

CÔNG NGHỆ SINH HỌC VI TẢO: TRIỂN VỌNG VÀ THÁCH THỨC

NGUYỄN ĐỨC BÁCH

Khoa Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

NGUYỄN THANH TÙNG

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

Công nghệ vi tảo có khả năng ứng dụng trong nhiều ngành, lĩnh vực như nuôi trồng thủy sản, chăn nuôi, công nghệ thực phẩm, thực phẩm chức năng, y học và dược phẩm... Trong điều kiện khí hậu thay đổi, diện tích đất nông nghiệp ngày càng thu hẹp, nguồn năng lượng hóa thạch cạn kiệt và lượng khí thải ngày càng tăng, công nghệ sinh học vi tảo đang và sẽ là một lĩnh vực có tiềm năng ứng dụng vô cùng lớn. Bài viết giới thiệu về công nghệ sinh học vi tảo cùng những triển vọng và thách thức của lĩnh vực này.

Vi tảo (microalgae) là một nhóm lớn gồm các sinh vật quang tự dưỡng và dị dưỡng có kích thước rất nhỏ, phân bố rộng rãi ở tất cả các thủy vực từ nước ngọt đến nước mặn. Theo ước tính, trong tự nhiên có khoảng từ 200.000 đến 800.000 loài vi tảo đang tồn tại, trong đó có gần 50.000 loài đã được mô tả, tập trung vào các nhóm tảo lục, tảo lông roi lệch, tảo mắt và tảo đỏ. Chúng có thể là các sinh vật tiên nhân hoặc có nhân điển hình và phần lớn là các sinh vật tự dưỡng, tức là có khả năng tự sinh trưởng và phát triển chỉ dựa vào nguồn năng lượng ánh sáng mặt trời và một số khoáng chất nên môi trường nuôi vi tảo tương đối đơn giản và rẻ tiền. Với hiệu quả sử dụng ánh sáng cao nên trên cùng một diện tích nuôi trồng, hiệu quả quang hợp của vi tảo lớn hơn rất nhiều so với thực vật. Ở mức độ nhất định, vi tảo có thể được coi

là các thực vật thủy sinh do khả năng tự dưỡng nhờ quang hợp nhưng lại có tốc độ phát triển rất nhanh của vi sinh vật. Đặc điểm này được coi là một trong những lợi thế lớn nhất của vi tảo. Nếu so sánh một cách đơn giản, vi tảo đã kết hợp được đầy đủ những đặc điểm của vi khuẩn và thực vật thể hiện thông qua khả năng quang hợp và sinh trưởng rất nhanh. Chính vì vậy, vi tảo có nhiều lợi thế mà cả vi khuẩn và thực vật không có. Bên cạnh đó, sinh khối vi tảo có thành phần hoá học xác định, hầu như không chứa các độc tố. Nuôi trồng vi tảo không cạnh tranh nhiều về diện tích canh tác so với các cây trồng nông nghiệp, ngoài ra, vi tảo có thể sống trong các thủy vực ô nhiễm, nước thải sinh hoạt và các nguồn phân bón nông nghiệp dư thừa. Những đặc điểm này cho thấy vi tảo là đối tượng có ý nghĩa rất lớn để khai thác ứng dụng thực tiễn.

Những ứng dụng của vi tảo

Ngày nay, với tốc độ phát triển của công nghiệp và đô thị hóa, lượng khí thải và nước thải sinh hoạt ngày càng tăng, việc sử dụng các hệ thống nuôi vi tảo để giảm thiểu CO₂ có ý nghĩa rất lớn. Nếu xét về khả năng cố định CO₂, vi tảo vượt xa thực vật trên cùng một đơn vị diện tích. Trong các ao, đầm nuôi trồng thủy sản, vi tảo cung cấp oxy và nguồn thức ăn sơ cấp cho luân trùng, nhuyễn thể, ấu trùng và ở cả giai đoạn trưởng thành. Ngoài ra, vi tảo còn đóng vai trò bảo vệ môi trường nuôi thủy sản thông qua việc sử dụng lượng muối khoáng dư thừa, làm giảm CO₂ và tăng lượng oxy hòa tan trong nước.

Vi tảo còn được biết đến là một nguồn dinh dưỡng vô cùng quý giá. Nhiều loài vi tảo có hàm lượng dinh dưỡng cao với hàm lượng protein lớn và đầy đủ thành phần axit amin không thay thế.

Trong tất cả các sinh vật, hàm lượng protein trong tảo được coi là lớn nhất, điển hình là *Spirulina platensis*, hàm lượng protein có thể lên tới hơn 70% trọng lượng khô. Ngoài ra, vi tảo còn được biết là nguồn giàu các vitamin, chất khoáng, sắc tố và các hợp chất có hoạt tính sinh học. Vi tảo có khả năng sản xuất và dự trữ các axit béo không no, bao gồm các axit béo thuộc nhóm omega. Trong lĩnh vực chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản, axit omega-3 từ vi tảo được xem là nguồn thức ăn bổ sung không thể thiếu. Thực tế cho thấy, thành phần tảo trong ao nuôi được đánh giá là một trong những yếu tố quyết định sự thành công trong nuôi trồng thủy sản.

Trong lĩnh vực an ninh năng lượng, vi tảo được đặc biệt quan tâm trong việc sản xuất biodiesel. Với khả năng chuyển hóa và tích lũy axit béo rất cao ở một số loài vi tảo, trong đó chủ yếu là các loài tảo như *Nanosporopsis* sp., *Haematococcus* sp., *Isochrysis* sp., *Nannochloris* sp., *Nannochloropsis* sp., *Nitzschia* sp. đã mở ra một hướng sản xuất năng lượng tái tạo bền vững và thân thiện với môi trường. Nếu so sánh với *Jatropha*, một loài cây cho hàm lượng dầu cao, thì hiệu quả sản xuất axit béo trên cùng một diện tích canh tác của vi tảo còn lớn hơn nhiều.

Các sắc tố của vi tảo như astaxanthin, canthaxanthin, β -carotene, các dẫn xuất carotenoid có vai trò quan trọng để sản xuất các vitamin, chất chống oxy hóa, lão hóa, chất màu thực phẩm tự nhiên và nguồn bổ sung tạo màu cho các đối tượng có giá trị kinh tế cao như cá hồi, cá song. Việc bổ sung các sắc tố tự nhiên đã cải thiện cảm quan, tăng chất



Nuôi sinh khối vi tảo ở quy mô công nghiệp

lượng và nâng cao giá trị thương phẩm. Khai thác các hợp chất có hoạt tính sinh học khác trong vi tảo cũng là một lĩnh vực hứa hẹn. Với sự đa dạng về các hệ thống sắc tố quang hợp, vi tảo có khả năng tổng hợp và chuyển hóa các nhóm hợp chất như terpene, hormone và các chất trao đổi thứ cấp khác có ý nghĩa ứng dụng như hoạt tính kháng vi khuẩn, virus, phòng và chống ung thư.

Trong lĩnh vực xử lý ô nhiễm môi trường, do khả năng cố định CO_2 và hấp thụ các kim loại nặng rất cao nên vi tảo được coi là ứng cử viên hàng đầu so với các sinh vật khác về khả năng xử lý các nguồn ô nhiễm. Ở một số điều kiện nhất định, do sự ô nhiễm nguồn nước có thể dẫn đến sự bùng phát quá mức của một số loài vi tảo có thể gây ra hậu quả nghiêm trọng do độc tố tảo đe dọa sự sống của các thủy sinh vật và sức khỏe con người. Tuy nhiên, việc nghiên cứu và khai thác độc tố tảo cũng có nhiều ý nghĩa trong y dược học. Những ứng dụng độc tố tảo đang là một trong những hướng để phát triển các thuốc mới có khả năng kháng vi khuẩn, virus và tế bào ung thư.

Vi tảo là sinh vật hội tụ đầy đủ các tiêu chí cần thiết để làm bioreactor. Chính vì vậy, có thể chuyển gene vào vi tảo để sản xuất các sản phẩm mong muốn

bằng công nghệ DNA tái tổ hợp. Với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ sinh học và những hiểu biết ngày càng chi tiết về genome và các gene liên quan đến các con đường chuyển hóa các hợp chất, việc chuyển gene và cải biến gene ở vi tảo sẽ là một bước tiến trong công nghệ sinh học vi tảo. *Chlamydomonas reinhardtii* đã được xác định trình tự genome và được coi là loài tảo lục đầu tiên được sử dụng để nghiên cứu sâu về di truyền vi tảo. Đến nay dự án xác định 60 genome của vi tảo (<http://genome.jgi.doe.gov/genome-projects>) đã được triển khai, trong đó có một số loài quan trọng như *Nannochloropsis gaditana*, *Volvox carter*, *Volvox nagariensis*, *Ostreococcus tauri*, *Botryococcus braunii*... Với những lợi thế và khả năng ứng dụng vô cùng lớn, vi tảo được coi là một đối tượng có tiềm năng khai thác ở quy mô công nghiệp.

Triển vọng ứng dụng công nghệ sinh học vi tảo ở Việt Nam

Với lợi thế về vị trí địa lý, Việt Nam hoàn toàn có đủ tiềm năng để phát triển ngành công nghệ sinh học vi tảo. Ngay từ năm 1972, dưới sự chủ trì của GS.TS Nguyễn Hữu Thước, các nhà khoa học đã bắt đầu nghiên cứu tảo. Đến năm 1976, việc thử nghiệm nuôi trồng tảo đã được tiến hành tại Hà Nội và đã thu được kết quả



Nuôi và giữ các giống tảo trong phòng thí nghiệm của Khoa Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

khá khả quan. Đến năm 1985, giống tảo *Spirulina platensis* đầu tiên được nuôi ở thành phố Hồ Chí Minh. Đến thời điểm hiện nay, nghiên cứu và nuôi trồng tảo ở nước ta đã thu được nhiều kết quả đáng khích lệ, đặc biệt là hỗ trợ cho ngành chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản. Nhiều loài vi tảo được sử dụng nhiều trong nuôi trồng thủy sản và thực phẩm chức năng như *Spirulina platensis*, *Dunaliella salina*, *Chlorella vulgaris*, *Nanosporoposis oculata*, *Haematococcus pluvialis*.

Xét ở quy mô lớn, Công ty Cổ phần nước khoáng Vĩnh Hảo (Bình Thuận) là cơ sở nuôi trồng tảo đã đưa ra sản phẩm thương mại hóa. Các sản phẩm bột tảo và viên nén (Spivital nutria) của Công ty đã được bán rộng rãi trên thị trường trong nước. Tuy nhiên, nhìn chung, các sản phẩm chức năng từ tảo chủ yếu vẫn được nhập từ các nước Mỹ, Nhật Bản. Điều đó cũng phản ánh năng lực cạnh tranh và xuất khẩu với các nước còn hạn chế. Vì vậy, các cơ sở sản xuất cần phải cải thiện các quy trình nuôi trồng và xử lý chế biến hiện đại nhằm xây dựng ngành công nghiệp vi tảo đáp

ứng nhu cầu trong nước và xuất khẩu ra thị trường nước ngoài.

Đến nay cùng với sự phát triển của ngành nuôi trồng thủy sản thì việc khảo sát, chọn lọc và phân lập các loài vi tảo ở cả thủy vực nước ngọt và nước mặn đã được nhiều nhóm nghiên cứu triển khai như Viện Công nghệ Sinh học (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam), các viện nghiên cứu chuyên ngành thủy, hải sản và các cơ sở nghiên cứu khác trên toàn quốc. Kết quả, đã phân lập và sàng lọc được một số loài vi tảo có khả năng tổng hợp axit béo với hàm lượng cao (40-60%), trong đó thành phần axit béo omega-3 trên axit béo tổng số lên tới 40% như *Nannochloropsis oculata*, *Labyrinthula* sp., *Schizochytrium* sp... Nghiên cứu đa dạng sinh học, khảo sát phân bố và thành phần loài vi tảo ở một số thủy vực đã phát hiện được một số loài vi tảo có khả năng sản xuất lượng lớn axit béo không no, vitamin, các sắc tố như β -carotene, astaxanthin. Kết quả nghiên cứu đã mở ra khả năng khai thác các nguồn vi tảo mới này làm giống gốc để cung cấp cho các cơ sở nuôi trồng thủy sản nhân sinh

khối làm thức ăn bổ sung.

Gần đây, một số nghiên cứu sử dụng vi tảo để xử lý một số nguồn nước thải ô nhiễm đã đạt được hiệu quả rất khả quan, chẳng hạn ứng dụng *Spirulina* để xử lý nước thải khu vực làng nghề. Về lĩnh vực tìm kiếm nguồn năng lượng mới, Viện Công nghệ Sinh học đã nghiên cứu và sản xuất thành công sản phẩm diesel sinh học từ sinh khối vi tảo biển trong khuôn khổ đề án của Bộ Công thương về phát triển nhiên liệu sinh học của Việt Nam đến năm 2015 và tầm nhìn 2020. Nghiên cứu nuôi tảo *Chlorella vulgaris* từ một số nguồn nước thải tại các trại chăn nuôi và cơ sở giết mổ đã được tiến hành tại Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng để sản xuất nhiên liệu sinh học. Kết quả từ các mô hình nghiên cứu này sẽ được áp dụng ở quy mô lớn cho nhiều cơ sở chăn nuôi khác trong cả nước. Ngoài ra, hướng nghiên cứu tách chiết các hợp chất có hoạt tính sinh học từ vi tảo như β -carotene, vitamin, các chất chống oxy hóa, chống viêm, kháng khuẩn và kháng ung thư cũng được tiến hành.

Những thách thức trong lĩnh vực công nghệ sinh học vi tảo ở Việt Nam

Trong lĩnh vực nuôi trồng thủy hải sản, đến nay nguồn sinh khối vi tảo dùng làm thức ăn cho luân trùng, nhuyễn thể và ấu trùng cũng như cho giai đoạn trưởng thành đều do các cơ sở tự nhân sinh khối từ các chủng giống được cung cấp bởi các trung tâm, viện nghiên cứu. Nguyên nhân là do các cơ sở sản xuất này chưa có đầy đủ các điều kiện để tự nhân và giữ giống. Chính vì vậy chưa

đảm bảo được tính chủ động nguồn sinh khối cho nuôi trồng thủy sản. Ngoài cơ sở sản xuất tảo *Spirulina* với quy mô tương đối lớn ở Bình Thuận của Công ty Vĩnh Hảo, việc nuôi trồng vi tảo vẫn chỉ dừng lại ở quy mô nhỏ và phân tán. Nhiều khó khăn dẫn đến sự hạn chế mở rộng sản xuất vì công nghệ nuôi vi tảo vẫn còn lạc hậu, theo các phương pháp truyền thống. Hiện nay, sinh khối tảo được nuôi theo mô hình bán liên tục (theo mẻ) chẳng hạn như nuôi kín trong bình nylon, nuôi hở trong bể xi măng, bể composit. Ngay cả hệ thống nuôi hở *raceway* là những hệ thống nuôi mà thế giới cho là lạc hậu và có nhiều khuyết điểm thì ở Việt Nam vẫn chưa được triển khai nhiều. Trong hệ thống nuôi hở ở quy mô lớn, nguồn dinh dưỡng đầu vào và nhiệt độ không được giữ ổn định, dẫn đến sự tàn lụi đột ngột hoặc mật độ tảo thu được còn rất thấp, ngoài ra tình trạng nhiễm bẩn và nhiễm tạp bởi các tảo khác cũng dẫn đến suy giảm sinh khối. Thực tế cho thấy, việc nhân giống và nuôi sinh khối vi tảo ở các cơ sở sản xuất hiện nay chưa đảm bảo về mặt số lượng, vì vậy đã hạn chế quy mô cũng như chất lượng của các sản phẩm nuôi trồng. Các giải pháp về kỹ thuật nuôi nhằm ổn định việc nuôi, đảm bảo chất lượng tảo và giảm chi phí cho việc nuôi tảo vẫn đang là nhu cầu cấp thiết. Gần đây, một số đề tài nghiên cứu công nghệ thâm canh và thu sinh khối một số loài tảo như *Isochrysis galbana* và *Nannochloropsis oculata* để phục vụ sản xuất giống hải sản đã được đầu tư để xây dựng các mô hình nuôi và từ đó áp dụng cho các trại sản xuất. Mặc dù vậy, nuôi trồng tảo ở quy mô lớn cần có sự đầu tư ban đầu khá lớn về cơ sở vật

chất cho hệ thống nuôi hở bao gồm vị trí nuôi trồng, nguồn nước, các hệ thống bể nuôi, sục khí và thu hoạch. Mặc dù hệ thống nuôi kín ở quy mô lớn có rất nhiều ưu điểm như khả năng kiểm soát nguồn dinh dưỡng, ánh sáng, nhiệt độ và không bị tạp nhiễm nhưng chi phí đầu tư ban đầu và vận hành cho các hệ thống này rất cao, vì thế rất khó để áp dụng trong điều kiện ở Việt Nam. Để làm được điều này cần có những dự án đầu tư lớn hoặc được sự quan tâm của các bộ/ngành liên quan.

Để tăng tốc độ sinh trưởng và mật độ của tảo cần có nguồn cung cấp CO₂ ổn định. Tuy nhiên, việc tìm nguồn cung cấp CO₂ vẫn là một bài toán khó cho các trạm nuôi vi tảo ở quy mô lớn. Hiện nay, nguồn CO₂ cung cấp chủ yếu từ không khí nhờ vào hệ thống sục hoặc khuấy mà chưa có sự kết hợp xây dựng các trạm nuôi tảo gần các nhà máy hoặc khu công nghiệp, vì thế nguồn CO₂ thải ra từ các nhà máy nhiệt điện và các cơ sở sản xuất chưa được tận dụng. Ngoài ra, việc thu vớt vi tảo đến nay chủ yếu làm thủ công vì thế rất khó triển khai nuôi ở quy mô lớn do chi phí cho nhân công và năng lượng lớn. Một thách thức nữa trong công nghệ sinh học vi tảo hiện nay là, vẫn chưa có các quy trình công nghệ cũng như hệ thống tách chiết để thu nhận các hợp chất tự nhiên ở quy mô công nghiệp. Thực tế cho thấy các hợp chất có hoạt tính sinh học tách chiết từ vi tảo như omega-3, các sắc tố, các chất chống oxy hóa, kháng khuẩn, kháng nấm và kháng ung thư có giá trị kinh tế cao hơn nhiều so với sinh khối thô. Ví dụ điển hình là Công ty Astaxa của Đức, một

công ty chuyên hoạt động trong lĩnh vực công nghệ sinh học vi tảo đã rất thành công trong việc nuôi sinh khối kết hợp với tách chiết, tinh chế và thương mại hóa các hợp chất có hoạt tính sinh học. Doanh thu hàng năm của Công ty lên tới hàng chục triệu USD. Cuối cùng yếu tố góp phần dẫn đến sự thành công trong lĩnh vực công nghệ sinh học vi tảo ở Việt Nam là chuẩn hóa quy trình nuôi, xử lý, chế biến và đóng gói sản phẩm đi kèm với các hoạt động giới thiệu, quảng bá những lợi ích của các sản phẩm vi tảo để thu hút được sự quan tâm của người tiêu dùng.

Kết luận

Với lợi thế về điều kiện tự nhiên và sự đa dạng, phong phú về thành phần các loài vi tảo, Việt Nam có tiềm năng phát triển ngành công nghệ sinh học vi tảo để sản xuất các sản phẩm đem lại lợi ích kinh tế cao. Tuy nhiên, để khai thác hiệu quả tiềm năng này, cần có chiến lược nghiên cứu và phát triển hướng vào những đối tượng vi tảo có giá trị. Để nghiên cứu tìm ra các quy trình công nghệ nhằm nuôi sinh khối ở quy mô lớn và tách chiết các hợp chất có hoạt tính sinh học từ vi tảo đòi hỏi có sự quan tâm đầu tư lớn cho các đơn vị nghiên cứu và cơ sở sản xuất, đồng thời cũng cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các ngành liên quan. Rõ ràng, công nghệ sinh học vi tảo đã mở ra cơ hội lớn nhưng đồng thời cũng là một thách thức đối với chúng ta hiện nay ■