

NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG VI TẢO TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN

Lê Thanh Tùng^{1*}, Nguyễn Thị Kim Dung¹, Nguyễn Văn Nguyên¹

TÓM TẮT

Vi tảo là nhóm sinh vật hiển vi có sự đa dạng lớn về thành phần loài, kích thước, phân bố và đặc tính sinh học. Chúng có ưu thế vượt trội về khả năng nhân sinh khối, giàu dinh dưỡng và các hoạt chất sinh học. Bởi vậy, vi tảo được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực đời sống. Những năm gần đây, vi tảo được đẩy mạnh nghiên cứu, phát triển trên quy mô thử nghiệm và công nghiệp, mang lại nguồn nguyên liệu dồi dào phục vụ các mục đích thương mại, nông nghiệp, thủy sản, dược phẩm và mỹ phẩm. Trong nuôi trồng thủy sản, vi tảo được sử dụng trực tiếp như nguồn thức ăn quan trọng cho các ấu trùng trong giai đoạn sớm cũng như gián tiếp làm giàu thức ăn thông qua động vật phù du phục vụ nuôi vỗ và sản xuất giống. Tại Việt Nam, vi tảo hiện đang được phát triển và áp dụng mạnh mẽ, mang lại nhiều giá trị thực tiễn về kinh tế và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực cuộc sống. Các mô hình sản xuất đa dạng từ nuôi bể đơn giản tới nuôi hiệu suất cao bằng dàn quang sinh, bằng bể lên men đang được áp dụng với các loài quang tự dưỡng và dị dưỡng. Bài báo này trình bày khái quát các đặc tính sinh học, phương thức nuôi và ứng dụng của vi tảo, đặc biệt trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: Nuôi trồng thủy sản, ứng dụng, vi tảo.

1. GIÁ TRỊ DINH DƯỠNG VÀ ỨNG DỤNG CỦA VI TẢO TRONG ĐỜI SỐNG

Vi tảo là những sinh vật nhỏ bé có kích thước hiển vi, phân bố điển hình trong các thủy vực nước ngọt, mặn và lợ. Vi tảo có dạng sống đơn bào, tạo thành chuỗi hay cụm tế bào, sống phù du, trôi nổi hoặc sống bám trên các giá thể nền đáy. Vi tảo có sự đa dạng lớn về hình dạng, màu sắc và đặc tính sinh học, thuộc nhóm sinh vật nhân sơ (prokaryote) như vi tảo lam và sinh vật nhân chuẩn (eukaryote) như tảo lục, tảo silic, tảo giáp... Do có cấu trúc tế bào đơn giản, khả năng quang hợp mạnh mẽ, thời gian tăng trưởng thế hệ ngắn, nên năng suất sinh khối vi tảo thường cao hơn rất nhiều lần so với thực vật trên cạn.

Vi tảo chứa hàm lượng lớn các hoạt chất sinh học như: protein, lipids, carbohydrates, axit amin thiết yếu, sắc tố, các vitamin và khoáng chất. Một số loài vi tảo đang sử dụng hiện nay có hàm lượng protein cao hơn so với gạo, đậu nành, bột mỳ, sữa và thậm chí cả thịt [27]. Các hoạt chất này là nguồn nguyên liệu quý, có thể sử dụng trong y dược, mỹ phẩm phục vụ nhu cầu chăm sóc sức khỏe cho con người. Trong đó, carotenoids có hoạt tính kháng oxy hóa, kháng viêm, chống béo phì, chống u và ung thư

mạnh mẽ. Các axit béo không no đa nối đôi (PUFAs), bao gồm cả nhóm axit béo omega 3 và omega 6 và nhiều hoạt chất sinh học thứ cấp khác có tác dụng tăng cường sức khỏe, chống oxy hóa, điều chỉnh huyết áp, giảm mỡ máu, điều hòa miễn dịch, bảo vệ gan... [12].

Do có hàm lượng dinh dưỡng cao và giàu các hoạt chất sinh học, vi tảo được coi là nguồn nguyên liệu hoàn hảo làm thực phẩm chức năng cho con người. Sinh khối vi tảo được sử dụng như nguồn nguyên liệu đầu vào cho rất nhiều sản phẩm ứng dụng ở quy mô công nghiệp. Các sản phẩm từ vi tảo được sản xuất cho con người chủ yếu dưới dạng viên nén, viên nang, bột và cả dạng nước. Bột vi tảo còn được sử dụng làm nguyên liệu kết hợp trong các sản phẩm thực phẩm thiết yếu, tiêu dùng hàng ngày như: mì ống, các dạng snack, kẹo, bánh quy... và sử dụng làm thức ăn cho động vật (thú nuôi, gia cầm, gia súc), thức ăn trong ương nuôi ấu trùng các động vật thủy sản [2].

Khả năng sinh tổng hợp lipid của vi tảo lớn nên hướng nghiên cứu ứng dụng vi tảo trong sản xuất nhiên liệu sinh học ngày càng được quan tâm. Nhiên liệu sinh học từ vi tảo thân thiện với môi trường, không độc hại và có tiềm năng mạnh mẽ trong việc cố định CO₂ toàn cầu. Với 1 kg sinh khối tảo có thể cố định 1,83 kg CO₂. Một số loài có thể sử dụng các hợp chất SO_x và NO_x làm nguồn dinh dưỡng cùng với

¹ Phòng Nghiên cứu Công nghệ Sinh học biển, Viện Nghiên cứu Hải sản

* Email: tungrimf@gmail.com

CO₂. Nhiều quốc gia ở châu Á, châu Âu và châu Mỹ đã bắt đầu công nghiệp hóa năng lượng sinh học từ sinh khối vi tảo [17].

Vi tảo được ứng dụng rộng rãi trong xử lý nước thải. Nhiều loài vi tảo có khả năng loại bỏ nitơ, photpho, kim loại nặng, thuốc trừ sâu, chất độc hữu cơ, vô cơ và mầm bệnh trong nước thải một cách hiệu quả. Cơ chế chính để loại bỏ các chất ô nhiễm bao gồm tích tụ hoặc trực tiếp sử dụng chúng như nguồn dinh dưỡng của tế bào. Hơn nữa, vi tảo còn được thử nghiệm để sản xuất các vật liệu phụ trợ. Đặc biệt, sản xuất nhựa sinh học là một hướng đi mới nhiều triển vọng. Các loài thuộc chi *Chlorella* và *Spirulina* được sử dụng phổ biến nhất trong sản xuất các chất tạo màng sinh học và hỗn hợp nhựa [7].

Vi tảo có tiềm năng sử dụng như một nguồn cơ chất kích thích sinh trưởng thực vật. Các chất kích thích sinh học vi lượng và phân bón sinh học từ vi tảo có thể sử dụng trong sản xuất cây trồng để tăng tính bền vững của nông nghiệp. Vi tảo cũng được nghiên cứu trong nhiều liệu pháp chữa trị bệnh cho người. Một nhóm nhà khoa học tại Trung Quốc mới đây là tạo ra các tấm gel chứa vi tảo lam *Synechococcus elongatus* sống làm miếng dán băng vết thương. Vi tảo sống sẽ cung cấp oxy hòa tan hiệu quả hơn gấp 100 lần so với phương pháp truyền thống. Kết quả cho thấy, băng vết thương bằng gel tảo làm tăng khả năng trao đổi oxy, tăng sinh nguyên bào sợi và hình thành mạch. Hơn nữa, miếng dán này không độc hại và không gây ra phản ứng miễn dịch. Đây được coi là một thể hệ liệu pháp y tế mới để điều trị các vết thương, đặc biệt là các vết thương khó lành ở bệnh nhân tiểu đường [5].

Vi tảo còn được nghiên cứu như một phần của hệ thống hỗ trợ sự sống ngoài không gian. Bắt đầu từ những năm 1960, đến nay khoảng 50 thí nghiệm đã được thực hiện trên các loài tảo khác nhau bao gồm *C. vulgaris*, *Chlamydomonas rehardtii*, *Scenedesmus obliquus* và nhiều loài khác. Mới đây nhất, một hệ thống quang sinh học nuôi vi tảo đã được đưa lên trạm vũ trụ Quốc tế ISS vào tháng 4 năm 2019. Vi tảo *C. vulgaris* sẽ được nuôi cấy 180 ngày trên ISS, để chứng minh việc nuôi cấy ổn định lâu dài trong môi trường không gian [14].

2. CÔNG NGHỆ NUÔI SINH KHỐI VI TẢO

Vi tảo là những sinh vật quang dưỡng điển hình, sử dụng năng lượng ánh sáng để chuyển hóa các bon vô cơ thành các hợp chất hữu cơ thông qua quá trình

sinh trưởng và phát triển. Bởi vậy, hầu hết các nghiên cứu ứng dụng nuôi trồng vi tảo trong điều kiện nhân tạo, đều cố gắng duy trì và tối ưu hóa các điều kiện nuôi như ngoài tự nhiên nhằm tăng hiệu suất thu sinh khối. Các phương thức nuôi quang tự dưỡng hiện nay thường được thực hiện theo mẻ, nuôi liên tục và bán liên tục bằng hệ thống nuôi bể hở, giàn quang sinh hoặc nuôi cố định trên màng.

Một số loài vi tảo có khả năng sinh trưởng trong điều kiện thiếu ánh sáng (tối) bằng cách sử dụng nguồn các bon hữu cơ như nguồn năng lượng duy nhất để chuyển hóa các quá trình trao đổi chất và phát triển, được gọi là hình thức sinh trưởng dị dưỡng. Thay vì bổ sung CO₂ cho quá trình quang hợp, nuôi cấy dị dưỡng cần bổ sung O₂. Nuôi tảo dị dưỡng đã được thử nghiệm từ những năm 1970 với một số loài thuộc các chi *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Phaeodactylum* và *Haematococcus*. Hiện nay, phần lớn các loài tảo nuôi theo phương thức dị dưỡng được nuôi trong các bể lên men kín kích thước thay đổi từ 10 lít - 100.000 lít. Bên cạnh đó, nhiều loài vi tảo có khả năng sinh trưởng theo phương thức tạp dưỡng khi vừa sử dụng nguồn các bon hữu cơ, vừa quang hợp bằng năng lượng ánh sáng sử dụng nguồn các bon vô cơ. Tạp dưỡng là phương thức hiệu quả nhất trong các phương thức dinh dưỡng của sinh vật do tổng hợp nhiều kênh về năng lượng và các bon, do đó phương pháp này có khả năng nâng cao đáng kể hiệu suất nuôi sinh khối vi tảo. Các hình thức nuôi dị dưỡng và tạp dưỡng đòi hỏi cung cấp nguồn dinh dưỡng hữu cơ lớn làm nguyên liệu sinh tổng hợp cho vi tảo. Hơn nữa, để tiến hành nuôi cấy bằng hình thức này, cần đầu tư hệ thống thiết bị lớn, công suất cao và tốn kém về mặt kinh phí. Do vậy, hình thức sinh trưởng tự dưỡng vẫn là hình thức nuôi trồng phổ biến nhất được sử dụng cho các mô hình nuôi cấy vi tảo ở quy mô lớn.

Thực nghiệm nuôi sinh khối đại trà bắt đầu với vi tảo *Chlorella* spp. từ cuối những năm 1940 tại Đức, Mỹ và Nhật Bản. Từ đó, nuôi sinh khối vi tảo trở thành một trong những vấn đề được quan tâm nhất với sự ra đời của hàng loạt các hệ thống và công nghệ nuôi khác nhau. Các hình thức nuôi sinh khối vi tảo phổ biến nhất hiện nay có thể kể đến là:

Nuôi sinh khối vi tảo trong hệ thống nuôi hở: được sử dụng phổ biến để nuôi sinh khối vi tảo tự dưỡng ngoài trời quy mô lớn. Các hệ thống nuôi hở đang được sử dụng rộng rãi là hệ thống ao nông, hệ

thống bể dài và hệ thống nghiêng (Hình 1). Một số chi tảo được nuôi phổ biến sử dụng các hệ thống hồ như *Spirulina*, *Chlorella*, *Haematococcus*, *Dunaliella*. Các hệ thống nuôi hồ có ưu điểm là khá đơn giản

trong thiết kế và vận hành, chi phí ban đầu thấp. Tuy nhiên, hệ thống nuôi hồ cho hiệu quả không thực sự cao, sinh khối thu được thấp, khó tối ưu các điều kiện nuôi và kiểm soát nguồn lây nhiễm.



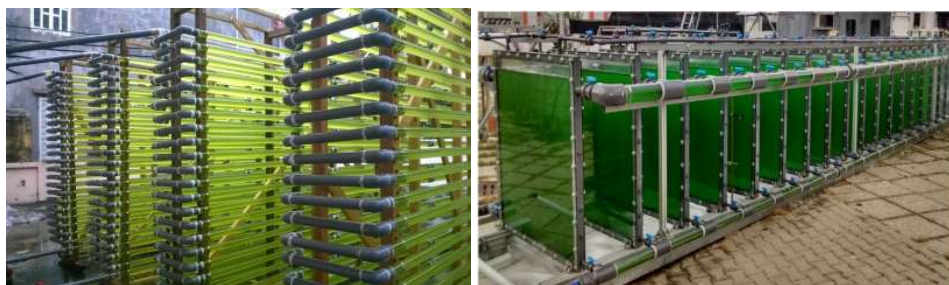
(A)

(B)

(C)

Hình 1. Một số hệ thống nuôi vi tảo dạng hồ

((A): Hệ thống raceway dạng ao nông ở Tucson, Arizona: Waller và cs, 2012 [33]; (B): Hệ thống bể raceway: Phòng Nghiên cứu Năng lượng tái tạo, Viện Nghiên cứu Năng lượng Quốc gia Hoa Kỳ; (C): Hệ thống nghiêng: Phòng Nghiên cứu Năng lượng sinh học, Đại học Tổng hợp Liege, Vương quốc Bỉ).



(A)

(B)

Hình 2. Một số hệ thống quang sinh kín nuôi vi tảo

((A): Hệ thống quang sinh dạng ống: Phòng Nghiên cứu Công nghệ Sinh học biển, Viện Nghiên cứu Hải sản; (B): Hệ thống quang sinh dạng phẳng: Lindblad và cs, 2019[19]).

Nuôi sinh khối vi tảo trong hệ thống nuôi kín và bán kín. Là những hệ thống linh động, sử dụng các thiết bị có thể kiểm soát các điều kiện nuôi cấy. Trong hệ thống này, vi tảo không tiếp xúc trực tiếp với môi trường ngoài. Đối với phương thức nuôi tự dưỡng, hai dạng thiết kế phổ biến nhất là hệ thống quang sinh dạng ống (tubular) và hệ thống quang sinh dạng phẳng (flat) (Hình 2). Các hệ thống quang sinh kín và bán kín có nhiều ưu điểm so với hệ thống nuôi hồ như: mật độ tảo và sinh khối thu được cao hơn, hạn chế nguồn nhiễm, kiểm soát tốt hơn các điều kiện môi trường và hạn chế thất thoát CO₂. Tuy nhiên, chi phí đầu tư ban đầu rất cao là hạn chế của hệ thống này để nuôi trên quy mô lớn. Sự kết hợp (hybrid) cả hai hình thức nuôi trên là giải pháp có tính tích cực, nhằm nâng cao hiệu suất thu hồi sinh khối. Cụ thể, vi tảo được nuôi sinh khối tới mật độ cao, chất lượng tốt trong hệ thống nuôi kín trước khi

chuyển sang hệ thống nuôi hồ nhằm nâng cao thể tích nuôi, từ đó tăng sản lượng sinh khối.

Phương thức nuôi vi tảo cố định: Trong các phương pháp nuôi dịch lỏng truyền thống, việc thu hoạch tảo với chi phí cao là một trở ngại rất lớn, do đó nhiều phương pháp nuôi tảo cố định đã được đề xuất để giải quyết vấn đề thu hoạch cũng như giữ lại sinh khối tảo có giá trị cao để chế biến tiếp. Trong các phương thức nuôi cố định, tế bào vi tảo có thể được cố định trên các loại màng tạo lớp màng sinh học hoặc tế bào cố định trong các chất mang rắn hoặc gel tạo thành dạng hạt (Hình 3). Mặc dù có nhiều ưu điểm nhưng chi phí cho hệ thống nuôi tảo cố định khá cao cũng như khả năng thích nghi của từng loài, do đó công nghệ nuôi này chưa được áp dụng nhiều trên quy mô lớn. Những ứng dụng của phương pháp này bao gồm sản xuất các chất chuyển hóa, lưu giữ bộ sưu tập chủng, thu nhận năng lượng và xử lý nước thải.