

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ TỚI QUÁ TRÌNH CHIẾT LIPID TRONG TẢO *SCENEDESMUS* SP. BẰNG PHƯƠNG PHÁP SIÊU ÂM

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF FACTORS ON THE LIPID EXTRACTION PROCESS
IN *SCENEDESMUS* SP. USING ULTRASOUND

Phạm Thị Thanh Yên^{1,*},
Phạm Thị Mai Hương¹, Nguyễn Như Vũ²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.177>

TÓM TẮT

Nghiên cứu tìm ra quy trình chiết tách lipid trong tảo *Scenedesmus* sp. có vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy nền kinh tế sản xuất nhiên liệu sinh học từ lipid của vi tảo. Vì vậy, nghiên cứu đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ, thời gian và lượng dung môi tới khả năng thu hồi lipid trong tảo *Scenedesmus* sp. Kết quả chiết lipid trong tảo *Scenedesmus* sp. ở nhiệt độ từ 50 - 80°C nằm trong khoảng 7,65 - 23,15% trong đó nhiệt độ 65°C cho kết quả chiết cao nhất. Thời gian siêu âm phù hợp là 10 phút, lượng dung môi hexane chiết 20mL.

Từ khóa: *Scenedesmus* sp., siêu âm, hiệu quả chiết lipid.

ABSTRACT

The study of the process of lipid extraction in *Scenedesmus* sp. algae play a significant role in boosting the economics of biofuel production based on microalgal lipid. Therefore, the study investigated the effects of temperature, time and solvent amount to recover lipids in *Scenedesmus* sp. algae. The results of lipid extraction in *Scenedesmus* sp. algae at temperatures from 50 - 80°C ranged from 7.65 - 23.15%, in which the temperature of 65°C gave the highest extraction results. The appropriate sonication time is 10 minutes, with a hexane solvent volume of 20mL.

Keywords: *Scenedesmus* sp., ultrasound, lipid extraction efficiency.

¹Khoa Công nghệ hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Sinh viên Khoa Công nghệ hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: yenptt@hauai.edu.vn

Ngày nhận bài: 28/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Các nghiên cứu cho thấy sử dụng nhiên liệu hóa thạch sẽ làm suy giảm nguồn tài nguyên, gây ô nhiễm môi

trường khí quyển và biến đổi khí hậu. Thêm nữa cuộc khủng hoảng năng lượng toàn cầu năm 2022 đã gây ra tình trạng thiếu hụt nguồn cung nghiêm trọng trên khắp thế giới, làm cho giá nhiên liệu tăng cao, ảnh hưởng mạnh tới nền kinh tế thế giới. Việc giải quyết các vấn đề về biến đổi khí hậu, loại bỏ dần việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch đã thúc đẩy con người tìm kiếm các nguồn năng lượng sạch và bền vững. Trong số các nguồn năng lượng thay thế nhiên liệu hóa thạch như năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng hạt nhân, ... thì năng lượng sinh học đang là xu thế phát triển tất yếu. Hạt đậu nành, hạt cải và các loại cây có dầu khác có thể làm nhiên liệu sinh học, tuy nhiên, các loại cây này có cường độ năng lượng thấp trên một hecta do diện tích đất sử dụng lớn nên nhiên liệu sinh học từ các loại cây có dầu khó có thể cạnh tranh với nhiên liệu hóa thạch [1].

Hiện nay, vi tảo được coi là nguồn liệu sinh học thế hệ thứ ba tiềm năng để sản xuất dầu diesel. So với các loại cây lấy dầu khác, việc sử dụng vi tảo sẽ không phải là mối đe dọa trực tiếp đến nguồn cung cấp thực phẩm do nhu cầu không gian canh tác thấp và có năng suất dầu diesel sinh học cao hơn 300 lần so với cây trồng năng lượng truyền thống trên cùng một diện tích nuôi trồng, trong điều kiện thích hợp lượng lipid tích tụ trong tảo có thể lên đến 70% [1, 3, 4]. Các nghiên cứu cho thấy vi tảo bắt đầu tích tụ lipid khi một số chất dinh dưỡng cạn kiệt, hàm lượng lipid dao động từ 20 đến 50% trọng lượng sinh khối khô [5, 6]. Ngoài ra chúng có thể tích tụ lượng lớn carbohydrate là chất nền chính sản xuất cồn sinh học, không chứa lignin nên thuận lợi cho quá trình tiền xử lý, một số vi tảo chứa glycogen có thể tạo ra hydrogen sinh học và tạo ra khí methane khi tiến hành lên men. Các acid

béo mà vi tảo sản sinh có thể được chiết xuất và chuyển đổi thành nhiên liệu sinh học dạng lỏng và dạng khí như biodiesel, bioethanol, biohydrogen và biogas, đây là nhiên liệu tái tạo, phân hủy sinh học, không độc hại và thân thiện với môi trường [4].

Dầu diesel sinh học có thể giảm 78% lượng khí thải carbon dioxide khi đốt, giảm 98% lượng khí thải lưu huỳnh và giảm 50% lượng bụi [7]. Trong vài năm gần đây Brazil và Hoa Kỳ là những quốc gia tiên phong đầu tiên trong sản xuất nhiên liệu sinh học từ vi tảo chiếm tới 80% tổng sản lượng toàn thế giới, sản lượng đã tăng từ 1 lên 39 tỷ lít [3]. Tảo *Scenedesmus* là tảo xanh nước ngọt đơn bào, kích thước lớn (15 x 5µm), thường xuất hiện với bộ 4 - 16 tế bào kết nối mặc dù các tế bào cũng có thể xuất hiện đơn lẻ với hình bầu dục. Sự thay đổi của các điều kiện môi trường như ánh sáng, nhiệt độ, thành phần hóa học sẽ ảnh hưởng đến hình thái, khả năng tích tụ lipid trong tảo. Chúng sinh sản chủ yếu bằng hình thức vô tính, ở điều kiện sống tối ưu tốc độ tăng trưởng của tảo trong khoảng 0,04/h - 0,12/h và đây cũng là dòng vi tảo chịu được môi trường sống khắc nghiệt. Các nghiên cứu chỉ ra rằng *Scenedesmus* sp. là loài tảo tiềm năng để sản xuất lipid và sản lượng phụ thuộc vào điều kiện nuôi như việc bổ sung CO₂, điều kiện dinh dưỡng và nhiệt độ [4, 6].

Phương pháp thường được sử dụng để chiết lipid từ chất nền sinh học là phương pháp của Bligh và Dyer dựa trên sự kết hợp các dung môi cloroform, metanol và nước [8]. Phương pháp này đã chứng minh là hiệu quả đối với phần lớn các quá trình chiết xuất lipid từ vi tảo nên được coi là phương pháp trọng tài để làm cơ sở đối sánh với các phương pháp chiết dung môi khác. Điểm hạn chế của phương pháp Bligh và Dyer là tiêu tốn một lượng lớn dung môi, cloroform là dung môi có tính độc và giá thành cao vì vậy một số nghiên cứu đã thay thế cloroform bằng các dung môi khác như sử dụng hexan và CO₂ siêu tới hạn [8, 9]. Hexan là dung môi ít độc hơn cloroform, có tính chọn lọc cao hơn đối với các thành phần lipid trung tính có thể chuyển đổi thành biodiesel bằng công nghệ hiện có, thân thiện với môi trường nhưng hiệu quả chiết kém hơn so với phương pháp Bligh và Dyer [8]. Vì vậy, việc tìm các điều kiện chiết tách lipid bằng dung môi hexan có ý nghĩa rất lớn.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Xử lý nước rỉ rác

Nước rỉ rác được lấy tại bãi chôn lấp Lương Sơn - Hòa Bình vào tháng 9 năm 2024, được tiến hành keo tụ bằng vôi nồng độ 12g/L, sau đó xử lý bằng Fenton với tỷ lệ H₂O₂/Fe²⁺ là 2:1, nồng độ H₂O₂ 150mg/L. Nước sau xử lý sẽ được điều chỉnh pH lên 7,5 - 8 trước khi tiến hành nuôi tảo.

2.2. Chuẩn bị vi tảo *Scenedesmus* sp.

Tảo *Scenedesmus* sp. được nuôi cấy trong môi trường nước rỉ rác đã được xử lý qua vôi và Fenton, để ở ngoài trời có mái che, nhiệt độ môi trường nuôi dao động từ 18 - 25°C, sục khí liên tục. Sau 15 ngày nuôi, tảo sẽ được thu hoạch để chiết tách lipid hoặc sấy khô đến khối lượng không đổi để thực hiện các nghiên cứu khác.

2.3. Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố tới quá trình chiết lipid trong tảo

Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ tới quá trình chiết lipid: Hút 40mL dịch nuôi chứa sinh khối tảo sau 15 ngày nuôi (khoảng 15 mg sinh khối tảo) vào các ống Falcon, ly tâm ở tốc độ 5000 vòng/phút trong 10 phút, loại bỏ lớp nước ở phía trên. Một ống đem đi sấy khô ở nhiệt độ 50°C đến khối lượng không đổi, các ống còn lại tiến hành chiết tách lipid trong tảo bằng hỗn hợp H₂SO₄/CH₃OH (5%, v/v) ở nhiệt độ từ 50 đến 80°C trong bể siêu âm. Tách lipid ra khỏi hỗn hợp bằng 20 mL dung môi hexan (mỗi mẫu thực hiện quá trình chiết 2 lần), cô cất chân không loại bỏ phần dung môi, đem sấy ở nhiệt độ 50°C đến khối lượng không đổi. Giá trị thu được thay vào công thức (1) để tính ảnh hưởng của nhiệt độ tới hiệu quả của quá trình chiết lipid trong tảo.

Khảo sát ảnh hưởng của thời gian siêu âm tới quá trình chiết lipid: Tiến hành tương tự như khảo sát nhiệt độ, trong đó nhiệt độ trong bể siêu âm là 65°C, thay đổi thời gian siêu âm từ 3 đến 30 phút, lượng dung môi chiết hexan 20mL. Kết quả thay vào công thức (1) để tính ảnh hưởng của thời gian siêu âm tới hiệu quả thu hồi lipid trong tảo.

Khảo sát thể tích dung môi chiết tới quá trình chiết lipid: Tiến hành tương tự như khảo sát nhiệt độ, trong đó nhiệt độ chiết tách lipid trong tảo bằng hỗn hợp H₂SO₄/CH₃OH ở 65°C, thời gian siêu âm 15 phút, thay đổi lượng dung môi chiết hexan từ 8 - 30mL. Kết quả thay vào công thức (1) để tính ảnh hưởng của lượng dung môi chiết tới hiệu quả thu hồi lipid trong tảo.

Hàm lượng axit béo trong sinh khối vi tảo (%) tính theo công thức:

$$C_{\text{axit béo}} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó: m₁ - Khối lượng lipid (gam); m₀ - Khối lượng tảo (gam).

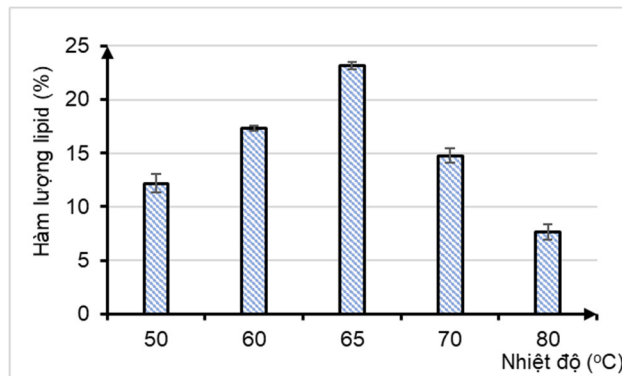
Các thí nghiệm được thực hiện trong bể rửa siêu âm của hãng Elma S300H (Đức), với tần số siêu âm 37kHz, dạng sóng siêu âm hình sin tiêu chuẩn, công suất siêu âm 300W, nhiệt độ tối đa 80°C.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới hiệu quả chiết lipid trong tảo *Scenedesmus* sp.

Vi tảo có thành tế bào phức tạp và chắc chắn được tạo thành từ lipid, cellulose, protein, glycoprotein, polysaccharides và protein vì vậy để chiết tách hiệu quả lipid trong vi tảo cần có quá trình xử lý sơ bộ. Quá trình chiết tách lipid từ tảo bằng phương pháp siêu âm đã được thực hiện bởi nghiên cứu của Ido và cộng sự trên tảo *Scenedesmus obliquus* là 26,63%, nghiên cứu của Gonzalez-Balderas và cộng sự trên tảo *Desmodesmus* sp là 73% [3]. Nghiên cứu của Magdalena Rokicka và cộng sự trên 2 loại vi tảo *Chlorella vulgaris* và *Botryococcus braunii* cho thấy lipid thu được khi tiến xử lý bằng siêu âm cho kết quả thu hồi lipid là 39,61% và 35,28% trong khi không xử lý sơ bộ chỉ thu được hàm lượng lipid là 34,04% và 26,26% [4]. Glacio S. Araujo và cộng sự đã tiến hành phương pháp chiết lipid trong vi tảo theo Bligh và Dyer, Chen và cộng sự, Folch và cộng sự, Hara và Radin (phương pháp lạnh) có cải tiến thêm phần siêu âm và chiết Soxhlet thông thường, kết quả là 52,5%; 10,9%; 16,1%; 2,2% và 1,8% theo thứ tự [10]. Vậy có thể thấy chiết siêu âm thu được hiệu suất lipid cao hơn so với chiết dung môi thông thường và chiết Soxhlet. Do đó nghiên cứu sử dụng sóng siêu âm và nhiệt độ để tăng động học cho quá trình chiết xuất và phân hủy cấu trúc tế bào tảo *Scenedesmus* sp. Kết quả thể hiện trong hình 1 cho thấy nhiệt độ ảnh hưởng mạnh tới hiệu quả chiết lipid trong tảo *Scenedesmus* sp. bằng phương pháp siêu âm, nhiệt độ từ 50 - 80°C hàm lượng lipid thu được dao động từ 7,65 đến 23,15% theo khối lượng tảo khô. Có thể thấy khi nhiệt độ tăng từ 50 đến 65°C hiệu quả chiết xuất lipid tăng lên, điều này là do sự gia tăng chuyển khối lipid khi nhiệt độ tăng. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước đây, các nghiên cứu đều khẳng định nhiệt độ chiết xuất ảnh hưởng đến hiệu quả tách lipid nội bào và các axit béo không bão hòa. Ở nhiệt độ 65°C cho kết quả thu hồi lipid là cao nhất 23,15%, nhiệt độ này thấp hơn với nghiên cứu của Đặng Diễm Hồng và cộng sự [12] thực hiện theo phương pháp chiết Bligh và Dyer với dung môi là hexan nhiệt độ tối ưu là 70 - 75°C, nghiên cứu của Hee-Yong Shin và cộng sự [8] sử dụng phương pháp chiết Soxhlet bằng dung môi hexane nhiệt độ 80°C. Sự khác biệt này có thể là do chuyển động dao động của sóng siêu âm trong môi trường lỏng đã gây ra sự nén và loãng cục bộ dẫn đến sự hình thành các bong bóng khí trên bề mặt tế bào và sóng xung kích lan truyền trong môi trường gây ra sự phá vỡ thành tế bào bằng lực cắt lớn và giải phóng lipid. Thêm

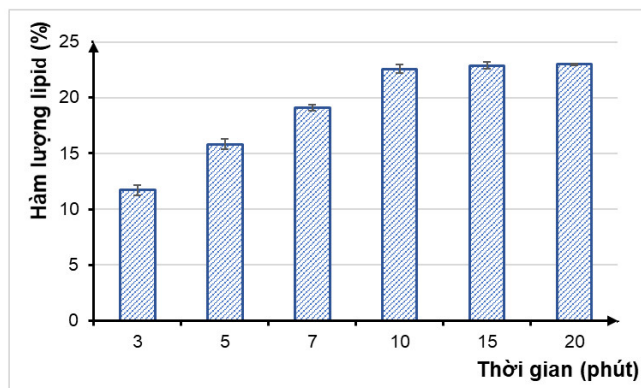
nữa quá trình siêu âm cũng làm tăng sự tiếp xúc giữa dung dịch chiết với lipid nên nhiệt độ của quá trình chiết giảm xuống [1, 3, 4, 13].



Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới hiệu quả chiết lipid trong tảo

Kết quả cho thấy khi nhiệt độ vượt quá 65°C hàm lượng lipid chiết được trong tảo giảm xuống, nhiệt độ 80°C lượng lipid chiết được trong tảo thấp nhất còn 7,65%, đó do nhiệt độ cao đã gây ra sự phân hủy và oxy hóa các lipid đặc biệt là các axit béo không no dẫn đến sự suy giảm chất lượng và số lượng lipid thu hồi được. Nhiệt độ cao cũng biến tính các hợp chất khác trong tế bào tảo, như protein và carbohydrate, các hợp chất biến tính có thể tương tác với lipid, làm giảm khả năng chiết xuất và độ tinh khiết của lipid [1, 4].

3.2. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến quá trình chiết lipid



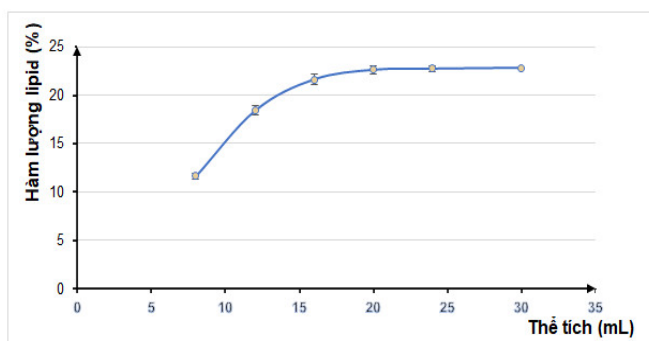
Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến hiệu quả chiết lipid trong tảo

Thời gian siêu âm là một trong những yếu tố ảnh hưởng mạnh tới quá trình chiết lipid trong tảo, thời gian siêu âm lâu sẽ giúp phá vỡ cấu tạo tế bào nhiều hơn do đó hiệu suất thu hồi lipid sẽ tăng lên nhưng nếu quá lâu sẽ làm nhiệt độ của dịch chiết tăng lên do đó lipid sẽ bị oxy hóa phân hủy lipid, dịch chiết có thể chứa các thành phần tế bào khác như DNA hoặc diệp lục, tiêu tốn năng lượng và thời gian. Kết quả ảnh hưởng của thời gian

siêu âm tới hiệu quả chiết thể hiện trong hình 2 cho thấy thời gian siêu âm tăng thì hiệu quả chiết tăng theo đạt giá trị từ 11,70 - 22,98% và từ phút thứ 10 trở đi thì hiệu quả tăng không đáng kể. Kết quả nghiên cứu của Võ Phan Tuấn Vũ và cộng sự đối với tảo *Sargassum oligocystum* cũng cho thấy hiệu quả chiết lipid đạt giá trị cao nhất ở $46,88 \pm 1,03\%$ trong thời gian siêu âm 20 phút [11].

3.3. Ảnh hưởng của lượng dung môi tới quá trình chiết lipid trong tảo

Hạn chế của phương pháp chiết lipid bằng dung môi hữu cơ là sử dụng một lượng lớn dung môi hữu cơ độc hại, tốc độ chiết chậm và tốn nhiều năng lượng để loại bỏ dung môi. Vì vậy nghiên cứu đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của lượng dung môi tới quá trình chiết tách lipid trong tảo *Scenedesmus* sp. Kết quả thể hiện trong hình 3 cho thấy lượng dung môi cho vào càng lớn hiệu quả lipid thu được càng cao dao động từ 11,65 - 22,11%. Đó là do khi lượng dung môi tăng lên thì diện tích tiếp xúc giữa tảo và dung môi càng lớn, dẫn đến độ hòa tan của các thành phần trong tảo vào dung môi càng lớn. Bắt đầu từ lượng dung môi sau 2 lần chiết lớn hơn 20mL thì hiệu quả chiết thay đổi không đáng kể, với thể tích chiết 20 đến 30mL hiệu quả chiết tăng từ 22,60 lên 22,81%. Có thể thấy lượng dung môi cho vào chiết lớn hơn 20mL là bắt đầu gần đạt mức cân bằng phân chia, nên quá trình truyền lipid từ tế bào vào dung môi hữu cơ là không đáng kể, nghĩa là quá trình đã gần đạt cân bằng nhiệt động [1]. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Võ Phan Tuấn Vũ và cộng sự trên tảo *Sargassum oligocystum*, khi lượng dung môi tăng thì hiệu quả tăng và ở tỷ lệ tảo/dung môi là 1/15 và 1/20 w/v thì hiệu quả thu hồi lipid chênh lệch nhau không nhiều [11]. Quy tắc này cũng được Rodrigues D. và cộng sự nghiên cứu trên tảo *Sargassum muticum* chứng minh [5].



Hình 3. Ảnh hưởng của lượng dung môi đến hiệu quả chiết lipid trong tảo

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy việc xử lý sơ bộ tảo bằng siêu âm sẽ giúp phá vỡ màng tế bào tảo dễ dàng hơn, do đó giảm

hiệu suất chiết và tăng hiệu quả chiết lipid. Nhiệt độ, dung môi và thời gian siêu âm ảnh hưởng mạnh tới hiệu quả chiết lipid trong tảo *Scenedesmus* sp. Ở nhiệt độ 65°C cho hiệu quả chiết lipid cao nhất, nếu tiếp tục tăng nhiệt độ thì hiệu quả chiết giảm đi nhanh chóng. Lượng dung môi chiết và thời gian siêu âm tăng sẽ làm tăng khả năng hòa tan lipid vào trong tảo và đạt giá trị cân bằng ở 20ml và 10 phút. Vậy có thể thấy việc sử dụng siêu âm kết hợp với dung môi để chiết lipid trong tảo *Scenedesmus* sp. đã mang lại hiệu quả kinh tế và giúp bảo vệ môi trường hơn so với phương pháp chiết không qua xử lý sơ bộ và chiết Soxhlet, đây sẽ là cơ sở để hướng tới sản xuất nhiên liệu sinh học từ lipid của vi tảo.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài cấp trường mã số 35-2023-RD/HĐ-ĐHCN. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội đã hỗ trợ kinh phí thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ronald Halim, Michael K. Danquah, Paul A. Webley, "Extraction of oil from microalgae for biodiesel production: A review," *Biotechnology Advances*, 30, 709-732, 2012.
- [2]. Yusuf Chisti, "Biodiesel from microalgae," *Biotechnology Advances*, 25 (3), 294-306, 2007.
- [3]. Kuan Shiong Khoo, Imran Ahmad, Kit Wayne Chew, Koji Iwamoto, Amit Bhatnaga, Pau Loke Show, "Enhanced microalgal lipid production for biofuel using different strategies including genetic modification of microalgae: A review," *Progress in Energy and Combustion Science*, 96, 2023. doi.org/10.1016/j.pecs.2023.101071.
- [4]. Magdalena Rokicka, Marcin Zieliński, Magda Dudek, Marcin Dębowski, "Effects of Ultrasonic and Microwave Pretreatment on Lipid Extraction of Microalgae and Methane Production from the Residual Extracted Biomass," *BioEnergy Research*, 14 (3), 2020. doi.org/10.1007/s12155-020-10202-y.
- [5]. Rodrigues D., Sousa S., Silva A., Amorim M., Pereira L., Rocha-Santos T. A., Gomes A. M., Duarte A. C., Freitas A. C., "Impact of enzyme- and ultrasound-assisted extraction methods on biological properties of red, brown, and green seaweeds from the central west coast of Portugal," *Journal of agricultural and food chemistry*, 63 (12), 3177-3188, 2015. https://doi.org/10.1021/jf504220e
- [6]. Junhan Liu, Cheng Yuan, Guangrong Hu, Fuli Li, "Effects of Light Intensity on the Growth and Lipid Accumulation of Microalga *Scenedesmus* sp. 11-1 Under Nitrogen Limitation," *Appl Biochem Biotechnol*, 166, 2127-2137, 2012.

[7]. Jorge Alberto Vieira Costa, Michele Greque de Morais, "The role of biochemical engineering in the production of biofuels from microalgae," *Bioresource Technology*, 102, 2- 9, 2011.

[8]. Hee-Yong Shin, Jae-Hun Ryu, Seong-Youl Bae, Czarena Crofcheck, Mark Crocker, "Lipid extraction from *Scenedesmus* sp. microalgae for biodiesel production using hot compressed hexane," *Fuel*, 130, 66-69, 2014.

[9]. Sahena F, Zaidul ISM, Jinap S, Karim AA, Abbas KA, Norulaini NAN, et al, "Application of supercritical CO₂ in lipid extraction - a review," *J Food Eng.*, 95, 240–253, 2009.

[10]. Glacio S. Araujo, Leonardo J.B.L. Matos, Jader O. Fernandes, Samuel J.M. Cartaxo, Luciana R.B. Gonçalves, Fabiano A.N. Fernandes, Wladimir R.L. Farias, "Extraction of lipids from microalgae by ultrasound application: Prospection of the optimal extraction method," *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 95–98, 2013.

[11]. Vo Phan Tuan Vu, Tran Thi Yen Nhi, Nguyen Ngoc Thu, Thanh Hoang Phi Yen, Hoang Thi Ngoc Nhon, "Comparision of lipid extraction effectiveness from *sargassum oligocystum* algae by enzyme and ultrasound methods," *Journal of Science Technology and Food*, 23 (2), 150-157, 2023.

[12]. Hoàng Thị Minh Hiền, Lưu Thị Tâm, Lê Thị Thơm, Nguyễn Cẩm Hà, Lương Hồng Hạnh, Hoàng Thị Lan Anh, Ngô Thị Hoài Thu, Đặng Diễm Hồng, "Nghiên cứu quá trình tách chiết lipid tổng số và axit béo tự do cho sản xuất dầu Omega-3 và Omega-6 từ sinh khối vi tảo biển dị dưỡng *Schizochytrium mangrovei* PQ6," *Tạp chí Sinh học*, 35(4), 484-493, 2013.

[13]. Esther Mienis, Dries Vandamme, Imogen Foubert, "Ultrasound assisted extraction of *Nannochloropsis*: effects on lipid extraction efficiency and lipid stability," *Algal Research*, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103520>.

AUTHORS INFORMATION

Pham Thi Thanh Yen¹, Pham Thi Mai Huong¹, Nguyen Nhu Vu²

¹Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam

²Student, Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam