

Nghiên cứu thiết kế Photobioreactor dạng ống và xác định chế độ công nghệ nuôi trồng tảo *Spirulina platensis* bằng thiết bị này ở Việt Nam

Trịnh Văn Dũng, Bùi Ngọc Pha, Nguyễn Sĩ Xuân Ân

Tóm tắt— Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế Photobioreactor dạng ống - (TPBR) và xác định chế độ công nghệ nuôi tảo *Spirulina platensis* (S. *platensis*) bằng TPBR có thể tích 30 lít, trong điều kiện khí hậu Việt Nam. Khi nuôi S. *platensis* bằng môi trường Zarrouck trong TPBR kết quả nghiên cứu xác định được: nhiệt độ thay đổi trong ngày khá rộng từ 25 ÷ 40 °C, cần điều chỉnh nhiệt độ bằng khuấy trộn với chế độ phù hợp; khuấy trộn TPBR bằng sức khí với lưu lượng 10 lít/phút sẽ duy trì nhiệt độ môi trường nuôi cấy trong khoảng 25 ÷ 40 °C phù hợp cho S. *platensis* phát triển; mỗi ngày sục khí CO₂ một lần trong 30 phút với lưu lượng 2 lít/phút để duy trì pH trong khoảng 8,5 ÷ 10,0; năng suất sinh khối thu được 0,75 ÷ 1,0 gam/lít. Những kết quả này là cơ sở để tính toán thiết kế TPBR và bộ phận kiểm soát triển khai hệ thống để ứng dụng vào công nghiệp sản xuất tảo S. *platensis*.

Từ khóa— Bioreactor dạng ống, tảo S. *platensis*, TPBR, Photobioreactor dạng ống.

1 INTRODUCTION

Nuôi trồng tảo lam (tảo xoắn) – tảo S. *platensis* thu được sinh khối có giá trị dinh dưỡng cao là mối quan tâm của nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước. Tảo S. *platensis* được nuôi trồng từ nguồn khí nhà kính CO₂ và năng lượng mặt trời, góp phần giảm biến đổi khí hậu rõ rệt. Ngoài ra, tảo S. *platensis* nuôi bằng TPBR kín, không bị tạp nhiễm, thu nguồn thực phẩm sạch, phù hợp với

nhu cầu dinh dưỡng của người tiêu dùng, đặc biệt đối với trẻ em, người già, người bệnh ... [2]. Đồng thời do TPBR kín, tránh được tác động bất lợi của thời tiết, khi có kết cấu phù hợp sẽ giảm nhu cầu sử dụng đất canh tác nông nghiệp đang ngày càng bị thu hẹp [2]. Khi đó, cần có phương pháp khuấy trộn môi trường, nhằm làm đồng đều nhiệt độ, pH; tăng cường quá trình trao đổi nhiệt, trao đổi chất; tạo điều kiện cho tảo quang hợp đồng đều. Để đạt tốc độ tổng hợp sinh khối tảo tốt nhất, giảm chi phí nuôi trồng bằng TPBR, trước hết cần xác định chế độ công nghệ nuôi trồng ở điều kiện khí hậu Việt Nam. Với mục đích phục vụ tính toán thiết kế, vận hành TPBR ứng dụng vào sản xuất S. *platensis* chúng tôi thiết kế TPBR có thể tích 30 lít để xác định chế độ công nghệ nuôi trồng S. *platensis* trong công nghiệp.

2 THIẾT BỊ, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.

2.1 Thiết bị thí nghiệm

TPBR được thiết kế với thể tích 30 lít (xem hình 1) có cấu tạo gồm: 8 ống thủy tinh (1) với kích thước 50x2x1000 mm chia làm 4 tầng, mỗi tầng 2 ống song song; Ngoài ra, còn có ống nổi bằng nhựa mềm trong suốt, ống dẫn lỏng (4), ống thoát khí (5), cửa nhập liệu (6), ống hồi lưu (7), lưu lượng kế (8), bộ sục khí (9) bằng đá xốp hình trụ 20x30 mm, áp kế khí (10). Không khí được cung cấp từ máy nén (12), điều chỉnh và đo lưu lượng khí (11), lưu lượng lỏng bằng lưu lượng kế (5). Khí CO₂ được cung cấp từ bình chứa (14), đo lưu lượng bằng lưu lượng kế (13), cửa lấy mẫu và thu hoạch tảo (16). Nhiệt độ môi trường đo bằng nhiệt kế rượu (2).

Bài nhận ngày 08 tháng 11 năm 2016, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 11 tháng 5 năm 2017

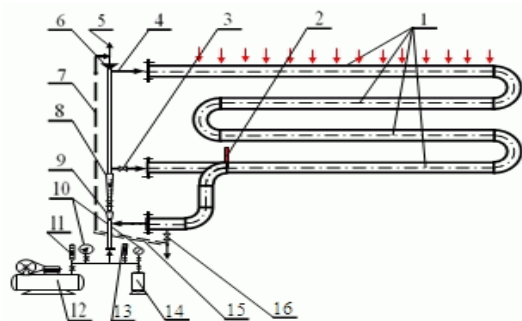
Bài báo được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh trong khuôn khổ đề tài Ta-KTHH-2016-11.

Trịnh Văn Dũng, Bùi Ngọc Pha, Nguyễn Sĩ Xuân Ân - Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Tp.HCM

Bảng 1. Thành phần môi trường Zarrouck dùng trong thí nghiệm [3].

Công thức hóa học	Zarrouck, g/lít	Vi lượng 1, mg/lít		Vi lượng 2, mg/lít	
NaHCO ₃	16,8	H ₃ BO ₃	2,86	NH ₄ VO ₃	0,023
K ₂ HPO ₄	0,5	MnCl ₂ .4H ₂ O	1,81	NiSO ₄ .7H ₂ O	0,048
NaNO ₃	2,5	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,22	Na ₂ WO ₄	0,018
NaCl	1,0	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,08	Ti ₂ (SO ₄) ₃	0,040
K ₂ SO ₄	1,0	MoO ₃	0,01	Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0,044
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,2	Lấy 134 ml dung dịch KOH 1 N + 32,2 g EDTA, pha loãng bằng nước sau đó cho vào 24,9 g FeSO ₄ .7H ₂ O sau đó pha loãng đến 1 lít. Cho vào không khí có CO ₂ và để trong bóng tối 12 giờ			
FeSO ₄ .7H ₂ O	0,01				
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,04				
Fe-EDTA	1,0 ml/lít				
Dung dịch vi lượng 1	1,0 ml/lít				
Dung dịch vi lượng 2	1,0 ml/lít				

Một số dụng cụ khác: đo nhiệt độ không khí bằng nhiệt kế rượu: thang đo 0 ÷ 100 °C của Pháp; đo pH bằng pH kế hãng Hanna, Model HI98172; đo nồng độ tảo bằng máy quang phổ kế Beckman Coulter DU 750 của Mỹ ở bước sóng 750 nm, hệ số chuyển đổi sinh khối đối với *S. platensis* là 0,73 [4, 5].



GHI CHÚ

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1 – TPBR (Ống thủy tinh) | 9 – Bộ sục khí |
| 2 – Nhiệt kế | 10 – Áp kế |
| 3 – Van | 11 – Lưu lượng kế khí |
| 4 – Ống dẫn lỏng | 12 – Máy nén |
| 5 – Ống xả khí | 13 – Lưu lượng kế CO ₂ |
| 6 – Cửa nhập liệu | 14 – Bình chứa CO ₂ |
| 7 – Ống hồi lưu | 15 – Lưới lọc nghiêng |
| 8 – Lưu lượng kế lỏng | 16 – Cửa lấy mẫu và thu hoạch tảo |

Hình 1. Sơ đồ thiết bị thí nghiệm

2.2 Tảo giống và môi trường nuôi trồng thí nghiệm

Giống tảo *S. platensis* dùng trong thí nghiệm được mua từ Phòng sinh học thực nghiệm, Viện nuôi trồng thủy sản 2, số 116 Nguyễn Đình Chiểu, Phường Đa Kao, Q. 1, Tp. Hồ Chí Minh.

Môi trường nuôi cấy sử dụng là môi trường Zarrouck [3, 5] có thành phần dinh dưỡng đối với tảo *S. platensis* được trình bày trong bảng 1.

2.3 Phương pháp nghiên cứu

2.3.1 Giai đoạn nuôi trồng nhân giống

Cho 7,5 lít môi trường nuôi trồng pha theo bảng

1 cùng 0,5 lít tảo giống có nồng độ 0,949 g/lít ($D_{750} = 1,3$) cho vào tầng 1 của TPBR qua cửa nhập liệu 6, để nuôi trồng nhân giống. Khi đó mở van 3, sục khí từ máy nén 12 với lưu lượng 5 lít/phút để khuấy trộn. Dung dịch tuần hoàn theo van 3 khí tách và thoát ra qua cửa 5.

Hàng ngày đo nhiệt độ của không khí và môi trường nuôi trồng sau mỗi giờ ghi trong bảng 2; đo mật độ quang với bước sóng 750 nm (D_{750}), đồng thời đo pH của môi trường bằng pH kế, kết quả thu được trình bày trên hình 3, 4.

Khi nồng độ tảo đạt khoảng 1,0 g/lít ($D_{750} = 1,31$), thì kết thúc giai đoạn nhân giống.

2.3.2 Tiến hành thí nghiệm xác định chế độ công nghệ

Cho thêm 22,0 lít môi trường pha theo bảng 1 vào đầy cả 4 tầng của TPBR qua cửa nhập liệu 6, đóng van 3 để tiến hành thí nghiệm xác định thông số công nghệ. Điều chỉnh lưu lượng khí từ máy nén 12 với lưu lượng 10 lít/phút. Môi trường tuần hoàn theo ống dẫn lỏng 4, khí tách ra theo cửa thoát khí 5.

Bảng 2. Thay đổi nhiệt độ của môi trường nuôi trồng (tại 2D6 cư xá 304, P. 25, Q. Bình Thạnh, Tp. HCM)

Ngày	τ, giờ	5	6	7	8	9	10	11
Mưa	t, °C	25	27	33	34	34	35	33
Râm		24	26	28	32	36	37	37,5
Nắng		25	30	35,5	37	36,5	40	39

Ngày	τ, giờ	12	13	14	15	16	17	18
Mưa	t, °C	34,5	35,5	38	39	40	37,5	28
Râm		37	35	36	34,5	31	31,5	29
Nắng		38,5	40	42	37,5	38	36	30

Mỗi ngày đo nhiệt độ của không khí và môi trường nuôi trồng sau mỗi giờ ghi trong bảng 2; đo mật độ quang với bước sóng 750 nm (D_{750}), đồng thời đo pH của môi trường bằng pH kế, kết quả thu được trình bày trên hình 5, 6.

Từ ngày thứ 8, thu hoạch tảo bằng lưới lọc nghiêng (inox 150 mesh) 15, tảo lấy ra từ cửa 16,

dịch còn lại hồi lưu vào TPBR qua cửa 6. Để điều chỉnh pH, vào buổi sáng sau khi lọc tảo: sục CO_2 trong thời gian 30 phút với lưu lượng 2 lít/phút, kết quả đo được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Thay đổi pH của môi trường theo thời gian sục khí CO_2

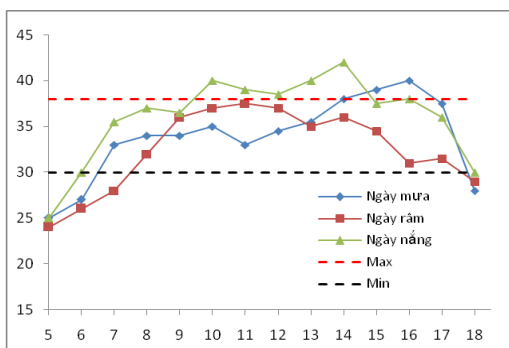
Thời gian, phút	0	10	20	30	40	50
pH, 25 °C	10,1	9,8	9,4	9,1	8,9	8,8

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN.

3.1 Phương pháp nghiên cứu

Nhiệt độ của môi trường nuôi trồng phụ thuộc nhiều vào thời tiết, với những ngày mưa, ngày nắng và ngày râm biến đổi khá mạnh, kết quả đo được trong bảng 2 và đồ thị hình 2.

Từ số liệu trong bảng 1 và đồ thị hình 2 cho thấy nhiệt độ trong ngày tăng nhanh từ 6 đến 8 giờ sáng, từ 8 giờ đến 16 giờ nhiệt độ ít thay đổi hơn. Những ngày nắng, thậm chí cả ngày mưa có thời điểm nhiệt độ môi trường vượt quá vùng nhiệt độ tối ưu của tảo *S. platensis* (từ 30 đến 38 °C), và đã tăng lên vùng nhiệt độ nguy hiểm, trên 40 °C. Để duy trì nhiệt độ ở vùng thích hợp của tảo *S. platensis*, cần giải nhiệt trong khoảng từ 10 giờ đến 16 giờ bằng cách khuấy trộn môi trường một cách phù hợp nhờ sục khí, vì nhiệt độ ảnh hưởng khá lớn đến sự sinh trưởng của tảo.

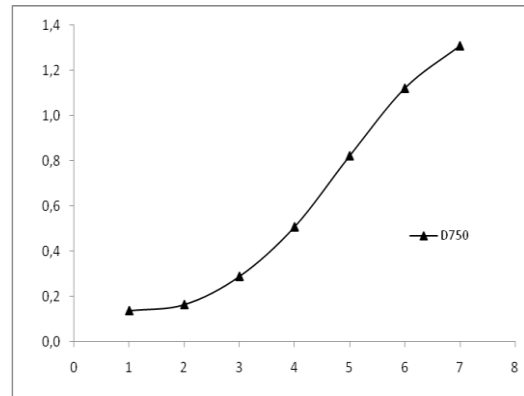


Hình 2. Thay đổi nhiệt độ của môi trường nuôi trồng trong TPBR theo thời gian mỗi ngày

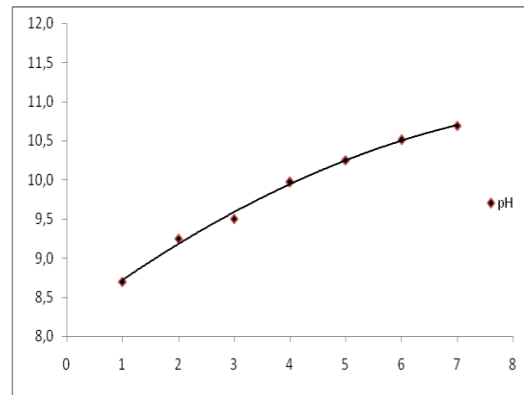
3.2 Phương pháp nghiên cứu

3.2.1 Tốc độ tăng trưởng sinh khối khi nuôi nhân giống

Mật độ quang D_{750} và giá trị pH của môi trường nuôi nhân giống thay đổi theo thời gian được mô tả trên hình 3 và 4.



Hình 3. Biến đổi D_{750} giai đoạn nhân giống



Hình 4. Thay đổi pH giai đoạn nhân giống

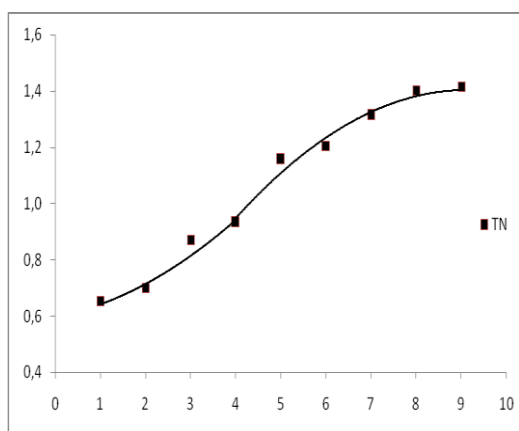
Từ kết quả thu được cho thấy tảo *S. platensis* bắt đầu phát triển nhanh từ ngày thứ ba và từ ngày thứ sáu thì chậm lại. Một phần do dinh dưỡng trong môi trường giảm, một phần do pH của môi trường đã tăng lên khá cao (10,69) làm giảm tốc độ sinh trưởng của tảo. Sau 7 ngày nồng độ sinh khối đã đạt khoảng 1,0 gam/lít, có thể chuyển sang nuôi ở quy mô lớn hơn.

3.2.2 Tốc độ tăng trưởng sinh khối khi nuôi trồng trong TPBR thể tích 30 lít

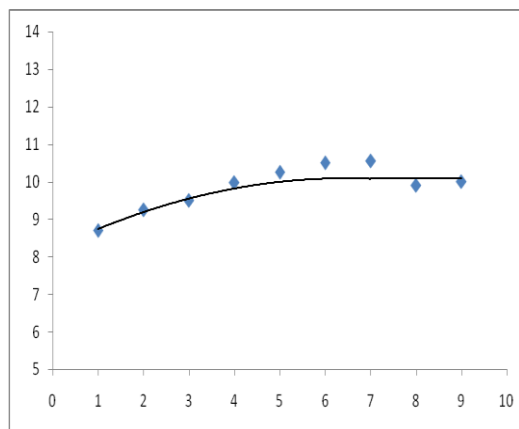
Thay đổi mật độ quang ở bước sóng 750 (D_{750}) đối với tảo *S. platensis* khi nuôi trồng bằng môi trường Zarrouk trình bày trên hình 5.

Kết quả thu được cho thấy tảo phát triển nhanh từ ngày thứ ba đến ngày thứ bảy, sau đó chậm lại. Đó là do, cũng như giai đoạn nhân giống từ ngày thứ 7 phần dinh dưỡng, đặc biệt dinh dưỡng cacbon ở dạng bicacbonat đã giảm và pH lại tăng khá cao. Sau 7 ngày $D_{750} = 1,31$ (nồng độ tảo 0,956 g/lít) nên từ ngày thứ tám có thể thu hoạch tảo (lọc bằng lưới inox 150 mesh). Đồng thời cần bổ sung dinh dưỡng cacbon, nitơ ... và điều chỉnh pH về khoảng phát triển tốt của tảo *S. platensis* (từ 8,5 đến 10,0). Phương pháp tốt nhất là sục khí CO_2

với lưu lượng và thời gian thích hợp.



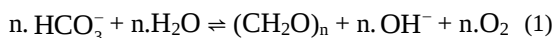
Hình 5. Tốc độ tăng D750 theo thời gian nuôi trồng



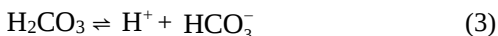
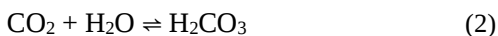
Hình 6. Thay đổi pH theo thời gian nuôi trồng

3.3 Sự thay đổi pH bằng sục CO₂ vào môi trường

Tốc độ sinh trưởng sinh khối tảo *S. platensis* phụ thuộc nhiều vào pH của môi trường nuôi cấy. Quá trình sinh trưởng của tảo sẽ tiêu thụ dinh dưỡng cacbon dưới dạng ion bicarbonat, tạo ra O₂ và ion làm tăng pH theo phản ứng:



Khi sục khí CO₂ vào nước xảy ra phản ứng:



Sục khí CO₂ với lưu lượng 2 lít/phút vào môi trường nuôi trồng, pH của môi trường giảm dần, số liệu pH đo được trong bảng 3.

Kết quả trên cho thấy để điều chỉnh pH của môi trường phù hợp với tảo *S. platensis*, mỗi ngày cần tiến hành sục CO₂ một lần khoảng 30 phút với lưu lượng 2 lít/phút, tốt nhất vào buổi sáng.

4 KẾT LUẬN.

Nuôi trồng tảo *S. platensis* bằng TPBR với chế độ công nghệ phù hợp, vừa thu được sản phẩm sạch, vừa tránh được mưa. Đồng thời, không tốn nhiều đất canh tác nông nghiệp, góp phần giảm khí thải nhà kính CO₂, giảm thiểu biến đổi khí hậu.

Nhiệt độ môi trường nuôi trồng thay đổi trong khoảng khá rộng 25 ÷ 40 °C. Duy trì nhiệt độ và khuấy trộn môi trường bằng sục khí, kết hợp phun nước làm mát lên bề mặt ống trong thời gian từ 10 ÷ 15 giờ những ngày nắng.

Duy trì pH trong khoảng 8,5 ÷ 10,0 thích hợp cho *S. platensis* phát triển tốt, phối hợp với cung cấp dinh dưỡng cacbon cần sục khí CO₂ mỗi ngày 30 phút với lưu lượng 2 lít/phút.

Nồng độ sinh khối tảo tăng từ 0,255 gam/lít lên 1,037 gam/lít trong vòng 7 ngày. Từ ngày thứ tám có thể thu hoạch tảo nhờ lưới lọc 150 mesh. Sau khi thu hoạch cần bổ sung các chất dinh dưỡng tương ứng với phần đã bị tiêu thụ bởi tảo.

REFERENCES

- [1] Lê Văn Lăng, *Spirulina (Nuôi trồng, sử dụng trong y học & dinh dưỡng)*, NXB: Y học, Tp. HCM, 162 tr, 1999.
- [2] S. A. Kedik, E. I. Yartsev, N. In. Gulyaeva, *Spirulina is the food of the XXI century*, M: Publishing House "Farm Center", 215 c. (ISBN 5-901913-03-5), 2006.
- [3] Zarrouck, C. *Contribution a l'etude d'une cyanophycee. Influence de divers physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthese de Spirulina maxima*, C. Zarrouck/Ph.D. thesis. Paris, 1966, 138 p, 1966.
- [4] CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA (Resumen de la version francesa), *Indice prologo estanques factores climaticos medio de cultivo inoculacion cosecha como alimentar el cultivo atenciones del cultivo conservacion secado consumo anexo concentracion salinidad alcalinidad pH humedad*, Paris, 212 p, 2010.
- [5] M. E. Gerswin and Amha Belay *Spirulina in Human Nutrition and Health*. Taylo & Francis Group CRC Press, Boca raton – London – New York, 305 p, 2007.
- [6] Л.А.Гайсина, А.И.Фазлутдинова, Р.Р.Кабилов *Современные методы выделения и культивирования водорослей*, Изд-во: БГПУ, 152с, 2008.

Trịnh Văn Dũng sinh năm 1962. Tốt nghiệp Đại học tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (1985), Tiến sĩ tại Trường Công nghệ Hóa tinh vi Matxcova, Russia (1999). Hiện là Phó Giáo sư, Trưởng bộ môn Quá trình – Thiết bị, Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại Học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Email: trinhdung@hcmut.edu.vn

Bùi Ngọc Pha sinh năm 1974. Tốt nghiệp Đại học năm 2002 và Tiến sĩ năm 2006 tại ĐH Công nghệ Hoá học Mendêlêep Matxcova, Russia. Hiện là giảng viên bộ môn Quá trình – Thiết bị, Khoa

Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại Học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Email: buingocpha@gmail.com.

Nguyễn Sĩ Xuân Ân sinh năm 1969. Tốt nghiệp Đại học năm 1996 tại Trường Đại Học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Hiện là Trưởng Phòng Thí nghiệm Quá trình - Thiết bị, Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại Học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Email: nguyensixuanan@hcmut.edu.vn

Tubular photobioreactor design and determining the technological parameters of culturing spirulina platensis algae by this equipment in Vietnam

Trinh Van Dung, Bui Ngoc Pha, Nguyen Si Xuan An

Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam National University – Ho Chi Minh City

Abstract— In this study, we present the design and performance of a tubular photobioreactor (TPBR). We also determine the technological parameters of culturing *S. platensis* algae using a 30-litre volume TPBR in Vietnam's climate condition. When *S. platensis* is cultured in the Zarrouk medium, there should be an appropriate agitation mode to help them adjust to the temperature change, which ranges from 25 oC to 40 oC. Therefore, TPBR should be agitated by an aeration at a flow rate of 10 LPM. pH is maintained at the range of 8,5 – 10 by aerating CO₂ once per day for 30 minutes, at a flow rate of 2 LPM. Biomass yield is 0,75 – 1,0 gram per liter. These results are the basis for tubular photobioreactor design in industrial *S. platensis* production.

Index Terms— Bioreactor, *S. platensis* Algae, TPBR, Tubular Photobioreactor.