

TÌM HIỂU ỨNG DỤNG TẢO CHLORELLA VULGARIS TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Phan Thị Phạm^{*}, Đoàn Thị Tuyết Lê, Đỗ Minh Anh

Khoa khoa học và Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Lạc Hồng, số 10 Huỳnh Văn Nghệ, Biên Hòa, Đồng Nai, Việt Nam

* Tác giả liên hệ: phampt@lhu.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận: 4/1/2025
Ngày hoàn thiện: 20/1/2025
Ngày chấp nhận: 16/2/2025
Ngày đăng: 15/3/2025

TỪ KHÓA

Tảo *Chorella vulgaris*;
Xử lý nước thải;
Ứng dụng vi tảo.

TÓM TẮT

Tảo *Chlorella vulgaris* được đánh giá có tiềm năng cao trong xử lý nước thải. Tảo *C. vulgaris* có thể làm sạch nước thải bằng cách sử dụng các thành phần ô nhiễm trong nước thải như chất hữu cơ, nitơ, photpho, ... trong nước thải để sinh trưởng, phát triển sinh khối. Cũng chính vì vậy, sinh khối tảo này chứa hàm lượng đáng kể protein, các vitamin, carbohydrat, ... nên được sử dụng làm nguyên liệu cho các quá trình sản xuất thức ăn gia súc, phân bón đến nhiên liệu sinh học. Do đó, sử dụng tảo *C. vulgaris* để xử lý nước thải là hướng nghiên cứu ứng dụng khả thi, vừa có hiệu quả về kỹ thuật trong xử lý nước thải, vừa thân thiện với môi trường và tạo ra sản phẩm mang giá trị kinh tế cao, góp phần phát triển bền vững.

UNDERSTANDING THE APPLICATION OF ALGAE CHLORELLA VULGARIS FOR WASTEWATER TREATMENT

Phan Thi Pham^{*}, Doan Thi Tuyet Le, Do Minh Anh

Department of food science and technology, Lac Hong University, 10 Huynh Van Nghe Street, Bien Hoa city, Vietnam

*Corresponding Author: phampt@lhu.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: Jan 4th, 2025
Revised: Jan 20th, 2025
Accepted: Feb 16th, 2025
Published: Mar 15th, 2025

KEYWORDS

Algae *Chlorella vulgaris*;
Wastewater treatment;
Microalgae application.

ABSTRACT

Algae *Chlorella vulgaris* is assessed to have high potential in wastewater treatment. Algae *C. vulgaris* can clean wastewater by using pollutants in wastewater such as organic matter, nitrogen, phosphorus, etc., for growth and biomass development. As a consequence, algae *C. vulgaris* biomass contains significant amounts of protein, vitamins, carbohydrates, etc. Therefore, it can be used as raw material for processes of livestock feed production, fertilizer and biofuel. This approach not only focuses on achieving technical effectiveness in treating wastewater but also emphasizes environmental friendliness. Additionally, it aims to generate high-value products that contribute to sustainable development.

Doi:

Available online at: <https://js.lhu.edu.vn/index.php/lachong>

1. GIỚI THIỆU

Kinh tế phát triển đã giúp cho đời sống con người ngày càng được cải thiện. Tuy nhiên, đi đôi với sự phát triển này là các vấn đề môi trường phát sinh từ quá trình sản xuất, chế biến, đặc biệt là nước thải. Tại Việt Nam, lượng nước thải phát sinh liên tục tăng trong những năm gần đây [1]. Để xử lý nước thải, tùy vào khối lượng, đặc tính, thành phần, điều kiện kinh tế, yêu cầu chất lượng nước thải sau xử lý, ..., mà sẽ có phương pháp và công nghệ xử lý phù hợp. Hai nhóm phương pháp truyền thống, phổ biến được sử dụng trong xử lý nước thải nói chung và nước thải sản xuất công nghiệp nói riêng là hóa lý và sinh hóa. Nhóm hóa lý dựa vào các tính chất vật lý và hóa học của các thành phần trong nước thải, để đưa ra các giải pháp tương ứng để loại bỏ các thành phần ô nhiễm trong nước thải như tuyển nổi, keo tụ - tạo bông, điện hóa,.... Nhóm sinh hóa dựa vào sinh vật (chủ yếu là vi sinh vật và thực vật) để chuyển thành phần ô nhiễm trong nước thải sang sinh vật như quá trình kỵ khí, hiếu khí hoặc thối rữa thực vật,.... Xét về tổng thể, phương pháp sinh hóa nói chung được xem là thân thiện hơn với môi trường so với hóa lý, do tác nhân loại bỏ chất ô nhiễm là tác nhân sinh học, không phải là các hóa chất hóa học [2]. Thêm vào đó, thời gian gần đây, khi khái niệm, mô hình về kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn được phát triển mạnh thì phương pháp sinh học trong xử lý nước thải cũng được nghiên cứu, cải tiến thêm để phù hợp hơn với hướng phát triển này.

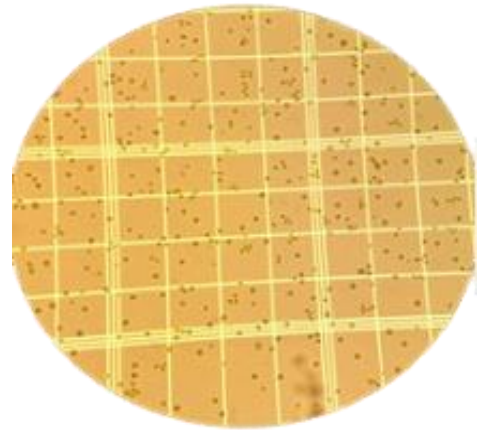
Khái niệm kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn tập trung vào 3 nội dung chính: (1) là nền kinh tế thân thiện với môi trường, giảm chất thải để giảm phát thải khí nhà kính và giảm thiểu biến đổi khí hậu; (2) là nền kinh tế tăng trưởng theo chiều sâu, tăng cường công nghiệp sinh thái, đổi mới công nghệ không chỉ trong quá trình sản xuất mà còn cả trong xử lý chất thải để giảm tiêu thụ tài nguyên, năng lượng, tái chế, tái sử dụng chất thải để tạo ra nguyên liệu cho chuỗi/vòng tuần hoàn sản xuất; (3) là nền kinh tế tăng trưởng bền vững và phát triển công bằng xã hội [3, 4]. Do vậy, trong xử lý chất thải nói chung và nước thải nói riêng, kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn được hiểu là quá trình xử lý mà sử dụng tác nhân sinh học, thân thiện với môi trường để xử lý thành phần ô nhiễm, không tạo ra hoặc ít tạo ra khí thải hoặc chất thải thứ cấp để giảm ô nhiễm môi trường; đồng thời tạo ra những sản phẩm/nguyên liệu có giá trị, có thể ứng dụng vào chính quá trình sản xuất đó hoặc vào quá trình sản xuất khác, từ đó giảm chi phí xử lý cũng như tăng giá trị kinh tế từ các sản phẩm phụ được tạo ra. Với định hướng như vậy, gần đây, nhiều nghiên cứu đã ứng dụng các loại tảo vào xử lý nước thải. Bởi vì ngoài nhu cầu về nitơ và phospho như là chất dinh dưỡng, tảo còn rất cần cacbon điôxit (CO_2 , một trong những khí gây hiệu ứng nhà kính) cho quá trình quang hợp tạo sinh khối [5]. Ngoài ra, một số tảo còn có thể xử lý một số thành phần khác như chất hữu cơ, các kim loại [6-11]. Do đó, ngoài khả năng làm giảm ô nhiễm, tảo còn có thể góp phần đáng kể vào quá trình làm giảm khí hiệu ứng nhà kính trong môi trường, góp phần làm giảm biến đổi khí hậu. Đến hiện tại, tảo *C. vulgaris* được xem là đối tượng khảo sát trong nhiều nghiên cứu về xử lý nước thải do hiệu quả mang lại so với các tảo khác [6-8]. Do đó, các đặc tính của tảo *C. vulgaris*, các quy trình kỹ thuật xử lý cũng như tính khả thi, triển vọng của hướng tiếp cận này trong việc xử lý nước thải tại Việt Nam cũng cần được làm rõ, đánh giá.

2. NỘI DUNG

2.1 Đặc tính tảo *C. vulgaris*

2.1.1 Giới thiệu tảo *C. vulgaris*

Về phân loại, vị trí phân loại tảo *C. vulgaris* thuộc nhóm Eukaryota, giới Protista (sinh vật nguyên sinh), ngành: Chlorophyta (tảo lục), lớp Trebouxiophyceae, bộ Chlorellales, họ Chlorellaceae, chi *Chlorella* và loài *Chlorella vulgaris* [12]. Tảo *C. vulgaris* được một nhà sinh vật học người Hà Lan phát hiện ra vào năm 1890. Kích thước của tảo chỉ bằng tế bào hồng cầu người (hình 1). Hình thái của *C. vulgaris* rất đa dạng: có loại thành nhóm, có loại dạng sợi, có loại dạng màng, có loại dạng ống,...., phần lớn có màu lục như cỏ. Sắc lạp có thể có hình phiến, hình lưới, hình trụ, hình sao,.... Phần lớn tế bào tảo lục có một nhân, một số ít có nhiều nhân. Kích thước tảo từ 2-10 μm [13, 14].



Hình 1. Hình thái tảo *Chlorella vulgaris*.

Chlorella sinh sản với tốc độ vô cùng lớn. Quá trình sinh sản nói chung được chia thành nhiều bước như sinh trưởng - trưởng thành - thành thực - phân chia đơn bào. Tảo có các phương thức sinh sản gồm sinh sản sinh dưỡng: phân cắt tế bào, phân cắt từng đoạn tảo; sinh sản vô tính: hình thành các loại bào tử vô tính, như bào tử tĩnh, bào tử động, bào tử tự thân, bào tử màng dày và sinh sản hữu tính: có đẳng giao, dị giao và noãn giao. *C. vulgaris* là tảo tự dưỡng [15-17].

2.1.2 Thành phần các chất trong tảo *C. vulgaris*

Thành phần hóa học của tế bào *C. vulgaris* tùy thuộc vào tốc độ sử dụng các chất trong môi trường trong quá trình phát triển. Thành phần hóa học chứa trong tảo *C. vulgaris* được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học trong tảo *C. vulgaris* [18-21]

STT	Thành phần	Hàm lượng
1	Protein tổng số	40 – 60%
2	Glucid	25 – 35%
3	Lipid	10 – 28,5%
4	Sterol	0,1- 0,2%
5	Sterin	0,1- 0,5%

STT	Thành phần	Hàm lượng
6	β -Caroten	0,16%
7	Xanthophyll	3,6 – 6,6%
8	Chlorophyll A	2,20%
9	Chlorophyll B	0,58%
10	Tro	10 – 34%
11	Vitamin B ₁	18,0 mg/g
12	C	0,3 – 0,6 mg/g
13	K	6 mg/g
14	B ₆	3,5 mg/100 g
15	B ₁₂	7 - 9 mg/100 g
16	Vitamin niacin	45 mg/100 g

Thành phần các chất trong bảng 1 cho thấy *C. vulgaris* rất giàu cacbonhydrat, protein, vitamin và các khoáng chất. Nhiều trong số các thành phần này cần thiết cho nhu cầu dinh dưỡng của người và động vật [22, 23].

2.1.3 Ứng dụng của tảo *C. vulgaris*

❖ Ứng dụng trong sản xuất hóa dược, mỹ phẩm, thực phẩm

Tảo nói chung và tảo *C. vulgaris* nói riêng chứa rất nhiều thành phần cần thiết cho nhu cầu sinh dưỡng, hỗ trợ chữa bệnh của người và động vật (bảng 1). Do đó, *C. vulgaris* rất thích hợp cho việc sử dụng làm nguyên liệu sản xuất trực tiếp, hoặc tách chiết các chất để ứng dụng vào sản xuất dược phẩm, mỹ phẩm, thực phẩm chức năng hay cả trong thực phẩm chăn nuôi.

Thành phần sterol trong tảo có khả năng giảm nguy cơ mắc bệnh tim mạch vành, phòng ngừa và điều trị được nhiều bệnh liên quan đến tim mạch. Ngoài ra, sterol còn hỗ trợ hoạt động kháng viêm, ức chế và gây chết tế bào ung thư. Cải thiện lipid máu, giảm lượng cholesterol trong máu cũng là các tác dụng của sterol [24, 25].

Thành phần β -Caroten hay xanthophyll, còn được gọi chung là các carotenoids, là các chất cũng rất được quan tâm trong y học. Carotenoids có thể ngăn chặn tế bào ung thư, chống sự hình thành cục máu đông trong thành mạch máu. Sau khi vào cơ thể chuyển thành vitamin A, β -Caroten được chứng minh còn có tác dụng bảo vệ niêm mạc mắt, tăng cường miễn dịch cơ thể [26-29]. Cũng do vậy, carotenoids cũng được sử dụng trong mỹ phẩm giúp chống lại tiến trình lão hóa da, giúp tóc khỏe mạnh.

Thành phần quan trọng nữa trong tảo là niacin hay còn được gọi với tên khác là vitamin B₃. Trong y học, niacin thường được sử dụng để giúp giảm cholesterol, giảm viêm khớp và tăng cường chức năng não. Ngoài ra, vitamin B₃ còn giúp bảo vệ các tế bào da khỏi tác hại của ánh nắng mặt trời, làm sạch mụn, đồng thời giảm mẩn đỏ và viêm nhiễm [26, 27, 30, 31].

❖ Ứng dụng trong sản xuất nhiên liệu sinh học

Bảng 1 cho thấy *C. vulgaris* có thành phần cacbonhydrat (glucid) khá cao, do đó, có tiềm năng cho sản xuất nhiên liệu sinh học. Nhiều chính phủ và các công ty lớn trên thế giới đã đầu tư cho các nỗ lực nghiên cứu nhằm tối ưu hóa công nghệ sản xuất nhiên liệu sinh học từ tảo, giảm xuống tối thiểu chi phí sản xuất, khiến cho công nghệ sản xuất này trở nên khả thi về mặt thương mại. Tảo *C. vulgaris* có thể được dùng để sản xuất nhiều loại nhiên liệu sinh học như ethanol sinh học, diesel sinh học, hydrogen sinh học và các loại nhiên liệu sinh học khác [32-34].

Hiện tại, sản xuất nhiên liệu sinh học từ tảo được xem là nhiên liệu sinh học thế hệ thứ ba. So với thế hệ thứ nhất và thứ hai, nhiên liệu sinh học thế hệ ba ngày càng được quan tâm, nghiên cứu để phát triển do tốc độ tạo sinh khối nhanh, tốn ít hoặc không tốn diện tích đất để sản xuất. Đặc biệt, đây có thể là sản phẩm phụ từ quá trình làm sạch nước thải, làm giảm nồng độ khí nhà kính CO₂ phát sinh mà nguyên nhân chính là từ quá trình đốt nhiên liệu. Và như vậy, giải pháp này cũng được xem là một mắc xích trong kinh tế tuần hoàn, giảm phát thải khí nhà kính từ hoạt động đốt nhiên liệu cho sản xuất, giao thông,

❖ Làm sạch môi trường

Như đã giới thiệu, tảo *C. vulgaris* là sinh vật tự dưỡng. Do đó, *C. vulgaris* tự tổng hợp được các chất cần thiết cho cơ thể thông qua việc sử dụng năng lượng ánh sáng mặt trời, nước và một số thành phần có trong nước như khí cacbonic (CO₂), hợp chất nitơ, hợp chất photpho, kim loại, ... để tổng hợp ra chất hữu cơ cần thiết cho cơ thể và tích lũy năng lượng. Với tốc độ sinh trưởng, phát triển nhanh, tảo *C. vulgaris* có thể làm giảm đáng kể các thành phần ô nhiễm trong nước như chất hữu cơ, nitơ, photpho, kim loại nặng, ... trong thời gian ngắn (4 – 7 ngày). Ngoài ra, *C. vulgaris* còn có thể tiêu diệt các mầm bệnh do khi tảo phát triển mạnh, sẽ có thể lấn áp các vi sinh vật khác [9, 35, 36].

So với các phương pháp xử lý nước thải truyền thống, việc sử dụng tảo để xử lý nước thải có những ích lợi quan trọng như là phương pháp chi phí thấp để loại bỏ các hợp chất photpho cũng như các hợp chất nitơ, kim loại nặng. Ngoài ra, các quy trình xử lý nước thải theo phương pháp truyền thống thường bao gồm hoạt động sục khí tiêu tốn nhiều năng lượng. Thêm vào đó, trong các cơ sở xử lý nước thải truyền thống, bùn hóa lý thường chứa các chất thải rắn có hại mà cuối cùng sẽ được chôn ra bãi rác [2]. Trong khi đó, các cơ sở xử lý nước thải bằng tảo sẽ tạo ra bùn là sinh khối tảo với nhiều thành phần có giá trị như bảng 1, tảo *C. vulgaris* có thể được ứng dụng trong sản xuất hóa dược, mỹ phẩm, thực phẩm, nhiên liệu sinh học như đã đề cập hoặc sản xuất phân bón và nhiều lĩnh vực khác. Công nghệ xử lý bằng tảo hầu như không sử dụng hóa chất và toàn bộ quy trình xử lý khá đơn giản nên có tính ứng dụng cao.

2.2 Triển vọng ứng dụng tảo *C. vulgaris* trong xử lý nước thải tại Việt Nam

Do khả năng hấp thụ, chuyển hóa các thành phần ô nhiễm trong nước để làm sạch nước, tại Việt Nam, *C. vulgaris* cũng đã được nghiên cứu để xử lý nước thải của nhiều ngành sản xuất. Nội dung của một số nghiên cứu được tóm tắt như bảng 2.

Bảng 2. Một số nghiên cứu về xử lý nước thải bằng tảo *C. vulgaris*

TT	Nghiên cứu	Loại nước thải	Kỹ thuật nuôi	Hiệu quả xử lý (%)
1	Khả năng xử lý nước thải từ hầm biogas của vi tảo <i>Chlorella vulgaris</i> trong định hướng sản xuất nhiên liệu sinh học (2014) [37]	Nước thải chăn nuôi sau xử lý kỵ khí	Lơ lửng trong ống đứng; sục khí CO ₂ 10 ml/ph và ánh sáng 13000 lux.	Nitơ: 80,9 Phospho: 58,7.
2	Đánh giá ảnh hưởng của pH ban đầu đến đến khả năng sinh trưởng và xử lý các hợp chất nitơ trong nước thải sinh hoạt của vi tảo <i>Chlorella vulgaris</i> NCK (2020) [28]	Nước thải sinh hoạt sau tự hoại	Lơ lửng; sục không khí 1,2 L/ph và ánh sáng 5000 lux; pH _{đầu} = 7.	N-NH ₄ ⁺ : 54
3	Ứng dụng công nghệ vi tảo loại bỏ đạm và lân trong nước thải ao nuôi tôm (2022) [38]	Nước thải ao nuôi tôm	Bám dính màng lọc.	N-NO ₂ ⁻ : 56 N-NO ₃ ⁻ : 76 N-NH ₄ ⁺ : 65 P-PO ₄ ³⁻ : 78
4	Nâng cao hiệu quả xử lý ammonia nitrogen trong nước thải thông qua thí nghiệm trong phòng với dòng tái sử dụng (2022) [39]	Nước thải sinh hoạt tự hoại	Lơ lửng có vách ngăn, có dòng tuần hoàn; ánh sáng 8000 lux	N-NH ₄ ⁺ > 65
5	Nghiên cứu xử lý nước thải dây chuyền sản xuất nitromas bằng hệ quang fenton kết hợp vi tảo <i>Chlorella vulgaris</i> (2023) [40]	Nước thải sau xử lý quang fenton (AOPs) của dây chuyền sản xuất Nitromas	Lơ lửng	N-NO ₃ ⁻ : 41
6	Influence of hydrodynamic shear stress on activated algae granulation process for wastewater treatment (2023) [41]	Nước thải nhân tạo với tỷ lệ C:N:P = 100:10:1	Hạt tảo hoạt tính lơ lửng	COD > 88 N-NH ₄ ⁺ : 78

Các nghiên cứu được trình bày trong bảng 2 cho thấy tảo *C. vulgaris* có khả năng xử lý các chất hữu cơ, nitơ rất hiệu quả cho nhiều loại nước thải khác nhau. Kết hợp với sự phát triển của công nghệ xử lý nước thải hiện nay, công nghệ màng, công nghệ hạt cũng được nghiên cứu, áp dụng cho tảo *C. vulgaris* để nâng cao hiệu quả xử lý nước thải cũng như tạo thuận lợi cho quá trình thu sinh khối tảo cho các mục đích sản xuất khác [38, 41]. Tuy nhiên, bảng 2 cũng như thực tế tại Việt Nam hiện nay cho thấy, các nghiên cứu về xử lý nitơ, phốt pho trong nước thải sản xuất công nghiệp cũng như xử lý kim loại bằng *C. vulgaris* còn rất hạn chế. Do đó, đây cũng là hướng nghiên cứu cần khắc phục và có tiềm năng phát triển tại Việt Nam. Tùy vào chất lượng nguồn tảo thu được mà sẽ được phân loại và có hướng ứng dụng phù hợp để phát triển hơn nữa sự kết hợp của tảo *C. vulgaris* và xử lý nước thải.

3. KẾT LUẬN

Tảo *C. vulgaris* sử dụng các thành phần ô nhiễm trong các loại nước thải để tổng hợp thành các chất cần thiết cho sinh trưởng, phát triển và tăng sinh khối. Do đó, *C. vulgaris* có triển vọng trong ứng dụng xử lý nước thải. Để nâng cao hiệu quả xử lý nước thải cũng như việc thu hồi sinh khối tảo một cách hiệu quả, giúp việc ứng dụng tảo *C. vulgaris* trong xử lý nước thải mang nhiều ý nghĩa và có giá trị kinh tế hơn, cần nghiên cứu, áp dụng kết hợp với các công nghệ tiên tiến, hiện đại trong xử lý nước thải.

4. LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn trường Đại học Lạc Hồng đã hỗ trợ về cơ sở vật chất và kinh phí để nhóm tác giả hoàn thành sản phẩm khoa học này.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Đình Hòa, *An ninh nguồn nước của Việt Nam trước những thách thức về sử dụng nước và tác động của biến đổi khí hậu*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Việt Nam, **2021**, **3**: p. 21-24.
- [2] Phan Thị Phẩm, *Công nghệ tái chế chất thải*. Nhà xuất bản Đại học quốc gia TP. HCM, **2020**.
- [3] Corvellec, H., A.F. Stowell, and N. Johansson, *Critiques of the circular economy*. Journal of industrial ecology, **2022**, **26**(2): p. 421-432.
DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13187>.
- [4] Hồ Hậu Quế, *Phát triển kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam: những bước đi ban đầu và giải pháp*. Tạp chí kinh tế và phát triển, **2022**(304): p. 39-47.
- [5] Dineshkumar, R., et al., *Cultivation and chemical composition of microalgae Chlorella vulgaris and its antibacterial activity against human pathogens*. J Aquac Mar Biol, **2017**, **5**(3): p. 00119.
DOI: <https://doi.org/10.15406/jamb.2017.05.00119>.
- [6] Almomani, F.A. and B. Örmeci, *Performance of Chlorella vulgaris, Neochloris oleoabundans, and mixed indigenous microalgae for treatment of primary effluent, secondary effluent and centrate*. J Ecological Engineering, **2016**, **95**: p. 280-289.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.038>.
- [7] Khalaji, M., et al., *Treatment of dairy wastewater by microalgae Chlorella vulgaris for biofuels production*. J Biomass Conversion Biorefinery, **2021**: p. 1-7.
- [8] Manzoor, F., A. Karbassi, and A. Golzary, *Removal of heavy metal contaminants from wastewater by using Chlorella vulgaris*

- Beijerinck: A review. *J Current Environmental Management*, **2019**. **6**(3): p. 174-187.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/2212717806666190716160536>.
- [9] Bhatt, P., et al., *Algae in wastewater treatment, mechanism, and application of biomass for production of value-added product*. *J Environmental Pollution*, **2022**. **309**: p. 119688.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119688>.
- [10] Mohsenpour, S.F., et al., *Integrating micro-algae into wastewater treatment: A review*. *J Science of the Total Environment*, **2021**. **752**: p. 142168.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142168>.
- [11] Nguyen, L.N., et al., *Nutrient removal by algae-based wastewater treatment*. *J Current Pollution Reports*, **2022**. **8**(4): p. 369-383.
- [12] Heimann, K. and R. Huerlimann, *Microalgal classification: major classes and genera of commercial microalgal species*, in *Handbook of marine microalgae*. **2015**, Elsevier. p. 25-41.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800776-1.00003-0>.
- [13] Barsanti, L., et al. *The world of algae*. in *Algal toxins: nature, occurrence, effect and detection*. **2008**. Springer.
- [14] Doyle, W.T., *Introduction to Algae*, in *Nonseed Plants: Form and Function*. **1970**, Springer. p. 87-98.
- [15] Davison, D.R. and R.E. Michod, *Steps to individuality in biology and culture*. *J Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **2023**. **378**(1872): p. 20210407.
DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0407>.
- [16] Giaccone, G., *Biodiversity of the Mediterranean Sea: an introductory speech to the Marine Algae Symposium*. **2003**. **16**: p. 182-192.
- [17] Takahashi, K., et al., *Three sex phenotypes in a haploid algal species give insights into the evolutionary transition to a self-compatible mating system*. *J Evolution*, **2021**. **75**(11): p. 2984-2993.
DOI: <https://doi.org/10.1111/evo.14306>.
- [18] Griffiths, M.J., R.P. van Hille, and S.T. Harrison, *The effect of nitrogen limitation on lipid productivity and cell composition in Chlorella vulgaris*. *J Applied microbiology biotechnology for Biofuels*, **2014**. **98**: p. 2345-2356.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5442-4>.
- [19] Panahi, Y., et al., *Impact of Cultivation Condition and Media Content on Chlorella vulgaris Composition*. *J Advanced pharmaceutical bulletin*, **2019**. **9**(2): p. 182.
DOI: <https://doi.org/10.15171/%2Fapb.2019.022>.
- [20] Safi, C., et al., *Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris: A review*. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, **2014**. **35**: p. 265-278.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.007>.
- [21] Spoehr, H. and H.W. Milner, *The chemical composition of Chlorella; effect of environmental conditions*. *J Plant physiology*, **1949**. **24**(1): p. 120.
- [22] Freitas, H.R., *Chlorella vulgaris as a source of essential fatty acids and micronutrients: A brief commentary*. *The Open Plant Science Journal*, **2017**. **10**(1).
DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1874294701710010092>.
- [23] Martins, C.F., et al., *Effects of Chlorella vulgaris as a feed ingredient on the quality and nutritional value of weaned piglets' meat*. *J Foods*, **2021**. **10**(6): p. 1155.
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10061155>.
- [24] Phan Văn Cư, Nguyễn Thị Thu Hương, *Nghiên cứu chiết tách và định lượng sterols từ lá của cây điệp cá (Houttuynia cordata thunb) ở tỉnh Thừa Thiên Huế bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao*. *J Hue University Journal of Science: Natural Science*, **2012**. **74**(5).
- [25] Phan Minh Giang, Văn Thị Thanh Huyền, Đỗ Việt Hương, *Thành phần sterol, glycerol ester và thiophen trong cành cây cúc tần (Pluchea indica L.) của Việt Nam*. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **2018**. **34**: p. 78-82.
- [26] Nguyễn Thị Liên, Nguyễn Thanh Tuyền, *Vi tảo-nguồn nguyên liệu tiềm năng cho quá trình trích ly các hợp chất có hoạt tính sinh học cao*. *Tạp chí Đại học Thủ Dầu Một*, **2020**.
- [27] Nguyễn Công Khanh, Nguyễn Hoàng Nam, *Stress oxy hóa với bệnh tật*. *Tạp chí Nhi khoa*, **2022**. **15**(1).
- [28] Nguyễn Phú Thọ, Nguyễn Hữu Thanh, *Astaxanthin từ vi tảo: Ứng dụng và thách thức trong quá trình sản xuất và thương mại*. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*, **2023**. **19**(4+ 5): p. 1-10.
- [29] Trần Hữu Tâm, *Nghiên cứu xây dựng quy trình pilot sản xuất sinh khối Bacillus spp. làm nguyên liệu probiotic cung cấp carotenoid*. *Tạp chí Công Thương*, **2022**. **15**: p. 122-127.
- [30] Phạm Thị Minh Huệ, Nguyễn Văn Bạch, Sonekeo Phommasone, *Nghiên cứu bào chế viên nén Acid Nicotinic giải phóng kéo dài 24 giờ*. *J Tạp chí Khoa học*, **2017**. **33**(1): p. 5-11.
- [31] Hoàng Trung Vinh, *Các Vitamin cần thiết như thế nào đối với bệnh nhân đái tháo đường typ 2*. *Vietnam Journal of Diabetes Endocrinology*, **2020**(39): p. 16-22.
- [32] Dvoretzky, D., et al., *Optimization of the process of cultivation of microalgae Chlorella vulgaris biomass with high lipid content for biofuel production*. *J chemical engineering*, **2015**. **43**: p. 361-366.
DOI: <https://doi.org/10.3303/CET1543061>.
- [33] Sakarika, M. and M. Kornaros, *Chlorella vulgaris as a green biofuel factory: comparison between biodiesel, biogas and combustible biomass production*. *J Bioresource technology*, **2019**. **273**: p. 237-243.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.11.017>.
- [34] Silva, D.A., et al., *Strategy for the cultivation of Chlorella vulgaris with high biomass production and biofuel potential in wastewater from the oil industry*. *J Environmental Technology Innovation*, **2022**. **25**: p. 102204.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102204>.
- [35] Phạm Thanh Duy, Nguyễn Thị Phương Kiều, *Nghiên cứu này khảo sát khả năng loại bỏ amoni và phosphat trong nước nhờ quá trình tăng trưởng dinh bám của tảo Chlorella vulgaris. Nước thải chăn nuôi heo sau quá trình phân hủy kỵ khí được sử dụng làm môi trường nuôi C. vulgaris và giá thể cho vi tảo*. *J Science Journal of Natural Resources Environmental Development*, **2020**(30): p. 71-79.
- [36] Đoàn Thị Oanh, Dương Thị thùy, Nguyễn Trung Thành, *Đánh giá ảnh hưởng của pH ban đầu đến khả năng sinh trưởng và xử lý các hợp chất nitơ trong nước thải sinh hoạt của vi tảo Chlorella vulgaris CNK*. *J Science Journal of Natural Resources Environmental Development*, **2020**(32): p. 80-87.

[37] Nguyễn Thị Thanh Xuân, Đặng Kim Hoàng, Võ Thị Thương, *Khả năng xử lý nước thải từ hầm biogas của vi tảo Chlorella vulgaris trong định hướng sản xuất nhiên liệu sinh học*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng, **2014**: p. 83-86.

[38] Lâm Văn Tân, Nguyễn Phương Thảo, Nguyễn Công Danh, Phạm Thị Thúy Vi, Trần Thanh, *Ứng dụng công nghệ vi tảo loại bỏ đạm và lân trong nước thải ao nuôi tôm*. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, **2022**. **58**(3): p. 126-131.

[39] Tạ Hòa Bình, Phạm Thị Hương Dịu, *Nâng cao hiệu quả xử lý ammonia nitrogen trong nước thải thông qua thí nghiệm trong*

phòng với dòng tái sử dụng. TNU Journal of Science Technology, **2022**. **227**(03): p. 41-53.

[40] Vũ Thị Vui, Nguyễn Hà Trung, Lê Thùy Dương, Trần Thị Trang, Phạm Sơn Tùng, *Nghiên cứu xử lý nước thải dầy chuyên sản xuất nitromas bằng hệ quang fenton kết hợp vi tảo Chlorella vulgaris*. Tạp Chí Nghiên cứu Khoa học Và Công nghệ quân sự, **2023**. **90**: p. 102-109.

[41] Bui, X.-T., et al., *Influence of hydrodynamic shear stress on activated algae granulation process for wastewater treatment*. Environmental Technology Innovation, **2023**: p. 103494.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103494>.