hữu cơ (kg COD/ha.ngày)	0	50	50	50	50
Nồng độ sCOD (mg/L)		240	240	240	240
Độ sâu lớp nước trong hồ (m)	0,3				
Diện tích bề mặt (m ²)	0,2325				
Thể tích hồ (L)	69,75				
Môi trường Zarrouk không kiềm (L)	2,5	0	2,5	2,5	2,5
Độ kiềm của hỗn hợp nuôi cấy (mg CaCO_3 /L)	1.100	0	1.100	1.100	1.100
Nồng độ tảo (mg/l)	40	0	40	40	40
Lưu lượng bơm tuần hoàn (L/h)	0	0	520	520	520
Khuấy trộn	Thủ công 5 lần/ngày		2 bơm	2 bơm	2 bơm
Thời gian nuôi cấy (ngày)	14				
Cường độ chiếu sáng (lux)	Chiếu sáng tự nhiên		2.500	5.000	7.500

D. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

I. Đánh giá ảnh hưởng của độ kiềm đến quá trình phát triển của tảo Spirulina trong nước thải tinh bột mì

Độ kiềm của các mô hình ở ngày đầu tiên lần lượt là 700 (1), 800 (2), 1000 (3), 1100 (4), 1300 (5), 1000 (C), 700 (T1) và 100 (T0) mg CaCO₃/L (Bảng 1). Độ kiềm trong các mô hình nuôi tảo Spirulina sau một ngày nuôi cấy thay đổi theo ba xu hướng khác nhau, tăng ở các mô hình 2, 3 và 4; ổn định ở mô hình 1 và 5; có xu hướng giảm ở mô hình C và T1. Trong các ngày nuôi cấy tiếp theo, các mô hình có độ kiềm cao (mô hình 3, 4 và 5) tiếp tục tăng, giữ ổn định trong 3 – 5 ngày, sau đó lại tăng lên và ổn định, có xu hướng giảm vào thời điểm gần cuối của thời gian nuôi cấy (mô hình 3 và 5). Trong các mô hình 1 và 2, độ kiềm tăng giảm liên tục suốt thời gian nuôi cấy. Trong các mô hình C và T1 có xu hướng tăng ổn định từ ngày thứ 5 đến ngày thứ 9. Độ kiềm trong các mô hình đều có xu hướng tăng lên tính từ thời điểm đầu đến khi kết thúc thời gian nuôi cấy. Lượng độ kiềm tăng lên trong các mô hình dao động từ 100 đến 340 mgCaCO₃/L. Độ kiềm của nước thải (mô hình T0) luôn ổn định và có xu hướng tăng chậm, cao nhất là vào ngày thứ 9, đạt 140 mg/L và có xu hướng giảm vào những ngày cuối của thời gian vận hành. Kết quả này cho phép khẳng định quá trình phân hủy chất hữu cơ trong nước thải tinh bột mì không gây ảnh hưởng nhiều đến độ kiềm của hỗn hợp nuôi tảo Spirulina khi vận hành mô

hình ở pH > 9,0. pH của các mô hình có sự thay đổi nhưng không đáng kể (Hình 1). pH của tất cả các mô hình nuôi tảo đều tăng trong quá trình nuôi cấy, cao nhất là 10,25-10,65.



Hình 4: Biến thiên độ kiềm theo thời gian của các mô hình nuôi tảo Spirulina bằng nước thải tinh bột mì với độ kiềm ban đầu khác nhau.

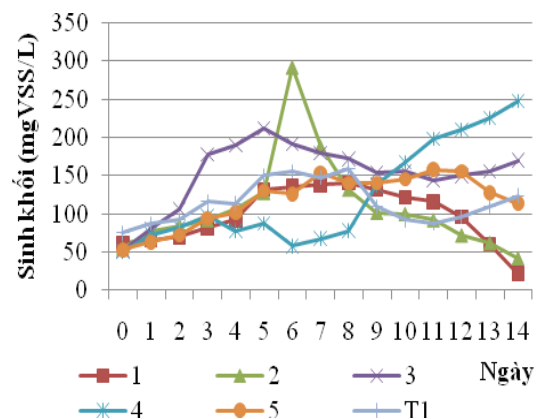
Độ kiềm khác nhau làm cho quá trình sinh trưởng của tảo Spirulina trong các mô hình nuôi tảo diễn ra khác nhau Sự phát triển của tảo trong bốn ngày nuôi cấy đầu tiên ở hầu hết các mô hình đều tăng chậm và có xu hướng giảm mạnh vào thời điểm cuối cùng của thời gian nuôi cấy trừ mô hình 3 và 4 (Hình 5).

Trong các mô hình không bổ sung thêm độ kiềm từ NaHCO₃, mô hình 1 và

mô hình T1, nguồn độ kiềm chỉ được cung cấp từ nước thải và dung dịch tảo cấy vào mô hình. Sự phát triển của tảo Spirulina ở hai mô hình này cũng tương đối khác biệt nhau. Trong tám ngày nuôi cấy đầu tiên, sinh khối tảo tăng trưởng chậm ở hai mô hình này, ở mô hình T1 (160 mgVSS/L) cao hơn ở mô hình 1 (140 mgVSS/L). Sau đó, sinh khối của hai mô hình này đều giảm liên tục từ ngày 8 đến ngày 12, tuy nhiên sinh khối ở mô hình T1 giảm nhanh hơn mô hình 1 và có xu hướng tăng dần vào các ngày cuối chu kỳ nuôi cấy. Tương tự như mô hình 1 và T1, sự phát triển của sinh khối tảo Spirulina trong mô hình 2 cũng tăng chậm trong năm ngày nuôi cấy đầu tiên. Độ kiềm trong mô hình này cao hơn các mô hình 1 và T1 100 mgCaCO₃/L do được bổ sung thêm một lượng NaHCO₃ chỉ bằng 50% lượng NaHCO₃ trong thành phần dinh dưỡng Zarrouk. Nồng độ sinh khối tảo tại ngày thứ 5 đạt 128 mgVSS/L, tăng đột biến vào ngày thứ 6 (292 mgVSS/L) và sau đó giảm liên tục cho đến cuối chu kỳ nuôi cấy, nồng độ sinh khối còn 42 mgVSS/L. Biến thiên nồng độ sinh khối tảo Spirulina trong suốt thời gian nuôi cấy được trình bày trong Hình 5.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy, sự tăng trưởng của tảo Spirulina chịu sự ảnh hưởng rất nhiều do thay đổi độ kiềm ban đầu nuôi cấy ở tải trọng chất hữu cơ 240 mg sCOD/L. Tuy nhiên, do các mô hình được đặt trong điều kiện tự nhiên, sự phát triển của tảo còn chịu ảnh hưởng bởi các điều kiện thời tiết như cường độ ánh sáng, nhiệt độ và góc chiếu của ánh

sáng mặt trời. Nhiệt độ của các mô hình nuôi cấy dao động trong khoảng từ 26 đến 30°C. Sự biến thiên nhiệt độ trong thời gian nuôi cấy không ảnh hưởng đến sự phát triển của sinh khối tảo Spirulina.

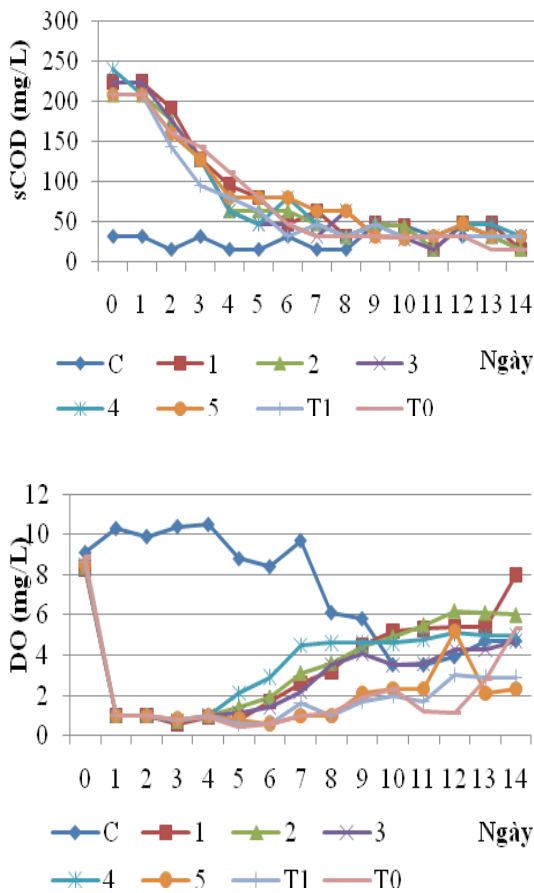


Hình 5: Biến thiên nồng độ sinh khối tảo Spirulina trong các mô hình nuôi cấy có độ kiềm ban đầu khác nhau.

Song song với sự phát triển sinh khối, nồng độ chất hữu cơ trong tất cả mô hình giảm liên tục theo thời gian (Hình 6). Tính đến cuối thời điểm nuôi cấy, nồng độ chất hữu cơ trong các mô hình lần lượt là 16 mg/L (mô hình 1 và 2 và T0), 32 mg/L (mô hình 3, 4, 5 và T1), hiệu quả xử lý chất hữu cơ trong các mô hình dao động trong khoảng 86 – 93%. Xét trên hiệu quả khử cơ chất và nồng độ sinh khối thu hoạch của các mô hình, độ kiềm tối ưu cho sự phát triển của tảo Spirulina trong nước thải tinh bột mì có nồng độ cơ chất ban đầu 240 mg sCOD/L nên chọn là 1100 mg CaCO₃/L, tương ứng với lượng độ kiềm cần được bổ sung thêm bằng NaHCO₃ là 450 mg CaCO₃/L.

Nồng độ oxy hòa tan trong các mô hình nuôi tảo bằng nước thải giảm rất nhanh trong năm ngày nuôi cấy đầu tiên (Hình 6). Đây cũng là khoảng thời gian mà nồng độ

sCOD trong các mô hình giảm rất nhanh và sinh khối của tảo Spirulina đều tăng chậm trừ mô hình 3. Nồng độ oxy hòa tan tăng dần từ ngày 5 đến cuối chu kỳ vận hành ở các mô hình 1, 2, 3 và 4. Trong khoảng thời gian này quá trình phân hủy các chất hữu cơ đạt trạng thái ổn định và có sự tăng trưởng của sinh khối.



Hình 6: Biến thiên nồng độ chất hữu cơ và oxy hòa tan theo thời gian trong các mô hình nuôi tảo sử dụng nước thải tinh bột mì, có tải trọng chất hữu cơ tối ưu trong điều kiện thay đổi độ kiềm.

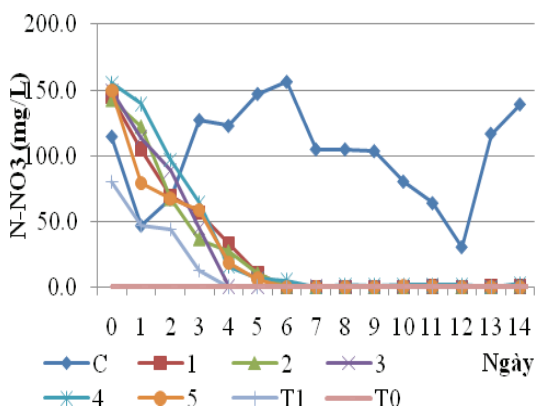
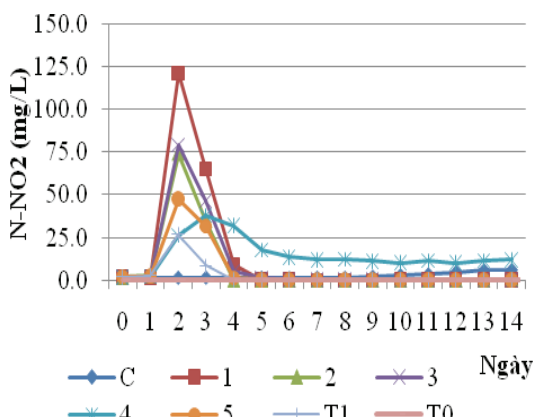
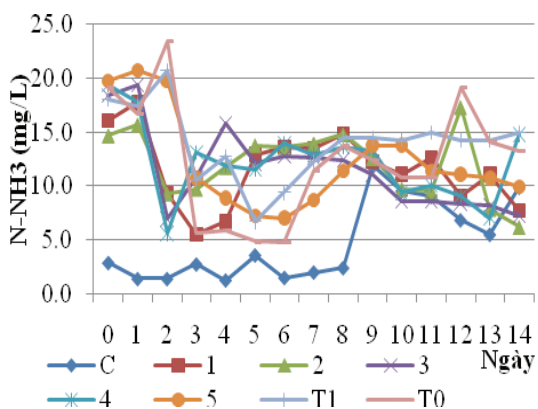
Đây cũng là khoảng thời gian mà nồng độ sCOD trong các mô hình giảm rất nhanh và sinh khối của tảo Spirulina đều tăng chậm trừ mô hình 3. Nồng độ oxy hòa tan tăng dần từ ngày 5 đến cuối chu kỳ vận hành ở các mô hình 1, 2, 3 và 4. Trong khoảng thời gian này quá trình phân hủy

các chất hữu cơ đạt trạng thái ổn định và có sự tăng trưởng của sinh khối.

Quá trình phân hủy cơ chất và quá trình tăng trưởng của tảo Spirulina là nguyên nhân làm biến thiên nồng độ các dạng nitơ ($N-NH_3$, $N-NO_2^-$ và $N-NO_3^-$) có trong nước thải. Nồng độ $N-NH_3$ giảm rất nhanh ở tất cả các mô hình 1, 2, 3, và 4, trong hai ngày nuôi cấy đầu tiên – khoảng thời gian mà nồng độ các chất hữu cơ giảm rất ít, tăng dần và ổn định từ ngày thứ 5 đến ngày thứ 9 – khoảng thời gian quá trình phân hủy cơ chất diễn ra rất nhanh và tăng trưởng nhanh của sinh khối và giảm dần trong thời gian còn lại. Trong khi đó nồng độ $N-NH_3$ ở mô hình thứ 5 giảm liên tục cho đến ngày thứ 6, sau đó có xu hướng tăng lên cho đến ngày thứ 11 và giảm dần cho đến thời điểm kết thúc. Sự biến thiên của nồng độ $N-NH_3$ phụ thuộc rất nhiều vào pH, mức độ tiêu thụ của tảo và quá trình phân hủy chất hữu cơ. Sự thay đổi $N-NH_3$ ở mô hình T0 cho phép khẳng định sự suy giảm $N-NH_3$, có hiện tượng bay hơi NH_3 do ảnh hưởng của pH cao ($pH > 9,5$) và sự gia tăng của $N-NH_3$ là do quá trình phân hủy của cơ chất.

Không như $N-NH_3$, sự thay đổi của $N-NO_2^-$ và $N-NO_3^-$ phụ thuộc vào nồng độ oxy hòa tan trong hồ. Ban đầu, khi nồng độ cơ chất và $N-NO_3^-$ trong tất cả các mô hình đều giảm, nồng độ $N-NO_2^-$ trong tất cả các mô hình đều tăng và đạt cực đại với nồng độ là 121,1 (1), 74,0 (2), 79,3 (3), 47,5 (5), 26,8 (mg $N-NO_2^-/L$) (T1) vào ngày thứ 2 và 38,0 (mg $N-NO_2^- L$) (4) vào ngày thứ 3. Trong những ngày tiếp theo, nồng độ $N-NO_2^-$ trong các mô hình đều gần bằng không,

riêng chỉ có mô hình 4, nồng độ $N-NO_2^-$ đạt ổn định trong khoảng từ 11- 13 mg/L. Trong thời gian này nồng độ oxy trong các mô hình đều rất thấp (< 0,5 mg/L).



Hình 7: Biến thiên nồng độ $N-NH_3$, $N-NO_2^-$ và $N-NO_3^-$ trong các mô hình nuôi tảo bằng nước thải tinh bột mì trong điều kiện thay đổi độ kiềm.

Kết quả thí nghiệm cho thấy nồng độ $N-NO_3^-$ trong mô hình nuôi tảo với nước

sạch biến thiên liên tục trong suốt thời gian nuôi cấy và không có quy luật. Trong khi đó, nồng độ $N-NO_3^-$ trong tất cả các mô hình nuôi tảo bằng nước thải được bổ sung từ nguồn dinh dưỡng Zarrouk, giảm rất nhanh vào sáu ngày vận hành đầu tiên theo sự suy giảm của chất hữu cơ và nồng độ oxy. Trong khoảng thời gian tiếp theo của quá trình nuôi cấy, $N-NO_3^-$ hết hoàn toàn. Nếu toàn bộ lượng $N-NO_3^-$ trong tất cả các mô hình đều do sự tiêu thụ của tảo Spirulina, sinh khối tảo trong sáu ngày đầu tiên phải tăng lên rất nhanh. Tuy nhiên, sinh khối tảo trong thời gian đầu của các mô hình có sử dụng nước thải tăng rất chậm. Điều đó cho phép khẳng định có quá trình chuyển hóa các dạng nitơ ($N-NO_3^-$, $N-NO_2^-$ và $N-NH_3$) trong các mô hình này theo một cơ chế nào đó, làm thất thoát phần lớn dinh dưỡng cho tảo đặc biệt là $N-NO_3^-$.

Sinh khối tảo thu hoạch trong các mô hình sau thời gian nuôi cấy không nhiều và có hiện tượng giảm vào cuối thời gian vận hành, cao nhất là 248 mgVSS/L (mô hình 4) tương đương với 5,3 g/m².ngày. Kết quả này thấp hơn kết quả thu được từ nghiên cứu của Saxena và cộng sự (1983) với nước thải sinh hoạt chưa xử lý nếu bổ sung thêm 10mg $NaHCO_3$ /L và 1 g $NaNO_3$ /L, sau 12 ngày nuôi cấy, sản lượng sinh khối thu được khoảng 9 g tảo/m².ngày.

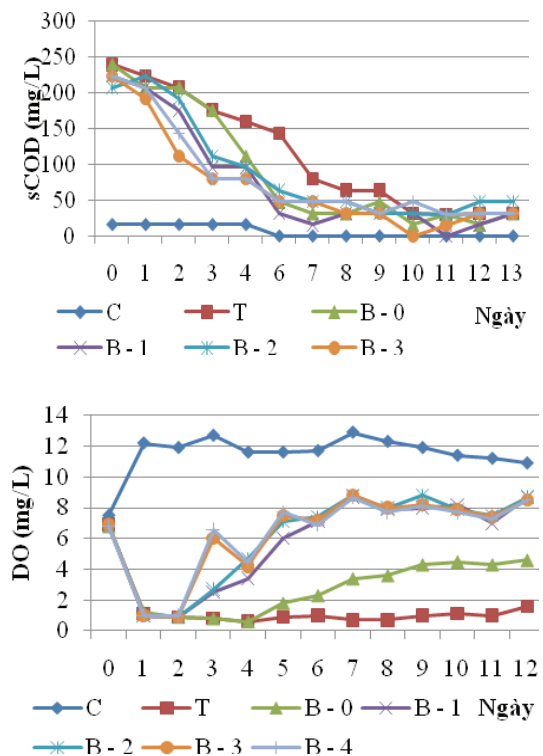
II. Đánh giá ảnh hưởng của mức độ khuấy trộn đến quá trình phát triển của tảo Spirulina trong nước thải tinh bột mì

Khuấy trộn trong mô hình nuôi cấy tạo điều kiện cho tảo dễ dàng tiếp xúc với ánh

sáng, làm thúc đẩy quá trình quang hợp. Khuấy trộn còn tạo điều kiện cho quá trình trao đổi khí trong các mô hình diễn ra tốt hơn. Nồng độ oxy hòa tan trong mô hình B – 0 cũng như trong các mô hình nuôi tảo Spirulina có sử dụng nước thải với nồng độ cơ chất 240 mg sCOD/L, bắt đầu tăng ở ngày thứ 6 khi nồng độ cơ chất giảm cực đại và quá trình phân hủy cơ chất đạt trạng thái ổn định. Tuy nhiên, khi được khuấy trộn liên tục vào ban ngày (từ 6 giờ đến 18 giờ), nồng độ oxy trong các mô hình phục hồi vào thời điểm 72 giờ (khoảng 6 giờ của ngày thứ 3). Xáo trộn càng nhiều, khả năng phục hồi oxy hòa tan càng nhanh (Hình 8). Nồng độ oxy trong các mô hình được xáo trộn bắt đầu tăng vào ngày thứ 3 lần lượt là 2,5 mg/L (B - 1), 2,7 mg/L (B - 2), 6,0 mg/L (B - 3) và 6,6 mg/L (B - 4). Nồng độ oxy trong các mô hình B - 3 và B - 4 đều giảm vào ngày thứ 4 nhưng vẫn luôn > 4 mg/L và tăng lên lại trong các ngày nuôi cấy tiếp theo. Cũng vào thời điểm này, trong mô hình khuấy trộn thủ công (B - 0), nồng độ oxy chỉ đạt 0,8 mg/L. Xáo trộn liên tục cũng làm cho độ kiềm tăng. Độ kiềm vào thời điểm kết thúc quá trình nuôi cấy tăng khoảng 460 mg CaCO₃/L (mô hình B - 1 và B - 2) và khoảng 540 mg CaCO₃/L (mô hình B - 3 và B - 4) so với thời điểm ban đầu. Mặc dù độ kiềm tăng nhưng pH trong các mô hình trong thí nghiệm này cũng tương tự như trong các thí nghiệm khác, chỉ dao động trong khoảng 9,5 đến 10,7.

Nồng độ oxy hòa tan cao, tạo điều kiện cho quá trình phân hủy cơ chất trong các mô hình diễn ra tốt hơn. Ở ngày nuôi cấy thứ 3, nồng độ chất hữu cơ trong các mô hình

có xáo trộn liên tục giảm rất nhiều so với mô hình xáo trộn thủ công, lần lượt là 96 mg/L (B - 1 và B - 2), 80 mg/L (B - 3 và B - 4), 112 mg/L (B - 0) và 160 mg/L (T) (Hình 8). Mức độ xáo trộn càng cao, nồng độ chất hữu cơ giảm càng nhanh và đạt trạng thái ổn định ở ngày thứ 8 (sCOD = 32 mg/L), hiệu quả khử cơ chất đạt 86,7%. Cùng với việc giảm COD, khuấy trộn càng cao, lượng cặn tạo ra do quá trình phân hủy nước thải giảm càng nhiều, làm cho nước trong mô hình trở nên trong hơn ở ngày thứ 7 và trong suốt như nước sạch ở ngày thứ 11.

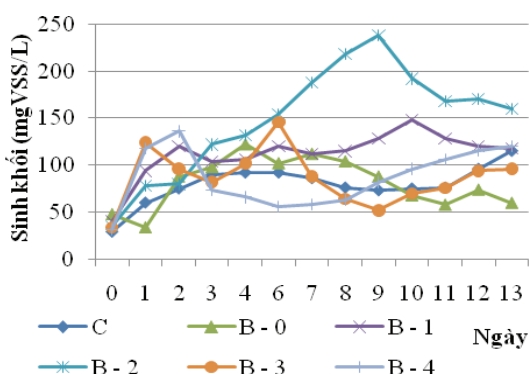


Hình 8: Biến thiên nồng độ cơ chất và oxy theo thời gian ở các mức độ xáo trộn khác nhau trong các mô hình nuôi tảo Spirulina sử dụng nước thải tinh bột với và độ kiềm 1.100 mg CaCO₃/L.

Ngoài ra, xáo trộn ảnh hưởng lớn đến sản lượng sinh khối tảo. Trong thí nghiệm này, các mô hình được xáo trộn nhiều (mô hình 3 và 4), sinh khối tảo tăng nhanh hơn

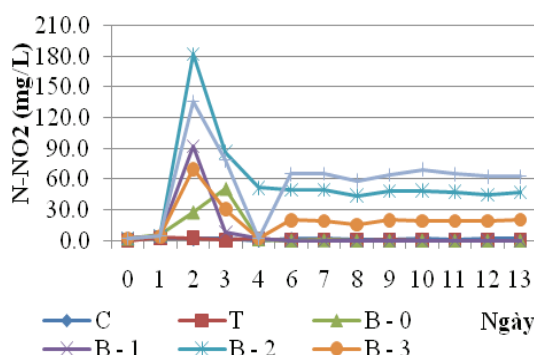
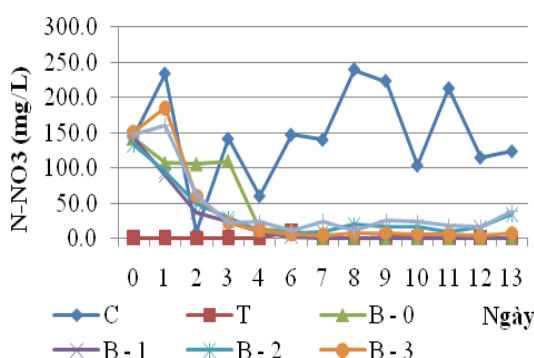
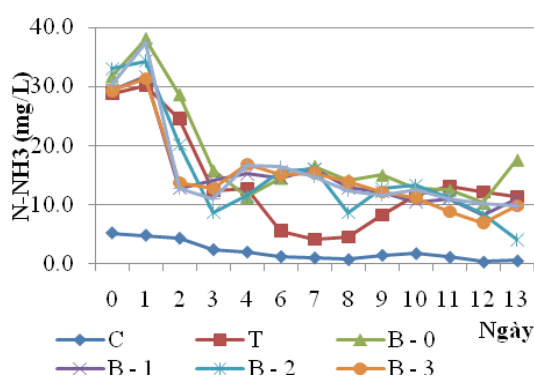
các mô hình còn lại sau một ngày và giảm liên tục cho đến ngày thứ 7 và sau đó có xu hướng tăng lên lại. Nồng độ sinh khối vào cuối thời điểm nuôi cấy ở hai mô hình này lần lượt là 96 mgVSS/L (B – 3) và 120 mgVSS/L (B – 4). Trong các mô hình có mức độ xáo trộn thấp (B – 0, B – 1, và B – 2), nồng độ sinh khối tăng chậm trong 2 ngày đầu tiên, sau đó có sự gia tăng khác biệt sinh khối giữa các mô hình.

Trong khi ở mô hình B – 0 và B – 1, tảo phát triển chậm vào những ngày tiếp theo, kéo dài đến ngày thứ 7; mô hình B – 2 sinh khối tảo tăng rất nhanh, đạt cực đại vào ngày thứ 9 (238 mg/L) và giảm dần vào các ngày còn lại. Sinh khối tảo trong mô hình chuẩn (mô hình C) tăng rất chậm trong thời gian thực hiện thí nghiệm này. Xét trên hiệu quả xử lý cơ chất và sản lượng sinh khối thu được, mức độ xáo trộn tối ưu trong thí nghiệm này tương ứng với sử dụng 2 bơm nước hồ cá. Sản lượng sinh khối tối ưu thu được ở mô hình B-2 vào ngày thứ 9 là 7,93 g/m².ngày. Biến thiên nồng độ sinh khối tảo trong các mô hình nuôi cấy được trình bày trong Hình 9.



Hình 9: Biến thiên nồng độ sinh khối tảo Spirulina trong các mô hình nuôi cấy bằng nước thải tinh bột với độ kiềm 1.100 mg CaCO₃/L và mức độ xáo trộn khác nhau.

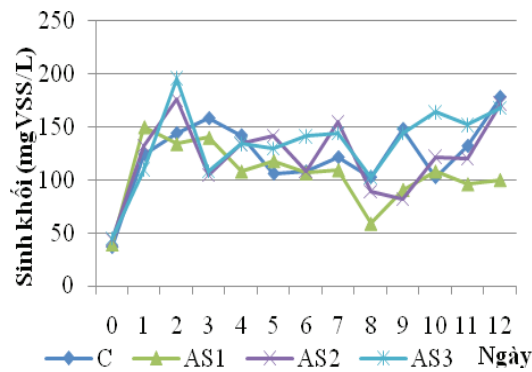
Tương tự thí nghiệm trước, khi nồng độ cơ chất và oxy hòa tan trong các mô hình nuôi cấy có sử dụng nước thải tinh bột đều giảm, biến thiên của các dạng nitơ N-NH₃, N-NO₂⁻ và N-NO₃⁻ xảy ra rất nhanh trong những ngày vận hành đầu tiên. Trong thí nghiệm này, biến thiên các dạng nitơ xảy ra trong ba ngày nuôi cấy đầu tiên và đạt trạng thái ổn định từ ngày thứ 4 cho đến hết thời gian nuôi cấy (Hình 10).



Hình 10: Biến thiên nồng độ N-NH₃, N-NO₂⁻ và N-NO₃⁻ trong các mô hình nuôi cấy Spirulina bằng nước thải tinh bột với độ kiềm 1.100 mg CaCO₃/L và mức độ xáo trộn khác nhau.

III. Đánh giá ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng đến quá trình phát triển của tảo Spirulina trong nước thải tinh bột mì

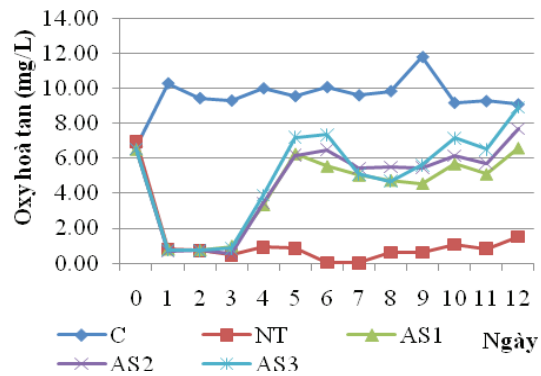
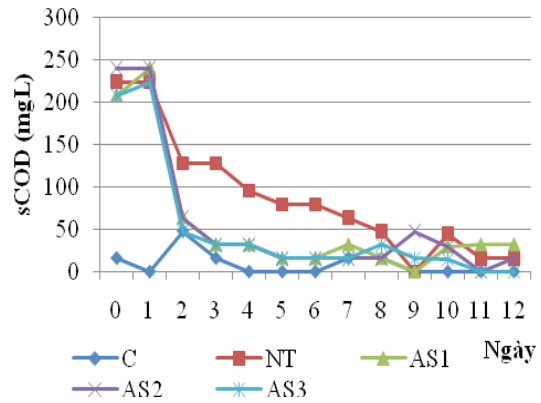
Kết quả thí nghiệm cho thấy: khi cường độ chiếu sáng càng tăng, tốc độ phát triển của tảo Spirulina (Hình 11), tốc độ phân huỷ cơ chất và thời gian phục hồi lượng oxy hòa tan (Hình 12) xảy ra càng nhanh. Không giống các thí nghiệm trước khi tảo Spirulina được nuôi cấy trong điều kiện tự nhiên, phụ thuộc nhiều vào cường độ ánh sáng mặt trời và điều kiện thời tiết; với cường độ chiếu sáng ổn định, quá trình phân huỷ các chất hữu cơ xảy ra nhanh hơn đạt cực đại sau hai ngày nuôi cấy.



Hình 11: Biến thiên nồng độ sinh khối trong các mô hình nuôi cấy bằng nước thải tinh bột mì với độ kiềm 1.100 mg CaCO₃/L, khuấy trộn với lưu lượng bơm tuần hoàn 520 L/h và cường độ chiếu sáng khác nhau.

Nồng độ sinh khối của các mô hình được chiếu sáng ở ngày thứ 2 lần lượt là 134 mg VSS/L (AS1), 176 mg VSS/L (AS2) và 196 mg VSS/L (AS3). Sau đó sinh khối tảo giảm dần theo thời gian cho đến ngày thứ 8 và tăng lại ở giai đoạn cuối thời gian nuôi cấy. Nồng độ sinh khối vào thời điểm kết thúc mô hình (ngày thứ 12) lần lượt là 178 mg VSS/L (C), 100 mg VSS/L (AS1), 172 mg VSS/L (AS2) và 168 mg VSS/L (AS3). Trong thời gian nuôi

cấy, pH và độ kiềm của các mô hình có xu hướng tăng chậm như trong các thí nghiệm trước, dao động lần lượt trong khoảng 9,5 -11,0 và 1.100 - 1.250 mg CaCO₃/L.



Hình 12: Biến thiên nồng độ chất hữu cơ và oxy hòa tan ở các cường độ chiếu sáng khác nhau trong các mô hình nuôi cấy bằng nước thải tinh bột mì với độ kiềm 1.100 mg CaCO₃/L và khuấy trộn với lưu lượng bơm tuần hoàn 520 L/h.

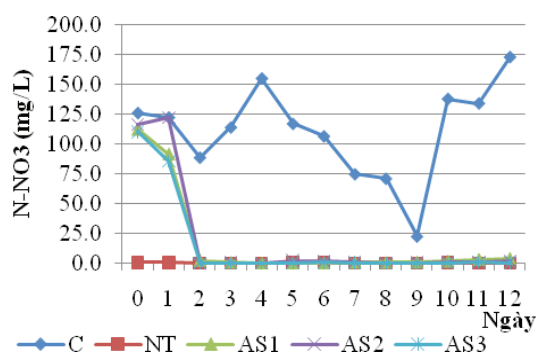
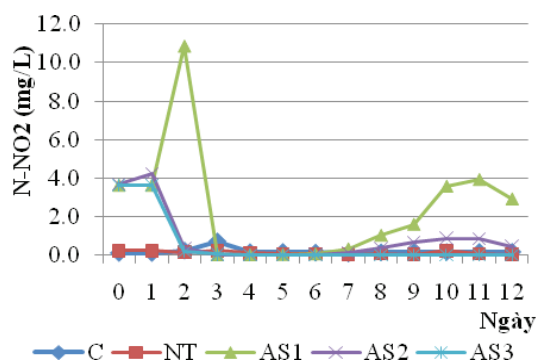
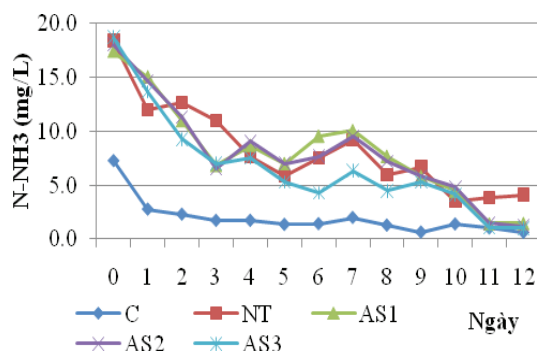
Nồng độ chất hữu cơ trong các mô hình nuôi cấy Spirulina có sử dụng nước thải tinh bột mì ở ngày thứ hai là 64 mg/L (AS1 và AS2), 48 mg/L (AS3) và 128 mg/L (T). Quá trình phân huỷ chất hữu cơ đạt trạng thái ổn định ở ngày thứ 3 và kéo dài đến hết thời gian nuôi cấy. Khác với các thí nghiệm trước, thời gian phân huỷ các chất hữu cơ xảy ra nhanh hơn và đạt trạng thái ổn định trong thời gian ngắn hơn (Hình 12).

Đồng thời với sự suy giảm nồng độ cơ chất, các dạng nitơ N-NH₃, N-NO₂⁻ và

N-NO₃⁻ cũng biến đổi trong khoảng thời gian nồng độ cơ chất đạt trạng thái ổn định. Kết quả thí nghiệm cho thấy nồng độ NH₃ giảm liên tục suốt thời gian nuôi cấy, mức độ giảm đạt cực đại vào ngày thứ 3 (Hình 8). Nồng độ N-NO₂⁻ và N-NO₃⁻ (Hình 13) trong thí nghiệm này giảm cực đại ở ngày thứ 2 và ổn định trong thời gian còn lại. Ở mô hình AS1, nồng độ N-NO₂⁻ tăng cực đại vào ngày thứ 2 lên đến 10,9 mg/L.

Kết quả của các thí nghiệm cho thấy: quá trình chuyển hóa các dạng nitơ trong các mô hình nuôi tảo sử dụng nước thải tinh bột mì dẫn đến hiện tượng thất thoát dinh dưỡng nitơ ở dạng nitrat (được bổ sung từ nguồn dinh dưỡng Zarrouk) khi xảy ra quá trình phân hủy các chất hữu cơ vào những ngày nuôi cấy đầu tiên. Nguồn dinh dưỡng nitơ cung cấp cho tảo Spirulina sau thời gian phân hủy ổn định chất hữu cơ là N-NH₃, nồng độ N-NH₃ dao động trong khoảng 15-30 mg/L.

Theo ước tính trên lý thuyết, lượng sinh khối tạo ra sẽ gấp 10 lượng nitơ cung cấp (Chongrak Polprasert, 1996). Nếu toàn bộ lượng N-NH₃ trong các mô hình nuôi cấy đều được tảo Spirulina sử dụng hoàn toàn, không tính đến lượng N-NH₃ bị thất thoát ở pH cao, sinh khối tảo Spirulina tạo ra tối đa chỉ đạt 300 mgVSS/L. Kết quả nghiên cứu từ các thí nghiệm cho thấy nồng độ sinh khối tảo tối ưu sinh ra từ trong suốt quá trình nghiên cứu chỉ đạt khoảng 186 – 250 mgVSS/L, tương ứng với sản lượng thu được dao động trong khoảng 5,3 – 7,9 g/m².ngày.



Hình 13: Biến thiên nồng độ N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ ở các cường độ chiếu sáng khác nhau trong các mô hình nuôi tảo bằng nước thải tinh bột với tải trọng chất hữu cơ, độ kiềm và khuấy trộn tối ưu.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả thí nghiệm cho thấy tảo Spirulina có thể phát triển được trong nước thải tinh bột sau lắng sơ bộ ở nồng độ chất hữu cơ hòa tan (sCOD) 240 mg/L nhưng phải kiểm soát độ kiềm tối ưu là 1100 mgCaCO₃/L, mức độ khuấy trộn tối ưu tương ứng với sự xáo trộn của lưu lượng 2 bơm nước hồ cá và cường độ chiếu sáng tối ưu là 7.500 lux.

Sinh khối tảo Spirulina trong các thí nghiệm thu được chỉ dao động trong khoảng 186 -250 mg/L, tương ứng với sản lượng thu được là 5,3 – 7,9 g/m².ngày. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ trong nước thải tinh bột dao động từ 80 - 86% sau 14 ngày nuôi cấy.

Ánh sáng ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ quang hợp của tảo. Cường độ chiếu sáng càng tăng, nồng độ sinh khối thu được càng nhiều. Cường độ chiếu sáng tối ưu thu được cho quá trình phát triển của tảo và xử lý cơ chất là 7500 lux. Tuy nhiên đây mới chỉ là giá trị cường độ cao nhất trong dãy nghiên cứu đã thực hiện, cần nghiên cứu mở rộng với dãy cường độ chiếu sáng cao hơn.

Kết quả của nhiều thí nghiệm cho thấy trong các mô hình nuôi tảo Spirulina bằng nước thải tinh bột mì, đồng thời với quá trình phân hủy chất hữu cơ, quá trình chuyển hóa các dạng nitơ N-NH₃, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ cũng xảy ra trong những ngày nuôi

cấy đầu tiên, làm thất thoát dinh dưỡng nitrat được bổ sung bằng dinh dưỡng Zarrouk. Kết quả là nồng độ sinh khối tảo Spirulina thu được thấp hơn khi quá trình phân hủy chất hữu cơ và chuyển hóa nitơ xảy ra nhanh hơn. Vì vậy cần có nghiên cứu chi tiết hơn về quá trình chuyển hóa nitơ trong các hồ nuôi tảo Spirulina.

Tóm lại, ở nghiên cứu này, để thu được lượng sinh khối tối ưu và quá trình xử lý cơ chất tối ưu, khi nuôi tảo Spirulina bằng nước thải tinh bột mì trong điều kiện tự nhiên (chu kỳ chiếu sáng 12 giờ) cần phải xử lý sơ bộ để tách bớt một phần hạt tinh bột, khống chế lượng chất hữu cơ hòa tan ở mức 240 mg sCOD/L, điều chỉnh độ kiềm đến 1100 mg CaCO₃/L, có mức độ xáo trộn tương ứng với lưu lượng bơm tuần hoàn 520 L/h và cường độ chiếu sáng là 7.500 lux.

ThS. Hồ Phùng Ngọc Thảo,

TS. Trần Thị Mỹ Diệu

Trưởng khoa Công nghệ & Quản lý Môi trường

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chongrak Polprasert, (2007), Organic wastewater recycling, IWA publishing, UK Bitton, G. (1994), Wastewater Microbiology, Wiley-Liss Pub., New York.
2. Fedler, C.B., Pulluoglu, M.A. and Parker, N.C. (1993) Integrating livestock waste recycling with production of microalgae. In Techniques for Modern Aquaculture, American Society of Agricultural Engineers, Publication 02-93.
3. Fox, R.D. (1987) Spirulina, real aid to development, Hydrobiologia, 151/152, 95.
4. H.N.P. Mai, N.Q. Thạch, H.T. Dương, T.T.T. Trang và N.T. Việt (2007) Xử Lý Nước thải Chế biến Tinh bột Khoai mì ở Việt Nam: Kinh nghiệm và Thực nghiệm. Hội thảo Chuyên đề Phát triển cụm công nghiệp sinh thái cho ngành công nghiệp chế biến tinh bột khoai mì tại Việt Nam, Dự án ARRPET.
5. Hien, P. G., Oanh L.T.K., Viet, N.T. and Lettinga, G. (1999), Closed Wastewater System in the Tapioca Industry in Vietnam, Wat. Sci. Tech., 39: 89-96.
6. Huynh Ngoc Phuong Mai, 2006, Integrated treatment of Tapioca Processing Industrial Wastewater Based on Environmental Bio-technology.
7. Ip, S.Y., Bridger, J.S., Chin, C.T., Martin, W.R.B. and Raper, W.G.C. (1982) Algal growth in primary

settled sewage: The effects of five key variables, *Water Res.*, 16, 621.

8. J.K. Sloth, M.G. Wiebe, N.T. Eriksen, Accumulation of phycocyanin in heterotrophic and mixotrophic cultures of the acidophilic red alga *Galdieria sulphuraria*, *Enzyme Microb. Technol.* 38 (2006) 168–175.

9. Kosaric, N., Nguyen, H.T. and Bergougnou, M.A. (1974) Growth of *Spirulina maxima* Algae in Effluents from Secondary Wastewater Treatment Plants, *Biotechnol. Bioeng.*, 16, 881.

10. M.E. De Swaaf, L. Sijtsma, J.T. Pronk, High-cell-density fed-batch cultivation of the docosahexaenoic acid producing marine alga *Cryptocodinium cohnii*, *Biotechnol. Bioeng.* 81 (2003) 666–672.

11. Nandy T., Kaul S, N, and Sckhar V, S, S, (1995), *Wastewater Management in The Tapioca Based Starch Industrial, Intern, T, environmental studies, Vol, 48, pp, 81-96.*

12. P.F. Ip, K.H. Wong, F. Chen, Enhanced production of astaxanthin by the green microalga *Chlorella zofingiensis* in mixotrophic culture, *Proc. Biochem.* 39 (2004) 1761–1766.

13. Saxena, P.N., Ahmad, M.R., Shyam, R. and Amla, D.V. (1983) Cultivation of *Spirulina* in Sewage for Poultry Feed, *Experientia*, 39, 1077.

14. Siew-Moi, P. (1987) Agro-industrial Wastewater Reclamation in Peninsular Malaysia, *Arch. Hydrobiol.*, 28, 77.

15. Tanticharoen, M., Bunnag, B. and Vonshak, A. (1993) Cultivation of *Spirulina* Using Secondary Treated Starch Wastewater, *Australasian Biotechnol.*, 3, 223. *Bioengin.*, 76, 408.

16. Venkataraman, L.V., Madhavi Devi, K., Hahadevaswamy, M. and Mohammed Kunhi, A. (1982) Utilization of rural wastes for algal biomass production with *Scenedesmus acutus* and *Spirulina platensis*, *India Agricul. Wastes*, 4, 117.

Giải thưởng Eureka lần thứ 14, 2012

Đề tài “Nghiên cứu đánh giá khả năng tái sử dụng nước thải chế biến tinh bột mì để nuôi tảo Spirulina Platensis” của nhóm SV khoa Công nghệ & Quản lý Môi trường (CN&QLMT) Nguyễn Thị Phi Lanh, Hồ Ngô Thiên Long, do TS. Trần Thị Mỹ Diệu hướng dẫn đạt giải Luận văn tốt nghiệp xuất sắc trong lĩnh vực Tài Nguyên Môi trường, Giải thưởng Eureka lần thứ 14, 2012. Đây là giải thưởng Eureka thứ 5 mà SV khoa CN&QLMT đạt được. Ngoài ra, trong năm 2011 – 2012, SV khoa CN&QLMT đạt 4 Giải Khuyến khích, lĩnh vực Khoa học Kỹ thuật, Giải thưởng Tài năng khoa học trẻ Việt Nam 2012: (1) “Nghiên cứu xây dựng mô hình và quy trình thí nghiệm xác định bao bì có khả năng phân hủy sinh học và đánh giá mức độ phân hủy sinh học của bao bì”, nhóm SV: Hoàng Yến Sơn Ca, Nguyễn Thị Mai Khoa, GVHD: TS. Trần Thị Mỹ Diệu; (2) “Nghiên cứu đánh giá khả năng nâng cao hiệu quả phân hủy sinh học của nước thải dược phẩm bằng phương pháp hóa học và hóa lý sử dụng hệ fenton”, nhóm SV: Hoàng Thị Hương Giang, Nguyễn Thị Thúy Vy, GVHD: TS. Trần Thị Mỹ Diệu; (3) “Nghiên cứu đánh giá khả năng nâng cao hiệu quả xử lý chất hữu cơ trong nước rỉ rác sử dụng mô hình bùn hoạt tính hiếu khí kết hợp vi sinh vật tăng trưởng dạng lơ lửng và dính bám”, nhóm SV: Trần Lê Anh Thanh, Trần Thị Minh Thương, GVHD: TS. Trần Thị Mỹ Diệu; (4) “Nghiên cứu và ứng dụng mô hình sản xuất compost từ chất thải hữu cơ sinh hoạt có khả năng phân hủy sinh học ở hộ gia đình tại Tp. Hồ Chí Minh, nhóm SV thực hiện: Phạm Lý Xuân Hằng, Phạm Minh Quân, GVHD: TS. Nguyễn Trung Việt & TS. Lê Thị Kim Oanh.

(www.vanlanguni.edu.vn)