

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 đèn 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, carbonhydrates, 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 mì, 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: tunggrimf@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 hỏ có ưu điểm là khá đơn giản

trong thiết kế và vận hành, chi phí ban đầu thấp. Tuy nhiên, hệ thống nuôi hỏ 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.



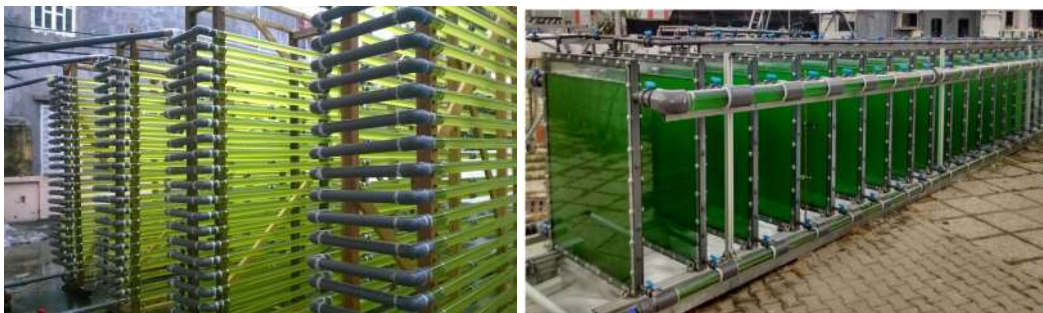
(A)

(B)

(C)

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

((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)

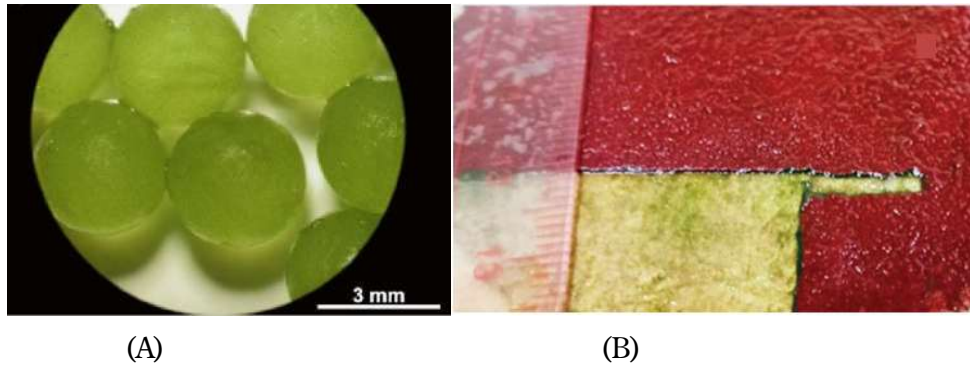
Hình 2. Một số hệ thống quang sinh kín nuôi vi tảo

((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 hỏ 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 hỏ 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.



Hình 3. Một số phương thức nuôi tảo cố định

((A): Hạt gel *Chlorella vulgaris* cùng cố định với *Azospirillum brasilense*: De-Bashan và cs, 2007[13]; (B): Tảo *Haematococcus pluvialis* nuôi trên hệ thống màng: Tran et al., 2019).

3. ỨNG DỤNG VI TẢO TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN

Trong lĩnh vực thủy sản, việc sản xuất vi tảo là bước quan trọng để cung cấp nguồn thức ăn sơ cấp cho hầu hết đối tượng nuôi trong các trang trại. Vi tảo đóng vai trò không thể thay thế trong cơ cấu thức ăn của ấu trùng nhuyễn thể hai mảnh vỏ, ấu trùng giáp xác và một số loài cá ở giai đoạn sớm. Giá trị dinh dưỡng quan trọng nhất của vi tảo đối với động vật thủy sản là các axit béo, đặc biệt là eicosapentaenoic (EPA), arachidonic acid (AA) và docosahexaenoic acid (DHA). Do không thể tự tổng hợp một số axit béo thiết yếu nên ấu trùng động vật thủy sản phải lấy chúng thông qua chuỗi thức ăn vi tảo. Hơn nữa, khi ấu trùng các loài động vật thủy sản đã tiêu hết năng lượng nhưng chức năng của hệ tiêu hóa chưa hoàn thiện, kích thước miệng còn rất nhỏ đều yêu cầu thức ăn tươi sống để tiếp tục quá trình biến đổi hình thái và phát triển. Tập tính sống phù du và bản năng bắt mồi chủ động chưa hình thành đòi hỏi ấu trùng động vật thủy sản phải được sống trong môi trường giàu nguồn thức ăn vi tảo hoặc động vật phù du nhỏ. Không chỉ sử dụng làm thức ăn trực tiếp, vi tảo còn được sử dụng gián tiếp thông qua làm giàu động vật phù du bằng vi tảo (Copepods, luân trùng, Artemia) làm thức ăn cho ấu trùng tôm, cá hoặc bổ sung vào thành phần thức ăn để cải thiện màu sắc đối tượng nuôi [3].

Mặc dù đa dạng thành phần loài vi tảo biển lớn, nhưng số loài có khả năng sử dụng làm thức ăn phục vụ sản xuất giống thủy sản khá khiêm tốn. Theo Brown và cs (1997), dựa trên các tiêu chuẩn về hàm lượng dinh dưỡng (chủ yếu là axit béo, sắc tố, đường, vitamins và proteins), kích thước (thường từ 2 μm - 20 μm), khả năng tiêu hóa (dễ tiêu hóa và không có độc tố), khả năng nuôi sinh khối, vòng đời, ngưỡng

chịu đựng cao với sự biến đổi của môi trường và tác động tích cực đến tỷ lệ sống sót và tăng trưởng của ấu trùng đã giới thiệu hơn 40 chủng/loài tảo có tiềm năng sử dụng làm thức ăn trong sản xuất giống thủy sản. Nhiều tác giả khác ghi nhận những loài có thể sử dụng làm thức ăn trong sản xuất giống thủy sản thuộc các lớp tảo Cyanophyceae (*Spirulina*), Eustimatophyceae (*Nannochloropsis*), Prasinophyceae (*Tetraselmis*, *Pyramimonas*), Chlorophyceae (*Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*), Cryptophyceae (*Rhodomonas*, *Cryptomonas*), Dinophyceae (*Cryptocodinium*), Prymnesiophyceae (*Isochrysis*, *Pavlova*) và Bacillariophyceae (*Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Nitzschia*, *Phaeodactylum*, *Navicula*) [4], [27], [8].

Các loài tảo khác nhau thì có giá trị dinh dưỡng khác nhau, một số loài vi tảo có thể được sử dụng rộng rãi làm thức ăn cho rất nhiều loài thủy sản nhưng một số loài tảo lại chỉ thích hợp làm thức ăn cho một số đối tượng nhất định. Ví dụ, một số loài tảo silic thích hợp hơn cho việc nuôi ấu trùng hai mảnh vỏ, giáp xác bởi chúng có hàm lượng silic cao cần thiết cho quá trình nguyên phân và biệt hóa của tế bào tạo cấu trúc vỏ. Trong khi *Isochrysis galbana* giàu DHA, ít EPA thì tảo silic lại ngược lại, chứa nhiều EPA và ít DHA. Đặc biệt, tảo *Nannochloropsis* là nhóm có hàm lượng EPA rất cao. Vì vậy, trong nuôi trồng thủy sản, việc sử dụng hỗn hợp các loài tảo làm thức ăn cho động vật thủy sản nhằm tối ưu thành phần dinh dưỡng là yêu cầu bắt buộc. Tuy nhiên, việc kết hợp các loài tảo làm thức ăn phải đạt được sự hợp lý về tỷ lệ và thành phần với nhu cầu dinh dưỡng của từng đối tượng nuôi mới đem lại hiệu quả cao.

Sử dụng vi tảo làm thức ăn cho nhuyễn thể: Trong sản xuất giống các loài nhuyễn thể hai mảnh vỏ có giá trị kinh tế như: hàu, vẹm, ngao (*Crassostrea* sp., *Ostrea edulis*, *Tapes philippinarum*, *Tapes decussatus*, *Mercenaria mercenaria*, *Mya arenaria*), một số loài tảo (*Chaetoceros calcitrans*, *Chaetoceros muelleri*, *Thalassiosira pseudonana*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutherii* và *Tetraselmis* sp.) có thể sử dụng đơn lẻ hoặc kết hợp với loài khác làm thức ăn cho các ấu trùng của các đối tượng trên ở từng giai đoạn khác nhau trong suốt vòng đời. Nhiều nghiên cứu thử nghiệm sử dụng thức ăn là các vi tảo biển như *I. galbana*, *N. oculata*, *Chaetoceros* sp. trong sản xuất giống các loài thủy sản hai mảnh vỏ đã được tiến hành trên thế giới. Các chế độ ăn có vi tảo được bổ sung cho ấu trùng ở các giai đoạn nhằm làm tăng khả năng sinh trưởng, khả năng chuyển giai đoạn, gia tăng khả năng sống sót của ấu trùng trong quá trình sinh sản nhân tạo. Có thể thấy, mật độ vi tảo trong chế độ ăn của vẹm có ảnh hưởng tới sự phát triển của ấu trùng vẹm khi nghiên cứu về sự sinh trưởng và phát triển của ấu trùng chữ D của loài vẹm *Mytilus edulis* trong điều kiện nuôi trong phòng thí nghiệm. Sprung (1984) đã sử dụng chế độ ăn có tảo *I. galbana* cho ấu trùng vẹm với các chế độ ăn khác nhau (1, 2, 5, 10, 20 và 40 tế bào/ μ L) [28]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự sinh trưởng của ấu trùng *Mytilus edulis* tăng với mức độ tăng tế bào *I. galbana* từ 2 tế bào/ μ L-10 tế bào/ μ L.

Nghiên cứu so sánh sự ảnh hưởng của hai loài vi tảo biển *Isochrysis galbana* và *Chlorella* sp. đến tốc độ sinh trưởng và tỷ lệ sống trong ương nuôi ấu trùng loài hàu đáy châu Âu (*Ostrea edulis* Linnaeus 1758). Kết quả thí nghiệm cho thấy, chế độ ăn hỗn hợp gồm hai loài tảo *I. galbana* và *Chlorella* sp., sự sinh trưởng và phát triển của ấu trùng hàu tốt hơn và nhanh hơn so với chế độ cho ăn chỉ có *Chlorella* sp. và nhóm không cho ăn. Cũng trong kết quả thí nghiệm này, các ấu trùng được nuôi bởi các khẩu phần ăn là *I. galbana* và *I. galbana* + *Chlorella* sp. đều phát triển đạt đến giai đoạn có mấu lồi (umbo). Trong khi đó, với chế độ ăn chỉ có *Chlorella* sp., ấu trùng không thể phát triển đến giai đoạn này được (giai đoạn umbo), còn với nhóm không cho ăn thì ấu trùng chết sau 3 ngày thí nghiệm. Tỷ lệ sống cao nhất thu được trong thí nghiệm này là khoảng 30% đối với nhóm ấu trùng được nuôi bằng nguồn thức ăn là *I. galbana*. Tỷ lệ này cao hơn so với nhóm ấu trùng ăn *Chlorella* sp. [1].

Trong một nghiên cứu về gây cảm ứng chín sinh dục của loài trai ngọc Ấn Độ (*Pinctada fucata* Gould), Velayudhan và cs (2011) đã thử nghiệm các chế độ nuôi trai bằng các nguồn thức ăn khác nhau có hỗn hợp của vi tảo biển. Trai ngọc *Pinctada fucata* được nuôi bằng 2 L hỗn hợp tảo có mật độ $3,4 \times 10^6$ tế bào/ml gồm 90% (*Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*) và 10% (*Nitzschia* sp., *Pleurosigma* sp. và *Rhizosolenia* sp.). Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong các thí nghiệm ảnh hưởng đến sinh trưởng của các sò ngọc trai (*Pinctada fucata* Gould), $7,5 \pm 3,54\%$ trai *Pinctada fucata* chín sinh dục sau 43 ngày [32].

Với loài nhuyễn thể chân bụng như bào ngư, vi tảo silic đóng vai trò quan trọng cho giai đoạn sớm, giúp ấu trùng tăng tỷ lệ bám đáy và cung cấp dinh dưỡng trong giai đoạn đầu kiếm ăn. Một số loài ốc trong điều kiện tự nhiên cũng cho thấy có sự phát triển tốt hơn trong môi trường chứa hàm lượng diệp lục từ vi tảo cao hơn [31].

Trong sản xuất tôm giống: Một số loài tảo *Chaetoceros* sp., *Skeletonema costatum* được sử dụng kết hợp với thức ăn tổng hợp rất tốt cho ấu trùng. Sử dụng tảo tươi từ giai đoạn Nau-Zoea và thậm chí cho tới giai đoạn Post Larvae PL5 - 6 hoặc PL10, cho thấy từ giai đoạn PL5 trở đi, màu sắc của tôm giống sáng, màu hơi nâu, các sắc tố chạy dọc phía trên chân bụng đậm và sắc nét; còn chỉ cho ăn đến giai đoạn mysis thì khi tôm PL5 trở đi quan sát tôm có sắc trắng trong [18]. Theo Coutteau (1996) [9], đối với sản xuất tôm giống, mật độ tảo yêu cầu trong các bể nuôi ấu trùng giai đoạn protozoa dao động từ 100 nghìn tb/mL -120 nghìn tb/mL, cao hơn nhiều so với giai đoạn mysis và gấp 2 lần so với giai đoạn Nauplius và Post Larvae.

Sử dụng vi tảo làm thức ăn ương nuôi ấu trùng cá biển: Đối với một số loài cá biển, vi tảo được biết đến như là một tác nhân kích hoạt hệ thống tiêu hoá của ấu trùng cá biển trong giai đoạn bắt đầu ăn thức ăn bên ngoài. Trong “kỹ thuật nước xanh” (green water technique), vi tảo được dùng trực tiếp trong bể ương ấu trùng và được đánh giá là cải thiện rõ rệt tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ sống của ấu trùng một số loài cá biển [16].

Sử dụng vi tảo làm thức ăn gián tiếp: Vi tảo không chỉ làm thức ăn trực tiếp, mà còn được sử dụng gián tiếp thông qua việc làm giàu động vật phù du (copepods, luân trùng (*Brachionus plicatilis*) và *Artemia* làm thức ăn cho ấu trùng tôm, cá [8]. Luân

trùng *Brachionus plicatilis* là một trong những đối tượng quan trọng trong nghề nuôi trồng thủy sản, là thức ăn lý tưởng của ấu trùng do chúng có kích thước nhỏ, bơi chậm và sống lơ lửng trong nước, có thể nuôi chúng ở mật độ cao, năng suất cao và có thể được làm giàu hóa dinh dưỡng với axit béo và chất kháng sinh... Các loại men bánh mì có thể được sử dụng thay thế các loại động vật phù du. Tuy nhiên, loại men này thường không có các axit béo cần thiết cho sự sinh trưởng và phát triển. Do vậy, để nâng cao hiệu suất ương nuôi người ta thường sử dụng các loài luân trùng đã được làm giàu dinh dưỡng bởi vi tảo để làm thức ăn cho ấu trùng cá.

Vi tảo cũng được bổ sung vào khẩu phần thức ăn để cải thiện màu sắc đối tượng nuôi. Việc bổ sung astaxanthin chiết từ *Haematococcus* sp. làm cải thiện màu sắc của cá hồi ở Nhật Bản và Bắc Mỹ; bổ sung thêm 5%-25% *Arthrospira* vào khẩu phần ăn sẽ tăng cường màu đỏ và vàng ở cá chép [27].

Ngoài vi tảo tươi, để nâng cao tính chủ động nguồn thức ăn và giảm chi phí sản xuất, nhiều sản phẩm thức ăn dạng tảo sệt hay dạng khô cũng được nghiên cứu và đưa ra thị trường. Tuy nhiên, các sản phẩm thay thế vi tảo tươi đã được thử nghiệm nhưng kết quả thu được không tốt bằng.

4. CÔNG NGHỆ NUÔI SINH KHỐI VI TẢO VÀ ỨNG DỤNG TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN TẠI VIỆT NAM

4.1. Công nghệ nuôi vi tảo tại Việt Nam

Tại Việt Nam, công nghệ nuôi vi tảo đã được nghiên cứu nhiều năm trở lại đây nhằm phục vụ nuôi trồng thủy sản và các ứng dụng đời sống. Trong đó, vi tảo chủ yếu được sản xuất trong các trại giống bằng phương pháp nuôi đơn giản phục vụ thủy sản. Các thử nghiệm nuôi tảo làm thực phẩm, thực phẩm chức năng, dược mỹ phẩm được thử nghiệm ở một số cơ sở, chủ yếu là *Spirulina* spp. trong các hệ thống nuôi hở.

Gần đây, các hệ thống quang sinh được nghiên cứu ứng dụng để nuôi mật độ cao cho hai loài tảo *N. oculata* và *Isochrysis galbana*. Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản II đã chế tạo một hệ thống quang sinh dạng tấm (120 cm x 60 cm x 10 cm) bằng kính chịu lực 1 cm đặt trong nhà sử dụng ánh sáng huỳnh quang 3.000 lux - 9.000 lux, sục khí 0,9 L/phút - 1,0 L/phút, môi trường nuôi F/2 cho mật độ cực đại ở ngày thứ 14 khoảng 300 triệu tế bào/mL, tốc độ tăng trưởng ngày là $\mu = 0,25/\text{ngày}$. Nhóm nghiên cứu đã

chế tạo một hệ thống quang sinh sử dụng ống acrylic đường kính 6 cm, dài 2 m đầu nối tiếp tạo thành dàn đứng có chiều dài 8 m, cao 2 m. Tổng dung tích của hệ thống khoảng 1.000 L tuần hoàn bởi bơm ly tâm với vận tốc dòng chảy tối ưu từ 0,5 m/s - 0,6 m/s. Nuôi tảo *N. oculata* trong hệ thống này đạt mật độ tối đa trên 500 triệu tb/mL, năng suất trung bình 0,9 g/L/ngày. Hệ thống này có khả năng cho thu hoạch 10% thể tích/ngày. Một hệ thống quang sinh kín dạng ống khác, với dung tích 20 L, cũng đã được thiết kế tại Viện Công nghệ Sinh học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam để nuôi sinh khối *N. oculata*. Hệ thống quang sinh này sử dụng khí đẩy để tạo dòng chảy luân hồi với hệ số Renol > 4000 có tác dụng phân tán oxy và không làm tổn thương tế bào so với dùng máy bơm. Kết quả nuôi thử nghiệm đạt mật độ cao nhất là 197 triệu tb/mL [26].

Viện Nghiên cứu Hải sản đã thiết kế và thử nghiệm thành công 4 mô hình thiết bị nuôi công nghiệp, hệ thống photobioreactors (PBR) dạng ống, dạng tấm, dạng bể kính và dạng vành khuyên với mật độ nuôi tảo *N. oculata* ổn định từ 200×10^6 tb/mL - 250×10^6 tb/mL. Trong đó, mô hình dạng ống và dạng tấm cho hiệu quả nuôi sinh khối cao nhất. Mật độ cao nhất của mô hình dạng ống có thể đạt 1,4 tỷ tb/mL. Nhóm nghiên cứu cũng thử nghiệm thành công 5 mô hình nuôi sinh khối *N. oculata* dạng đơn giản, bao gồm: bể kính, trụ đứng túi nylon PE trong lồng sắt, túi nylon PE treo khung, trụ polycarbonat (PC), và bể raceway. Mô hình hiệu quả nhất là mô hình túi nylon treo đường kính 20 cm cho mật độ cực đại cao (100×10^6 tb/mL - 120×10^6 tb/mL), thời gian nuôi ngắn và chi phí thấp (Nguyễn Văn Nguyên, 2016) [25].

Công ty Chăn nuôi CP Việt Nam đã nhập đồng bộ hệ thống phản ứng quang sinh dạng ống nuôi tảo *Skeletonema*, Công ty Tư nhân Phương Á Lan nhập ngoại hệ thống nuôi tảo *Spilulina* làm thực phẩm chức năng cho người. Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ sinh học vi tảo (Học viện Nông nghiệp Việt Nam) đã lựa chọn được chủng giống tảo xoắn *Spirulina platensis* VNU A03 có chất lượng vượt trội. Viện Nghiên cứu và Ứng dụng công nghệ cao Hòa Lạc với cơ sở hạ tầng gần 6.000 m² ứng dụng công nghệ trong nuôi cấy và sản xuất tảo *Spirulina* chủng VNU A03. Hiện công suất nuôi cấy đạt 5 tấn tảo khô/năm - 6 tấn tảo khô/năm. So với tảo nhập

khẩu, tảo của Việt Nam có protein cao, chiếm 68% khối lượng (các sản phẩm từ Pháp chiếm 60%, Đài Loan 62%). Đặc biệt, hàm lượng β -carotene vượt trội so với các sản phẩm tảo của Nhật Bản - quốc gia có thương hiệu trong khai thác và sản xuất các sản phẩm có nguồn gốc từ tảo *Spirulina*. Nguyên liệu tảo xoắn được các nhóm nghiên cứu hướng tới mục đích chế biến sản phẩm thực phẩm dinh dưỡng, bảo vệ sức khỏe và sản xuất mỹ phẩm. Hiện nay, mô hình nuôi tảo *Spirulina* bằng ánh sáng đèn LED đã được áp dụng thành công tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam nhằm nâng cao hiệu suất thu sinh khối, hoạt chất sinh học cũng như tính thích nghi theo mùa của tảo *Spirulina* [21].

Nhiều đơn vị sản xuất đại trà đã áp dụng hệ thống nuôi dạng bể hở, túi treo và bể dạng tấm. Một số nghiên cứu đã thử nghiệm nuôi *N. oculata* bằng hệ thống quang sinh dạng ống sắp xếp theo chiều ngang (bio-fence). Một số cơ sở sản xuất có năng lực đã sử dụng hệ thống quang sinh kín để nhân giống tảo trước khi nuôi quy mô đại trà bằng hệ thống hở. Gần đây, Việt Nam cũng đã bước đầu nghiên cứu ứng dụng công nghệ nuôi tảo cố định trên hệ thống màng với loài *Haematococcus pluvialis* để thu sinh khối và hàm lượng astaxanthin cao nhất cho sản xuất thực phẩm [30].

Các nghiên cứu nuôi vi tảo ở Việt Nam đã được thực hiện từ lâu, tuy nhiên về trình độ công nghệ và quy mô còn nhiều hạn chế. Do đó, cần đẩy mạnh nghiên cứu sản xuất nuôi ở quy mô công nghiệp để cung cấp lượng sinh khối dồi dào, chất lượng tốt, là nguyên liệu phục vụ cho các nghiên cứu ứng dụng vi tảo trong thủy sản, y dược, năng lượng và môi trường.

4.2. Ứng dụng vi tảo trong nuôi trồng thủy sản tại Việt Nam

Trong lĩnh vực nuôi trồng, các trung tâm sản xuất giống thủy sản đều chủ động sưu tập và lưu giữ nguồn giống vi tảo phục vụ sản xuất. Thống kê của các Viện nghiên cứu ngành thủy sản (Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 1, 2, 3 và Viện Nghiên cứu Hải sản) cho thấy, các trại sản xuất của các Viện đều tích cực sưu tập, lưu giữ các chủng tảo làm thức ăn nuôi giống thủy sản. Một số loài vi tảo biển hiện đang được sử dụng phổ biến tại các trại sản xuất giống thủy sản là *Chaetoceros muelleri*, *C. calcitrans*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis*

suecica, *Phaeodactylum tricornutum*, *Schizochytrium* sp., *Pavlova lutheri*, *Skeletonema costatum*.... Những loài vi tảo biển này chủ yếu được nhập ngoại từ các nước như: Đan Mạch, Bỉ, Na Uy... thông qua các dự án hợp tác.

Gần đây, một số đơn vị nghiên cứu trong nước cũng bắt đầu quan tâm nghiên cứu phân lập và nuôi cấy những loài vi tảo biển nói trên ngay tại vùng biển Việt Nam. Dương Đức Tiến (2006) đã phân loại, phân lập và bảo quản được 5 loài vi tảo biển từ biển Việt Nam phục vụ cho nuôi trồng thủy sản là *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata*, *Chaetoceros* sp., *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina* [15]. Nguyễn Thị Hương (2011) đã thu thập, phân lập và lưu giữ được 17 loài vi tảo biển thuộc các ngành tảo silic, tảo lục, tảo vàng ánh. Trong đó các loài được phân lập ở biển Việt Nam là *Nitzschia closterium*, *Naviculla* sp1, *Naviculla* sp2, *Amphora* sp., *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros muelleri* [24]. Đặng Diễm Hồng (2011) đã phân lập và lưu giữ được 18 loài vi tảo biển, trong đó có 10 loài quang tự dưỡng (*Chaetoceros mullerri*, *C. gracilis*, *C. calcitrans*, *Chlorella* sp., *Chroomonas salina*, *Dunaliella tertiolecta*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata*, *Navicula cari* và *Tetraselmis* sp.) và 8 loài thuộc 3 chi tảo dị dưỡng (*Labyrinthula*, *Schizochytrium* và *Thraustochytrium*) từ một số vùng ven biển Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định và Phú Quốc, sử dụng rất hiệu quả cho sản xuất giống thủy sản. Với hướng nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã hoàn thiện và sản xuất được chế phẩm dạng bột khô hoàn toàn tự nhiên (Algae Feed-TOMCANT) từ các nhóm vi tảo dị dưỡng (*Schizochytrium mangrovei*) giàu các axit béo không no bão hòa đa nối đôi (EPA, DHA) và khoáng đa lượng, vi lượng làm thực phẩm bổ sung cho thức ăn nhằm tăng cường sức sống, tăng trưởng và rút ngắn thời gian sản xuất giống và nuôi tôm thương phẩm [10].

Chu Chí Thiết và Kuma (2008) đã tiến hành thử nghiệm một số loài tảo biển *Nannochloropsis* sp., *Chaetoceros* sp. nuôi vỗ ngao *Meretrix lyrata*. Kết quả thí nghiệm đã cho thấy, sử dụng hỗn hợp hai loài tảo, có hiệu quả hơn việc sử dụng riêng một loài tảo. Đồng thời, việc cung cấp tỷ lệ các loài tảo thích hợp và có giá trị dinh dưỡng cao trong quá trình nuôi vỗ sẽ tạo ra hiệu quả tốt trong việc sản xuất ấu trùng [6]. Ngô Thị Hoài Thu và cs (2010) đã tiến hành thử nghiệm đánh giá hiệu quả sử dụng sinh khối vi tảo

biển làm thức ăn cho loài tu hài. Kết quả cho thấy, tu hài bố mẹ được nuôi vỗ bằng vi tảo trên có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt [20]. Tôn Nữ Mỹ Nga và cs (2010) đã sử dụng thức ăn gồm hỗn hợp 3 loài tảo đơn bào *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana* và *Chaetoceros* sp. để ương nuôi ấu trùng hầu Bồ Đào Nha, kết quả cho thấy kích thước về chiều dài, chiều cao và tỷ lệ sống của ấu trùng phát triển tốt ở ngày nuôi thứ 17 [29]. Nguyễn Thị Hằng và Lại Văn Hùng (2015) đã nghiên cứu ảnh hưởng của vi tảo biển lên sinh trưởng và tỷ lệ sống của ngao giai đoạn ấu trùng chữ D. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sử dụng thức ăn là hỗn hợp tảo đơn bào với tỷ lệ (70% *I. galbana*, 20% *Chlorella* sp., 10% *N. oculata*) cho tốc độ sinh trưởng và tỷ lệ sống của ấu trùng ngao *Meretrix lyrata* là tốt nhất (1,071 μ m và 11,66%) [23]. Gần đây, tảo cô đặc *I. galbana* và lỏng đậm đặc cũng đã được nghiên cứu, kết quả nghiên cứu cho thấy sản phẩm cô đặc có thể làm thức ăn thay thế vi tảo tươi tương ứng cho ấu trùng ngao *Meretrix lyrata* [11].

Một số nghiên cứu khác về nuôi tảo *C. calcitrans* làm thức ăn trong sản xuất giống tôm he chân trắng (*Penaeus vannamei*). Kết quả cho thấy, tỷ lệ cho ấu trùng tôm ăn được duy trì với mật độ 100.000 tế bào/mL hỗn hợp của cả ba loài tảo trên, sau 8 đến 10 ngày cho ăn tảo, tôm he có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt [22].

Viện Nghiên cứu Hải sản là một trong những đơn vị có bề dày thành tích về nghiên cứu nuôi cấy và ứng dụng vi tảo biển. Viện đã làm chủ các quy trình công nghệ về lưu giữ, nhân giống, nuôi và thu sinh khối vi tảo biển. Từ năm 2011, Viện đã nghiên cứu sử dụng các loài vi tảo *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana* và *Chaetoceros gracilis* trong nuôi vỗ và sinh sản nhân tạo ngao bến tre (*Meretrix lyrata*) tại một số vùng ven biển Thái Bình, Ninh Bình. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc bổ sung thức ăn vi tảo có vai trò rất quan trọng đối với sinh trưởng và phát triển của ngao nuôi. Sự đa dạng về thức ăn giúp ngao giống dinh dưỡng tốt hơn, tăng tốc độ sinh trưởng và tỷ lệ sống của ngao ương. Giai đoạn 2017-2021, Viện đang hiện đang thực hiện Dự án: “*Hoàn thiện công nghệ sản xuất một số sản phẩm vi tảo biển tươi phục vụ sản xuất giống thủy sản*”. Dự án đã xây dựng thành công quy trình sản xuất quy mô lớn các sản phẩm từ 3 loài vi tảo *N. oculata*, *C. calcitrans*, *I. galbana* và thử nghiệm làm thức ăn cho luân trùng, ấu trùng tôm và ngao đạt nhiều kết quả

khả quan, với công suất tối đa lên tới 30 kg tảo tươi/ngày. Các sản phẩm của dự án có thể được cung cấp dưới dạng tảo tươi, dạng sệt và bảo quản ngắn hạn (2 tháng) và dài hạn (6 tháng) phục vụ sản xuất giống thủy sản.

Nhìn chung, công nghệ nuôi vi tảo trong nước đã được chú ý phát triển trong những năm gần đây để phục vụ sản xuất giống thủy sản. Tuy nhiên, do hạn chế về trình độ khoa học kỹ thuật và tiềm lực, các trang trại chủ yếu tập trung mua tảo giống để gây màu nước và nuôi vi tảo trong các hệ thống nuôi hờ đơn giản. Các phương pháp cổ điển nuôi vi tảo chủ yếu được sử dụng là bán liên tục, hoặc nuôi kín trong bình nhựa, túi nylon, nuôi hờ trong bể xi-măng, hoặc một số hệ thống raceway với mật độ nuôi thấp, chưa đảm bảo về mặt chất lượng và hạn chế về quy mô sản xuất. Một số đơn vị sử dụng các sản phẩm tảo khô, thức ăn tổng hợp chứa thành phần vi tảo nhập khẩu từ nước ngoài. Điều này dẫn đến giảm tính chủ động và hiệu quả sản xuất.

5. KẾT LUẬN

Việt Nam có cơ cấu kinh tế thủy sản chiếm tỷ trọng cao và ngày càng phát triển. Việc ứng dụng vi tảo trong sản xuất thủy sản được nghiên cứu và áp dụng trên nhiều đối tượng nuôi khác nhau, mang lại hiệu quả tích cực cho sản xuất các loài nhuyễn thể, tôm, cá. Đây mạnh phát triển sản xuất sinh khối và hoạt chất sinh học từ vi tảo cũng được chỉ rõ trong Quyết định số 339/QĐ-TTg ngày 11/3/2021 của Thủ tướng Chính phủ về Chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, đặc biệt quan tâm các lĩnh vực khoa học công nghệ cao, các nghiên cứu mang tính ứng dụng và sản xuất.

Vi tảo giàu dinh dưỡng và hoạt chất sinh học thiết yếu nên được ứng dụng ngày càng nhiều trong các lĩnh vực đời sống từ nuôi trồng thủy sản, xử lý môi trường, thực phẩm chức năng, dược phẩm, phân bón sinh học, nhiên liệu sinh học cho tới các mục đích nghiên cứu vũ trụ. Công nghệ nuôi vi tảo được tiến hành với nhiều phương thức đa dạng từ quang tự dưỡng, dị dưỡng cho tới tạp dưỡng bằng các hệ thống nuôi hờ, kín hoặc bán kín được áp dụng phổ biến cả trong nghiên cứu và quy mô lớn công nghiệp. Hiện nay, các hình thức nuôi tảo không ngừng được cải tiến và đa dạng nhằm mang lại hiệu quả cao nhất cho thu nhận sinh khối.

Trong nuôi trồng thủy sản, vi tảo hiện được xem là nguồn thức ăn không thể thay thế, cung cấp các

chất dinh dưỡng thiết yếu cho chu trình sinh trưởng và phát triển của các loài động vật thủy sản. Phương thức sử dụng chủ yếu là làm thức ăn cho ấu trùng các loài nhuyễn thể, tôm, cá giống trong nuôi trồng thủy sản hoặc gián tiếp để làm giàu hoạt chất thông qua các loại động vật phù du. Mục đích và cách thức sử dụng cụ thể khác nhau và phụ thuộc vào điều kiện sản xuất cũng như đối tượng con giống.

Bên cạnh những thành tựu đạt được, công nghệ nuôi vi tảo phục vụ sản xuất thủy sản vẫn còn nhiều hạn chế. Đa phần các loài vi tảo đang được sử dụng hiện vẫn là nhập khẩu hoặc du nhập vào trong nước theo nhiều cách khác nhau. Bởi vậy, một số loài vi tảo có thể phát triển tốt làm thức ăn thủy sản nhưng nhiều loài không dễ thích nghi, đặc biệt trong điều kiện sản xuất. Thêm vào đó, sự hạn chế về kỹ thuật, tính chuyên môn hóa trong sản xuất và ương nuôi giống thủy sản thường dẫn đến nguồn cung sinh khối vi tảo thấp, thiếu ổn định và chưa đáp ứng được nhu cầu thực tiễn sản xuất. Nhiều cơ sở nuôi và trại sản xuất giống tôm, cá, nhuyễn thể vẫn còn gặp khó trong cung ứng thức ăn vi tảo. Thực tế này đang ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chủ động và hiệu quả kinh tế trong sản xuất giống thủy sản.

Để thúc đẩy sự phát triển sản xuất vi tảo cần thiết phải có sự quan tâm đầu tư bài bản cho công tác nghiên cứu và phát triển nguồn giống vi tảo, những loài giàu hoạt chất sinh học dùng trong giai các đoạn ương nuôi và sản xuất giống thủy sản. Phát triển nguồn giống vi tảo nội địa có tính thích nghi cao, đáp ứng tốt tính mùa vụ và nhu cầu nhân sinh khối. Bên cạnh đó, cần đầu tư nâng cao kỹ thuật công nghệ nghiên cứu và sản xuất, phát triển các kỹ thuật cao, các mô hình nuôi tự động hóa, khắc phục các hạn chế, nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm thiểu chi phí và giá thành đầu tư. Phát triển các kỹ thuật nuôi tảo dị dưỡng, tạp dưỡng bằng hệ thống lên men kết hợp nguồn năng lượng ánh sáng và cơ chất hữu cơ nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất sinh khối, đáp ứng nhu cầu cung ứng nguyên liệu đầu vào cho nuôi trồng thủy sản và nhiều ứng dụng khác từ vi tảo. Nâng cao hiệu quả kinh tế, giảm giá thành, rút ngắn thời gian sản xuất và góp phần thúc đẩy sự phát triển nuôi trồng thủy sản trong nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Acarli, S. & Aynurluk, 2011. Comparison of *Isochrysis galbana* and *Chlorella* sp. microalgae on growth and survival rate of European flat oyster

(*Ostrea edulis*, Linnaeus 1758) larvae, Indian Journal of Geo-Marine Science, 40 (1), 55-58.

2. Becker, W., 2013. Microalgae in human and animal nutrition, in: Handbook of Microalgal Culture, Richmond, A. (Ed.), Blackwell Publishing, Oxford, 312-351.

3. Bengtson, D. A., 2003. Status of Marine Aquaculture in Relation to Live Prey: Past, Present and Future. In Live feeds in marine aquaculture. Støttrup, J. G. & McEvoy, L. A. (eds.), Blackwell science Ltd, Oxford, 1-16.

4. Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K. & Dunstan, G. A., 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture, Aqua, 151, 315-331.

5. Chen H., Cheng Y, Tian J., Yang P, Zhang X., Chen Y., Yiqiao Hu & Jinhui Wu, 2020. Dissolved oxygen from microalgae-gel patch promotes chronic wound healing in diabetes, Science Advances, 6(20), eaba4311.

6. Chu Chí Thiết & Martin S. Kumar, 2008. *Tài liệu về kỹ thuật sản xuất giống ngao Bến Tre (Meretrix lyrata Sowerby, 1851), Dự án 027/05VIE: Phát triển nghề nuôi ngao nhằm cải thiện và đa dạng hóa sinh kế cho cộng đồng ngư dân nghèo ven biển miền Trung Việt Nam.*

7. Cinar S. O., Chong Z. K., Kucuker M. A., Wiczorek N., Cengiz U., Kuchta K., 2020. Bioplastic production from microalgae: A review, J. Environment Research and Public Health, 17 (11) 3842.

8. Conceição, L. E. C., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S. & Dinis, M. T., 2010. Live feeds for early stages of fish rearing, Aqua. Res., 41, 613-640.

9. Coutteau, P., 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture: Microalgae, FAO, Belgium, 9-44.

10. Đặng Diễm Hồng, 2011. *Nghiên cứu xây dựng tập đoàn giống vi tảo biển quang tự dưỡng, dị dưỡng của Việt Nam và nuôi sinh khối một số loài tảo dị dưỡng làm thức ăn trong nuôi trồng thủy sản.* Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước, thuộc Đề án phát triển Công nghệ Sinh học trong Thủy sản, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 327.

11. Đặng Tố Vân Cẩm và Võ Minh Sơn, 2016. Sử dụng tảo *Isochrysis galbana* cô đặc làm thức ăn cho ấu trùng nghêu *Meretrix lyrata*. *Tạp chí Nghề cá sông Cửu Long*, số 5 (6/2016), 29-37.

12. de Morais, M. G., da Silva Vaz, B., Etiele Greque, de M., Vieira Costa, J. A., 2015. Review article biologically active metabolites synthesized by microalgae, *Biomed Res. Int.*, 835761.
13. De-Bashan J. P., Hernandez Y., Bashan, 2007. Microalgae growth-promoting bacteria as “helpers” for microalgae: A novel approach for removing ammonium and phosphorus from municipal wastewater, In: First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization, E Valezquez & C. Rodriguez-Barrueco (Ed), Springer, 185-192.
14. Detrell G., Helisch H., Keppler J., Martin j., Henn N., 2020. Microalgae for combined air revitalization and biomass production for space applications. In book: From Biofiltration to promising option in Gaseous fluxes biotreatment: Recent developments, New trend, Advances and Opportunities, 419-445.
15. Dương Đức Tiến, 2006. *Phân loại, phân lập, bảo quản một số vi tảo biển (Marine microalgae) và qui trình sản xuất phục vụ cho nuôi trồng thủy sản*, Đề tài nghiên cứu khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam.
16. Faulk, C. K., Holt, G. J., 2005. Advances in rearing cobia *Rachycentron canadum* larvae in recirculating aquaculture systems: Live prey enrichment and greenwater culture, *Aquaculture*, 249, 231-243.
17. Khan, M. I., Shin, J. H., Kim, J. D., 2018. The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products, *Microb. Cell Fact*, 17, 1-21.
18. Liao, I., Su, H. S. and Lin, J. H., 1993. Larval foods for penaeid prawns. In: CRC Handbook of mariculture. Volume 1. Crustacean Aquaculture, 2nd Edition. McVey J. P. (Ed.), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA, 29-59.
19. Lindblad, P., Fuente, D., Borbe, F. *et al.* (36 more authors), 2019. CyanoFactory, a European consortium to develop technologies needed to advance cyanobacteria as chassis for production of chemicals and fuels. *Algal Research*, 41. 101510.
20. Ngô Thị Hoài Thu, Hoàng Thị Lan, Đặng Diễm Hồng, 2010. Đánh giá hiệu quả sử dụng sinh khối vi tảo biển dị dưỡng *Schizochytrium mangrovei* PQ6 làm thức ăn cho tu hài (*Lutreria rhynchaena* Jonas, 1844). *Tạp chí sinh học*, 32 (2), 83-88.
21. Nguyễn Đức Bách, Nguyễn Phan Khuê, Phí Thị Cẩm Miên, Kim Tuấn Anh, Nguyễn Thị Hiền, 2020. Nghiên cứu ảnh hưởng của đèn LED đến sinh trưởng, hàm lượng sắc tố và khả năng thích ứng của một số chủng tảo xoắn trong mùa đông ở miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 18 (8), 637-648.
22. Nguyễn Thanh Mai, Trịnh Hoàng Khải, Đào Văn Trí, Nguyễn Văn Hùng, 2009. Nghiên cứu phân lập, nuôi cấy *in vitro* tảo silic nước mặn *C. calcitrans* Paulsen, 1905 và ứng dụng sinh khối tảo làm thức ăn cho tôm he chân trắng (*Penaeus vannamei*). *Tạp chí Phát triển Khoa học Công nghệ*, 12 (13), 28 - 36.
23. Nguyễn Thị Hằng, Lại Văn Hùng, 2015. Ảnh hưởng của thức ăn và mật độ lên sinh trưởng và tỉ lệ sống của ấu trùng nghêu *Meretrix lyrata* (Sowerby, 1851) tại Thái Bình, *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 4/2015, 114-119.
24. Nguyễn Thị Hương, 2011. *Thu thập và nhân giống các loài vi tảo làm thức ăn phục vụ cho các đối tượng thủy sản*. Báo cáo tổng kết đề tài, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 143 trang.
25. Nguyễn Văn Nguyên, 2016. Nghiên cứu công nghệ sản xuất thực phẩm chức năng từ tảo *Nannochloropsis oculata*. Báo cáo tổng kết đề tài, Bộ Khoa học và Công nghệ, 177 trang.
26. Phạm Đức Thuận, Ngô Thị Hoài Thu, Đặng Diễm Hồng, 2015. Nuôi trồng vi tảo biển *Nannochloropsis oculata* trong hệ thống nuôi kín dạng ống. *Tạp chí Công nghệ Sinh học* 13 (2A), 545-549.
27. Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A., 2006. Commercial applications of microalgae, *J. Biosci. Bioeng*, 101, 87-96.
28. Sprung, M., 1984. Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). I. Shell growth and biomass, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 17, 283-293.
29. Tôn Nữ Mỹ Nga, Phùng Bảy, Lê Thị Út Năm, 2010. Ảnh hưởng của mật độ nuôi đến sinh trưởng và tỷ lệ sống của ấu trùng Bò Đào Nha (*Crassostrea angulata* Lamarck, 1819). *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 3, 50-57.
30. Tran H. D., Thanh-Tri Do. Tuan-Loc Le, Minh-Ly Tran Nguyen, Cong-Hoat Pham, Melkonian M., 2019. Cultivation of *Haematococcus pluvialis* for astaxanthin production on angled bench-scale and large-scale biofilm-based photobioreactors. *Life Science/ Biotechnology*, 61(3), 61-70.

31. Underwood A. J., 1984. Microalgal food and the growth of the intertidal gastropods *Nerita atramentosa* (Reeve) and *Bembicium nanum* (Lamarck) at four heights on shore, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 79(3), 2, 277-291.
32. Velayudhan T. S., Menon N. R. and Pillai V. K., 2011. Induced maturation of the Indian pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould) at Tuticorin, Tamil Nadu, India, Indian J. Fish, 58(2), 23-27.
33. Waller P., Ryan R., Kaciraa M., Li P., 2012. The algae raceway intergrated design for aptimal temperature management, Biomass and Bioenergy, 46: 702 - 709.

RESEARCH AND APPLICATION OF MICROALGAE IN AQUACULTURE

Le Thanh Tung, Nguyen Thi Kim Dung, Nguyen Van Nguyen

Summary

Microalgae are microscopic organisms with extremely diverse species, size, distribution and biological characteristics. Due to various advantages of biomass productivity as well as nutritional content, microalgae are currently being widely applied in human life. Many algae culture systems have been studied and tested on both experimental and industrial scales, providing an abundant source of biomass, which is used as a raw material for many commercial products. Microalgae play an important role in aquaculture as feed for larvae of early stage along with indirectly as food for zooplankton. In Vietnam, microalgal technologies are developed in many fields that carry out many practical values. The microalgal application as feed in aquaculture has been applied for many subjects, contributing to improving productivity and efficiency of farming. Marine microalgae are widely used in various fields of life both in photoautotrophs and heterotrophs. In particular, production systems are ranging from simple tanks to high-performance culture of photobioreactors or fermentation. They are a common system for breeding of aquatic production, especially with the high bioactive compound species. In this review, we are going to give an overview of the biological characteristics, culture methods and typical applications of microalgae as aquaculture feeds.

Keywords: *Application, aquaculture, microalgae.*

Người phản biện: TS. Phạm Anh Tuấn

Ngày nhận bài: 20/9/2021

Ngày thông qua phản biện: 20/10/2021

Ngày duyệt đăng: 27/10/2021