

# Nghiên cứu công nghệ và thiết bị nuôi vi khuẩn lam *Spirulina platensis* bằng CO<sub>2</sub> từ khí thải lò hơi đốt trấu

Trịnh Văn Dũng<sup>1,\*</sup>, Phan Đức Thịnh<sup>1</sup>, Phạm Văn Hưng<sup>2</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm nuôi vi khuẩn lam *S. platensis* bằng môi trường Zarrouk trong photobioreactor (PBR) thể tích 1,2 lít, có khuấy trộn bằng bơm sục khí sử dụng khí lò hơi đốt trấu, hay CO<sub>2</sub> nguyên chất, hoặc không khí. Kết quả thu được cho thấy: Nhiệt độ thay đổi mỗi ngày trong khoảng khá rộng từ 25 đến 40 °C, vào thời điểm giữa trưa nhiệt độ vượt quá nhiệt độ tối ưu cho phát triển của *S. platensis* 30 đến 38 °C, nhưng không cao, chỉ 1 đến 2 °C. Khi thực hiện khuấy trộn PBR bằng bơm sục khí nhờ sục khí lò hơi đốt trấu chứa 7,76 % (v/v) CO<sub>2</sub> ở nhiệt độ phù hợp, sẽ đồng thời xảy ra quá trình hấp thụ CO<sub>2</sub> vào nước. Quá trình hấp thụ CO<sub>2</sub> vào nước tạo thành ion bicacbonat HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, vừa làm giảm pH của môi trường về khoảng giá trị tối ưu, vừa là dạng cơ chất phù hợp để *S. platensis* dễ đồng hóa; Trong 7 ngày đầu khi nuôi vi khuẩn lam bằng môi trường Zarrouk thì pH của môi trường tăng nhanh từ 8,5 lên 10,2; sinh khối vi khuẩn lam tăng từ 0,1 đến 1,81 gam (sinh khối khô)/lít; Sau đó để duy trì pH trong vùng tối ưu 8,5 đến 9,5, từ ngày thứ 8 đến ngày thứ 16, mỗi ngày tiến hành sục 30 phút khí lò hơi chứa 7,76 % (v/v) CO<sub>2</sub>. Nhờ sục khí lò hơi chứa CO<sub>2</sub> nên bổ sung được nguồn dinh dưỡng các bon dạng ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, và pH của môi trường được duy trì trong khoảng 8,5 đến 9,7 đồng thời sinh khối tăng lên đến 2,53 gam/lít. Tốc độ quang tổng hợp sinh khối của vi khuẩn lam khi sử dụng khí lò hơi, được so sánh với tốc độ sinh trưởng khi sử dụng CO<sub>2</sub> nguyên chất ở cùng điều kiện, kết quả cho thấy là tương đương nhau. Đây là cơ sở để tính toán thiết bị và xây dựng quy trình công nghệ sử dụng CO<sub>2</sub> từ khí thải lò hơi đốt trấu để sản xuất *S. platensis*, giảm phát thải khí nhà kính CO<sub>2</sub> từ các hoạt động sản xuất công nghiệp.

**Từ khóa:** Khí nhà kính CO<sub>2</sub>, Nuôi tảo bằng CO<sub>2</sub>, *Spirulina platensis*, Photobioreactor, Lò hơi đốt trấu

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp TP. HCM, Việt Nam

## Liên hệ

Trịnh Văn Dũng, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Email: trinhdung@hcmut.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 24/6/2021
- Ngày chấp nhận: 16/9/2021
- Ngày đăng: 30/9/2021

DOI: 10.32508/stdjet.v4i3.861



## Bản quyền

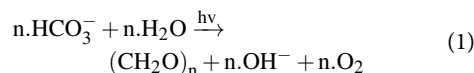
© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



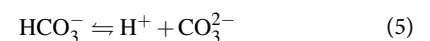
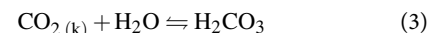
## ĐẶT VẤN ĐỀ

Vi khuẩn lam *S. platensis* (tảo lam) là sản phẩm có giá trị cao về dinh dưỡng, về y học, có ý nghĩa về bảo vệ môi trường, nó có nhiều ứng dụng trong thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm ...<sup>1,2</sup>. Trong khi đó khí nhà kính mà đóng góp chính là khí CO<sub>2</sub>, gây nên biến đổi khí hậu ngày càng trầm trọng, lại là nguồn nguyên liệu chính để nuôi trồng loài vi khuẩn lam này. Khi nuôi vi khuẩn lam *S. platensis*, để sản xuất 1 tấn sinh khối sẽ tiêu thụ 450 kilôgam CO<sub>2</sub>, tạo ra 1200 kilôgam oxy<sup>2</sup>, cho nên nghiên cứu công nghệ nuôi vi khuẩn lam *S. platensis* bằng khí CO<sub>2</sub> từ khí thải lò hơi đốt trấu để vừa giảm thải khí nhà kính, vừa thu sản phẩm có giá trị được nhiều người quan tâm. Tuy nhiên, để sử dụng được CO<sub>2</sub> từ khí thải (lò hơi, lò sấy, lò nung ...) cần có thiết bị và chế độ công nghệ phù hợp với đặc điểm sinh trưởng của vi khuẩn lam *S. platensis*.

Từ phản ứng quang tổng hợp sinh khối của vi khuẩn lam<sup>1,2</sup>:



Cho thấy *S. platensis* chỉ đồng hóa cacbon dưới dạng ion bicacbonat HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, để tạo sinh khối, làm hàm lượng HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> giảm và pH có thể tăng vượt ra ngoài vùng tối ưu là 8,5 đến 9,5. Việc bổ sung khí CO<sub>2</sub> và khuấy trộn môi trường môi trường nuôi *S. platensis* bằng khí thải lò hơi có 7,76 % CO<sub>2</sub>, giúp giảm pH về khoảng giá trị tối ưu cho sinh trưởng của vi khuẩn lam theo các phản ứng:



Nhờ các phản ứng (3) đến (5) sẽ bổ sung nguồn HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> giảm đi và pH tăng lên do phản ứng (1), đồng thời cho thấy hàm lượng các thành phần chứa cacbon CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> và CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> đều phụ thuộc vào giá trị pH của môi trường.

**Trích dẫn bài báo này:** Dũng T V, Thịnh P D, Hưng P V. Nghiên cứu công nghệ và thiết bị nuôi vi khuẩn lam *Spirulina platensis* bằng CO<sub>2</sub> từ khí thải lò hơi đốt trấu. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 5(3):1187-1193.

Đây là cơ sở công nghệ sử dụng CO<sub>2</sub> từ khói lò để bổ sung dinh dưỡng và điều chỉnh thông số công nghệ pH trong nuôi *S. platensis* ở điều kiện khí hậu Việt nam. Với các nguồn khí thải có hàm lượng CO<sub>2</sub> lớn như Biogas, hay khí từ thùng lên men rượu 40 đến 45 %, để thu hồi CO<sub>2</sub> người ta tiến hành nén, làm nguội, tiết lưu rồi thu CO<sub>2</sub> lỏng hay dạng rắn<sup>3</sup>. Với những nguồn khí thải hàm lượng CO<sub>2</sub> thấp hơn như khí thải lò hơi, lò sấy, lò nung ... tùy theo nhiệt độ chỉ có 6 đến 14 %, để thu hồi CO<sub>2</sub>, người ta tiến hành hấp thụ bằng các dung môi chọn lọc<sup>4</sup>. Do ở cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất, khí hòa tan vào nước: lượng khí hòa tan của CO<sub>2</sub> nhiều hơn O<sub>2</sub> 25 đến 35 lần, 50 đến 70 lần so với N<sub>2</sub> và khoảng 40 lần so với CO. Nên khi nuôi *S. platensis* có khuấy trộn bằng sức khói lò chứa CO<sub>2</sub>, hoặc CO<sub>2</sub> nguyên chất hay không khí, thì khí CO<sub>2</sub> là thành phần chính được hòa tan vào môi trường, tạo nên nguồn dinh dưỡng carbon dạng HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> cho vi khuẩn lam đồng thời làm giảm pH của môi trường.

### CƠ SỞ QUÁ TRÌNH HẤP THỤ CO<sub>2</sub> TỪ KHÓI LÒ VÀO MÔI TRƯỜNG NƯỚC

Từ phương trình hòa tan CO<sub>2</sub> vào nước (2) cũng như các phản ứng giữa CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>O theo (3), (4) và (5) ta thiết lập mô hình toán học mô tả biến thiên nồng độ các cấu tử trong hệ theo thời gian có dạng:

Theo định luật Henry:

$$x_{CO_2}^* = \frac{p_{CO_2}}{k_H} \quad (6)$$

Phương trình động học của các phản ứng:

$$(R_3, R_{-3}, R_4, R_{-4}, R_5, R_{-5}) = (k_3 C_1 C_2, k_{-3} C_3, k_4 C_3, k_{-4} C_4 C_5, k_5 C_5, k_{-5} C_3 C_6) \quad (7)$$

Mô tả toán học biến đổi thành phần những dinh dưỡng trong môi trường:

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} CO_2 \\ H_2O \\ H_2CO_3 \\ H^+ \\ HCO_3^- \\ CO_3^{2-} \end{pmatrix} = \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \end{pmatrix} = V^T R \quad (8)$$

$$= \begin{cases} k_H C_1 - k_3 C_1 C_2 + k_{-3} C_3 \\ -k_3 C_1 C_2 + k_{-3} C_3 \\ k_3 C_1 C_2 - k_{-3} C_3 - k_4 C_3 + k_{-4} C_4 C_5 \\ k_4 C_3 - k_{-4} C_4 C_5 - k_5 C_5 + k_{-5} C_3 C_6 \\ k_4 C_3 - k_{-4} C_4 C_5 - k_5 C_5 + k_{-5} C_3 C_6 \\ k_5 C_5 - k_{-5} C_3 C_6 \end{cases}$$

Ở 25 °C, có hệ số<sup>3</sup>: k<sub>H</sub> = 1,24.10<sup>-6</sup> mmHg, các hằng số cân bằng:

$$K_4 = \frac{k_4}{k_{-4}} = \frac{C_4 C_5}{C_3} = 4,47.10^{-7} \quad (9)$$

$$K_5 = \frac{k_5}{k_{-5}} = \frac{C_4 C_6}{C_5} = 4,56.10^{-11} \quad (10)$$

$$K_{H_2O} = \frac{C_{H^+} C_{OH^-}}{C_{H_2O}} = C_{H^+} \cdot C_{OH^-} = 1,0.10^{-14} \quad (11)$$

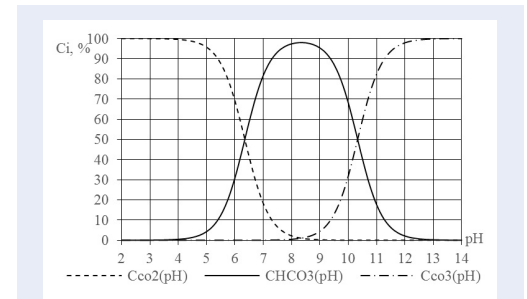
Khi đó:

$$C_5 = \frac{K_4 C_3}{C_4} = \frac{K_4 C_{CO_2(aq)}}{C_{H^+}} = \frac{K_4 k_H P_{CO_2}}{C_{H^+}} \quad (12)$$

$$C_6 = \frac{K_5 C_5}{C_4} = \frac{K_5 \frac{K_4 k_H P_{CO_2}}{C_4}}{C_4} = \frac{K_5 K_4 k_H P_{CO_2}}{C_4^2} \quad (13)$$

$$C_1 = \frac{k_H P_{CO_2}}{k_H P_{CO_2} + \frac{K_4 k_H P_{CO_2}}{C_4} + \frac{K_5 K_4 k_H P_{CO_2}}{C_4^2}} = \frac{C_4^2}{C_4^2 + C_4 + K_4 K_5} \quad (14)$$

Giải hệ phương trình (8) bằng phương pháp Runge – Kutta bậc 4, với điều kiện ban đầu: k<sub>H</sub> = 1,24.10<sup>-6</sup> mmHg và 7,76 % (v/v) CO<sub>2</sub>, C<sub>i0</sub> (i=3, 4, 5, 6) = 0, thu được thành phần các dinh dưỡng từ carbon theo (11), (12), (13). Kết quả tính toán được mô tả trên Hình 1.



Hình 1: Sự thay đổi các thành phần CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> và CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, theo pH của dung dịch

Từ Hình 1 cho thấy nồng độ các cấu tử chứa carbon (CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> và CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) thay đổi theo pH của môi trường, nguồn dinh dưỡng carbon dạng ion bicarbonat HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, đạt cực đại tại pH<sub>Max</sub> = 8,35 để *S. platensis* để hấp thụ dinh dưỡng carbon nên duy trì pH trong khoảng 8,35 đến 9,5<sup>1,2,5,6</sup>.

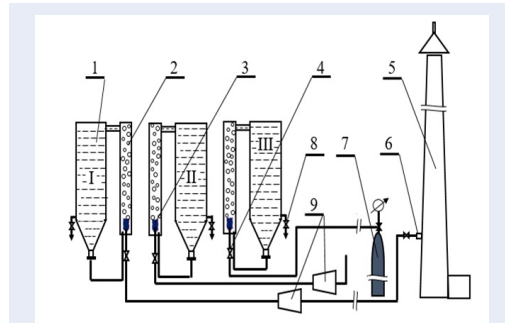
### THIẾT BỊ, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### Thiết bị thí nghiệm

Photobioreactor (1) với thể tích 1,2 lít, bằng thủy tinh hữu cơ (xem Hình 2) có kích thước φxδxH = 80x0,5x220 mm, với số lượng 3 PBR (I, II, III). Khuấy trộn bằng bơm sức khí (2) kích thước φxδxH =

30x1x220 mm, với vòi phun (3) bằng đá xốp hình trụ 20x20 mm, van điều chỉnh (4), ống khói lò hơi đốt trấu (5), cửa tách khói lò (6), bình CO<sub>2</sub> nguyên chất (7), máy nén (9), cửa lấy mẫu (8).

Một số dụng cụ khác: nhiệt kế rượu: thang đo 0 đến 100 °C của Pháp; pH kế hãng Hanna, Model HI98172; quang phổ kế Beckman Coulter DU 750 của Mỹ ở bước sóng 750 nm, hệ số chuyển đổi sinh khối đối với *S. platensis* bằng 0,73.OD<sub>750</sub> gam (sinh khối khô)/lít<sup>7</sup>.



**Hình 2:** Sơ đồ thiết bị thí nghiệm: 1 – Photobioreactor I, II, III, 2 – Bơm sục khí (hấp thụ) CO<sub>2</sub>, 3 – Vòi phun, 4 – Van, 5 – Ống khói, 6 – Cửa tách khói, 7 – Bình chứa CO<sub>2</sub>, 8 – Van lấy mẫu, 9 – Máy nén.

### Vi khuẩn lam giống và môi trường nuôi trồng thực nghiệm

Vi khuẩn lam *S. platensis* dùng trong thí nghiệm này được mua từ Viện nuôi trồng thủy sản 2, địa chỉ 116 Nguyễn Đình Chiểu, Phường Đa Kao, Q. 1, TP. Hồ Chí Minh.

Môi trường nuôi là môi trường Zarrouk<sup>1,2</sup>, có thành phần dinh dưỡng được trình bày trong Bảng 1.

Thực nghiệm được tiến hành tại phân xưởng lò hơi (đốt trấu) nhà máy dệt Phong phú, địa chỉ: TP. Thủ Đức, TP. HCM. Khí thải lò hơi có: 7,76 % (v/v) CO<sub>2</sub>, 12 ppm SO<sub>2</sub>, 22 ppm NO<sub>x</sub>, 55,7 mg bụi/m<sup>3</sup>, nhiệt độ 97 đến 100 °C, được làm nguội xuống 35 đến 40 °C trước khi sử dụng vào thí nghiệm.

### Phương pháp nghiên cứu

Môi trường nuôi vi khuẩn lam pha theo Bảng 1, cùng vi khuẩn lam giống cho vào 3 PBR, mỗi PBR 1 lít môi trường Zarrouk và 100 ml dịch tảo giống có chứa 1,0 gam sinh khối khô/lít (D<sub>750</sub> = 1,36)<sup>7</sup>, để tiến hành thí nghiệm theo kế hoạch nêu trong Bảng 2.

### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

**Bảng 1:** Môi trường Zarrouk dùng trong thực nghiệm<sup>2</sup>

| STT                  | Công thức hóa học                                     | Zarrouk, g/lít |
|----------------------|---|----------------|
| 1                    | NaHCO <sub>3</sub>                                    | 16,8           |
| 2                    | NaNO <sub>3</sub>                                     | 2,5            |
| 3                    | NaCl  | 1,0            |
| 4                    | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                        | 1,0            |
| 5                    | K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                       | 0,5            |
| 6                    | MgSO <sub>4</sub> × 7H <sub>2</sub> O                 | 0,2            |
| 7                    | CaCl <sub>2</sub> × 2H <sub>2</sub> O                 | 0,04           |
| 8                    | FeSO <sub>4</sub> × 7H <sub>2</sub> O                 | 0,01           |
| 9                    | EDTA  | 0,08           |
| 10                   | Dung dịch vi lượng 1                                  | 1,0 ml/lít     |
| 11                   | Dung dịch vi lượng 2                                  | 1,0 ml/lít     |
| Dung dịch vi lượng 1 |   | mg/lít         |
| 1                    | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                        | 2,86           |
| 2                    | MnCl <sub>2</sub> × 4H <sub>2</sub> O                 | 1,81           |
| 3                    | ZnSO <sub>4</sub> × 7H <sub>2</sub> O                 | 0,22           |
| 4                    | CuSO <sub>4</sub> × 5H <sub>2</sub> O                 | 0,08           |
| 5                    | MoO <sub>3</sub>                                      | 0,01           |
| Dung dịch vi lượng 2 |   | mg/lít         |
| 1                    | NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>                       | 0,023          |
| 2                    | NiSO <sub>4</sub> × 7H <sub>2</sub> O                 | 0,048          |
| 3                    | Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>                       | 0,018          |
| 4                    | Ti <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>       | 0,040          |
| 5                    | Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> × 6H <sub>2</sub> O | 0,044          |

### Sự thay đổi nhiệt độ của môi trường nuôi vi khuẩn lam trong 17 ngày và mật độ vi khuẩn lam tăng dần

Nhiệt độ là yếu tố công nghệ có ảnh hưởng lớn đến quá trình hấp thụ CO<sub>2</sub> vào môi trường và ảnh hưởng đến tốc độ phát triển của vi khuẩn lam. Nhiệt độ môi trường được đo từ 7 giờ đến 17 giờ trong ngày điển hình thứ: 3 (nắng), 5 (râm) và 8 (mưa), từ 15/4 đến 15/5/2021 kết quả trình bày trong Bảng 3.

Từ Bảng 3 cho thấy nhiệt độ tăng từ 7 giờ đến 14 giờ, sau đó giảm dần. Những ngày nắng trong khoảng từ 12 giờ đến 14 giờ nhiệt độ vượt quá vùng nhiệt độ tối ưu của *Spirulina* 30 đến 38 °C, nhưng không nhiều, khoảng 1 đến 2 °C và trong thời gian ngắn. Nhiệt độ môi trường trước 7 giờ và có thể cả ban đêm, thấp dưới vùng nhiệt độ tối ưu cũng không lớn chỉ 3 đến

**Bảng 2: Kế hoạch thí nghiệm nghiên cứu công nghệ nuôi *S. Platensis* bằng CO<sub>2</sub>**

| Chuẩn bị môi trường thí nghiệm |                                       |                         |                          |                                    |  |
|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|
| PBR                            | V <sub>Zar.</sub> , ml                | V <sub>Giong</sub> , ml | Q <sub>Khối</sub> lít/ph | Q <sub>CO<sub>2</sub></sub> lít/ph | Q <sub>kk</sub> , lít/ph                           |
| I                              | 1000                                  | 100                     | 1                        | 0                                  | 1  |
| II                             | 1000                                  | 100                     | 0                        | 0                                  | 1  |
| III                            | 1000                                  | 100                     | 0                        | 0,5                                | 1  |
| Tiến hành thí nghiệm           |                                       |                         |                          |                                    |  |
| PBR                            | Thông số đo vào 7 giờ hàng ngày       |                         |                          | T, °C                              | Ghi chú  |
|                                | Chế độ sục khí                        | pH                      | OD <sub>750</sub>        |                                    |  |
| I                              | Khởi lò trong 30' kk. trong 8 giờ sau | Hình 3                  | Hình 4                   | Bảng 3                             | B. 3: đo T sau mỗi giờ của các ngày nắng, râm, mưa |

**Bảng 3: Biến đổi nhiệt độ của môi trường nuôi vi khuẩn lam trong PBR vào các ngày nắng, râm và mưa**

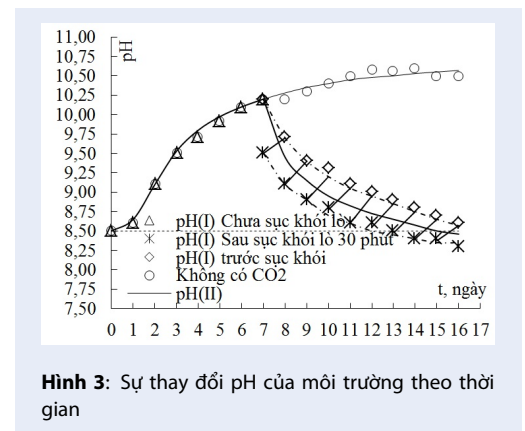
| Thời điểm t, giờ | T (°C), ngày |      |      |
|------------------|--------------|------|------|
|                  | Nắng         | Râm  | Mưa  |
| 7                | 26,0         | 27,0 | 26,0 |
| 8                | 29,0         | 28,0 | 27,0 |
| 9                | 35,0         | 30,0 | 31,0 |
| 10               | 37,0         | 34,0 | 33,5 |
| 11               | 36,0         | 33,0 | 33,0 |
| 12               | 40,0         | 34,5 | 34,5 |
| 13               | 39,5         | 36,0 | 33,0 |
| 14               | 40,0         | 39,0 | 31,0 |
| 15               | 37,0         | 35,0 | 29,0 |
| 16               | 37,5         | 27,5 | 28,0 |
| 17               | 34,0         | 26,0 | 27,0 |

4 °C, bởi vì khi đó tảo chưa quang hợp. Nhiệt độ môi trường nuôi *S. platensis* trong PBR ở đây thấp hơn nhiệt độ khi nuôi trong tubular photobioreactor (TPBR)<sup>5</sup> từ 2 đến 4 °C. Nguyên nhân do thí nghiệm của<sup>5</sup> được tiến hành trong TPBR dạng ống kín vào thời điểm đầu mùa khô (tháng 10-11), trong khi đó PBR I và PBR III là thiết bị hở và tiến hành vào đầu mùa mưa (tháng 4-5).

**Sự biến đổi của pH môi trường**

Trên Hình 3 trình bày kết quả thực nghiệm sự thay đổi pH của dung dịch trong 7 ngày đầu, cũng như 9 ngày tiếp theo có sục khối lò chứa 7,76 % (v/v) CO<sub>2</sub> trong 30 phút vào 7 giờ và sục không khí (không chứa

CO<sub>2</sub> chỉ để khuấy trộn).

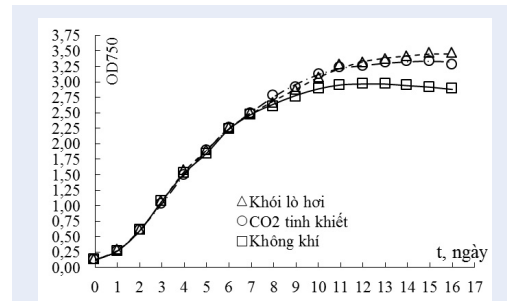


**Hình 3: Sự thay đổi pH của môi trường theo thời gian**

Từ kết quả trên Hình 3 cho thấy trong 7 ngày đầu pH môi trường tăng nhanh từ 8,5 đến 10,2 do xảy ra phản ứng (1), từ ngày thứ 8 giá trị pH của mỗi ngày giảm khoảng 0,3 đến 0,6 sau 30 phút sục khối lò chứa 7,76 % CO<sub>2</sub>, do xảy ra các phản ứng từ (2) đến (5). Sau đó pH lại tiếp tục tăng trong mỗi ngày khi xảy ra phản ứng (1). Nhờ đó giá trị pH từ ngày thứ 8 đến ngày thứ 16 đã giảm từ 10,2 xuống 8,6 do đó pH được duy trì trong vùng tối ưu đối với sinh trưởng của *S. platensis* là 8,5 đến 9,5 tạo điều kiện cho *S. platensis* phát triển tốt. Kết quả này khá phù hợp với kết quả tiến hành sục 30 phút/ngày khí CO<sub>2</sub> nguyên chất từ ngày thứ 8 đến 12 làm pH môi trường giảm từ 10,56 xuống 9,90<sup>5</sup>. Trong khi đó trong PBR II khuấy bằng sục không khí, giá trị pH tiếp tục tăng từ 10,2 đến 10,6 theo phản ứng (1), nhưng tăng chậm do hàm lượng HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> từ ngày thứ 8 đến 16 giảm dần do không có bổ sung nguồn carbon.

### Tốc độ tăng trưởng sinh khối

Sự thay đổi giá trị pH và hàm lượng ion  $\text{HCO}_3^-$  ảnh hưởng đến sự phát triển của vi khuẩn lam thể hiện bằng sự biến đổi  $\text{OD}_{750}$  của môi trường khi có sự khác biệt giữa 7,76 %  $\text{CO}_2$  hay sự  $\text{CO}_2$  nguyên chất, cũng như không khí (không có  $\text{CO}_2$ ) trình bày trên Hình 4.



**Hình 4:** Biến thiên  $\text{OD}_{750}$  theo thời gian khi khuấy trộn bằng sự: a) khối lò hơi (PBR-I), b)  $\text{CO}_2$  nguyên chất (PBR-III) c) không khí (PBR-II)

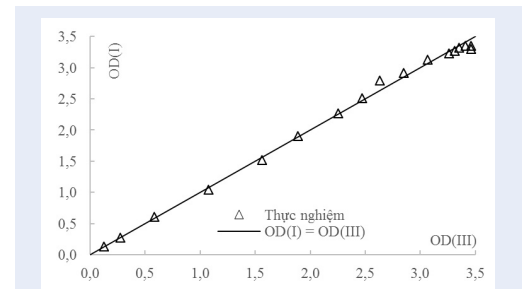
Từ Hình 4 ta thấy: khi bổ sung  $\text{CO}_2$  khối lò (chứa 7,76 %) (PBR I), hay  $\text{CO}_2$  nguyên chất (PBR III), có tốc độ tăng  $\text{OD}_{750}$  khác nhau không nhiều. Đó là do: thứ nhất quá trình thí nghiệm trong PBR I và PBR III được tiến hành ở cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất khí quyển; thứ hai khí  $\text{CO}_2$  hòa tan trong nước tốt hơn các khí khác có trong khối lò ( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ...), nên quá trình hòa tan của  $\text{CO}_2$  trong môi trường nhanh đạt đến nồng độ bão hòa ở điều kiện thí nghiệm. Ngoài ra, ở cùng điều kiện thí nghiệm (nhiệt độ và áp suất), hằng số cân bằng của các phản ứng (3), (4) và (5) là như nhau trong hai PBR (I và III). Kết quả hàm lượng  $\text{HCO}_3^-$  và pH của môi trường, cũng như điều kiện quang hợp của PBR I và PBR III khác nhau không nhiều và sinh khối tạo thay đổi gần như nhau.

Bên cạnh đó Hình 4 còn chỉ ra, khi sự khác biệt giữa 7,76 %  $\text{CO}_2$  hay  $\text{CO}_2$  nguyên chất, vừa duy trì pH trong vùng tối ưu, vừa bổ sung đủ lượng ion  $\text{HCO}_3^-$  đã bị giảm theo (1) do đó vẫn duy trì được tốc độ sinh trưởng của vi khuẩn lam, thể hiện  $\text{OD}_{750}$  tăng từ 1,89 đến 3,46. Khi không cung cấp  $\text{CO}_2$  một mặt nguồn dinh dưỡng dạng  $\text{HCO}_3^-$  giảm dần, mặt khác pH tăng vượt quá giá trị tối ưu, do đó  $\text{OD}_{750}$  chỉ tăng lên giá trị cực đại ( $\text{OD}_{750, \text{max}} \sim 2,97$  vào ngày thứ 12), sau đó có giảm dần.

### So sánh sự thay đổi $\text{OD}_{750}$ khi sử dụng khối lò chứa 7,76 % (v/v) $\text{CO}_2$ và $\text{CO}_2$ nguyên chất

Trong trường hợp không có nguồn khối lò chứa  $\text{CO}_2$ , có thể dùng  $\text{CO}_2$  nguyên chất để sự vào môi trường

cũng khá phù hợp với *S. platensis*, và kết quả trình bày trên Hình 5.



**Hình 5:** So sánh  $\text{OD}_{750}$  môi trường nuôi tảo *S. platensis* khi dùng khối lò có 7,76 %  $\text{CO}_2$  OD(I) và sử dụng  $\text{CO}_2$  nguyên chất OD(III).

Từ Hình 5 cho thấy: Khi sự khác biệt giữa 7,76 %  $\text{CO}_2$  hay  $\text{CO}_2$  nguyên chất có kết quả thay đổi OD tương đương nhau trong 5 ngày từ 8 đến 12, giá trị OD tăng từ 2,48 đến 3,21; trong 5 ngày tiếp theo đến ngày thứ 16 OD tăng chậm hơn, chỉ lên đến 3,32 và OD (I) có xu hướng thấp hơn OD (III) nhưng không nhiều, chênh lệch nhỏ hơn  $\pm 2,71$  %.

Khi nuôi vi khuẩn lam trong TPBR<sup>5</sup>, sự  $\text{CO}_2$  nguyên chất từ ngày thứ 7 đến ngày thứ 12 giá trị OD chỉ tăng từ 1,30 đến 2,11 thấp hơn OD trong PBR (III) từ 2,60 đến 2,96 do thí nghiệm<sup>5</sup> thực hiện trong TPBR kín vào mùa khô, có nhiệt độ cao hơn, và vượt ra ngoài giá trị tối ưu của vi khuẩn lam *S. platensis* 35 đến 38 °C.

### KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm thu được có thể rút ra những kết luận sau:

Khi nuôi vi khuẩn lam trong photobioreactor, có khuấy trộn bằng sự khác biệt giữa 7,76 %  $\text{CO}_2$  hay  $\text{CO}_2$  nguyên chất từ ngày thứ 7 đến ngày thứ 12 giá trị OD chỉ tăng từ 1,30 đến 2,11 thấp hơn OD trong PBR (III) từ 2,60 đến 2,96 do thí nghiệm<sup>5</sup> thực hiện trong TPBR kín vào mùa khô, có nhiệt độ cao hơn, và vượt ra ngoài giá trị tối ưu của vi khuẩn lam *S. platensis* 35 đến 38 °C.

Sau 7 ngày nuôi nồng độ sinh khối *S. platensis* đã đạt 1,81 gam (sinh khối khô)/lít, pH của môi trường tăng khá cao lên 10,2 làm dinh dưỡng dạng  $\text{HCO}_3^-$  đã giảm, cần bổ sung dinh dưỡng  $\text{HCO}_3^-$  và giảm pH về vùng tối ưu để vi khuẩn lam không chuyển sang pha cân bằng và suy tàn;

Có thể dùng khối lò hơi đốt trấu nói riêng, đốt các nhiên liệu biomass nói chung để nuôi vi khuẩn lam, bằng cách sự trực tiếp khối lò đã làm nguội đến nhiệt độ 35 đến 40 °C vào môi trường, do khối lò không chứa các chất dưới ngưỡng độc hại đối với vi khuẩn lam;

Nên tiến hành sục khí lò hơi trong 30 phút đầu buổi sáng để khuấy trộn, hấp thụ CO<sub>2</sub> và duy trì pH trong vùng tối ưu, bổ sung lượng dinh dưỡng dạng HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> đã được vi khuẩn lam tiêu thụ trong ngày hôm trước; Trong trường hợp không có nguồn khí lò chứa CO<sub>2</sub>, có thể dùng CO<sub>2</sub> nguyên chất để thay thế, khi sục chúng vào môi trường nuôi vi khuẩn lam cũng khá phù hợp với sinh trưởng của *S. platensis*.

### LỜI CẢM ƠN

Bài báo được tài trợ bởi ĐHQG TP. HCM trong khuôn khổ đề tài Đề tài B2019-20-03.

### XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xác nhận không có xung đột lợi ích liên quan đến bài báo này.

### ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu trên cơ sở mô hình thiết bị được tạo ra trong khuôn khổ đề tài B2019-20-03. Với sự hỗ trợ dụng cụ đo của phòng thí nghiệm Quá trình Và Thiết bị, Bộ môn Quá trình

và Thiết bị, Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG TP. HCM.

Các thành viên đều có đóng góp theo phân công của chủ nhiệm đề tài trong bài báo này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lang LV. Spirulina algae, NXB Y học, HCMC. 1999;p. 162.
2. Zarrouk C. Contribution a l'etude d'une cyanophycee. Influence de divers physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthese de Spirulina maxima, C. Zarrouk//Ph.D. thesis. Paris. 1966;138.
3. Matsudo MC, Bezerra RP, Converti A, Sato S, Carvalho JC. CO<sub>2</sub> from alcoholic fermentation for continuous cultivation of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* in tubular photobioreactor using urea as nitrogen source, *AIChE*. 2011;PMID: 19224594. Available from: <https://doi.org/10.1002/btpr.58>.
4. Tien PQ, et al. Recovery of CO<sub>2</sub> from flue gas of rubber latex dryer for preparing *Spirulina* culture medium, *Journal of Technical Education Science*. 2020;60:1–6.
5. Dung TV, et al. Tubular photobioreactor design and determining the technological parameters of culturing *Spirulina platensis* algae by this equipment in Vietnam, *Science & Technology Development Journal VNU - HCM*. 2017;16:73 –77. Available from: <https://doi.org/10.32508/stdj.v20iK1.417>.
6. Trinh DV, et al. Minimising the Cost of *Spirulina platensis* Culture Medium using Vinh Hao Natural Mineral Water, *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*. 2020;78:19–24.
7. Williamson M. Analysis of biological populations, M.: Mir. 1975;271.

# Research on key technology and equipment for cultivation of *Spirulina platensis* from the CO<sub>2</sub> capture from exhaust smoke

Trinh Van Dung<sup>1,\*</sup>, Phan Quoc Thinh<sup>1</sup>, Pham Van Hung<sup>2</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

This paper presents the results of experimental research on key technology and equipment for cultivation of *Spirulina platensis* from the CO<sub>2</sub> capture from the smoke of rice husk boiler with the climate conditions in Viet Nam. The experimental cultivation of *Spirulina platensis* in the Zarrouk medium were conducted in the 1 liter of volume's photobioreactor which has stirred with aeration pump. Experimental results show that the temperature changes every day in a fairly wide range from 25 to 40 °C and get over the optimal temperature for growth of *Spirulina platensis* 30 to 38 °C but not much at noon time; when blowing from the smoke of steam boiler with the suitable temperature and stirring simultaneous by the circulating pump; at the same time the CO<sub>2</sub> absorption process into water was occurred and converting it into HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, as a suitable substrate for *Spirulina platensis* is easy to assimilate; the biomass concentration of *Spirulina* increases from 0.1 to 1.81 g/l and the pH of suspension increases from 8.5 to 10.2 after the stage's first time of 7 days of cultivation with Zarrouk medium and since the eight days to 16<sup>th</sup> day of the cultivation is steaming stage from boiler with period of 30 minute into the above medium that containing 7.76 % CO<sub>2</sub> for maintaining the pH of solution from 8.5 to 9.5. The smoke of steam boiler that has CO<sub>2</sub> in which blow to supply the carbon nutrient source in the formation of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, to maintain the pH value in the range of 8.5 - 9.7 and increase biomass productivity to 2.53 g/l simultaneously. The photosynthetic rate of algae biomass was compared with the cultivation of *Spirulina platensis* under the same conditions like that using the pure CO<sub>2</sub> and non-using the pure CO<sub>2</sub> and the results in two of the above conditions are equivalent. This research is basis for constructing equipment and building a technology process in which utilizing CO<sub>2</sub> from exhaust gas for *Spirulina platensis* cyanobacteria's cultivation with the aim of reducing green-house gas CO<sub>2</sub> in industry.

**Key words:** CO<sub>2</sub> greenhouse gas, Cultivation of *S. platensis* for CO<sub>2</sub>, *Spirulina platensis*, Photobioreactor, Rice husk boiler.

<sup>1</sup>Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM, Vietnam

<sup>2</sup>Industrial University of Ho Chi Minh City, Vietnam

## Correspondence

**Trinh Van Dung**, Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM, Vietnam

Email: trindhung@hcmut.edu.vn

## History

- Received: 24/6/2021
- Accepted: 16/9/2021
- Published: 30/9/2021

DOI : 10.32508/stdjet.v4i3.861



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Cite this article :** Dung T V, Thinh P Q, Hung P V. **Research on key technology and equipment for cultivation of *Spirulina platensis* from the CO<sub>2</sub> capture from exhaust smoke** . *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 4(3):1187-1193.