

# Ảnh hưởng của tỉ lệ N:P hỗn hợp nước thải đến tốc độ sinh trưởng tảo xoắn *Spirulina* và hiệu quả loại bỏ N, P sau nuôi tảo

Effect of N:P Ratios of the Wastewater Mixture to Growth of *Spirulina* and N, P Removal Efficiencies after Cultivation

**Nguyễn Thúy Nga, Nguyễn Ngọc Châu, Đoàn Thị Thái Yên\***  
 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội - Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội  
 Đến Tòa soạn: 13-5-2019; chấp nhận đăng: 20-3-2020

## Tóm tắt

Tảo *Spirulina* (tảo xoắn) được biết đến do sinh khối giàu protein và phát triển tốt ở qui mô lớn. Sinh khối tảo có thể được dùng để làm thực phẩm bổ sung cho bữa ăn của người, thức ăn gia súc và nhiều ứng dụng khác. Nuôi trồng *Spirulina* trong nước thải nhằm tận dụng nguồn dinh dưỡng N, P để tổng hợp sinh khối tảo *Spirulina* có giá trị cao, đồng thời góp phần loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải đang rất được quan tâm. Nghiên cứu này được tiến hành nhằm mục đích xác định tỉ lệ N:P phù hợp nhất để nuôi trồng tảo *Spirulina* bằng hỗn hợp nước thải bã rượu gạo và chăn nuôi, thu sinh khối tảo giàu protein và giúp làm giảm chất ô nhiễm từ nước thải. Kết quả khảo sát đã xác định được tỉ lệ N:P của hỗn hợp nước thải từ 16:1 – 20:1 và bổ sung 3 g/L bicacbonat như là nguồn cacbon là điều kiện tốt nhất cho tảo *Spirulina* sp. HH phát triển. Năng suất sinh khối thu được cao nhất là 0,147 g.L<sup>-1</sup>.ngày<sup>-1</sup>, ứng với hàm lượng protein của sinh khối đạt được là 59,8 %. Hiệu suất xử lý NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> cao nhất đạt được, tương ứng là 97,5 %, 98,1 % và 86,6 %. Nghiên cứu này cho thấy lợi ích của tái sử dụng nước thải để tận dụng các chất dinh dưỡng, tạo ra sản phẩm có giá trị gia tăng.

Từ khóa: tảo xoắn, nước thải rượu gạo, nước thải chăn nuôi, tỉ lệ N:P, hiệu suất xử lý

## Abstract

*Spirulina* is a blue-green alga, which is well-known as a source of protein-rich biomass and well growth in mass scales. The algal biomass can be used as a human diet supplement, animal feeds, and many other applications. Culturing *Spirulina* in wastewater can utilize nutrients to produce valuable biomass as well as removes pollutants in wastewater. In this study, *Spirulina* was cultivated in mixtures of diluted rice wine stillage and piggery wastewater for determining the optimal ratio of N:P, collecting protein-rich algae biomass and helping to reduce pollutants in wastewater. The results showed that N:P ratios of wastewater mixture from 16:1 to 20:1 and adding 3 g/L bicarbonate as carbon source was the best conditions for the growth of *Spirulina* sp.HH. The highest biomass yield was 0.147 g.L<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>, corresponding to the protein content of biomass reaching to 59.8 %. The best removal efficiency of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> were 97.5%, 98.1% and 86.6%, respectively. The study demonstrates the benefit of the reuse of wastewaters to recover the nutrients for producing value-added product.

Keywords: *Spirulina*, rice-wine stillage, piggery wastewater, N:P ratio, removal efficiency

## 1. Đặt vấn đề

Tảo xoắn *Spirulina* được biết đến từ lâu như là một nguồn cung cấp dưỡng chất cho con người và vật nuôi do rất giàu protein (50-70% trọng lượng tế bào) [1]. Ngoài ra *Spirulina* cũng được dùng vào nhiều mục đích khác như trong mỹ phẩm, dược phẩm, thức ăn chăn nuôi, phân bón hữu cơ, nhiên liệu sinh học, nhựa sinh học [2]. Do đó *Spirulina* đã và đang được nuôi trồng ở qui mô lớn, trong đó các dưỡng chất quan trọng nhất cần có trong canh trường là Cacbon vô cơ (dạng CO<sub>2</sub> và HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Nito (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) và Photpho (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Nguồn nước thường dùng để

nuôi trồng *Spirulina* là nước ngọt, nước khoáng tự nhiên (ví dụ nước khoáng Vĩnh Hảo rất giàu bicarbonat) hoặc từ nước thải. Nuôi trồng *Spirulina* bằng nước thải là một giải pháp quan trọng thay thế nước ngọt nhằm giảm bớt áp lực thiếu nước ngọt khi nuôi qui mô lớn. Ngoài ra, nuôi tảo bằng nước thải được quan tâm nghiên cứu do tận dụng được nguồn dinh dưỡng N, P trong nước thải, vừa thu được sinh khối tảo giàu protein với giá thành thấp, vừa kết hợp loại bỏ được các chất ô nhiễm trong nước thải.

Trong các nguồn nước tự nhiên, tốc độ phát triển của các loài thực vật phù du (phytoplanktons), trong đó có tảo, thường phụ thuộc theo nồng độ N hoặc P hiện diện. Đặc biệt, tỉ lệ N:P tồn tại trong nguồn nước đó có ảnh hưởng quan trọng đến tốc độ bùng nổ sinh khối của nhiều loài tảo. Theo Redfield,

\* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 913083777  
 Email: yen.doanthithai@hust.edu.vn

tỉ lệ mol C:N:P tối ưu cho thực vật phù du trong nước biển tương ứng là 106/16/1 [3]. Tỉ lệ N:P= 16/1 được sử dụng phổ biến để đánh giá tình trạng giới hạn của chất dinh dưỡng ở nhiều hệ sinh thái nước. Tỉ lệ N:P không phù hợp khiến cho Nito hoặc Photpho trở thành yếu tố giới hạn, cản trở hoạt động sinh trưởng và phát triển của các loài trong nước. Nghiên cứu riêng cho tảo biển, Geider and Roche cho biết N:P phù hợp từ 5/1 đến 19/1 và là yếu tố quan trọng cho tăng trưởng quần thể vì nó quyết định năng suất tiềm năng và duy trì sự chiếm ưu thế của các loài trong môi trường [4]. Nghiên cứu về ảnh hưởng của tỉ lệ N:P của nước thải đến năng suất sinh khối và hiệu suất xử lý nước thải, Choi và Lee cũng chỉ ra rằng tỉ lệ N:P ảnh hưởng khá lớn đến việc tăng trưởng của tảo lục *Chlorella vulgaris* cũng như hiệu suất loại bỏ dinh dưỡng trong nước thải. Theo đó, tỉ lệ N:P phù hợp cho sự sinh trưởng của *C. vulgaris* nằm trong khoảng từ 10:1 đến 30:1 và tỉ lệ N:P là yếu tố ảnh hưởng lớn đến hiệu suất loại bỏ các dinh dưỡng trong nước thải do tảo [5].

Nuôi trồng tảo bằng các loại nước thải giàu dinh dưỡng sẽ cung cấp Nito, Photpho dưới dạng ion vô cơ cho tổng hợp sinh khối tảo, qua đó giúp giảm lượng N, P thải ra môi trường. Tuy nhiên tỉ lệ N:P tối ưu sẽ thay đổi ứng với mỗi loài tảo khác nhau. Vì vậy trong nghiên cứu này sẽ tiến hành xác định tỉ lệ N:P tối ưu dùng trong nuôi tảo *Spirulina* giống bản địa. Nấu rượu gạo và chăn nuôi lợn là các hình thức sản xuất khá phổ biến ở nông thôn Việt Nam. Dịch lỏng đã ép bỏ bã rượu và nước thải chăn nuôi lợn sau xử lý bằng biogas còn chứa lượng chất hữu cơ và dinh dưỡng khá cao, có thể tận dụng để nuôi tảo. Trong nghiên cứu này tiến hành thử nghiệm canh trường nuôi tảo là hỗn hợp của hai loại nước thải trên, (khác với nghiên cứu trước đây chỉ làm với một loại nước thải rượu hoặc chăn nuôi pha loãng), nhằm tạo các canh trường có các tỉ lệ N:P phù hợp cho nuôi tảo *Spirulina*. Việc phối trộn hai loại nước thải để đạt được tỉ lệ dinh dưỡng N:P thích hợp sẽ giúp tảo đạt năng suất sinh khối cao nhất, đồng thời giảm thiểu chi phí hóa chất khá lớn và giúp loại bỏ các chất ô nhiễm trong hỗn hợp nước thải.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giống tảo và điều kiện nuôi cấy

Chủng tảo *Spirulina* sp. HH là giống bản địa, được phân lập từ nước hồ ở Hà Nội. Giống được nuôi giữ trong môi trường Zarrouk cải tiến, có thành phần như sau (g/L): NaHCO<sub>3</sub> (16), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (0.5), NaNO<sub>3</sub> (3.5), NaCl (1), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.5), KCl (1), MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0.2), EDTA (0.02), FeSO<sub>4</sub> (0.01), CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O (0.04). Tảo giống được duy trì trong các bình tam giác 250 ml, lắc liên tục trên máy lắc ở nhiệt độ phòng, tốc độ 85 v/ph và được chiếu đèn huỳnh quang 24/24h, cường độ chiếu sáng 2000 lux.

### 2.2. Các loại nước thải

Hai loại nước thải được dùng trong nghiên cứu này là nước thải bã rượu lấy từ dòng thải sau chưng cất rượu gạo của xưởng thực nghiệm, thuộc Viện công nghiệp thực phẩm-Bộ Công Thương và nước thải chăn nuôi chảy ra từ bể biogas phủ bạt của trại lợn giống Thanh Hưng thuộc Công ty Cổ phần giống vật nuôi Hà Nội, tại xã Tam Hưng, Thanh Oai, Hà Nội. Các loại nước thải được lọc nhiều lần qua các lớp vải, bông, để loại các tạp chất thô trước khi thí nghiệm. Mẫu nước thải được lấy nhiều đợt, từ tháng 2/2018 đến 9/2018.

### 2.3. Bố trí thí nghiệm

Các loại nước thải dùng để nuôi *Spirulina* sp. HH được chuẩn bị như trong sơ đồ hình 1. Bao gồm : nước thải rượu pha loãng (tỉ lệ pha 10 ml/L, mẫu M1, M2) và hỗn hợp nước thải bã rượu (loãng) trộn với nước thải chăn nuôi (sau biogas), theo các tỉ lệ thể tích 1:1, 2:1, 4:1 (mẫu M3-M8). Các dịch nuôi này được bổ sung NaHCO<sub>3</sub> theo hai mức là 3 g/L và 5 g/L. Các mẫu nước thải riêng biệt và hỗn hợp được phân tích nồng độ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trước khi nuôi tảo. Các thí nghiệm được tiến hành trong các chai nhựa trong 1,5 lít, với dung tích làm việc 1 lít, sục khí liên tục, ở nhiệt độ 27°C và chiếu sáng 24/24 giờ bằng đèn huỳnh quang, cường độ chiếu sáng 2000 lux. Tất cả các thí nghiệm đều được tiến hành lặp 3mẫu/nghiệm thức.

### 2.4. Phương pháp phân tích, đo đạc

Theo dõi tốc độ sinh trưởng của *Spirulina* sp. HH thông qua đo mật độ quang hàng ngày, bằng máy spectrophotometer UV/VIS Lambda EZ210 (PerkinElmer, USA), bước sóng 680nm. Bên cạnh đó, sinh khối tảo ngày đầu ( $m_{d0}$ ) và ngày 10 ( $m_{d10}$ ) được lọc, sấy khô ở 90 °C và cân để xác định năng suất sinh khối theo công thức:  $P(g.L^{-1}.ngày^{-1}) = (m_{d10} - m_{d0})/10$ . NH<sub>4</sub><sup>+</sup> được xác định bằng phương pháp TCVN 6179-1:1996(E) - Chất lượng nước - Xác định amoni - Phương pháp trắc phổ thao tác bằng tay; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: TCVN 6180:1996 Chất lượng nước - Xác định nitrat - Phương pháp trắc phổ dùng axit sunfosalixylic và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: TCVN 6202:2008-Phương pháp quang phổ dùng Amoni molipdat. Protein tổng của sinh khối *Spirulina* được xác định theo phương pháp Nito Kjeldahl theo TCVN 6498:1999, sau đó nhân với 6,25.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Đặc tính nước thải rượu (R) và chăn nuôi (CN)

Trong nước thải R, lượng COD rất cao so với nước thải CN (Bảng 1). Điều đó cho thấy nước thải CN đã được loại bỏ hiệu quả chất ô nhiễm hữu cơ thông qua xử lý yếm khí trong hầm biogas, nhưng COD trong nước ra vẫn cao hơn tiêu chuẩn được

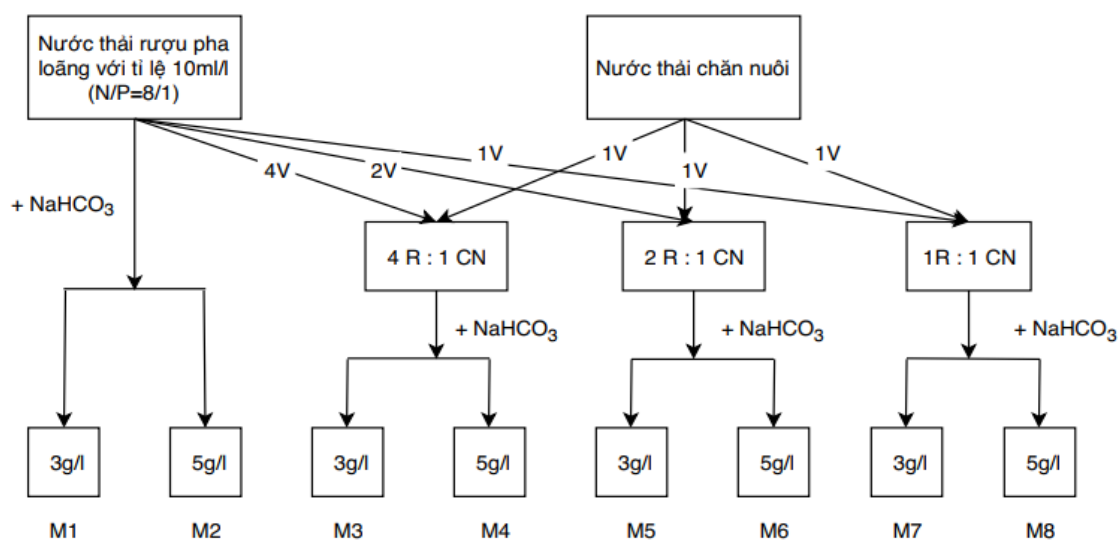
phép xả thải. Bên cạnh COD cao, cả hai loại nước thải còn chứa rất nhiều các hợp chất nitơ và photpho chưa được xử lý. Lượng các chất ô nhiễm này cao hơn qui chuẩn quốc gia về nước thải công nghiệp QCVN 40: 2011/BTNMT nên cần phải được xử lý tiếp trước khi ra nguồn tiếp nhận. Thành phần  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{PO}_4^{3-}$  trong nước thải có thể được tái tiêu thụ như là nguồn dinh dưỡng. Giải pháp tận dụng nước thải để nuôi tảo là một giải pháp bền vững, vừa thu được sinh khối *Spirulina* vừa loại được các chất ô nhiễm.

**Bảng 1.** Đặc tính của nước thải chăn nuôi (CN) và nước thải bã rượu (R)

Thông số	Đơn vị	Nước thải bã rượu gạo từ viện Công nghiệp thực phẩm (R)	Nước thải chăn nuôi từ trại lợn Thanh Hưng (CN)
COD	mg/L	70.000÷100.000	200 - 400
$\text{N-NH}_4^+$	mg/L	300÷500	70 - 300
$\text{N-NO}_3^-$	mg/L	0,00÷0,11	0,2- 1,1
$\text{PO}_4^{3-}$	mg/L	300÷400	50 - 100
pH	-	4÷5,5	4÷5,5

**Bảng 2.** Thành phần dinh dưỡng đầu vào và tỉ lệ C:N:P của các mẫu nước thải dùng trong nuôi tảo

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	11,6	11,6	60,7	60,7	87,8	87,8	122,7	122,7
$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	6,6	6,6	7,0	7,5	6,8	7,4	7,0	6,5
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/L)	9,2	9,2	20,1	20,1	23,5	23,5	25,1	25,1
$\text{NaHCO}_3$ (g/L)	3	5	3	5	3	5	3	5
N:P	8:1	8:1	16:1	16:1	20:1	20:1	26:1	26:1
C:N:P	369/8/1	615/8/1	169/16/1	281/16/1	144/20/1	240/20/1	135/26:1	225/26:1



**Hình 1.** Sơ đồ bố trí thí nghiệm và ký hiệu các nghiệm thức.

**3.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ các chất dinh dưỡng (N, P) đến khả năng phát triển sinh khối *Spirulina***

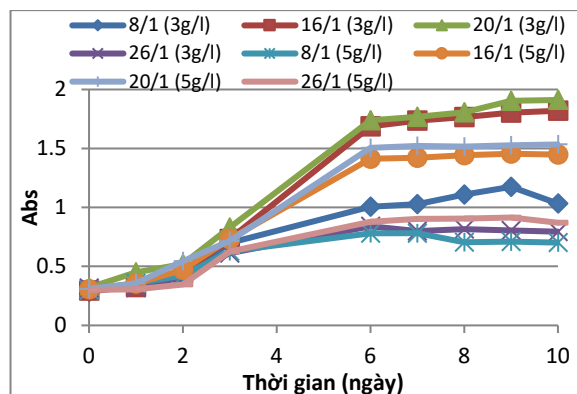
Hỗn hợp bã sau chưng cất rượu gạo là một loại chất thải khá phổ biến ở các vùng nông thôn Việt Nam, phát sinh từ các cơ sở nấu rượu truyền thống. Nước thải từ bã rượu không chứa các chất độc tồn lưu nên việc dùng nó để nuôi tảo *Spirulina*, thu sinh khối làm thức ăn chăn nuôi hoặc phân bón hữu cơ là một phương án có lợi cả về môi trường và kinh tế. Tuy

nhien, nếu dùng trực tiếp nước thải này để nuôi tảo thì không khả thi do tảo không sống được trong dịch thải có tải lượng ô nhiễm hữu cơ rất cao như vậy. Thử nghiệm nuôi *Spirulina* với nước thải bã rượu được pha loãng các mức khác nhau thì thấy tảo có thể phát triển tốt nhất ở mức 10ml/L. Tiếp tục so sánh với nuôi trong hỗn hợp nước thải rượu-chăn nuôi cho thấy *Spirulina* HH phát triển nhanh hơn và cho năng suất sinh khối cao hơn rõ rệt so với nuôi riêng bằng từng loại nước thải (loãng). Vì vậy, nghiên cứu này

tiến hành khảo sát hỗn hợp nước thải với tỉ lệ phối trộn khác nhau, có tỉ lệ C:N:P như trình bày ở bảng 2. Kết quả phân tích thành phần Nito, Photpho trong bảng 2 cho thấy lượng Nito từ nước thải chăn nuôi CN làm tăng tỉ lệ N:P của hỗn hợp, từ 8:1 lên đến 26:1. *Spirulina* sp. HH tăng trưởng nhanh hơn trong khoảng N:P thích hợp. Tiếp tục khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ N:P đến năng suất nuôi trồng *Spirulina* để xác định vùng N:P phù hợp nhất, nhằm thu được năng suất sinh khối *Spirulina* cao nhất. Theo dõi đường cong sinh trưởng của *Spirulina* trong các loại canh trường nước thải có tỉ lệ N:P khác nhau (hình 2), thấy rằng *Spirulina* HH cần hai ngày đầu để thích nghi với môi trường nước thải. Sau đó, nó phát triển nhanh dần và đạt tốc độ cực đại vào ngày 6. Đường cong sinh trưởng của *Spirulina* sp. HH đạt mật độ sinh khối cao nhất ứng với canh trường có N:P= 16:1 và 20:1 ở cả hai mức bổ sung  $\text{NaHCO}_3$  3g/L và 5g/L. Tuy nhiên, các mẫu nước thải bổ sung 3g/L  $\text{NaHCO}_3$  cho tảo phát triển tốt hơn, thu được năng suất sinh khối cao hơn canh trường được bổ sung 5 g/L  $\text{NaHCO}_3$  (xem bảng 3). Ứng với dịch nuôi chỉ có nước thải rượu pha loãng M1, M2 (N:P=8/1), sinh trưởng của *Spirulina* kém hơn mẫu có N:P = 16-20. Lý do có thể do canh trường có tỉ lệ N:P thấp, tương ứng với lượng  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{NO}_3^-$  ít, tảo bị thiếu dưỡng chất để tăng trưởng và tổng hợp sinh khối. Đối với dịch nuôi có tỉ lệ N:P=26/1, mặc dù lượng Nito có trong canh trường dư cho tảo sử dụng, nhưng *Spirulina* vẫn không phát triển được và tàn khá nhanh. Nguyên nhân do nồng độ  $\text{NH}_4^+$  đầu vào quá cao, 122,7 mg/L (bảng 2), dẫn đến gây shock và ức chế tế bào *Spirulina* sp.HH. Hiện tượng này tương đồng với phát hiện của Xin và cs, đã tiến hành trên hệ thống ống sục khí với nước thải nhân tạo [6]. Điều này cho thấy bên cạnh tỉ lệ N:P có ảnh hưởng lớn đến sinh trưởng của tảo, ngưỡng nồng độ  $\text{NH}_4^+$  ban đầu của nước thải cũng là yếu tố quan trọng đến quá trình phát triển của tảo. Kết quả hình 2 cho thấy, nếu xem xét tới lượng cacbon cung cấp, chỉ cần 3 g/L  $\text{NaHCO}_3$  thêm vào các dịch nuôi có tỉ lệ N:P từ 16/1-20/1 là tạo điều kiện phù hợp nhất cho tổng hợp sinh khối *Spirulina* sp.HH.

*Spirulina* sp. HH là loài sinh tự dưỡng, do đó nó sử dụng chủ yếu cacbon vô cơ, như  $\text{CO}_2$  và bicarbonate. Trong một nghiên cứu trước của nhóm, *Spirulina* sp. HH đã được khảo sát nuôi trong nước thải có thêm và không thêm bicarbonate. Khi nuôi *Spirulina* không bổ sung  $\text{NaHCO}_3$ , pH của dịch nuôi ngày đầu 8,5. *Spirulina* chỉ tồn tại được trong vòng 3 ngày và chết trong ngày thứ tư. Quan sát thấy dung dịch tảo không được thêm bicacbonat có màu xanh nhạt, ngả vàng, khác hẳn với dung dịch *Spirulina* có bổ sung  $\text{NaHCO}_3$  có màu xanh lá già. Như vậy *Spirulina* hoàn toàn không tiêu thụ được cacbon hữu cơ có trong hỗn hợp nước thải và cần có cacbon vô

cơ. Vì vậy thí nghiệm khảo sát lượng bicarbonate bổ sung cần thiết đã được tiến hành, với các nồng độ từ 1 g/L đến 10 g/L, kết quả xác định được lượng bicarbonate phù hợp nhất cho *Spirulina* nuôi bằng nước thải chăn nuôi là từ 3-5 g/L. Kết quả đó được tiếp tục kế thừa trong nghiên cứu này.



**Hình 2.** Đường cong sinh trưởng của *Spirulina* HH trong nước thải có tỉ lệ N:P khác nhau và bổ sung 3 g/L hoặc 5g/L  $\text{NaHCO}_3$

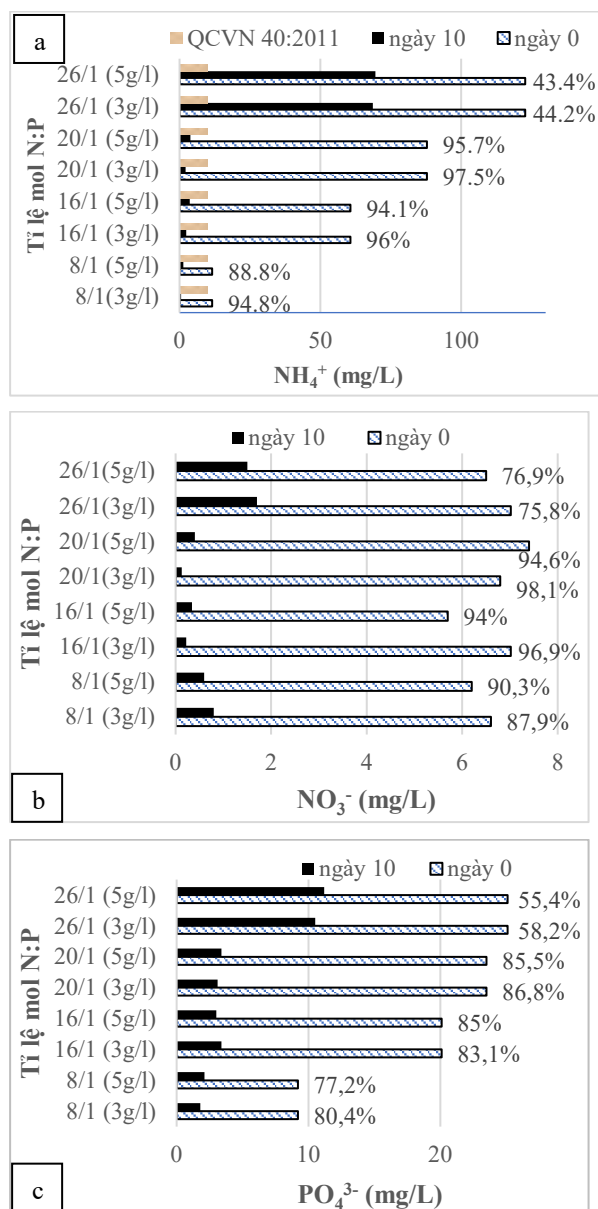
So sánh chất lượng sinh khối tảo dựa vào hàm lượng protein của sinh khối thu được thì mẫu M3 và M5 có protein cao nhất (xem bảng 3). Như vậy điều kiện dinh dưỡng phù hợp nhất cho *Spirulina* sp. HH phát triển tốt nhất và cho protein cao nhất là nuôi bằng canh trường hỗn hợp nước thải có tỉ lệ N:P trong khoảng từ 16 đến 20, bổ sung 3 g/L  $\text{NaHCO}_3$ , tương đương với tỉ lệ C:N:P trong khoảng 169:16:1-144:20:1 (tham chiếu theo bảng 2). Tỉ lệ N:P tối ưu trong nghiên cứu này tương đồng như công bố của Redfield, nhưng tỉ lệ C:P trong nghiên cứu này cho kết quả cao hơn (~C:P=144/1 đến 169/1). Như vậy có thể thấy chủng *Spirulina* bản địa trong nghiên cứu này phát triển tốt trong môi trường cần nhiều cacbon hơn so với trong nghiên cứu của Redfield. Sinh khối thu được có protein cao, có thể dùng cho nhiều mục đích khác, là sản phẩm giá trị gia tăng của quá trình.

**Bảng 3.** Năng suất sinh khối và lượng protein của sinh khối tảo nuôi trong nước thải N:P khác nhau.

Loại nước thải	Ký hiệu	Tỉ lệ N:P	$\text{NaHCO}_3$ bổ sung	Năng suất sinh khối ( $\text{g.l}^{-1} \cdot \text{ngày}^{-1}$ )	Protein (%)
R	M1	8/1	3	0,068±0,010	43,0±1,5
	M2		5	0,034±0,005	23,8±1,4
R-CN	M3	16/1	3	0,139±0,008	55,6±1,7
	M5	20/1		0,147±0,013	59,8±1,8
	M7	26/1		0,043±0,004	25,9±1,3
	M4	16/1	5	0,103±0,008	44,9±0,7
	M6	20/1		0,112±0,010	52,9±1,4
	M8	26/1		0,052±0,006	34,6±1,0

### 3.3 Hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm

Tảo *Spirulina* sử dụng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước thải như nguồn dinh dưỡng để tổng hợp sinh khối, qua đó giúp làm giảm thiểu lượng các chất ô nhiễm N, P trong nước thải. Tảo phát triển càng mạnh, càng tiêu thụ nhiều N và P, tương ứng với hiệu suất loại bỏ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> càng cao. Hình 3 đã thể hiện rõ kết quả đó.



**Hình 3.** Nồng độ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(a), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (b) và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>(c) trước/sau 10 ngày nuôi tảo và hiệu suất xử lý, ứng với các dịch nuôi có tỉ lệ N:P đầu vào khác nhau.

Trong hỗn hợp nước thải dùng cho nuôi tảo, Nitơ tồn tại ngày đầu chủ yếu ở dạng ammonium, số mol nitrat gần như không đáng kể. Rất nhiều nghiên cứu đã cho thấy tảo *Spirulina* có khả năng đồng hóa

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> để tổng hợp sinh khối [4,5,6]. Quá trình đồng hóa ammonium trong nuôi trồng tảo đã giúp loại bỏ lượng lớn N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước thải. Hình 3.a. cho thấy sau 10 ngày nuôi tảo, lượng NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giảm gần như hoàn toàn, đạt hiệu suất từ 94-97,5%, tương ứng với hai loại canh trường có tỉ lệ N:P= 16/1 (M3, M4) và 20/1 (mẫu M5, M6), cho *Spirulina* sp. HH phát triển tốt nhất. Hiệu suất cao nhất là 97,5 % ứng với canh trường nước thải có tỉ lệ C:N:P = 144/20/1 (mẫu M5). So sánh với tiêu chuẩn xả thải QCVN 40:2011/BTNMT, các mẫu đều có lượng NH<sub>4</sub><sup>+</sup> còn trong nước thải sau 10 ngày nuôi tảo thấp hơn tiêu chuẩn, ngoại trừ hai mẫu M7 và M8 (là mẫu có tỉ lệ N:P= 26/1). Như vậy, với tỉ lệ N:P phù hợp, từ 16:1 đến 20:1, *Spirulina* sp. HH tăng trưởng mạnh nhất đồng thời tạo hiệu quả cao nhất trong xử lý N, P của hỗn hợp nước thải. Kết quả này khá tương đồng so với các nghiên cứu cùng loại, ví dụ như so với nghiên cứu của Choi và Lee trên tảo *Chlorella vulgaris*, tỉ lệ N:P của nghiên cứu này nằm ở khoảng giữa [4].

Mặc dù nitrat tồn tại ngày đầu với lượng không đáng kể, nhưng tăng dần theo thời gian, do sự khử giúp cho quá trình nitrat hóa diễn ra. Nitrat là thành phần dinh dưỡng ưu thích cho tảo tiêu thụ, vì thế lượng nitrat hình thành trong canh trường sẽ được tiêu thụ nhanh, giúp cho nước thải sau nuôi tảo loại bỏ được tối đa N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Hiệu quả loại bỏ nitrat cao ở các nghiệm thức từ M3 đến M6. Trong đó, hiệu suất đạt cao nhất ở nghiệm thức M5, 98,1 %, ứng với hỗn hợp nước thải có tỉ lệ N:P là 20:1, bổ sung 3 g/L NaHCO<sub>3</sub> (hình 3.b).

Hiệu quả xử lý PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong mẫu từ M3-M6, ứng với hỗn hợp nước thải có tỉ lệ N:P = 16/1 và 20/1 là cao nhất đạt 83,1-86,8% (Hình 3.c). Hiệu suất loại bỏ PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> thấp nhất, 55,4% và 58,2%, khi *Spirulina* sp. HH phát triển kém nhất, tương ứng với mẫu tỉ lệ C:N:P = 135/26/1 và 225/26/1 (M7 và M8). Kết quả này phù hợp với kết luận của Choi và Lee, khi tỉ lệ N:P quá cao thì photpho thiếu hụt, trở thành yếu tố giới hạn đối với quá trình phát triển của tảo [4].

### 4. Kết luận

Hỗn hợp nước thải bã rượu gạo (R) và nước thải chăn nuôi (CN) sau biogas có hàm lượng Nitơ, Photpho cao phù hợp cho nuôi trồng tảo *Spirulina*. Kết quả nghiên cứu đã xác định được tỉ lệ dinh dưỡng N:P từ 16/1 – 20/1, bổ sung 3g/L bicacbonat là điều kiện phù hợp nhất cho tảo *Spirulina* sp. HH phát triển. Bên cạnh tạo sinh khối có hàm lượng protein cao (55,6-59,8%), điều kiện canh trường này cũng cho phép tảo hấp thụ N, P mạnh nhất, cho hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm trong nước thải cao nhất. Hiệu suất xử lý cao nhất NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tương ứng là 97,5%, 98,1% và 86,8%. Nghiên cứu cho thấy tính khả thi của việc tận dụng các nguồn nước thải rất sẵn có ở nông thôn Việt Nam để nuôi trồng tảo *Spirulina*,

thu sinh khối giàu protein, có thể dùng cho nhiều mục đích khác.

#### Lời cảm ơn

Các tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính cho nghiên cứu từ trường Đại học Bách khoa Hà Nội (mã số đề tài T2017-PC-014).

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Avigad Vonshak, *Spirulina platensis* (Arthrospira): Physiology, Cell- Biology and Biotechnology, (1997), Taylor & Francis Press, USA.
- [2] Amha Belay (2007), Chapter 1: *Spirulina* (Arthrospira): Production and Quality Assurance, edited by M. E. Gershwin Amha Belay, *Spirulina in Human nutrition and Health*, Taylor & Francis Group, pp 1-26.
- [3] Redfield, A. C. Ketchum, B. H, Richards, F.A. The influence of organisms on the composition of seawater. The sea, In: Hill, M.N (Ed.), (1963), Vol.II, page 26-77.
- [4] Richard Geider & Julie La Roche (2002), Redfield revisited: Variability of C:N:P in marine microalgae and its biochemical basis, *European Journal of Phycology*, 37:1 (2002), 1-17.
- [5] Hee Jeong Choi & Seung Mok Lee. Effect of the N:P ratio on productivity and nutrient municipal wastewater. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 38:4 (2015), 761-766.
- [6] Xin Yuan, Amit Kumar, Ashish K. Sahu, Sarina J. Ergas. Impact of ammonia concentration on *Spirulina platensis* growth in an airlift photobioreactort. *Bioresource Technology*, 102 (2011), 3234-3239.