

Võ Văn Minh, Trịnh Đăng Mậu

Tảo Khoảnh

Bảo vệ sức khỏe và Trái Đất



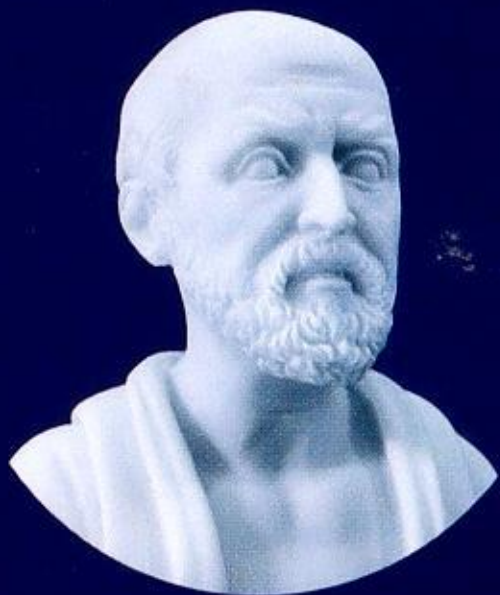
NHÀ XUẤT BẢN THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Nature is the Healer of Disease

*"Hãy coi thức ăn là thuốc
và thuốc là thức ăn"*

*"Let food be thy medicine
and medicine thy food"*

Hippocrates
ông tổ Y học phương Tây



Võ Văn Minh, Trịnh Đăng Mậu

Tảo Khảo

Bảo vệ sức khỏe và Trái Đất

NHÀ XUẤT BẢN THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Tham gia biên soạn:

Võ Văn Minh

*Phó Giáo sư Sinh học môi trường, Tiến sĩ
Khoa học môi trường, Trưởng nhóm DN-EBR*

Trịnh Đăng Mậu

*Tiến sĩ Thủy sinh vật học, Phó trưởng nhóm
DN-EBR*

Trần Nguyễn Quỳnh Anh

*Tiến sĩ Sinh thái môi trường, Thành viên
nhóm DN-EBR*

Phan Nhật Trường

Thạc sĩ Khoa học biển, Thành viên Nhóm DN-EBR

Dương Quang Hưng

Thạc sĩ Sinh thái học, Thành viên Nhóm DN-EBR

Lê Văn Kiên

Thạc sĩ Sinh học thực nghiệm, Công ty HFun

Nguyễn Thị Minh Chí

*Bác sĩ chuyên khoa Ung thư, Bệnh viện Ung bướu
Đà Nẵng*

“Sức khỏe tuy chưa phải là tất cả, nhưng nếu không có sức khỏe thì những thứ còn lại đều mất hết ý nghĩa”

Erin Miles

Cựu chủ tịch WHO



**"Spirulina is the best food for tomorrow,
the answer to world food hunger
and malnutrition."**

**— United Nations
W.H.O., 1974**

Lời giới thiệu

Các nhà sinh vật học phát hiện ra tuổi thọ nói chung của sinh vật gấp 8-10 lần thời gian giới tính thành thục, chín muồi. Nếu căn cứ vào thời gian giới tính thành thục của con người là 14-15 năm thì tuổi thọ của con người sẽ là 110-150 tuổi. Nhưng thực tế tuổi thọ của con người phần nhiều chỉ có 70-80 tuổi⁽¹⁾.

Tuổi thọ thực tế đã ngắn chỉ bằng khoảng một nửa so với lý thuyết, nhưng thời gian mà cơ thể thực sự khỏe mạnh - tức là đạt trạng thái thoải mái toàn diện về mặt thể chất và tinh thần - lại còn ngắn hơn.

Có một "nghịch lý" tồn tại là chúng ta đang ở thời đại "tiến bộ" với các thành tựu khoa học công nghệ, nhưng những rủi ro đối với sức khỏe lại có xu hướng tăng. "Nghịch lý" này có thể được lý giải bởi nguyên nhân

⁽¹⁾ Nguyễn Đức Khiển (2002). *Môi trường và Sức khỏe*. NXB Lao động - Xã hội.

từ bên ngoài là do chất lượng môi trường và nguyên nhân bên trong là do sức đề kháng.

Đại dịch COVID-19 diễn ra trên phạm vi toàn cầu, được xem là một “phép thử”. Qua “thí nghiệm” không được thiết kế trước đó, có lẽ nhân loại cần nhận thức lại trách nhiệm với trái đất và với chính bản thân của mỗi người. Đó là chìa khóa quan trọng để mở cánh cửa cho tương lai.

Với tôn chỉ hợp tác, sáng tạo, truyền bá tri thức và phục vụ cộng đồng, Nhóm nghiên cứu - giảng dạy “Môi trường và Tài nguyên sinh vật”, Đại học Đà Nẵng (DN-EBR) đã tổng hợp tư liệu và kinh nghiệm nghiên cứu để biên soạn cuốn sách này. Với mong muốn giới thiệu cho bạn đọc hiểu biết rõ hơn về nguồn gốc cũng như những giá trị to lớn của một loài sinh vật rất nhỏ bé. Nhưng “màu xanh” của chúng có thể giúp bảo vệ được cả hành tinh cũng như sức khoẻ của chính mỗi con người chúng ta.

Tảo xoắn: loài sinh vật kì diệu

Một loài sinh vật rất nhỏ bé, mắt thường không thể nhìn thấy được. Dưới kính hiển vi, chúng có dạng xoắn hình lò xo, kích thước chỉ khoảng 0,25-0,5mm. Vậy mà chúng sống chung với nhau tạo nên một màu xanh kì diệu. Màu của sự sống. Loài sinh vật đó được gọi là **Tảo xoắn** hay còn gọi với một tên thông dụng khác, đó là **Spirulina**.

Tảo xoắn đã xuất hiện trên hành tinh này ngay từ thuở ban sơ, cách đây chừng 3,5 tỉ năm. Sự xuất hiện của chúng cũng là khởi đầu cho sự phát triển sự sống, tiến hoá của sinh vật trên quả đất này. Để rồi sinh vật cứ sinh sôi, phát triển và tiến hoá. Loài người hiện đại xuất hiện với bộ não thông minh; nhanh chóng tìm kiếm các nguồn thức ăn phong phú và chế biến đa dạng. Sáng tạo và lãng quên. Dần dần những nguồn thực phẩm ban sơ ấy đã không còn biết đến nữa. Chỉ còn lại các thổ dân là "chưa quen" thay đổi? Mãi đến nửa sau của

thế kỉ XX, người phương Tây mới “khám phá” ra trên thế giới này còn có sự hiện diện của cộng đồng người được xem là “lạc hậu” nhưng sức khỏe rất cường tráng, tuổi thọ cao và không mấy ốm đau, bệnh tật. Phát hiện kỳ thú đó được cho là: đơn giản bởi một loại thức ăn tự nhiên có màu xanh “kì diệu”, chính là Tảo xoắn.

Từ những phát hiện ấy, Tảo xoắn đã được các nhà khoa học trên thế giới quan tâm, với rất nhiều nghiên cứu về hoá học, sinh học, y học... Để rồi sau đó, Tổ chức Y tế thế giới (WHO) khẳng định “Tảo xoắn là sản phẩm tốt nhất cho sức khỏe con người”. Liên hợp quốc (UN) thì cho rằng: “Tảo xoắn là thực phẩm tốt nhất cho tương lai”. Tổ chức Giáo dục, Khoa học và Văn hóa Liên Hiệp Quốc (UNESCO) thì gọi “Tảo xoắn là nguồn thực phẩm lí tưởng”. Đến lượt, Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ (NASA) và Cơ quan vũ trụ châu Âu (ESA) thì xem “đây là nguồn thực phẩm thích hợp có thể được sử dụng cho

các phi hành gia trong những chuyến du hành không gian", Cục quản lí thực phẩm và dược phẩm Hoa Kỳ (FDA) thì chúng nhận "Tảo xoắn là một trong những nguồn Protein tốt nhất". Tất cả những lời hoa mĩ ấy chính là "chìa khóa thành công" cho những người kinh doanh sản phẩm Tảo xoắn. Trên thị trường tràn ngập những thương hiệu khác nhau và người tiêu dùng đua nhau sử dụng chẳng cần tìm hiểu. Điều quan trọng là người sản xuất và tiêu dùng đừng quên rằng: niềm tin và sự hiểu biết nên song hành với nhau, để cộng hưởng, phát triển và bền vững. Đừng cả tin rồi mất niềm tin khi không may gặp phải "sự cố" bất ngờ.

Cuốn sách này với mong muốn giúp bạn đọc hiểu rõ hơn về Tảo xoắn với vai trò bảo vệ sức khoẻ của con người và cả trái đất của chúng ta. DN-EBR mong muốn cùng cộng đồng chung tay bảo vệ môi trường sống và bảo vệ sức khoẻ của mọi nhà, trước các hiểm nguy

từ dịch bệnh và các bệnh hiểm nghèo mà bất cứ ai cũng có thể mắc phải.

“Hãy coi thức ăn là thuốc và thuốc là thức ăn - *Let food be thy medicine and medicine be thy food*” như lời của Hippocrates - ông tổ của Y học phương Tây dạy bảo chúng ta. Đồng thời cũng thấu hiểu triết lý sâu xa mà Đông phương học chỉ ra rằng: “ăn uống là khâu rất quan trọng để thực hiện mối quan hệ giữa con người với thiên nhiên và vũ trụ, qua đó thực hiện nguyên lý Thiên - Địa - Nhân hợp nhất”⁽²⁾.

Đà Nẵng, tháng 10 năm 2020,

Nhóm tác giả

⁽²⁾ Ngô Đức Vượng (2010). *Minh triết trong ăn uống của Phương Đông*. NXB Tổng hợp Thành phố Hồ Chí Minh.

Mục lục

- 05** *Lời giới thiệu*
- 15** *Tên gọi và đặc điểm*
 - 17 *Dạng sống 3,5 tỉ năm tuổi*
 - 23 *Tên gọi*
 - 26 *Đặc điểm*
- 47** *Giá trị dinh dưỡng*
 - 49 *Protein (đạm)*
 - 52 *Lipid (chất béo)*
 - 53 *Carbohydrate*
 - 55 *Vitamin*
 - 58 *Khoáng chất*
 - 60 *Hợp chất thực vật (Phytochemicals)*

- 66** *Sản xuất*
- 68 *Nuôi trồng trong hệ thống mở*
- 78 *Nuôi trồng trong hệ thống kín*
- 90** *Sản phẩm*
- 95 *Phân loại sản phẩm tảo xoắn*
- 100 *Một số nhóm sản phẩm từ tảo xoắn*
- 112** *Bảo vệ sức khỏe*
- 114 *Chống lại bệnh ung thư*
- 117 *Chống béo phì*
- 119 *Chống virus*
- 123 *Chống viêm mũi dị ứng và hen suyễn*
- 125 *Chống cao huyết áp và tăng mỡ máu*
- 126 *Chống đột quỵ*
- 127 *Chống thiếu máu*

- 129 *Chống các bệnh lí về mắt*
- 130 *Tăng cường hệ miễn dịch*
- 133 *Chống oxi hóa*
- 135 *Chống tác hại phóng xạ*
- 137 *Chống suy dinh dưỡng*
- 140 *Bổ sung vi lượng*
- 141 *Tảo xoắn với COVID-19*
- 145 *Sử dụng hiệu quả Tảo xoắn*
- 153 *Một số khuyến cáo khi sử dụng*
- 159 *Bảo vệ trái đất***
- 161 *Cung cấp Oxi cho bầu khí quyển*
- 163 *Sử dụng nước hiệu quả*
- 165 *Sử dụng năng lượng hiệu quả*
- 167 *Bảo vệ đất và hạn chế sử dụng
hoá chất*

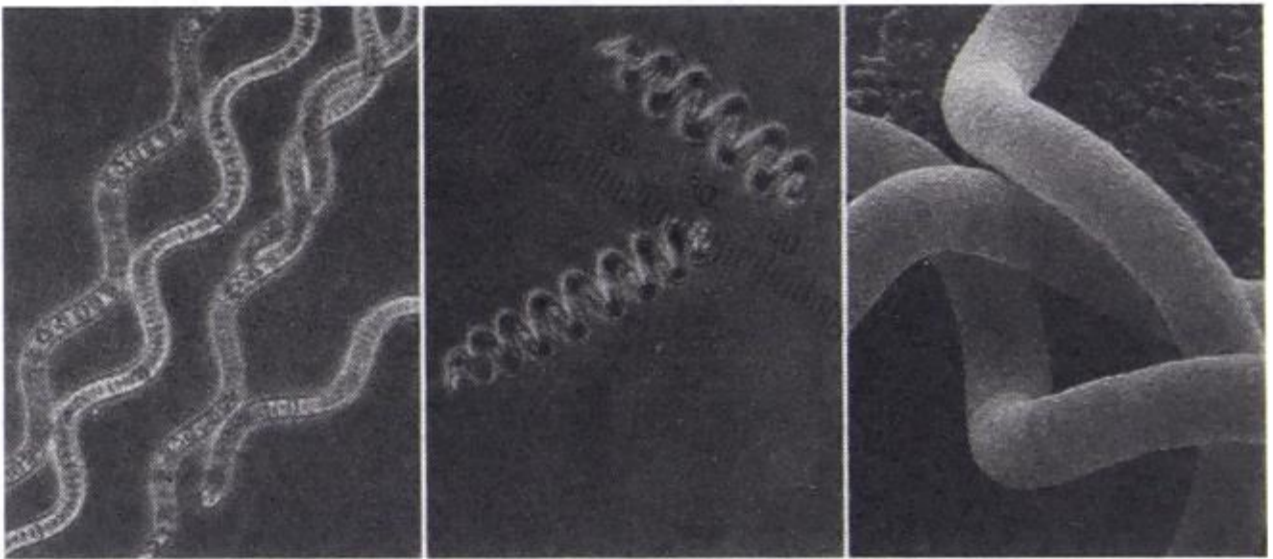
171 *Cân bằng hệ sinh thái toàn cầu*

176 *Lời kết*

179 *Lời cảm ơn*

Tên gọi và đặc điểm

Tảo xoắn còn được gọi là Spirulina, nhưng Spirulina chưa hẳn là Tảo xoắn.



Tảo xoắn hay thường gọi là tảo Spirulina, được xem là hậu duệ của một trong những dạng sống đầu tiên hình thành trên Trái Đất - vi khuẩn lam. Từ 3,5 tỉ năm trước, vi khuẩn lam hay tảo lam đã bắt đầu tạo ra bầu khí quyển giàu oxi, tạo điều kiện để các sự sống khác có thể phát triển. Tuy nhiên, vai trò điều hòa sinh quyển của tảo trong tự nhiên cũng dần giảm xuống và bị "lãng quên" trong một thời gian rất dài. Mãi đến gần đây, khi con người đang đối mặt với những vấn đề nan giải như an ninh lương thực, ô nhiễm môi trường, mất cân bằng sinh thái... thì tảo lại một lần nữa được nhắc đến như một giải pháp đầy tiềm năng. Tảo có thể được sử dụng làm thực phẩm, thức ăn chăn nuôi, dược phẩm, phân bón, nhiên liệu sinh học, cải tạo chất lượng môi trường... Tâm quan trọng của tảo giờ đây đã được quan tâm đặc biệt. Có thể nói, đây là "sự hồi sinh" của tảo!

Dạng sống 3,5 tỉ năm tuổi ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾

Khi vừa được hình thành, Trái Đất thực sự rất khác với những gì chúng ta được thấy ở ngày hôm nay. Vào Liên đại Thái Cổ (khoảng 3,8 đến 2,5 tỉ năm trước), Trái Đất là một hành tinh với bề mặt hầu hết là đại dương chứa đầy sắt hòa tan và không khí chứa phần lớn là khí hidro, hơi nước, cacbon dioxit, nitơ và metan. Trong thời kì này, oxi trên Trái Đất là cực kì thấp, nên những dạng sống đầu tiên xuất hiện là những vi sinh vật kỵ khí.

Sự sống bắt đầu chuyển mình từ một sự kiện tiến hóa ngẫu nhiên vào khoảng 3,5 tỉ năm trước, đó là sự hình thành nhóm sinh vật quang hợp đầu tiên - vi khuẩn lam (Cyanobacteria) hay thường được gọi là tảo lam (Cyanophyta). Nhóm

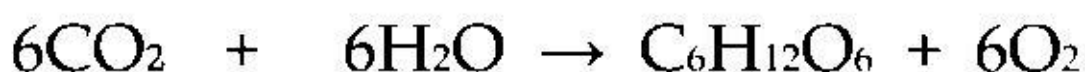
⁽¹⁾ Henrikson, R. (1989). Earth food spirulina. Laguna Beach, CA: Ronore Enterprises, Inc, 187.

⁽²⁾ <https://www.science.org.au/curious/space-time/origins-life-earth>.

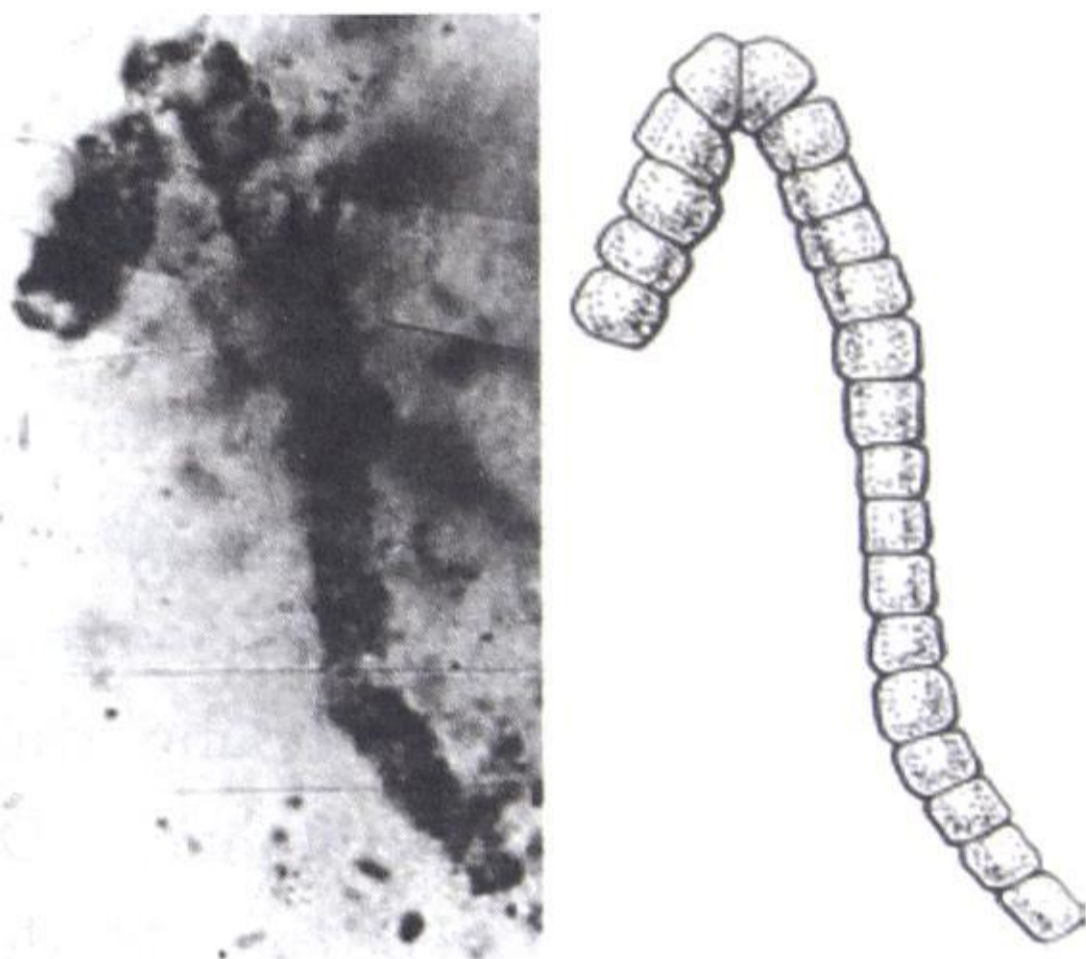
⁽³⁾ <https://eapsweb.mit.edu/news/2018/how-earth-got-its-oxygen>.

vi khuẩn này có khả năng sử dụng năng lượng từ ánh sáng mặt trời để chuyển hóa Cacbon Dioxid (CO_2) và nước (H_2O) thành các hợp chất hữu cơ để sinh trưởng và thải ra oxi (như phương trình dưới).

Ánh sáng



Sự xuất hiện và phát triển rộng khắp của các vi khuẩn lam, đã tạo ra nhiều oxi hơn trong đại dương và trong không khí, phá vỡ sự cân bằng hóa học của Trái Đất trước đó. Thiết lập nên một thế cân bằng mới thông qua Sự kiện Đại oxi hóa (The Great Oxygenation Event). Các hóa thạch có niên đại khoảng 3,5 tỉ năm, cho thấy các sợi nhỏ của các tế bào đơn lẻ này xếp chồng lên nhau, hình dạng của chúng rất giống với Tảo xoắn hiện nay (hình 1).



Hình 1. Hóa thạch tảo lam⁽⁴⁾

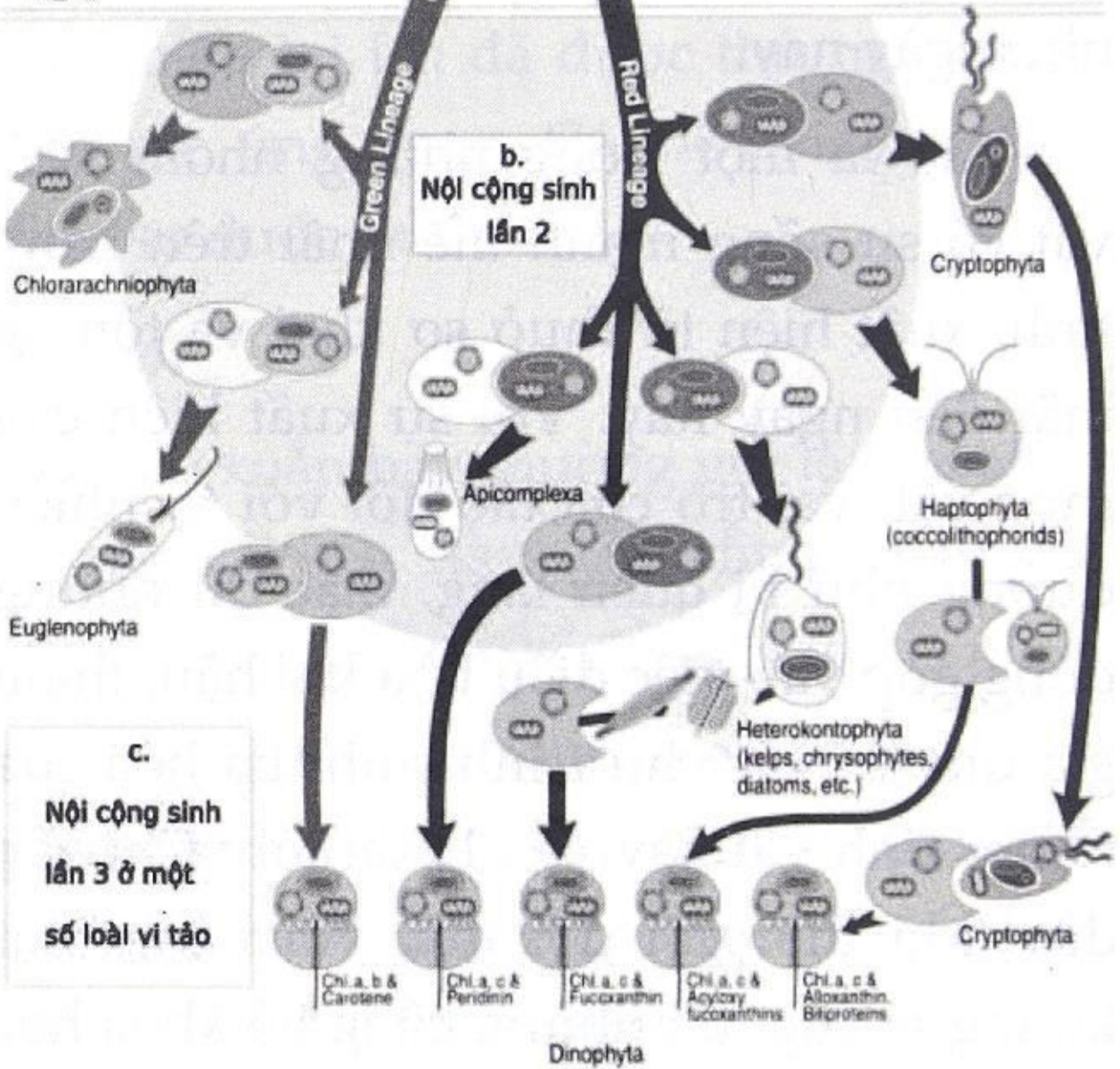
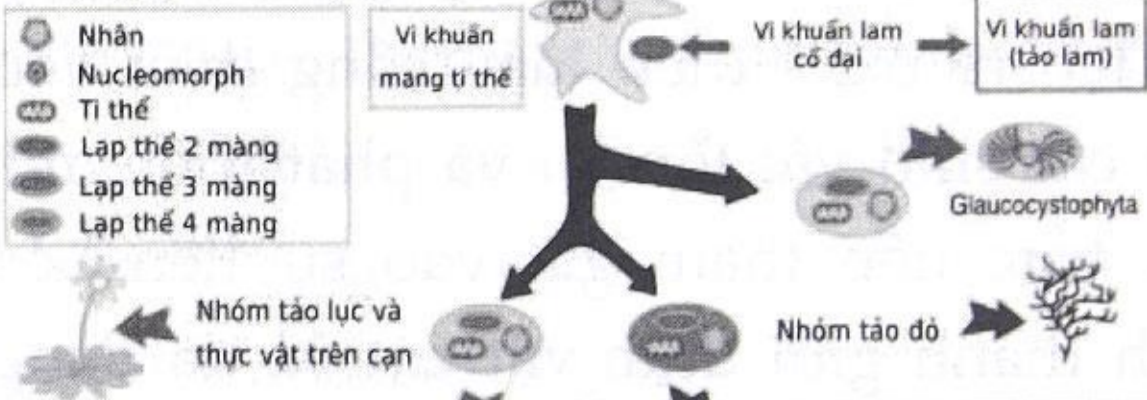
Vi khuẩn lam dần xâm chiếm đại dương và tiếp tục tạo ra oxi với nồng độ ngày càng lớn. Chính sự tích lũy oxi trong thủy quyển và sinh quyển trong hơn 1 tỉ năm đã tạo tiền đề cho một thời kì mới với sự xuất hiện của một dạng sống phức tạp hơn đó là nhóm sinh vật nhân chuẩn.

⁽⁴⁾ Hóa thạch vi sinh vật được cho là một trong những loài tảo lam cổ đại được phát hiện ở Tây Úc có niên đại khoảng 3,5 tỉ năm trước. Nguồn: Department of Earth, Planetary and Space Sciences, University of California Los Angeles.

Theo Thuyết nội cộng sinh⁽⁵⁾, sinh vật nhân chuẩn là kết quả tiến hóa của các sinh vật nhân sơ thông qua nội cộng sinh. Ví dụ như ti thể ở sinh vật nhân chuẩn được cho là có nguồn gốc từ vi khuẩn hiếu khí cổ (Proteobacteria), còn lục lạp chính là vi khuẩn lam cổ đại có khả năng quang hợp. Ngày càng có nhiều bằng chứng khoa học ủng hộ thuyết này. Điển hình như thực vật trên cạn đã được chứng minh chính là "hậu duệ" của nhánh tảo lục - một trong những sản phẩm sau quá trình nội cộng sinh sơ cấp giữa một vi khuẩn mang ti thể và vi khuẩn lam.

⁽⁵⁾ Thuyết nội cộng sinh (Endosymbiotic theory) được đề xuất bởi Konstantin Mereschkowski (1905) và phát triển bởi Lynn Margulis (1967).

a Nội cộng sinh sơ cấp (lần 1)



Hình 2. Sự tiến hóa của các nhóm tảo theo thuyết nội cộng sinh⁽⁶⁾

⁽⁶⁾ Egeland E.S. (2016) Carotenoids. In: Borowitzka M., Beardall J., Raven J. (eds) The Physiology of Microalgae. Developments in Applied Phycology, vol 6. Springer, Cham.

Như vậy có thể thấy, tảo lam không chỉ tạo ra oxi - điều kiện sống thiết yếu cho các sinh vật tồn tại và phát triển, mà còn trực tiếp tham gia vào sự tiến hóa hình thành giới thực vật cực kì đa dạng như ngày nay.

Tảo là một trong những nhóm sinh vật có sự sống mạnh mẽ nhất trên hành tinh, xuất hiện từ thuở sơ khai và tồn tại mãi đến ngày nay. Với sự xuất hiện của thực vật, vai trò của tảo đối với tự nhiên dường như bị quên lãng, mặc dù những đóng góp vào việc điều hòa khí hậu, tham gia duy trì các chu trình sinh địa hóa của nhóm sinh vật này vẫn là rất lớn. Chỉ gần đây, khi thế giới đối mặt với hàng loạt khủng hoảng, thì những công bố khoa học đã chứng minh những giá trị sơ khởi và tồn tại với thời gian của nhóm sinh vật sản xuất bậc 1⁽⁷⁾ quý giá này.

⁽⁷⁾ Có khả năng quang hợp chuyển đổi ánh sáng thành nguồn năng lượng sống cho toàn bộ chuỗi thức ăn.

Tảo bao gồm cả vi tảo và tảo lớn (rong biển), đang là nhóm đối tượng được quan tâm nghiên cứu trên toàn thế giới. Rất nhiều các giá trị đối với sức khỏe con người và hệ sinh thái đã được khám phá. Rất nhiều lợi ích đã được thử nghiệm và đưa vào ứng dụng. Có thể nói, Tảo đang thực sự được "hồi sinh".

Tên gọi

Tảo xoắn hay thường gọi là Spirulina, nhưng cái tên này vẫn chưa phản ánh chính xác "nguồn cội" của chúng.

Năm 1852, Stizenberger đã mô tả và phân lập lần đầu tiên nhiều loài thuộc chi *Arthrospira*. Năm 1932, những loài thuộc chi *Arthrospira* và các loài có dạng sợi xoắn ốc đều được Geitler gộp chung thành một chi duy nhất là *Spirulina*. Tuy nhiên, trước Geitler, Gomont (1892) đã tách biệt hai chi trên dựa vào sự hiện diện của vách ngăn tế bào hoặc sự phân chia tế bào. Các loài

tảo *Spirulina* không có vách ngăn và các loài *Arthrospira* có vách ngăn.

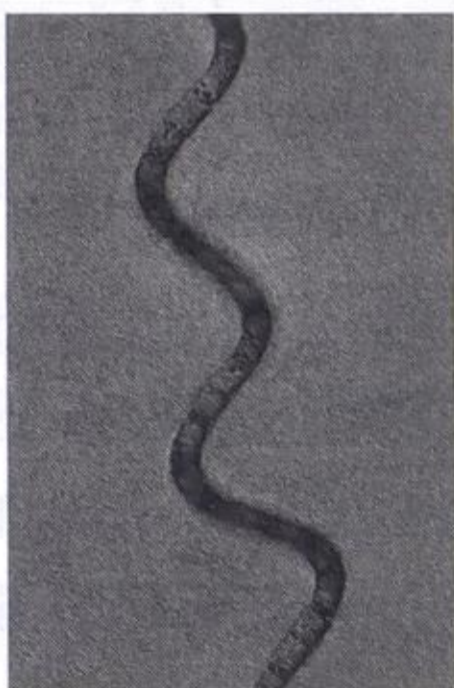
Các nghiên cứu chi tiết gần đây, kiểm tra hình thái, sinh lý, sinh hóa và đặc biệt nhờ phân tích phân tử đã chỉ ra rằng hai chi *Spirulina* và *Arthrospira* có sự khác biệt rõ rệt⁽⁸⁾. Như vậy, về tên khoa học của Tảo xoắn mà chúng ta đề cập chính là loài *Arthrospira platensis*, chứ không phải *Spirulina platensis*.

Tuy nhiên, các sản phẩm từ sinh khối loài *Arthrospira platensis* vẫn được gọi là *Spirulina*, mặc dù hai chi này đã được chứng minh là khác biệt. Thậm chí nhiều công bố khoa học hiện nay vẫn dùng tên khoa học của loài tảo này là *Spirulina platensis*. Một trong những nguyên nhân chính là do *Spirulina* đã quen dùng.

⁽⁸⁾ Gershwin, M. E., & Belay, A. (Eds.). (2007). *Spirulina in human nutrition and health*. CRC press.

Phân loại khoa học⁽⁹⁾

Giới	Eubacteria
Ngành	Cyanobacteria
Lớp	Cyanophyceae
Bộ	Oscillatoriales
Họ	Microcoleaceae
Chi	<i>Arthrospira</i>
Loài	<i>platensis</i>



Hình 3. *Spirulina platensis* (Norst.) Geitler⁽¹⁰⁾

⁽⁹⁾ M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 01 September 2020.

⁽¹⁰⁾ <https://utex.org/>.

Đặc điểm

Phân bố:

Tảo xoắn có phân bố rộng, được tìm thấy trong đất, đầm lầy, nước ngọt, nước lợ, nước mặn và thậm chí cả trong các hồ khoáng nóng. Ở môi trường nước có tính kiềm với pH = 8,5-11 và độ mặn cao (>30g/l), đặc biệt ở những vùng có bức xạ mặt trời quanh năm Tảo xoắn thường phát triển mạnh mẽ và chiếm ưu thế. Đây được xem là môi trường khắc nghiệt đối với nhiều sinh vật, nhưng lại là môi trường lí tưởng cho sự sinh trưởng của Tảo xoắn.

Tảo xoắn sống trong khoảng nhiệt độ tối ưu từ 35-38°C, một số chủng có khả năng chịu nhiệt có thể sống trong khoảng 35-40°C. Điều kiện này có thể đã ức chế sự phát triển của nhiều loài vi sinh vật. Vào ban đêm, vi tảo có thể chịu được nhiệt độ tương đối thấp khoảng 15°C⁽¹¹⁾. Một số

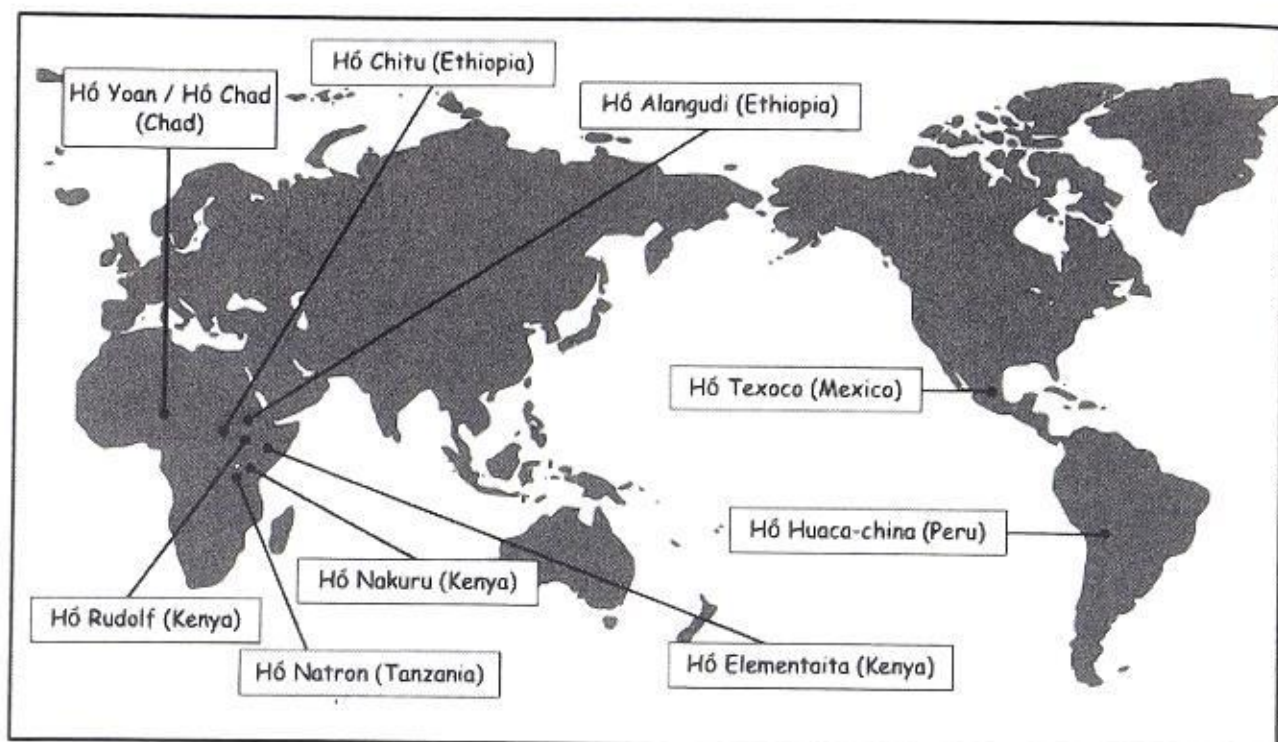
⁽¹¹⁾ Habib M. A. B. (2008). Review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and agriculture organization of the United Nations.

môi trường sống tự nhiên lí tưởng của chi *Arthrospira* trên thế giới được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 4.

Bảng 1. Một số môi trường tự nhiên của Tảo xoắn⁽¹²⁾

Châu lục	Quốc gia	Địa điểm
Châu Phi	Chad	Hồ Natron
	Kenya	Hồ Bogoria
		Hồ Simbi
	Ethiopia	Hồ Chiltu
	Egypt	Hồ Maryut
	Algeria	Hồ Tamanrasset
Châu Á	Trung Quốc	Hồ Nanking
		Hồ Bayannur
Châu Mỹ	Mỹ	Phá Del Mar
	Peru	Hồ Huacachina
	Uruguay	Montevideo

⁽¹²⁾ Sili C., Torzillo G., & Vonshak A. (2012). *Arthrospira* (Spirulina). In *Ecology of cyanobacteria II* (pp. 677-705). Springer, Dordrecht.

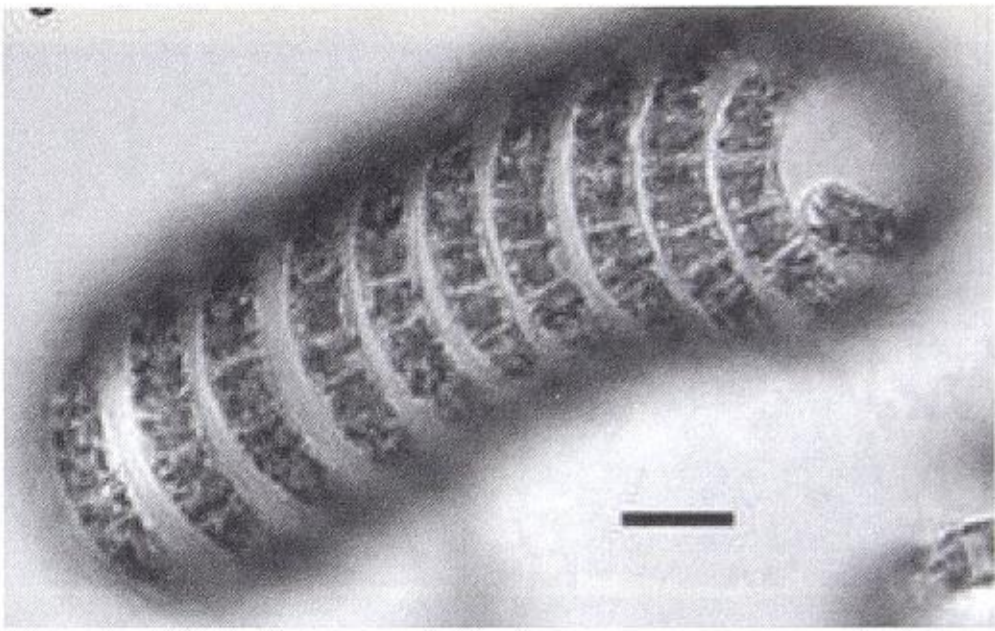


Hình 4. Phân bố một số môi trường sống tự nhiên của Tảo xoắn⁽¹³⁾

Hình thái:

Đặc điểm hình thái đặc trưng của các loài thuộc chi *Arthrospira* là cấu tạo dạng sợi đa bào - chuỗi tế bào sắp xếp thành dạng hình trụ dài và xoắn mở có đường kính tương đối lớn, đôi khi nhỏ dần ở hai đầu và có các vách ngăn tế bào rõ ràng (Hình 5).

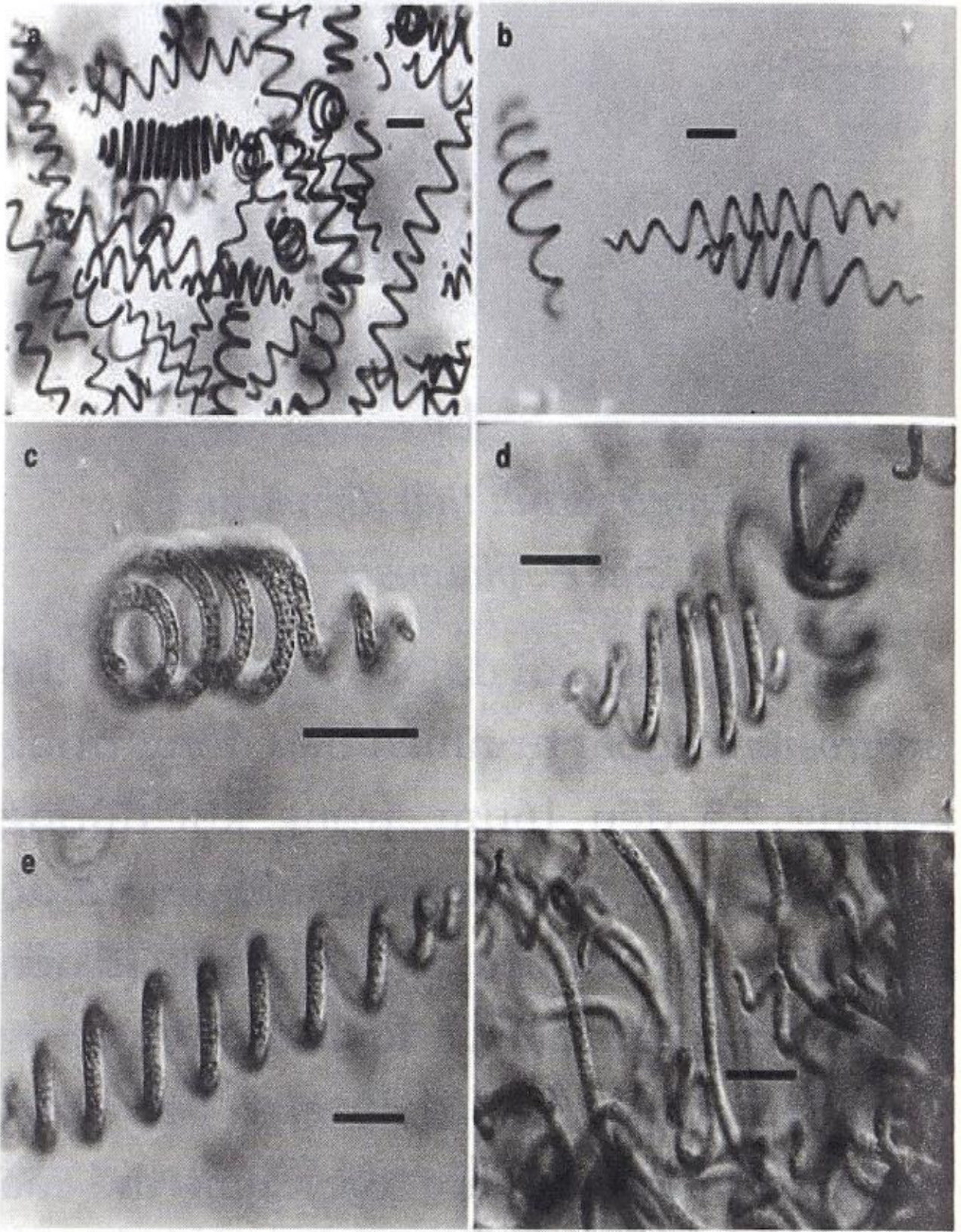
⁽¹³⁾ IIMSAM, N. S. for. (n.d.). IIMSAM - IIMSAM Spirulina Resource Centre. Retrieved June 9, 2019, from http://iimsam.org/eng/?page_id=1359



Hình 5. Hình thái điển hình của *A. platensis*⁽¹⁴⁾

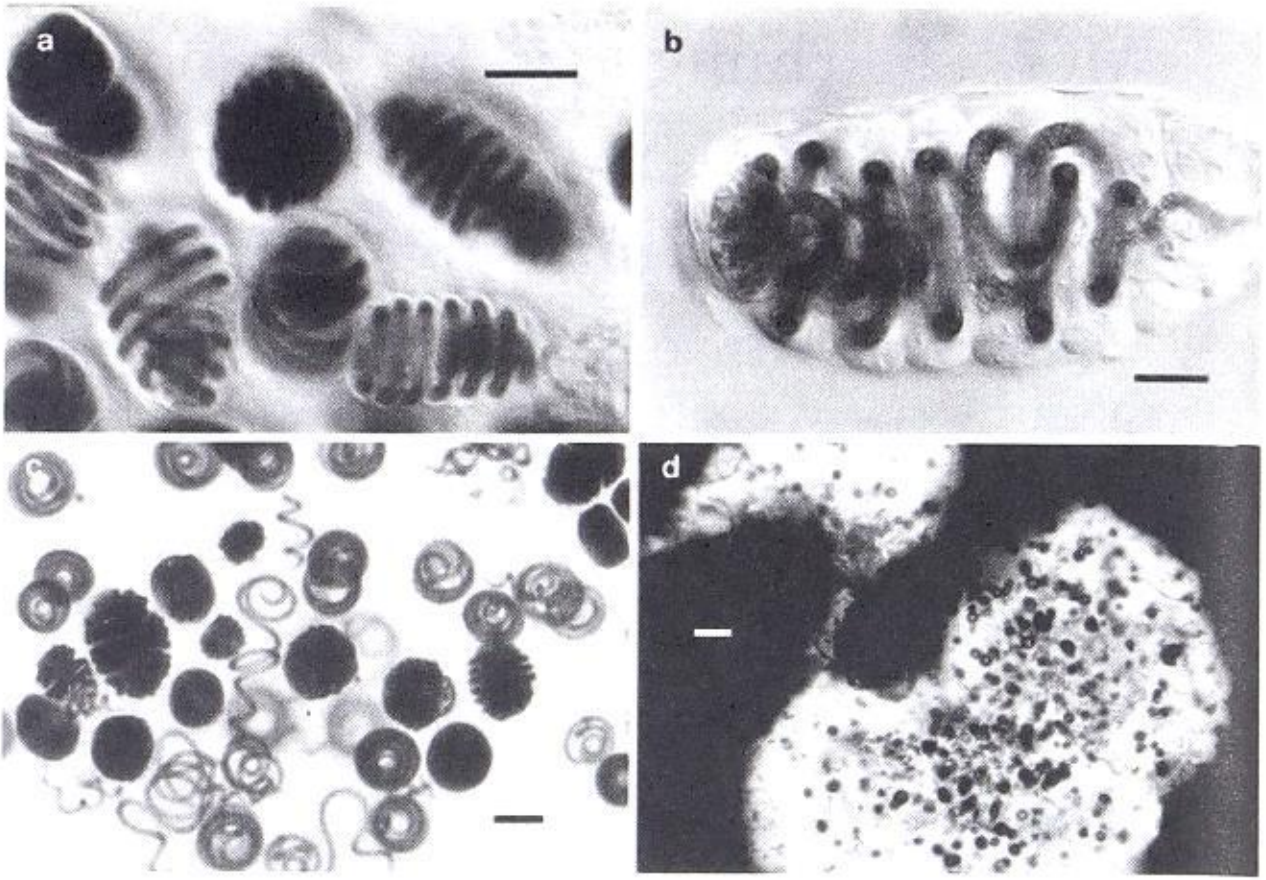
Đường kính sợi đa bào trong quần thể *Arthrospira* ngoài tự nhiên dao động trong khoảng 2,5 đến 16 μm , trong khi đường kính vòng xoắn thường dưới 80 μm và độ rộng giữa các vòng xoắn là khoảng 15 đến 60 μm . Sự khác biệt về kích thước và các đặc điểm hình thái khác của Tảo xoắn không chỉ tồn tại giữa các quần thể mà còn có sự khác nhau trong một quần thể do ảnh hưởng của điều kiện môi trường sống (hình 6).

⁽¹⁴⁾ Sili, C., Torzillo, G., & Vonshak, A. (2012). *Arthrospira* (Spirulina). In *Ecology of cyanobacteria II* (pp. 677-705). Springer, Dordrecht.



Hình 6. Sự biến đổi hình thái Tảo xoắn
 (*A. platensis*) ở hai khu vực hồ khác nhau:
 (a, b, c) quần thể tảo ở Hồ Kailala;
 (d, e, f) quần thể tảo ở hồ Kossorom;
 (Thước tỉ lệ = $40\mu\text{m}$)

Một số chủng vi tảo thuộc chi *Arthrospira* có khả năng tiết chất nhầy, đặc trưng như loài Tảo xoắn (*A. platensis*) được phân lập trên đĩa thạch ở hồ Kailala. Hiện tượng này xuất hiện khi bề mặt của đĩa thạch bắt đầu khô. Trong điều kiện đó, chúng sẽ tự đóng xoắn cực đại thành hình nón và tiết ra một lớp polysaccharide hay màng nhầy bao quanh các sợi đa bào (Hình 7a). Trong một số trường hợp, màng nhầy có thể chỉ bao quanh một sợi đa bào (Hình 7b), khi lớp màng này vỡ ra sẽ giải phóng 2-4 sợi đa bào (Hình 7c). Hiện tượng tiết chất nhầy được xem như một cơ chế tự vệ khỏi các điều kiện bất lợi như bị thiếu nước hay sống trong các điều kiện bán khô tại rìa của các hồ trong tự nhiên. Trong thời gian chống chịu với điều kiện khắc nghiệt của môi trường, lớp màng nhầy của vi tảo sẽ càng dày lên theo thời gian (Hình 7d).

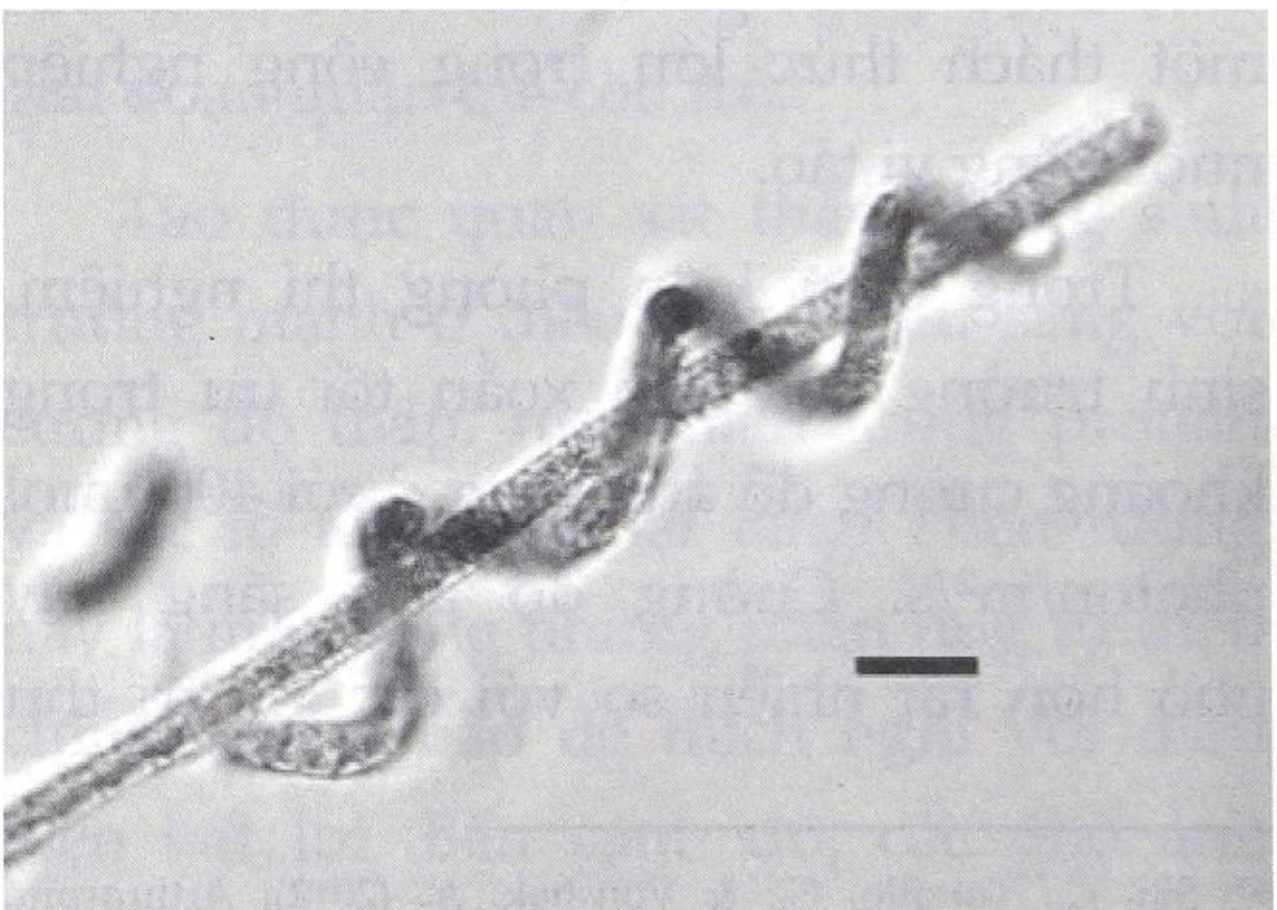


Hình 7. Hình thái Tảo xoắn (*A. platensis*)
được quan sát trên đĩa petri.

- (a) Các sợi đa bào được bao trong một lớp màng nhầy;
- (b) Một sợi đa bào trong một lớp polysaccharide;
- (c) Các sợi đa bào được hình thành (phát tán) từ một sợi sợi đa bào đóng xoắn;
- (d) Các sợi đa bào trong một lớp dày polysaccharide trên đĩa thạch đã được nhuộm màu.

(Thước tỉ lệ tương ứng: a, c = 40 μ m,
b = 20 μ m, d = 100 μ m)

Trong một vài trường hợp, quan sát thấy một số sợi đa bào ở dạng sợi thẳng hay gần như thẳng (Hình 8). Đã có một số công bố về sự ảnh hưởng vật lí và hóa học lên sự cuộn xoắn và duỗi xoắn của chi *Arthrospira*. Hình dạng cuộn xoắn là một đặc trưng hình thái của *Arthrospira*, khi sợi bị duỗi xoắn (ở dạng sợi thẳng hoặc gần như thẳng) thường sẽ không đóng xoắn lại nữa. Những nghiên cứu chỉ ra rằng, hiện tượng này có thể do đột biến trong một sợi đa bào.



Hình 8. Hình thái sợi đa bào ở dạng sợi thẳng

Sinh trưởng:

Quá trình sinh trưởng và hình thành các hợp chất sinh học quan trọng của vi tảo có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như: ánh sáng, nhiệt độ, pH, độ mặn và dinh dưỡng⁽¹⁵⁾.

Ánh sáng:

Là sinh vật quang tự dưỡng, nên sinh trưởng và phát triển của Tảo xoắn chắc chắn bị chi phối mạnh bởi điều kiện ánh sáng. Sử dụng hiệu quả ánh sáng đang là một thách thức lớn trong công nghiệp nuôi trồng vi tảo.

Trong điều kiện phòng thí nghiệm, sinh trưởng của Tảo xoắn tối ưu trong khoảng cường độ ánh sáng dưới $400\mu\text{mol photon/m}^2/\text{s}$. Cường độ ánh sáng này nhỏ hơn rất nhiều so với các giá trị thu

⁽¹⁵⁾ Sili, C., Torzillo, G., & Vonshak, A. (2012). *Arthrospira* (Spirulina). In *Ecology of cyanobacteria II* (pp. 677-705). Springer, Dordrecht.

được ngoài tự nhiên vào những ngày hè (1850 - 2000 $\mu\text{mol photon/m}^2/\text{s}$). Tảo cần rất nhiều ánh sáng để duy trì sự phát triển ổn định của quần thể. Tuy nhiên, với cường độ ánh sáng mặt trời quá cao, hiện tượng ức chế quang hợp, tức là tảo mất khả năng quang hợp do tổn thương hệ thống quang hóa có thể xảy ra. Chính vì vậy, khi nuôi trồng vi tảo quy mô công nghiệp dưới điều kiện ánh sáng tự nhiên cần có thiết bị che sáng, để hạn chế bớt cường độ ánh sáng trong ngày, đặc biệt là giai đoạn quần thể còn trẻ.

Tảo được quan sát thấy không sinh trưởng mạnh ở điều kiện chiếu sáng với cường độ thấp, tuy nhiên lượng protein và sắc tố tổng hợp lại tăng. Hiện tượng này là một trong những phản ứng tự điều chỉnh của tế bào để thích nghi với điều kiện bất lợi. Bên cạnh đó, các phổ ánh sáng khác nhau cũng có ảnh hưởng nhất

định đến thành phần hóa học của tảo, do đặc tính hấp thụ năng lượng của các sắc tố trong tảo ở các bước sóng khác nhau là không giống nhau. Ví dụ ở cùng cường độ, hàm lượng protein cao nhất được ghi nhận là dưới ánh sáng xanh lam, đỏ và thấp nhất ở xanh lục trong khi sinh trưởng tốt nhất nếu được chiếu sáng ánh đỏ.

Có thể thấy, ánh sáng đóng vai trò cực kì quan trọng đối với tảo. Do đó trong nuôi trồng, đây là yếu tố được quan tâm hàng đầu, để tối ưu hóa năng suất, chất lượng tảo cũng như tối ưu hóa lợi ích kinh tế.

Nhiệt độ:

Nhiệt độ tác động lên các phản ứng sinh hóa của tảo. Ngoài ra, nhiệt độ còn ảnh hưởng đến kích thước tế bào, hình thái và thành phần hóa học của tảo. Tảo xoắn có thể sống ở biên độ từ 15°C đến khoảng 38°C. Đối với một số chủng

chịu nhiệt, sinh trưởng tối ưu ở khoảng 35 - 40°C. Nhiệt độ và ánh sáng có mối quan hệ mật thiết với nhau, cường độ ánh sáng cao và thời gian chiếu sáng dài có thể làm cho nhiệt độ tăng cao vượt ngưỡng chịu đựng của tảo, gây ức chế sinh trưởng. Chính vì vậy, trong suốt quá trình nuôi trồng, cần kiểm soát chặt chẽ nhiệt độ và các yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt độ như cường độ, mức độ, thời gian chiếu sáng và tốc độ đảo trộn để duy trì ngưỡng nhiệt độ phù hợp cho quá trình sinh trưởng và tổng hợp các chất của vi tảo.

pH:

pH được coi là yếu tố chỉ thị, phản ánh các thành phần nuôi dưỡng tảo. Chủ yếu là nguồn bicarbonat, nitơ và khí CO₂ hoà tan. Tảo xoắn phát triển tốt ở pH từ 9 đến 11. Đây là điều kiện lí tưởng cho phép nuôi vi tảo trong các hệ thống mở, nhưng vẫn hạn chế sự tạp nhiễm từ các

loại tảo gây hại, vi sinh vật, động vật nguyên sinh hay các sinh vật khác.

Dinh dưỡng:

- Nitơ:

Nitơ là chất dinh dưỡng quan trọng nhất góp phần tạo ra sinh khối vi tảo. Hàm lượng nitơ trong sinh khối vi tảo có thể dao động từ 1% đến hơn 10%. Tùy thuộc vào nguồn cung cấp và hàm lượng có sẵn trong tế bào, ở mỗi loài sẽ có hàm lượng nitơ trong tế bào khác nhau. Nhờ enzyme nitrogenase và ATP trong tế bào, nitơ được tổng hợp thành protein thông qua phản ứng khử. Tảo lam là nhóm có khả năng cố định đạm và chuyển hóa nitơ tự do ở dạng khí thành amoniac, nitric hay nitrat. Đây là dạng mà sinh vật có thể hấp thụ và chuyển hóa thành protein và các acid nucleic. Tuy nhiên, chúng chỉ có thể chuyển hóa khoảng 12 - 15mg nitơ ở dạng phân tử trong không khí. Chính

vì vậy chúng sử dụng nitơ bằng cách đồng hóa các dạng nitric (NO_2), nitrat (NO_3^-), amoni (NH_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl , $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$). Các công bố gần đây cho thấy, khi đánh giá sự ảnh hưởng của nguồn nitơ (NaNO_3) đến sự sinh trưởng và tổng hợp các hợp chất carotenoid, phenolic và diệp lục có tỉ lệ nghịch với nồng độ nitơ cao trong môi trường. Ngoài ra, nhiệt độ và nồng độ nitơ trong môi trường có quan hệ với nhau. Các hợp chất protein, lipid, phenol và sinh khối vi tảo cao hơn ở 30°C so với 35°C , nhưng nồng độ nitơ dường như không ảnh hưởng đến lượng protein, lipid hoặc phenol. Ở 30°C , có thể giảm nồng độ natri nitrat trong môi trường nuôi cấy Zarrouk⁽¹⁶⁾ mà không làm giảm năng suất, từ đó giúp tiết kiệm chi phí khi canh tác quy mô lớn.

⁽¹⁶⁾ Môi trường dinh dưỡng lí tưởng cho sự sinh trưởng và phát triển của Tảo xoắn, được sử dụng rộng rãi trong phòng thí nghiệm cũng như công nghiệp.

- Cacbon:

Cacbon là nguồn dinh dưỡng thiết yếu để tổng hợp các axit amin, tạo nên protein và các thành phần tế bào khác. Cacbon có thể được vi tảo sử dụng dưới dạng vô cơ hoặc hữu cơ. CO_2 và HCO_3 được vi tảo sử dụng như một nguồn cacbon vô cơ thông qua quá trình quang hợp. Trong gian bào, HCO_3 được chuyển đổi thành CO_2 nhờ enzyme carbonic anhydrase.

- Photpho:

Tảo sử dụng chủ yếu là photpho vô cơ dưới dạng K_2HPO_4 . Đây là một trong những nguồn dinh dưỡng quan trọng trong quá trình xây dựng và tổng hợp các chất trong tế bào. Photpho là thành phần của chất nguyên sinh và nhân tế bào, có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình phân chia tế bào, tính thấm, khả năng hấp thụ dinh dưỡng cũng như khả năng chống

chịu của vi tảo. Ngoài ra, Photpho còn tham gia xây dựng nên ADP, ATP là những hợp chất giàu năng lượng sinh học, ảnh hưởng đến các quá trình sinh học của tảo như hô hấp và quang hợp.

- Khoáng và vi lượng:

Tương tự với các loài sinh vật khác, nguồn dinh dưỡng khoáng và vi lượng đóng vai trò quan trọng trong các quá trình xúc tác, vận chuyển, biến đổi và hình thành các hợp chất cần thiết của tế bào⁽¹⁷⁾.

+ Lưu huỳnh (S): Vi tảo sử dụng hợp chất lưu huỳnh dạng vô cơ SO_4^{2-} . Lưu huỳnh tham gia hình thành một số hợp chất quan trọng ảnh hưởng lên quá trình sinh trưởng, quá trình trao đổi chất và hoạt động sinh lí. Trong các phân tử protein, lưu huỳnh tạo nên các liên kết disunfit (-S-S-) bảo đảm tính ổn định về cấu trúc của phân tử protein.

⁽¹⁷⁾ Hoàng Minh Tấn và cộng sự (2006). Giáo trình Sinh lí thực vật. NXB Nông nghiệp, Tr. 240.

+ Canxi (Ca): Tham gia vào hình thành nên màng tế bào, có vai trò trong việc hình thành nhiễm sắc thể và quá trình phân chia tế bào.

+ Magie (Mg): Có vai trò quan trọng trong trao đổi chất và hoạt động quang hợp. Mg là thành phần của phân tử diệp lục, quyết định hoạt động quang hợp của tế bào. Mg hoạt hóa cho hàng chục enzyme trong các phản ứng trao đổi gluxit liên quan đến quá trình quang hợp, hô hấp và trao đổi axit nucleic, các phản ứng có liên quan đến ATP. Đặc biệt, hai enzyme rất quan trọng trong quá trình cố định CO_2 là RDP-cacboxylaza và PEP-cacboxylaza được hoạt hóa bởi Mg. Ngoài ra Mg tham gia vào quá trình hình thành thành tế bào, quá trình tổng hợp protein,...

+ Sắt (Fe): Tế bào vi tảo hấp thu sắt dưới dạng Fe^{2+} có vai trò hoạt hóa enzyme. Sắt không tham gia vào thành phần của

diệp lục, nhưng lại có ảnh hưởng quyết định đến sự tổng hợp diệp lục trong tế bào. Hàm lượng Sắt trong tế bào có quan hệ mật thiết đến hàm lượng diệp lục.

+ Mangan (Mn): Đây là nguyên tố vi lượng tham gia vào hoạt hóa rất nhiều enzyme của chu trình Krebs, sự khử nitrat và quang hợp. Do đó Mangan ảnh hưởng đến các quá trình sinh lí quan trọng như quang hợp, hô hấp và dinh dưỡng nitơ của tế bào.

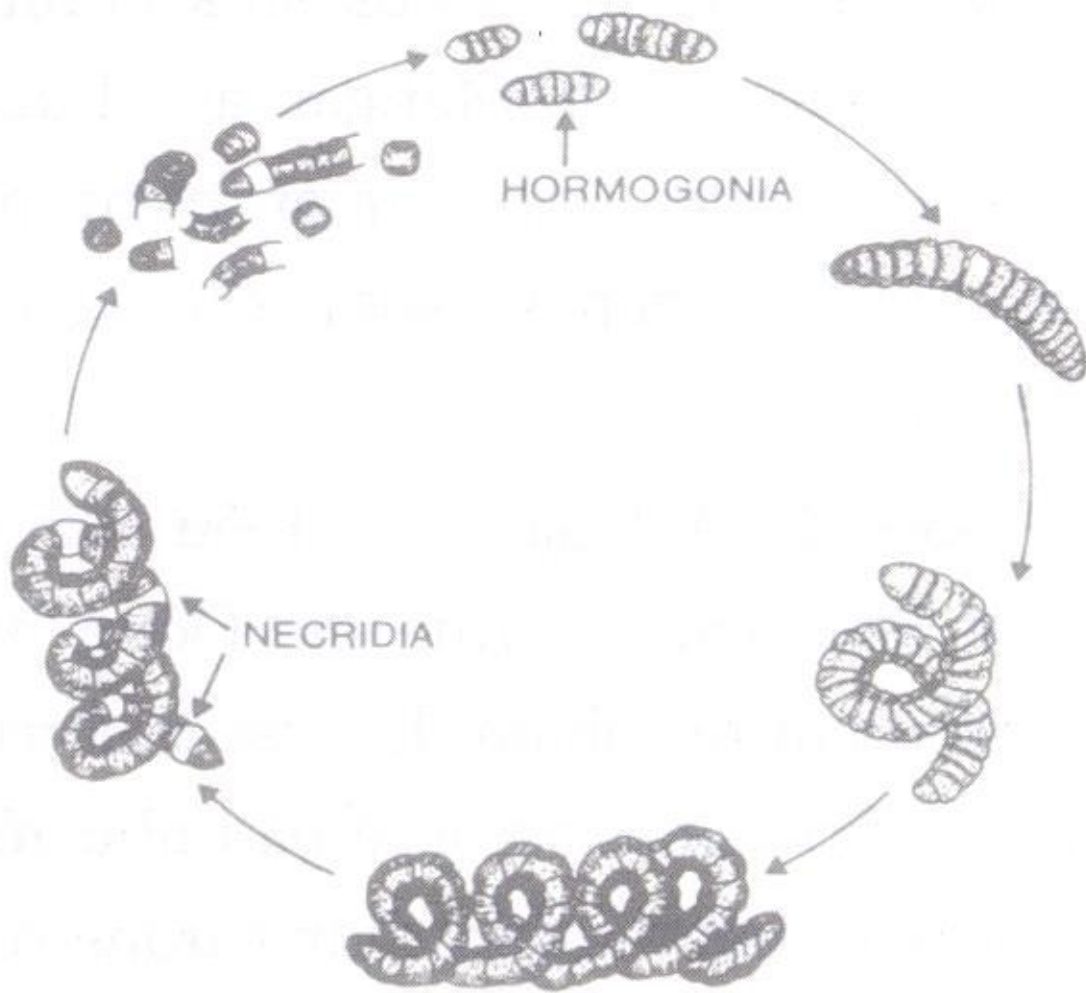
+ Đồng (Cu): Hoạt hóa nhiều enzyme oxi hóa khử, các enzyme mà Đồng hoạt hóa liên quan rất nhiều đến các quá trình sinh lí và hóa sinh trong tế bào như tổng hợp protein, axit nucleic, dinh dưỡng nitơ, hoạt động quang hợp.

+ Kẽm (Zn): Tham gia hoạt hóa khoảng 70 enzyme liên quan đến nhiều quá trình biến đổi chất và hoạt động sinh lí như quá trình dinh dưỡng photpho,

tổng hợp protein... nên ảnh hưởng nhiều đến quá trình sinh trưởng của tế bào.

Sinh sản:

Vòng đời của Tảo xoắn được nuôi cấy trong phòng thí nghiệm khá đơn giản⁽¹⁸⁾, thể hiện ở Hình 9.



Hình 9. Vòng đời của Tảo xoắn:

(a) hormogonia: tảo đoạn;

(b) Necridia: hoại tảo

⁽¹⁸⁾ Ciferri, O. (1983). Spirulina, the edible microorganism. Microbiological reviews, 47(4), 551.

Tảo xoắn sinh sản theo hình thức vô tính là phân chia tế bào. Từ một sợi đa bào ban đầu phân chia tạo ra các sợi đa bào mới thông qua hình thành các tế bào chuyên biệt được gọi là hoại bào (necridia)⁽¹⁹⁾. Từ đó phân chia ra các chuỗi tế bào ngắn hơn (từ 2 - 4 tế bào) được gọi là tảo đoạn (hormogonia). Mỗi tảo đoạn, các các hoại bào ở hai đầu sẽ dần mất đi, các tế bào liền kề sẽ trở nên tròn hơn và hình thành vách tế bào mỏng. Trong thời kì sinh sản, tảo có màu xanh nhạt, tế bào chất ít hạt hơn. Trong quá trình sinh sản, khi gặp điều kiện không thuận lợi, Tảo xoắn cũng hình thành bào tử bảo vệ giống như vi khuẩn, được gọi là bào tử màng dày (akinetete). Bào tử màng dày được hình thành từ những tế bào dinh dưỡng, tích lũy nhiều chất dự trữ, bọc màng dày ở phía ngoài và khi gặp điều kiện thuận lợi

⁽¹⁹⁾ Vách tế bào ở hai đầu của mỗi tế bào hoại tử dần hẹp lại và hóa nhầy.

bào tử chui ra khỏi màng, nảy mầm thành tảo mới.

Tóm lại, có thể nói tảo xoắn là một trong những nhóm tảo được giới khoa học nghiên cứu kỹ nhất về những đặc điểm sinh học, đặc điểm tiến hóa cũng như những ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Tuy nhiên, những hiểu biết về tảo xoắn và những lợi ích tiềm năng mà tảo xoắn mang lại vẫn còn khá mới mẻ, chưa được phổ cập rộng rãi đến những người tiêu dùng hay thậm chí là những người trực tiếp tham gia sản xuất.

Giá trị dinh dưỡng



Liên hợp quốc công nhận Tảo xoắn là thực phẩm tốt nhất cho tương lai; Tổ chức y tế thế giới mô tả Tảo xoắn là sản phẩm tốt nhất cho sức khỏe con người; UNESCO gọi Tảo xoắn là nguồn thực phẩm lí tưởng; NASA và ESA xem Tảo xoắn là nguồn thực phẩm thích hợp có thể được sử dụng cho các phi hành gia trong những chuyến du hành không gian; FDA chứng nhận Tảo xoắn là một trong những nguồn protein tốt nhất. Câu hỏi đặt ra là, Tảo xoắn có những thành phần gì mà các tổ chức uy tín trên đã “ban tặng” những mĩ từ như vậy? Những thông tin dưới đây được tổng hợp từ nhiều nguồn tư liệu khoa học có giá trị sẽ giải đáp cho chúng ta.

Protein (đạm)^{(1) (2)}

Hàm lượng protein của tảo xoắn dao động từ 50% đến 70% trọng lượng khô. Đây được xem là cao nhất so với các thực phẩm thông thường như thịt động vật và cá hàm lượng protein dao động từ 15-25%; đậu nành (35%), đậu phộng (25%), trứng (12%), ngũ cốc (8-14%), sữa nguyên chất (3%).

Protein từ Tảo xoắn được đánh giá là hoàn hảo, vì chúng bao gồm đầy đủ các axit amin thiết yếu, chiếm đến 47% tổng lượng protein và hàm lượng của các axit amin đều đạt hoặc xấp xỉ mức lí tưởng mà

(1) Falquet, J., & Humi, J. P. (1997). The nutritional aspects of Spirulina. Antenna Foundation. Available online at: https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/03/Aspect_Nut_UK.pdf.

(2) Habib, M. A. B. (2008). Review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and agriculture organization of the United Nations.

Tổ chức Nông Lương thế giới (FAO) đưa ra. Các axit amin chứa lưu huỳnh như methionine và cysteine có trong Tào xoắn với hàm lượng thấp nhất trong số các axit amin khác, nhưng cũng đã đạt 80% so với mức lí tưởng.

Với số lượng và hàm lượng các axit amin như vậy, giá trị sinh học của protein trong tào xoắn là rất cao. Có thể tối ưu sản phẩm từ tào bằng cách kết hợp bổ sung một nguồn giàu axit amin chứa lưu huỳnh như gạo, lúa mì và hạt kê, hoặc một số loại hạt có dầu như vừng. Phương thức này đã được các cộng đồng dân cư quanh hồ Chad⁽³⁾ áp dụng từ lâu đời, họ ăn tào xoắn cùng với hạt kê đặc biệt giàu methionine và cysteine.

⁽³⁾ Hồ Chad: hồ tự nhiên ở Châu Phi có điều kiện môi trường thích hợp cho tào xoắn chiếm ưu thế.

Việc hấp thụ các protein hiệu quả hay không phụ thuộc vào khả năng tiêu hóa protein. Không giống như các nguồn thực phẩm khác, tế bào Tảo xoắn không có thành xenlulozo, thay vào đó là một lớp vỏ murein tương đối mỏng. Do đó khả năng con người hấp thụ protein từ tảo là rất cao, đạt đến 83-90% đối với tảo khô và 95,1% đối với tảo tươi đã qua xử lý làm sạch. Chính vì vậy, Tảo xoắn không cần nấu chín hoặc xử lý để tăng sự khả dụng của protein. Khả năng tiêu hóa protein dễ dàng có ý nghĩa đặc biệt đối với những người mắc chứng khó hấp thụ và nhất là trẻ em suy dinh dưỡng. Đây là một ưu điểm đáng quan tâm không chỉ đối với người tiêu thụ mà còn cho cả nhà sản xuất.

Lipid (chất béo)⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾

Hàm lượng lipid tổng số trong Tảo xoắn từ 5,6 đến 7% trọng lượng khô. Một số nghiên cứu khác thì khẳng định hàm lượng lipid có thể lên đến 11% tùy thuộc vào phương pháp chiết xuất.

Chất béo thiết yếu (axit béo không bão hòa) trong Tảo xoắn chiếm khoảng 1,3 - 15% tổng số lipid. Tuy nhiên, một số nghiên cứu phát hiện rằng, tỉ lệ này có thể lên đến 25 đến 60% tùy chủng. Nhu cầu axit béo thiết yếu là khoảng 1-2% năng lượng tiêu thụ đối với người lớn và 3% đối với trẻ em bởi lượng lipid thiết yếu này có ảnh hưởng đến hệ thống miễn

⁽⁴⁾ Falquet, J., & Hurni, J. P. (1997). The nutritional aspects of Spirulina. Antenna Foundation. Available online at: https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/03/Aspect_Nut_UK.pdf

⁽⁵⁾ Habib, M. A. B. (2008). Review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and agriculture organization of the United Nations.

dịch. Các axit béo quan trọng mà Tảo xoắn cung cấp là axit gamma-linolenic (chỉ có nhiều trong sữa mẹ và dầu thực vật), axit linoleic (một loại omega-6), axit palmitic.

Một loại sulfolipid đáng chú ý là sulfoquinovosyl diglycerides - hiện đang là đối tượng được quan tâm nhờ vào đặc tính bảo vệ, chống lại sự xâm nhập của virus HIV vào tế bào T-helper. Bên cạnh đó, Tảo xoắn còn chứa các lipid có giá trị như sterol, terpenes, paraffins. Do đó, Tảo xoắn đã được khuyến cáo như một loại thực phẩm bổ sung trong các trường hợp thiếu axit béo thiết yếu.

Carbohydrate⁽⁶⁾

Nhìn chung, carbohydrate chiếm 15-25% trọng lượng khô Tảo xoắn. Trong

⁽⁶⁾ Falquet, J., & Hurni, J. P. (1997). The nutritional aspects of Spirulina. Antenna Foundation. Available online at: https://www.antenna.ch/wpcontent/uploads/2017/03/Aspect_Nut_UK.pdf

đó, đường đa chiếm phần lớn, đường đơn như glucose, fructose và sucrose chỉ chiếm lượng nhỏ. Carbohydrate đáng quan tâm nhất là meso-inositol phosphate. Đây là một nguồn cung cấp dồi dào photpho hữu cơ và inositol (350-850 mg/kg chất khô). Hàm lượng inositol này gấp khoảng tám lần so với thịt bò và vài trăm lần so với các loại rau quả được xem là giàu inositol. Inositol đóng vai trò cấu trúc trong cơ thể như là một thành phần chính của màng tế bào. Ngoài ra, nó cũng ảnh hưởng đến hoạt động của hormone kiểm soát lượng đường huyết insulin và ảnh hưởng đến sức khỏe tâm thần thông qua những tác động đến các chất hóa học truyền thông tin trong não, chẳng hạn như serotonin và dopamine.

Tương tự trong các sinh vật khác, polysaccharide trong Tảo xoắn đóng vai trò là nguồn cung cấp năng lượng cho cơ

thể. Điều đặc biệt là chúng còn được cho là có tác dụng kích thích cơ chế sửa chữa DNA và tăng cường, điều hòa miễn dịch.

Vitamin ⁽⁷⁾ ⁽⁸⁾ ⁽⁹⁾

Vitamin đóng vai trò quan trọng đối với sự trao đổi chất, phát triển và bảo vệ tế bào. Chỉ riêng vitamin D là được tổng hợp bởi da, còn lại hầu hết các loại vitamin khác đều phải được cung cấp thông qua chế độ ăn uống. Tảo xoắn chứa nhiều loại vitamin, với 2 vitamin nổi bật là tiền vitamin A (β -carotene) và

⁽⁷⁾ Falquet, J., & Humi, J. P. (1997). The nutritional aspects of Spirulina. Antenna Foundation. Available online at: https://www.antenna.ch/wpcontent/uploads/2017/03/Aspect_Nut_UK.pdf.

⁽⁸⁾ Habib, M. A. B. (2008). Review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and agriculture organization of the United Nations.

⁽⁹⁾ Salmeán, G. G., Castillo, L. H. F., & Chamorro-Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (Arthrospira). *Nutrición hospitalaria: Organo oficial de la Sociedad española de nutrición parenteral y enteral*, 32(1), 34-40.

vitamin B12. Ngoài ra, trong tảo xoắn còn có các vitamin B1, B2, B6, K, E với hàm lượng nằm trong top đầu.

Tiền chất vitamin A - β -carotene:

β -carotene chiếm 80% lượng carotenoid có trong Tảo xoắn, phần còn lại chủ yếu bao gồm phytoxanthin và cryptoxanthin. Mỗi kg Tảo xoắn khô chứa từ 700 đến 1700 mg β -carotene và khoảng 100mg cryptoxanthin, cao hơn gấp 10 lần so với cà rốt. Hai loại carotenoid này được động vật có vú chuyển đổi thành vitamin A. Đối với người lớn, nhu cầu vitamin A ước tính khoảng dưới 1mg mỗi ngày, tức khoảng 1-2g tảo xoắn là đủ để cung cấp. Trên thực tế, vitamin A có thể gây độc khi tích lũy với nồng độ cao trong cơ thể, nhưng vitamin A từ Tảo xoắn có thể được xem là an toàn, bởi vì Tảo xoắn không chứa retinol (vitamin A tự do), cơ thể chỉ chuyển đổi β -carotene thành vitamin A khi cần thiết.

Một nghiên cứu được thực hiện trên 5.000 trẻ em trước tuổi đến trường ở Ấn Độ cho thấy rằng, bổ sung 1 gam Tảo xoắn mỗi ngày có hiệu quả đáng ngạc nhiên trong việc chống lại chứng thiếu vitamin A mãn tính. Sau 5 tháng, tỉ lệ trẻ em bị thiếu vitamin A nghiêm trọng⁽¹⁰⁾, đã giảm từ 80% xuống còn 10%. Nghiên cứu này dường như chứng minh rằng, ngay cả liều lượng rất thấp của Tảo xoắn cũng đủ để giảm đáng kể nguy cơ mù lòa và tổn thương thần kinh do thiếu vitamin A ở trẻ em.

Vitamin B12:

Hàm lượng vitamin B12 (cobalamin) trong Tảo xoắn là rất giá trị vì loại vitamin này cho đến nay rất khó tìm trong chế độ ăn không thịt⁽¹¹⁾. Vitamin B12 là nguồn dinh dưỡng cần thiết cho

⁽¹⁰⁾ Đã có đốm Bitot trên kết mạc mắt.

⁽¹¹⁾ Thông thường thực vật không có loại này.

sự phát triển của các tế bào hồng cầu, đặc biệt là trong tủy xương và hệ thần kinh. Tảo xoắn giàu vitamin B12 nên từ lâu đã được xem là một nguồn cung thay thế thịt tốt nhất đối với những người ăn chay. Tuy nhiên, trên thực tế hiện nay vẫn có những tranh luận về chất này vì một số nhà nghiên cứu khẳng định rằng đến khoảng 80% hàm lượng được gọi là vitamin B12 thực chất chính là pseudo-vitamin. Đó là một dạng giả vitamin mà cơ thể con người không thể hấp thụ.

Khoáng chất⁽¹²⁾ ⁽¹³⁾

Tảo xoắn là một nguồn giàu khoáng chất và các nguyên tố vi lượng cần thiết

(12) Falquet, J., & Hurni, J. P. (1997). The nutritional aspects of Spirulina. Antenna Foundation. Available online at: https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/03/Aspect_Nut_UK.pdf.

(13) Habib, M. A. B. (2008). Review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and agriculture organization of the United nations.

cho hoạt động của hệ thống enzyme và nhiều chức năng sinh lí khác, tốt cho sự phát triển của cơ thể. Các khoáng chất đáng chú ý trong táo gồm: sắt, canxi, photpho và kali.

Sắt là khoáng chất rất cần thiết đối với phụ nữ, trẻ em và người già. Phụ nữ đang mang thai hoặc đang trong chế độ ăn kiêng giảm cân thường không tiếp nhận đủ chất sắt và có thể bị thiếu máu. Sắt rất cần thiết để nuôi dưỡng các tế bào hồng cầu và hệ thống miễn dịch khỏe mạnh. Ngũ cốc nguyên hạt được cho là một trong những nguồn cung cấp sắt tốt nhất, chỉ chứa 150-250mg/kg trong khi Táo xoắn chứa đến hơn 800mg/kg. Ngoài ra, sự khả dụng sinh học của sắt trong Táo xoắn cũng cao hơn trong ngũ cốc vì ngũ cốc rất giàu axit phytic và polyme photphat, làm hạn chế đáng kể sự hấp thụ sắt của cơ thể.

Canxi và photpho có trong Táo xoắn với hàm lượng tương đương với

hàm lượng có trong sữa. Ưu điểm so với sữa là canxi và photpho có trong Tảo xoắn với tỉ lệ cân bằng, giúp loại trừ nguy cơ vôi hóa xương (decalcification) do dư thừa photpho.

Hợp chất thực vật (Phytochemicals)⁽¹⁴⁾ ⁽¹⁵⁾

Tảo xoắn chứa nhiều sắc tố bao gồm chlorophyll a, xanthophyll, beta-carotene, echinenone, myxoxanthophyll, zeaxanthin, canthaxanthin, diatoxanthin, 3-hydroxyechinenone, beta-cryptoxanthin, oscillaxanthin, và phycobiliprotein (c-phycocyanin, allophycocyanin, phycoerythrin). Các chất này có chức năng chống lão hóa tế bào, tăng cường hệ miễn dịch, chống ung thư, ức chế virus, bảo vệ hệ tim mạch. Đây cũng là những giá trị khác biệt của Tảo xoắn so với các loại

⁽¹⁴⁾ Capelli, B., & Cysewski, G. R. (2010). Potential health benefits of spirulina microalgae. *Nutrafoods*, 9(2), 19-26.

⁽¹⁵⁾ Habib, M. A. B. (2008). Review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and agriculture organization of the United Nations.

thực phẩm thiên nhiên khác. Bên cạnh đó, Tảo xoắn chứa một số loại enzyme, điển hình như superoxide effutase (SOD) có vai trò trong việc phá hủy các gốc tự do và làm chậm quá trình lão hóa (chi tiết trong phần Bảo vệ sức khỏe).

Một hợp chất đặc trưng của Tảo xoắn đang thu hút sự quan tâm của rất nhiều nhà khoa học trên thế giới là C-phycoyanin với những công dụng nổi bật, đặc biệt là dược tính. Phycocyanin là một sắc tố có thể hòa tan trong nước, chỉ có ở nhóm vi khuẩn lam, mang đặc tính chống oxi hóa mạnh, giúp tăng cường hệ miễn dịch và khả năng chống virus. Kết quả từ những nghiên cứu gần đây đã cho thấy tiềm năng ứng dụng phycocyanin trong việc hỗ trợ điều trị bệnh, điển hình như:

- Giảm 49% sự gia tăng của tế bào gây bệnh bạch niêm sản;

- Giảm 50% sự gia tăng của các dòng tế bào gây ung thư gan;

- Giảm đáng kể tế bào HeLa⁽¹⁶⁾ trong ống nghiệm.

Kết hợp cùng với selen, phycocyanin là một chất có tác dụng mạnh trong việc chống sự tăng sinh các tế bào ung thư biểu mô tuyến vú ở người.

⁽¹⁶⁾ HeLa là một dòng tế bào được chiết xuất từ các tế bào ung thư cổ tử cung.



Hình 10. Giá trị dinh dưỡng của Tảo xoắn so với các thực phẩm khác

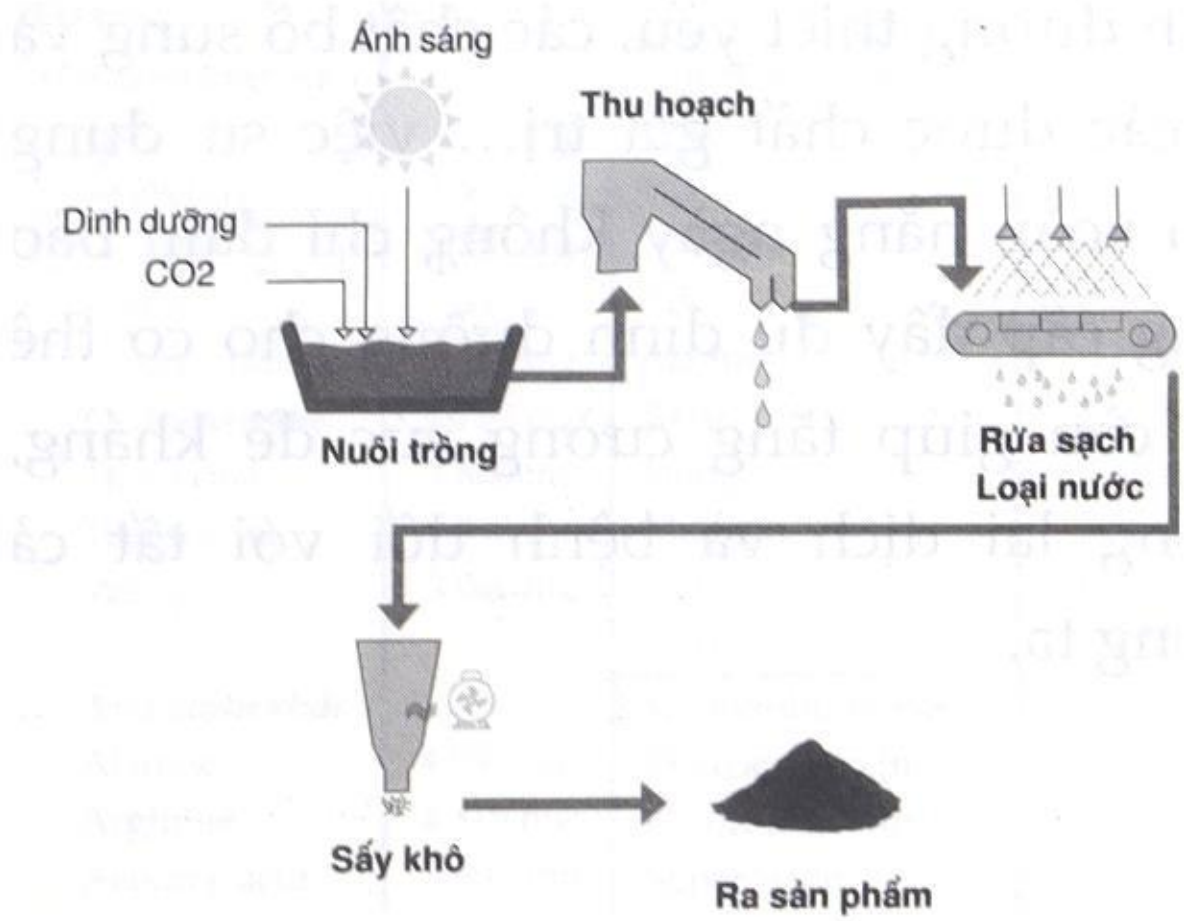
Bảng 2. Hàm lượng dinh dưỡng từ bột Tảo xoắn⁽¹⁷⁾

Thành phần	trong 100g	Thành phần	trong 100g
1. Đa lượng		2. Vitamins	
Calo	373	Vitamin A	352.000 IU
Chất béo tổng số	4,3 g	Vitamin K	1,090 mcg
Cholesterol	<0,1 mg	Vitamin B1	0,5 mg
Tổng carbohydrate	17,8 g	Vitamin B2	4,53 mg
Chất xơ	7,7 g	Vitamin B3	14,9 mg
Đường	1,3 g	Vitamin B6	0,96 mg
Lactose	<0,1 g	Vitamin B12	162 mcg
Protein	63 g		
Axit amin thiết yếu		3. Khoáng chất	
Histidine	1.000 mg	Canxi	468 mg
Isoleucine	3.500 mg	Sắt	87,4 mg
Leucine	5.380 mg	Photpho	961 mg
Lysine	2.960 mg	I-ốt	142 mcg
Methionine	1.170 mg	Magne	319 mg
Phenylalanine	2.750 mg	Kẽm	1,45 mg
Threonine	2.860 mg	Đồng	0,47 mg
Tryptophan	1.090 mg	Mangan	3,26 mg
Valine	3.940 mg	Kali	1.660 mg
		Natri	641 mg
Axit amin khác		4. Phytonutrients	
Alanine	4.590 mg	Phycocyanin (tb)	17,2%
Arginine	4.310 mg	Chlorophyll (tb)	1,2%
Aspartic acid	5.990 mg	Superoxide	531.000 IU
Cystine	590 mg	dismutase	1.080 mg
Glutamic acid	9.130 mg	Gamma linolenic acid	504 mg
Glycine	3.130 mg	Total carotenoids (tb)	211 mg
Proline	2.380 mg	β-carotene (tb)	101 mg
Serine	2.760 mg	Zeaxanthin	
Tyrosine	2.500 mg		

⁽¹⁷⁾ Gershwin, M. E., & Belay, A. (Eds.). (2007). *Spirulina in human nutrition and health*. CRC press.

Tóm lại, Tảo xoắn được xem là một nguồn thực phẩm thay thế giàu tiềm năng cho tương lai, trước bối cảnh thế giới đối mặt với “bài toán” an ninh lương thực, dân số tăng nhanh, khí hậu biến đổi, môi trường ô nhiễm... (chi tiết ở phần Bảo vệ Trái Đất). Với hàm lượng cao các chất dinh dưỡng thiết yếu, các chất bổ sung và cả các dược chất giá trị... việc sử dụng Tảo xoắn hằng ngày không chỉ đảm bảo cung cấp đầy đủ dinh dưỡng cho cơ thể mà còn giúp tăng cường sức đề kháng, chống lại dịch và bệnh đối với tất cả chúng ta.

Sản xuất



Thực phẩm từ tảo xoắn lần đầu tiên được khám phá bởi nhà khoa học người Tây Ban Nha là Hernando Cortez vào năm 1519 khi ông quan sát thấy trên bàn ăn của người Aztec sống gần hồ Texcoco ở thung lũng Mexico có 01 loại bánh màu xanh. Từ hàng trăm năm trước, người dân ở xứ này đã khai thác và sử dụng tảo như một nguồn thực phẩm chính. Tuy nhiên mãi đến khi Pierre Dangeard (1940) phát hiện ra những lợi ích cho sức khỏe mà Tảo xoắn mang lại cũng như các kết quả nghiên cứu của Jean Leonard (1964) được công bố, thì Tảo xoắn mới bắt đầu được chú ý, nuôi trồng và thương mại hóa. Nhà máy sản xuất chế biến Tảo xoắn đầu tiên trên thế giới là Sosa Texcoco được xây dựng năm 1969 bởi người Pháp ngay gần chính nơi mà Tảo xoắn lần đầu tiên được chú ý.

Đến nay, hàng loạt công dụng đã được khoa học chứng minh, Tảo xoắn đã

và đang được công nhận và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là thực phẩm và dược phẩm. Do đó, nhu cầu sử dụng Tảo xoắn trên thế giới là ngày càng cao. Điều này đã thúc đẩy mạnh mẽ việc khai thác và sản xuất quy mô công nghiệp. Rất nhiều công nghệ, phương pháp khác nhau đã được phát triển để tối ưu hóa sản lượng, chất lượng sản phẩm và lợi ích kinh tế. Phần này sẽ tóm tắt các mô hình nuôi trồng Tảo xoắn nói riêng và tảo nói chung đang phổ biến trên thế giới.

Nuôi trồng trong hệ thống mở

Hệ thống mở có thể chia thành thủy vực tự nhiên (hồ, đầm, ao) và các thủy vực nhân tạo (ao, kênh, bể nuôi nhân tạo). Nuôi trồng và thu hoạch Tảo xoắn tự nhiên hoặc bán tự nhiên đến nay không còn phổ biến như ở thế kỉ trước. Những tiến bộ khoa học kĩ thuật đã cho phép sản xuất sinh khối tảo một cách chủ động hơn.

Từ những năm 1960 đến 1980, nuôi trồng tảo tự nhiên và bán tự nhiên vẫn là mô hình cung cấp chính. Sosa-Texcoco là một trong những tập đoàn tiên phong bước chân vào lĩnh vực này khi thu sinh khối Tảo xoắn từ hồ Texcoco rộng 12 hecta làm sản phẩm thương mại. Tảo được thu hoạch sau chu kì 3 đến 4 ngày⁽¹⁾ lọc, khử trùng và sấy khô. Năm 1973, nhà máy sản xuất sinh khối tảo khô đầu tiên được thành lập, với sản lượng khoảng 150 tấn/năm, sau đó tăng lên đạt 300 tấn/năm trong những năm tiếp theo. Tuy nhiên, đến năm 1995 tập đoàn dừng hoạt động vì lí do lợi nhuận và năng lực kĩ thuật.

Ở Myanmar cũng đã từng có một mô hình sản xuất Tảo xoắn bán tự nhiên tương tự. Bốn hồ núi lửa với sự ưu thế hoàn toàn của Tảo xoắn trong thủy vực đã được nghiên cứu từ năm 1984. Hoạt động

⁽¹⁾ Thời gian để tảo sinh trưởng lại.

sản xuất bắt đầu ở hồ Twin Taung vào năm 1988 và đến năm 1999, sản lượng đạt 100 tấn/năm với 60% được thu hoạch từ hồ tự nhiên và 40% được nuôi trồng trong các ao nhân tạo ngoài trời cạnh hồ. Vào mùa hè⁽²⁾, công nhân dùng thuyền bơi ra giữa hồ và thu từng lớp tảo dày nổi trên mặt nước, lọc rửa nhiều lần. Dịch tảo sau đó được ép thành các sợi như sợi mì và đem sấy khô dưới ánh nắng mặt trời. Sản phẩm sau đó được đưa đến một nhà máy dược phẩm ở Yangon, tiệt trùng và ép thành viên⁽³⁾.

Ở châu Phi, tảo cũng được thu hoạch tự nhiên khá phổ biến, ở quy mô nhỏ hơn, chủ yếu là từ người dân địa phương.

Nuôi trồng và thu hoạch theo mô hình như trên phụ thuộc rất nhiều vào điều

⁽²⁾ Mùa "nở hoa" của tảo.

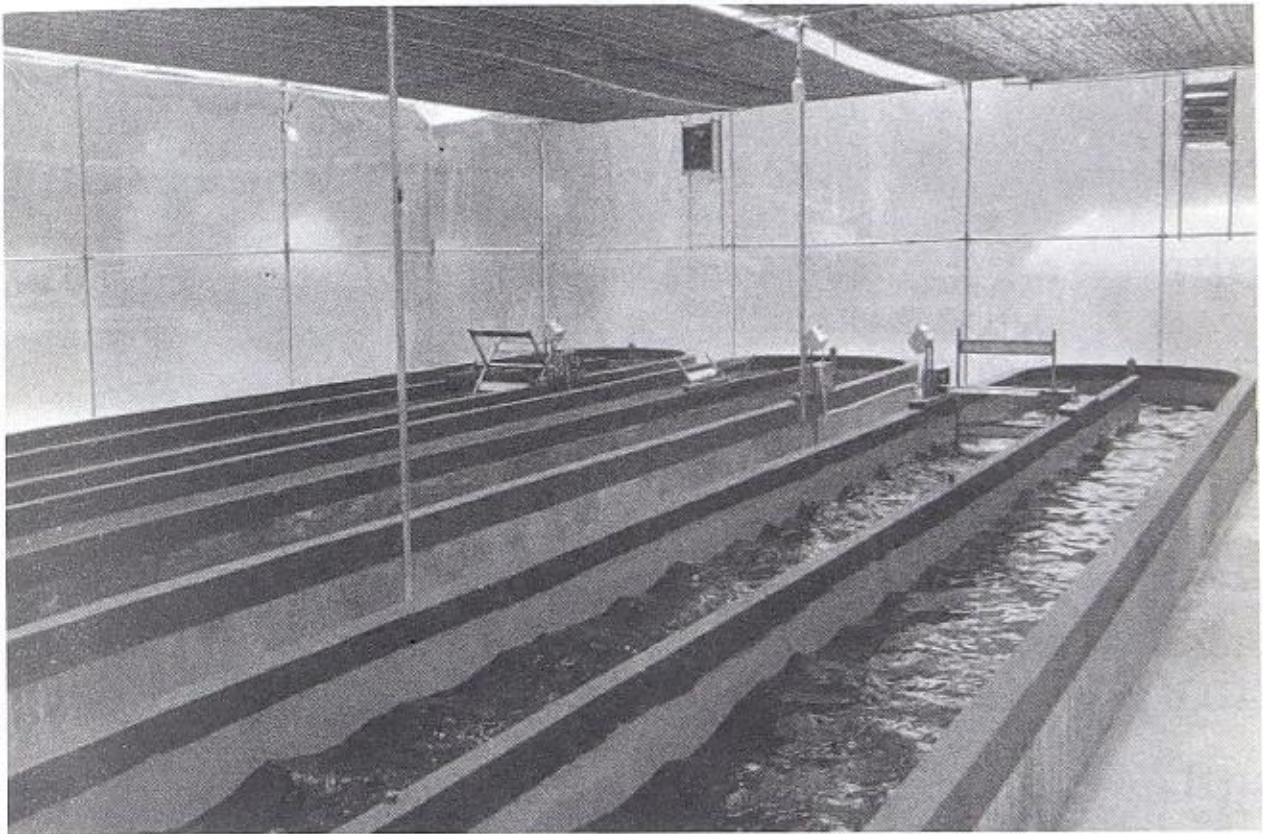
⁽³⁾ Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2017). Spirulina-From growth to nutritional product: A review. Trends in food science & technology, 69, 157-171.

kiện tự nhiên. Sản lượng không cao, chất lượng, độ tinh sạch của sản phẩm không đảm bảo hoàn toàn. Điều đó có thể dẫn đến những rủi ro lớn.

Vào những thập niên cuối của thế kỉ XX, công nghệ nuôi trồng vi tảo mới bắt đầu phát triển. Ban đầu tảo được nuôi trong các bể lớn và nông, đặt ngoài trời, tương tự như môi trường tự nhiên. Mô hình này phần nào tăng được năng suất của tảo, do đã hạn chế được các thành phần bất lợi trong hệ sinh thái tự nhiên, tạo điều kiện tốt hơn cho tảo phát triển. Dinh dưỡng nuôi tảo cũng được kiểm soát và bổ sung dễ dàng hơn. Tuy nhiên, nuôi trồng ngoài trời vẫn bị ảnh hưởng lớn bởi điều kiện khí hậu và môi trường. Đặc biệt là rất dễ bị nhiễm vi sinh vật cũng như động vật ăn tảo, từ đó làm giảm tốc độ sinh trưởng và năng suất sinh khối. Điều này có thể được khắc phục bằng cách trồng tảo trong nhà màng, bảo vệ chúng

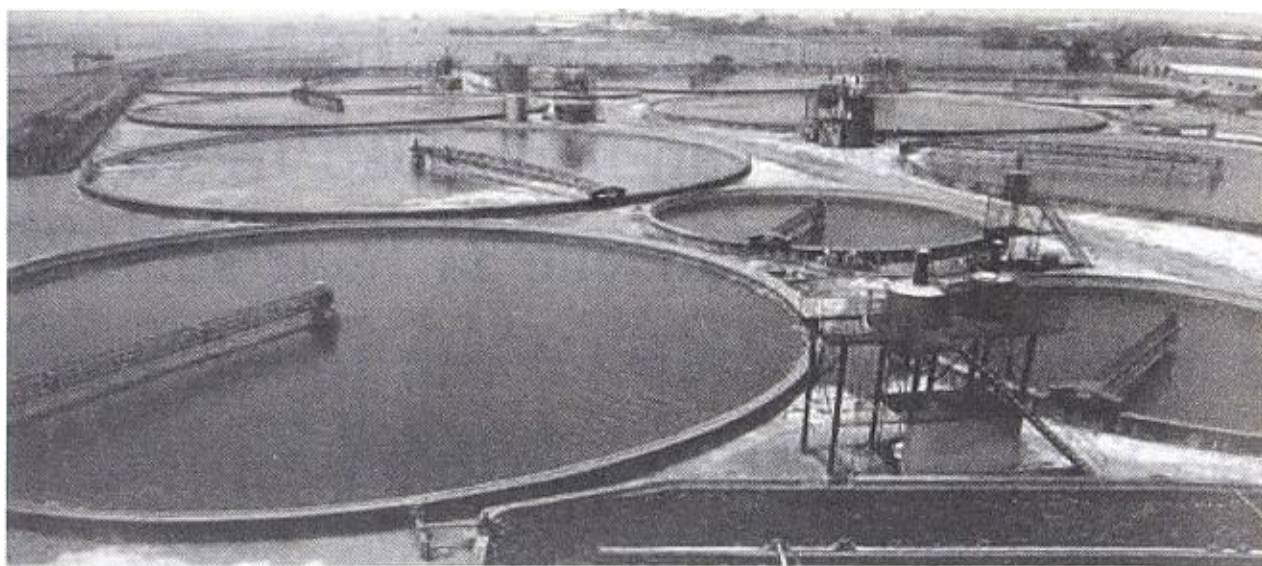
khỏi các tác nhân ô nhiễm trong không khí. Nhà màng được thiết kế nhằm tạo điều kiện môi trường thuận lợi cho tảo phát triển và năng suất thu được có thể cao gấp 10 lần so với khi nuôi ngoài trời. Bên trong nhà màng, độ ẩm, nhiệt độ không khí được điều chỉnh thông qua việc sử dụng quạt thông hơi, hệ phun sương làm mát. Môi trường nước nuôi tảo trong nhà bao gồm các thông số như độ pH, nồng độ dinh dưỡng, vi sinh vật gây hại,... đều được kiểm soát. Đối với các nhà màng hiện đại, các điều kiện vi khí hậu, nước và hệ thống dinh dưỡng được mô phỏng, sử dụng các cảm biến tích hợp để tự động hóa quá trình nuôi, cung cấp chính xác những điều kiện cần thiết nhằm tối ưu hóa sản lượng. Những yếu tố như cung cấp CO₂, quá trình đảo trộn tạo điều kiện thuận lợi thực hiện quá trình quang hợp, sinh trưởng và sinh sản cũng đã được quan tâm điều chỉnh hợp lí.

Tóm lại, ưu điểm của các hệ thống mở là dễ xây dựng, vận hành, bảo trì và chi phí thấp. Điểm hạn chế là hiệu suất sử dụng ánh sáng chưa tối ưu; lượng nước hao hụt do bay hơi; vẫn phải cần nhiều diện tích đất, đặc biệt việc tạp nhiễm vi sinh vật, động vật phù du vẫn chưa thể kiểm soát tuyệt đối.



Hình 11. Mô hình raceway
tại HTX Nông nghiệp Công nghệ cao
Vạn Tường⁽⁴⁾

⁽⁴⁾ Mô hình được tư vấn chuyển giao bởi DN-EBR.



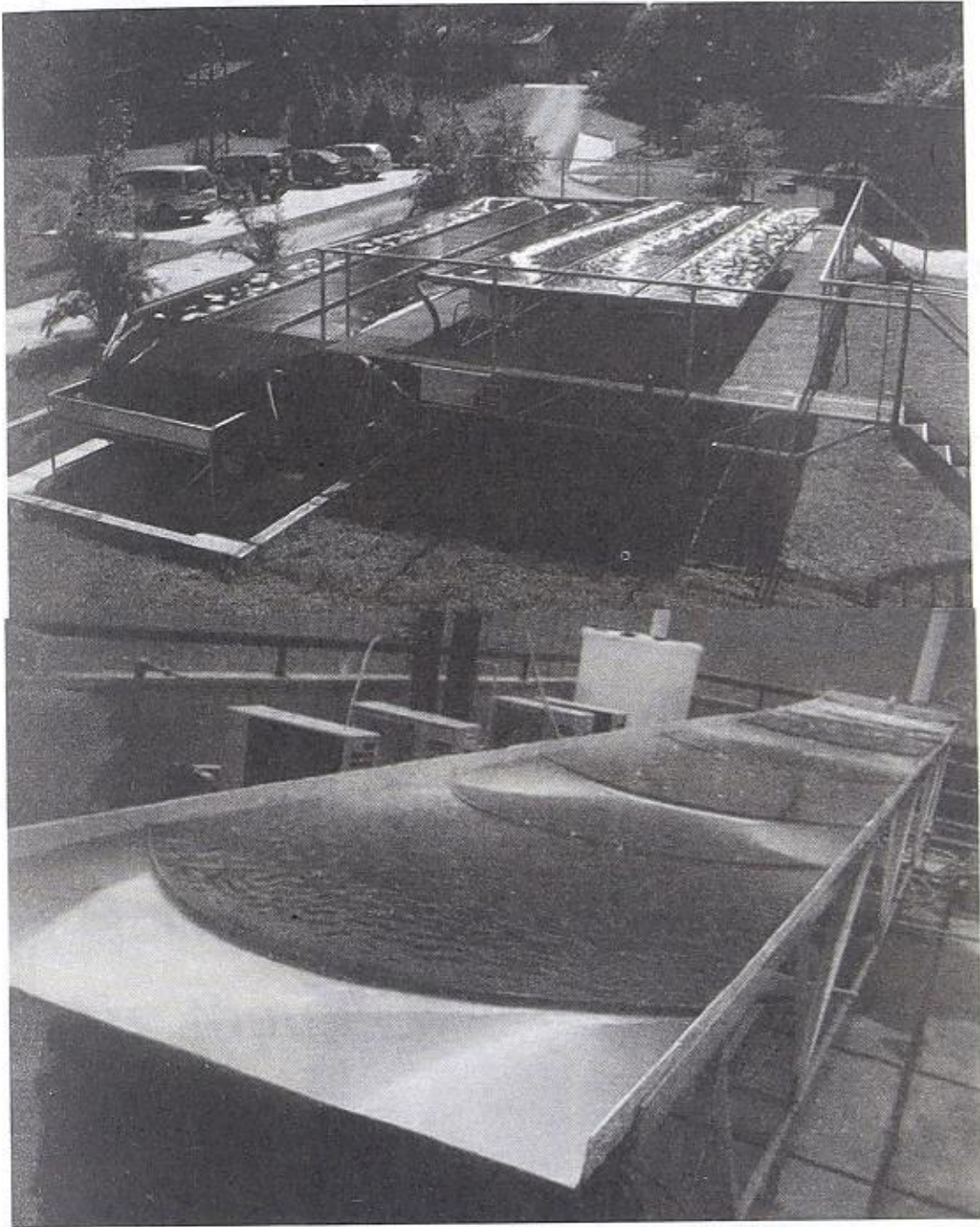
Hình 12. Bể nuôi cấy dạng tròn⁽⁵⁾

Gần đây, để tăng năng suất sinh khối của các hệ thống nuôi mở, các kỹ thuật nuôi mới đã được thử nghiệm và phát triển. Một số mô hình nuôi mở tiềm năng phát triển quy mô công nghiệp trong tương lai có thể kể đến là:

Mô hình chảy tràn màng mỏng: Dung dịch tảo được cho chảy thành lớp màng mỏng tuần hoàn trên một hệ máng nghiêng dưới tác dụng của trọng lực và máy bơm. Với lớp màng thể tích, tảo có thể quang hợp tốt hơn, do nhận được

⁽⁵⁾ Nguồn: Chang, J. S. et al. (2017). Photobioreactors. In Current developments in biotechnology and bioengineering (pp. 313-352). Elsevier.

nhiều ánh sáng hơn, khắc phục được tình trạng tự tạo bóng khi ở trong cột nước, đồng thời sự trao đổi khí giữa lớp nước - khí cũng cao hơn. Nhược điểm là chiếm diện tích lớn và cấu trúc công kênh.

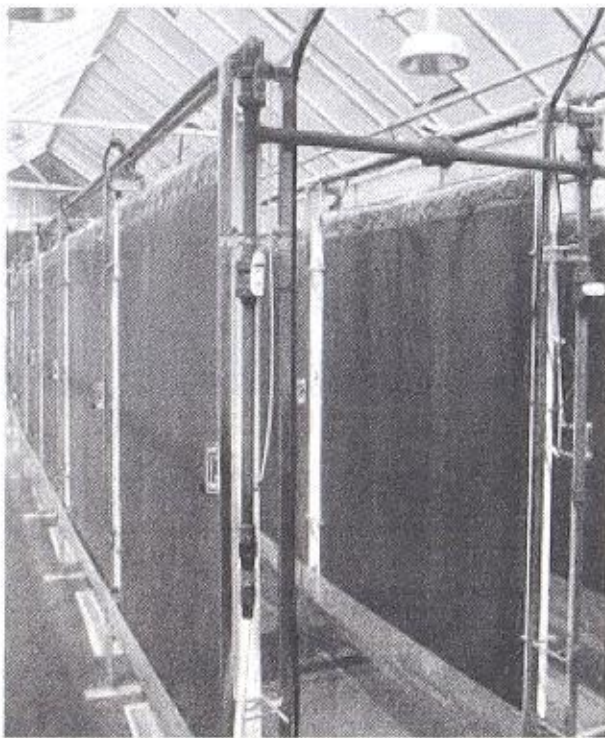


Hình 13. Mô hình chảy tràn màng mỏng^{(6),(7)}

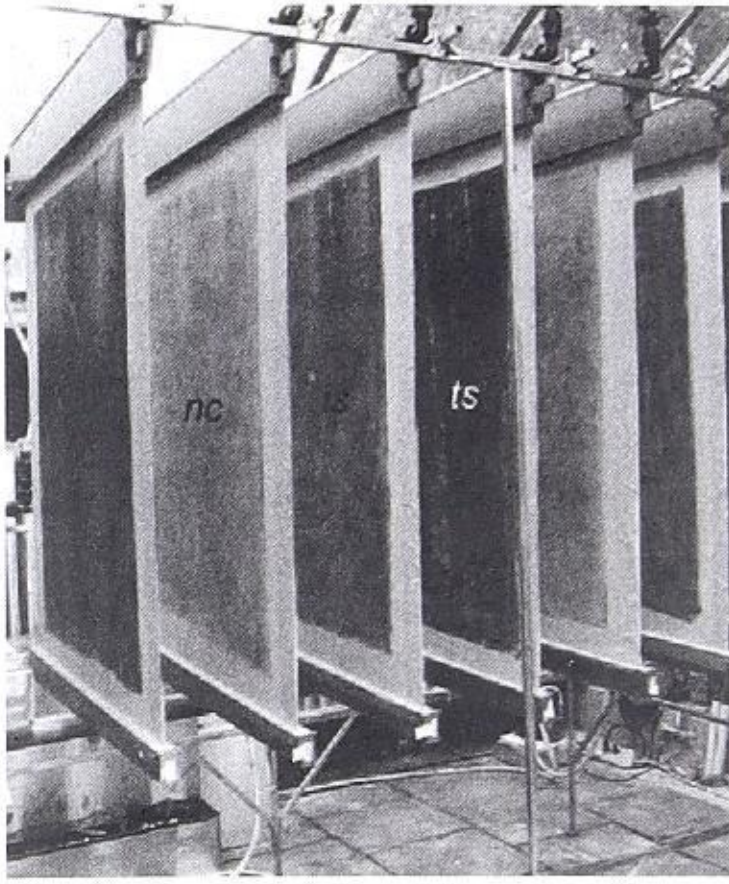
⁽⁶⁾ Nguồn: AlgaTech, Czech.

⁽⁷⁾ GreenTech, Pháp.

Mô hình màng mỏng: Thay vì nuôi tảo trong môi trường lỏng thì được cố định trên một hệ thống màng mỏng nhiều lớp. Dinh dưỡng được đưa đến tảo chủ yếu qua lực thấm hút và sức căng bề mặt của các lớp màng, đảm bảo độ ẩm vừa đủ để tảo sinh trưởng và phát triển. Mô hình này tối ưu hóa sự tiếp xúc với ánh sáng để tăng cường quang hợp, tăng sự trao đổi CO₂ với không khí, hạn chế tích tụ O₂ trong môi trường, tiết kiệm nước và năng lượng vận hành hệ thống. Đặc biệt là rất dễ thu hoạch. Tuy nhiên, nhược điểm của mô hình này là dễ bị nhiễm vi sinh vật; đòi hỏi kĩ thuật cao và vật liệu phù hợp.



(14.a)



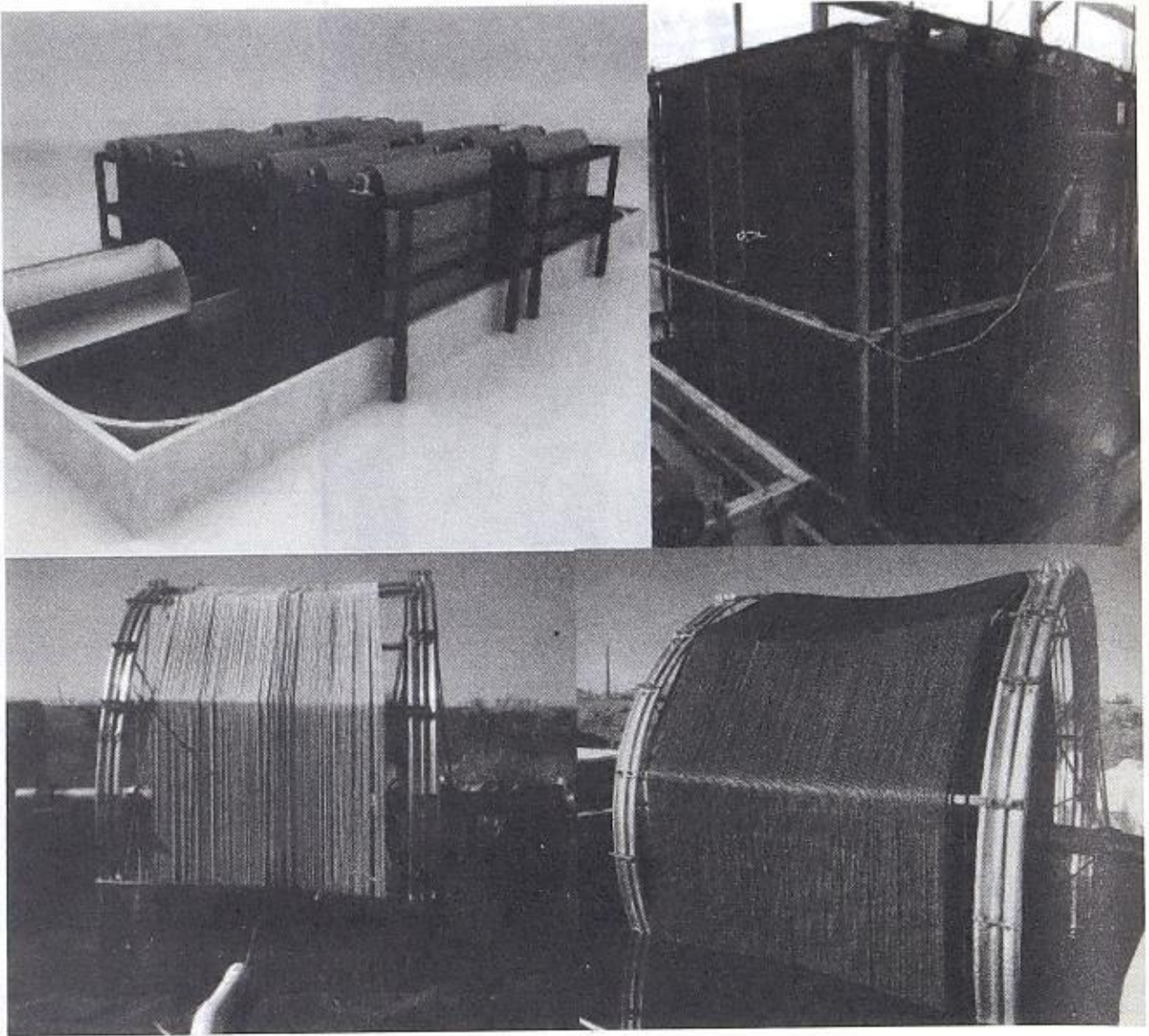
(14.b)

Hình 14. Mô hình màng mỏng^{(8), (9)}

Mô hình kết hợp: Mô hình này được thiết kế nhằm tăng sự tiếp xúc với không khí, đồng thời đảm bảo luôn giữ độ ẩm nhất định bằng cách sử dụng 01 hệ thống màng tảo xoay ngập nước theo chu kì. Mô hình này thường ứng dụng tảo để xử lí nước thải.

⁽⁸⁾ Nguồn: Martín-Girela, I. et al. (2017). *Algal research*, 25, 421-430.

⁽⁹⁾ Nguồn: Naumann, T., Çebi, Z., Podola, B., & Melkonian, M. (2013). Growing microalgae as aquaculture feeds on twin-layers: a novel solid-state photobioreactor. *Journal of applied phycology*, 25(5), 1413-1420.



Hình 15. Mô hình dạng bể kết hợp
màng sinh học⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾

Nuôi trồng trong hệ thống kín

Để khắc phục các nhược điểm của hệ thống nuôi mở, hệ thống nuôi kín (hay còn gọi là photobioreactor - bể phản ứng quang hợp) được phát triển. Trong hệ thống kín, các yếu tố ảnh hưởng đến

⁽¹⁰⁾ Nguồn: Martin Gross, Iowa State University, USA.

⁽¹¹⁾ Nguồn: Paul A. Woolsey, Utah State University, USA.

sự sinh trưởng của tảo như sự cung cấp carbon dioxide, nước, nhiệt độ, cường độ ánh sáng, mật độ nuôi cấy, độ pH, sự trao đổi khí được kiểm soát toàn diện hơn. Điều này cho phép tăng năng suất và hàm lượng dinh dưỡng có trong tảo. Môi trường nuôi kiểm soát tốt hiện tượng nhiễm vi sinh vật cũng như các chất ô nhiễm khác. Cho phép việc tái sử dụng nước và môi trường dinh dưỡng.

Rất nhiều kiểu mô hình nuôi kín đã được phát triển nhằm tối ưu hóa các điều kiện sinh trưởng của tảo, đặc biệt là ánh sáng. Ánh sáng được sử dụng có thể là ánh sáng tự nhiên, ánh sáng nhân tạo hoặc kết hợp cả hai. Các hệ thống được thiết kế, lắp đặt với nhiều kiểu dáng khác nhau, kết hợp sục khí, tạo dòng để tảo có thể tiếp nhận được ánh sáng hiệu quả nhất.

Nhìn chung, mặc dù chi phí đầu tư cho một hệ thống kín là cao hơn nhiều

so với hệ thống mở, nhưng nó cũng mang lại nhiều ưu điểm hơn:

- Kiểm soát vi sinh, động vật phù du và tảo khác.

- Kiểm soát tốt điều kiện nuôi như: pH, nhiệt độ, cường độ ánh sáng, CO₂, dinh dưỡng...

- Giảm lượng nước hao hụt do bay hơi.

- Giảm lượng CO₂ thất thoát.

- Cho phép nuôi với mật độ cao.

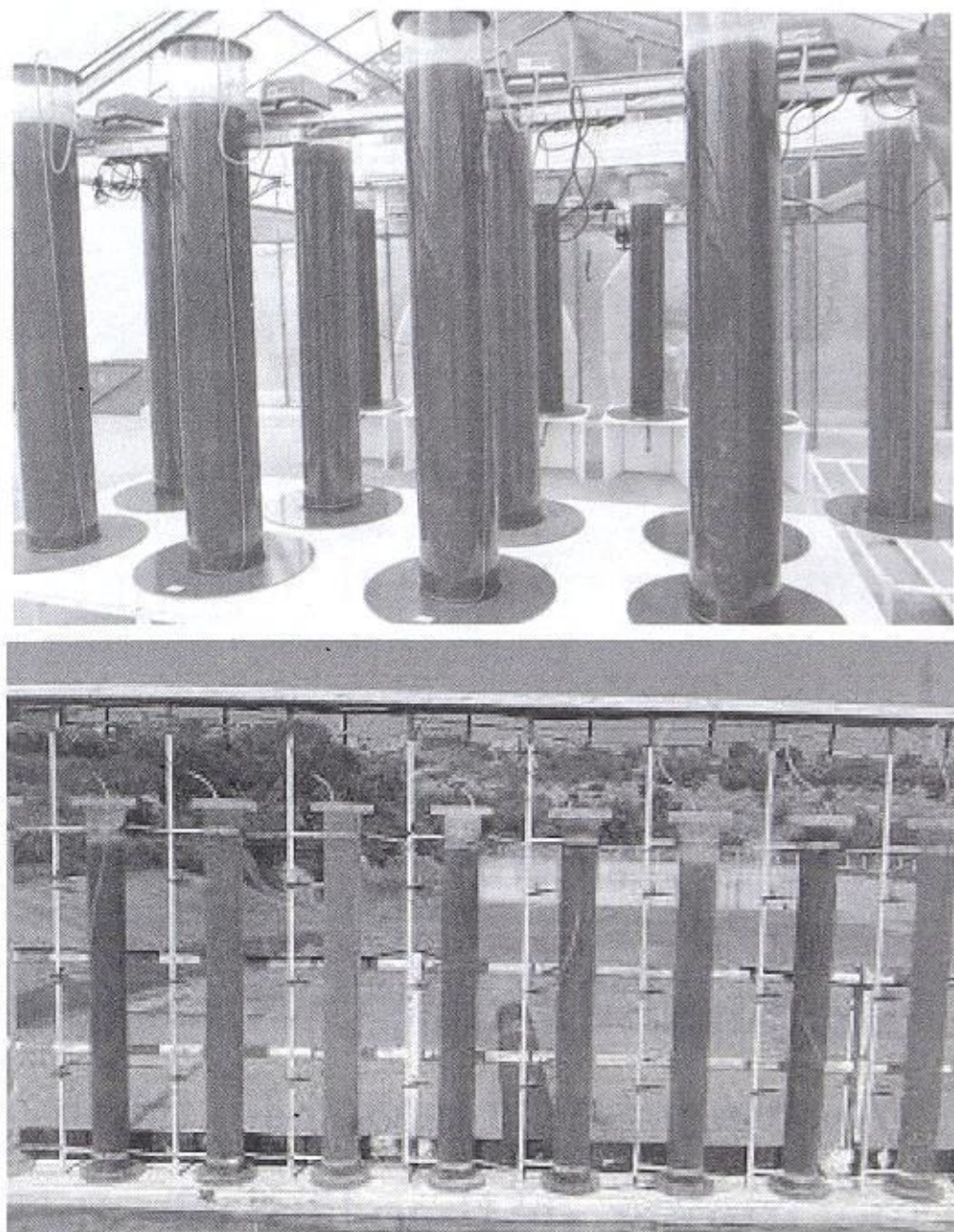
- Tối ưu hóa sự chiếu sáng.

- Có thể tiến hành nuôi trồng quanh năm.

Với mô hình này, năng suất và chất lượng sản phẩm đều ra cao và ổn định. Một số hình ảnh dưới đây mô tả sơ lược một số mô hình hệ thống nuôi kín với các ưu nhược điểm riêng.

Mô hình cột đứng: Bể nuôi có hình trụ đứng, sục khí ở đáy tạo sự khuấy trộn cột

nước và cung cấp CO₂ cho tảo. Đường kính bể thường không quá lớn để tăng bề mặt tiếp xúc của tảo đối với ánh sáng.



Hình 16. Mô hình cột đứng^{(12), (13)}

⁽¹²⁾Nguồn: abire.org.

⁽¹³⁾Nguồn: Di Caprio, F., Visca, A., Altimari, P., Toro, L., Masciocchi, B., Iaquaniello, G., & Pagnanelli, F. (2016). Two stage process of microalgae cultivation for starch and carotenoid production. *Chemical Engineering Transactions*, 49, 415-420.

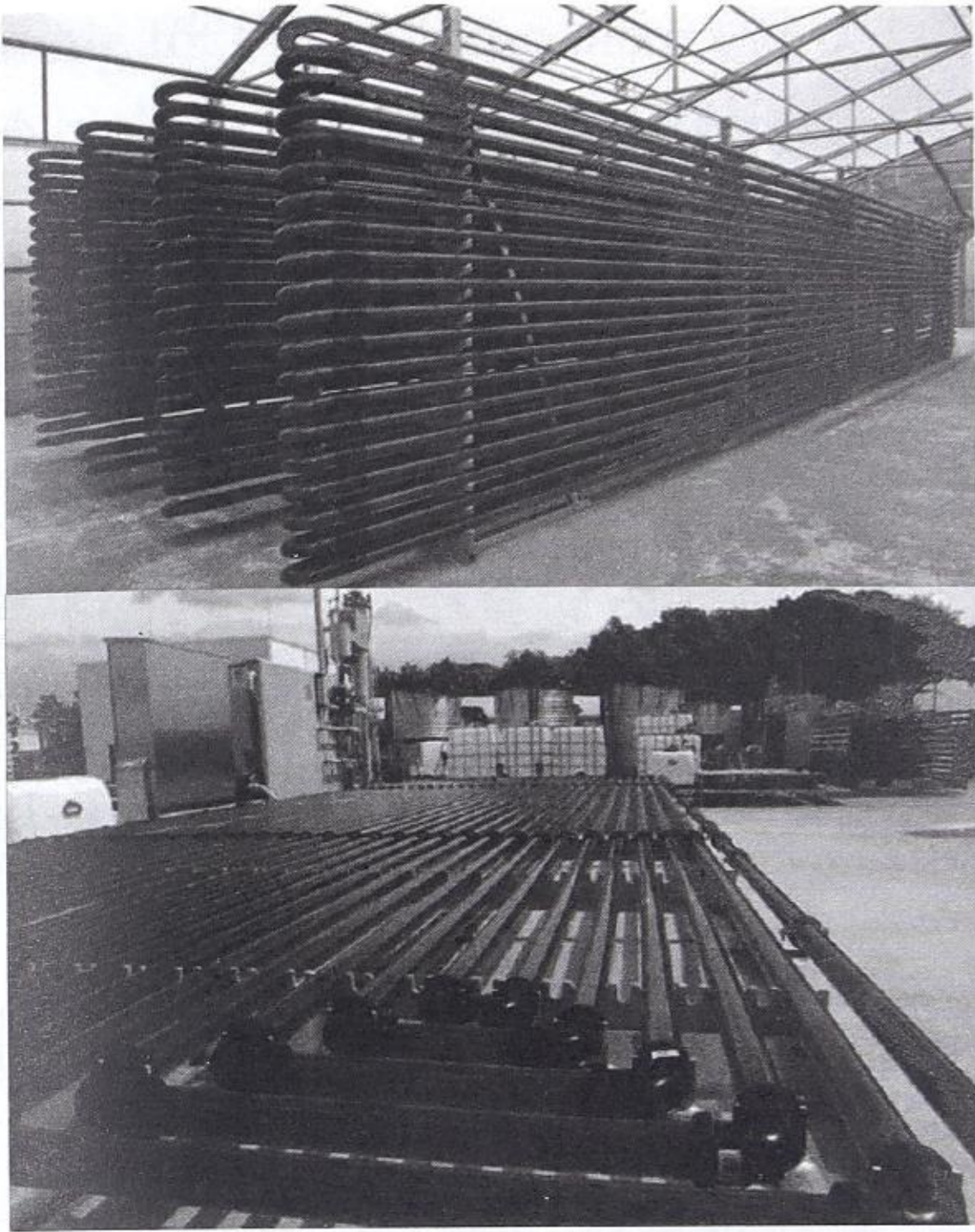
- Ưu điểm: đảo trộn tốt, tiêu thụ ít năng lượng, tiết kiệm diện tích mặt đất, giảm được stress oxi hóa trong môi trường nuôi.

- Nhược điểm: diện tích phơi sáng chưa lớn, đòi hỏi yếu tố kỹ thuật cao, vật liệu bền, lắp đặt phức tạp.

Mô hình ống ngang: Tảo được nuôi tuần hoàn trong một hệ thống ống thông nhau nằm ngang. Các thông số môi trường nuôi được điều chỉnh trong bể trung hòa.

- Ưu điểm: diện tích phơi sáng lớn, phù hợp nuôi ngoài trời, dễ dàng điều chỉnh môi trường, dễ tháo lắp, vận chuyển.

- Nhược điểm: CO₂ phân bố không đều, dễ có hiện tượng stress oxi hóa ở giữa và cuối đường ống do oxi tạo ra bị tích lũy, pH không đồng đều, cần dàn đỡ hỗ trợ.

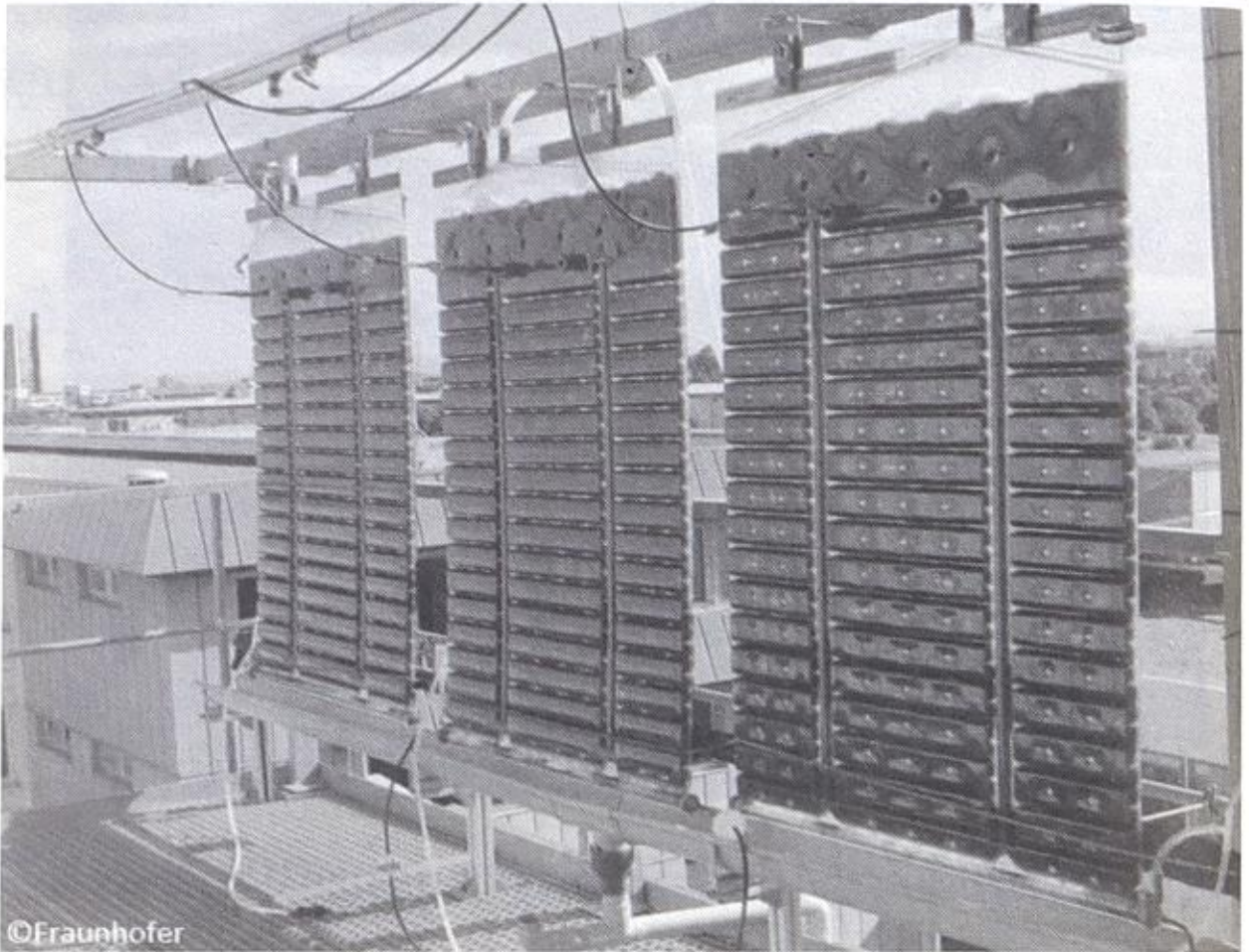
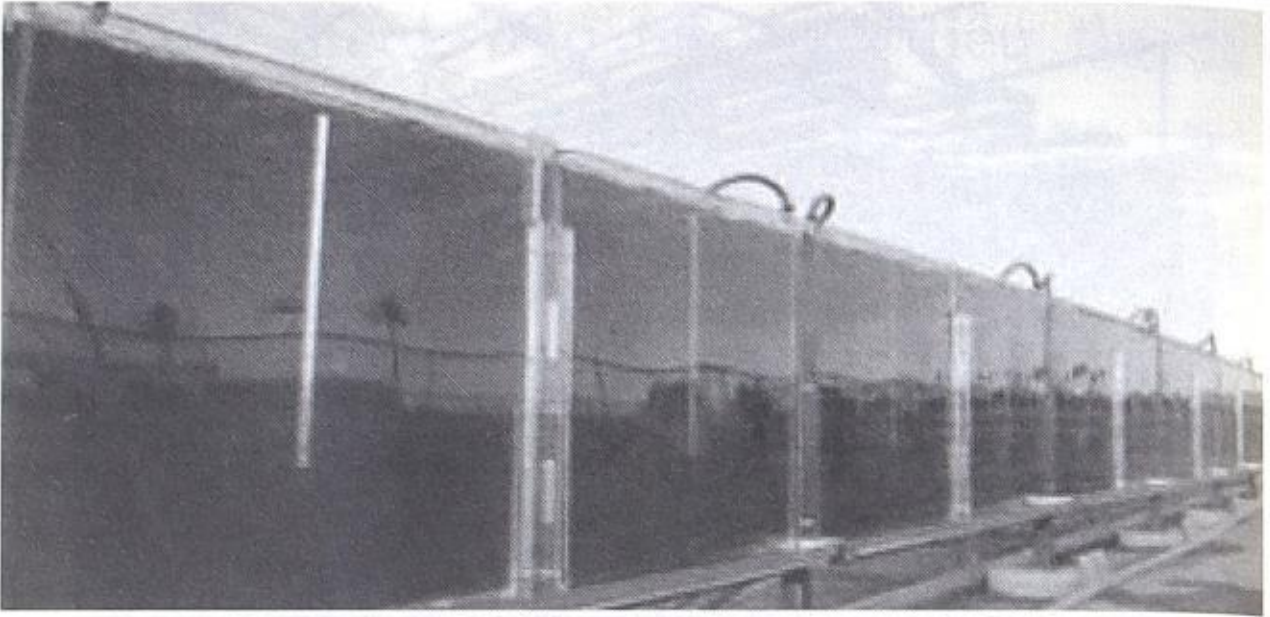


Hình 17. Mô hình ống ngang^{(14), (15)}

Mô hình bảng phẳng: Về cơ bản, mô hình này tương tự với mô hình cột đứng, chỉ khác ở thiết kế dạng tấm bảng phẳng và mỏng thay vì dạng trụ.

(14) <https://nocamels.com/2016/01/israel-algae-biofuel-study/>.

(15) Algaeparc, The Netherlands.



Hình 18. Mô hình bảng phẳng^{(16), (17)}

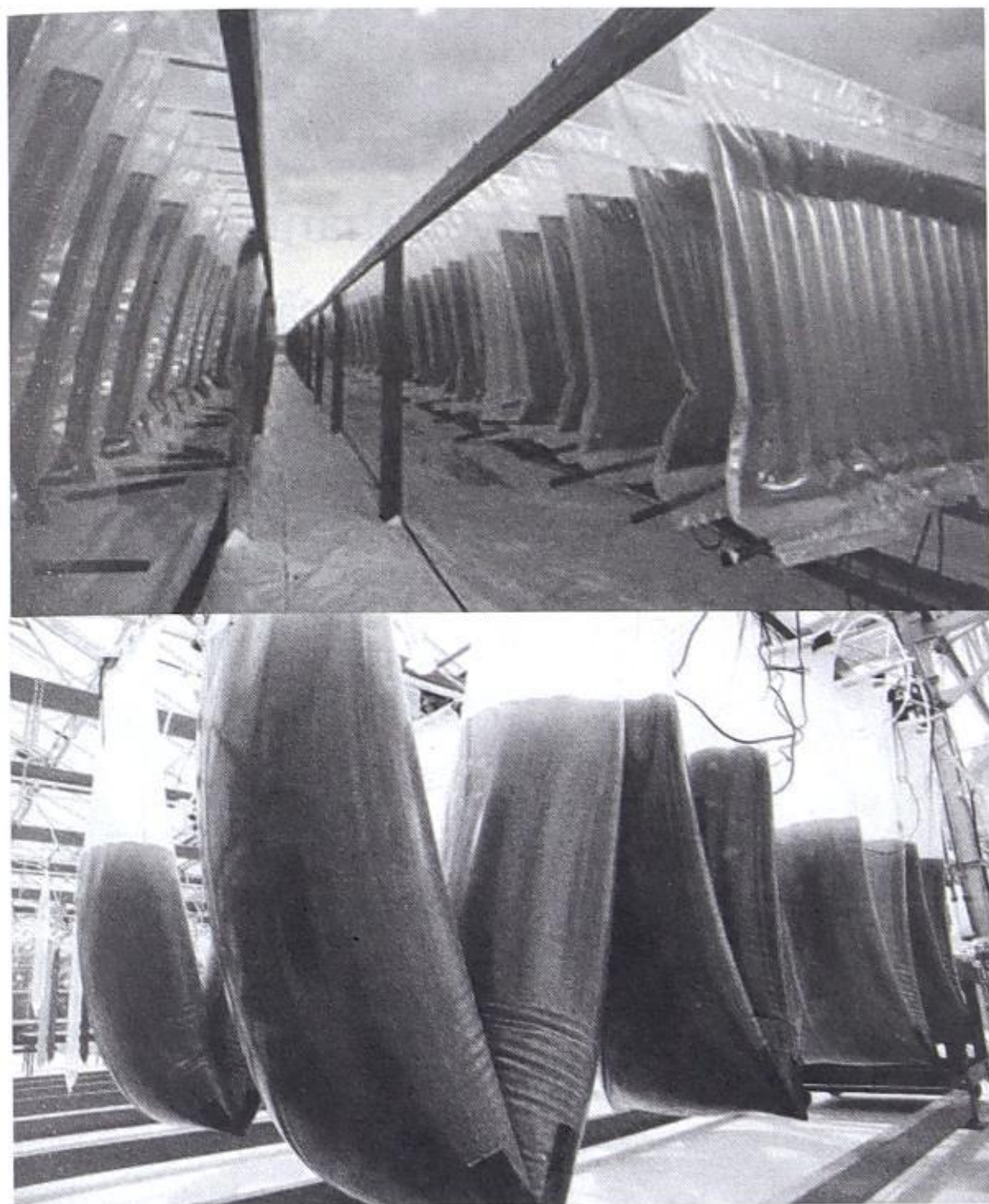
Kiểu thiết kế này cho phép tăng diện tích phơi sáng giúp tạo quang hợp và sinh

(16) Arizona Center for Algae Technology and Innovation.

(17) Fraunhofer IGB, Stuttgart, Germany.

trường tốt hơn. Nhược điểm lớn nhất của mô hình này là chi phí lắp đặt khá lớn, vì cần nhiều phụ kiện hỗ trợ.

Mô hình túi treo:



Hình 19. Các mô hình túi treo⁽¹⁸⁾ ⁽¹⁹⁾

⁽¹⁸⁾ Nguồn: <https://nationswell.com/algenol-turn-algae-into-biofuel/>.

⁽¹⁹⁾ Koller, M. (2015). Design of closed photobioreactors for algal cultivation. In *Algal biorefineries* (pp. 133-186). Springer, Cham.

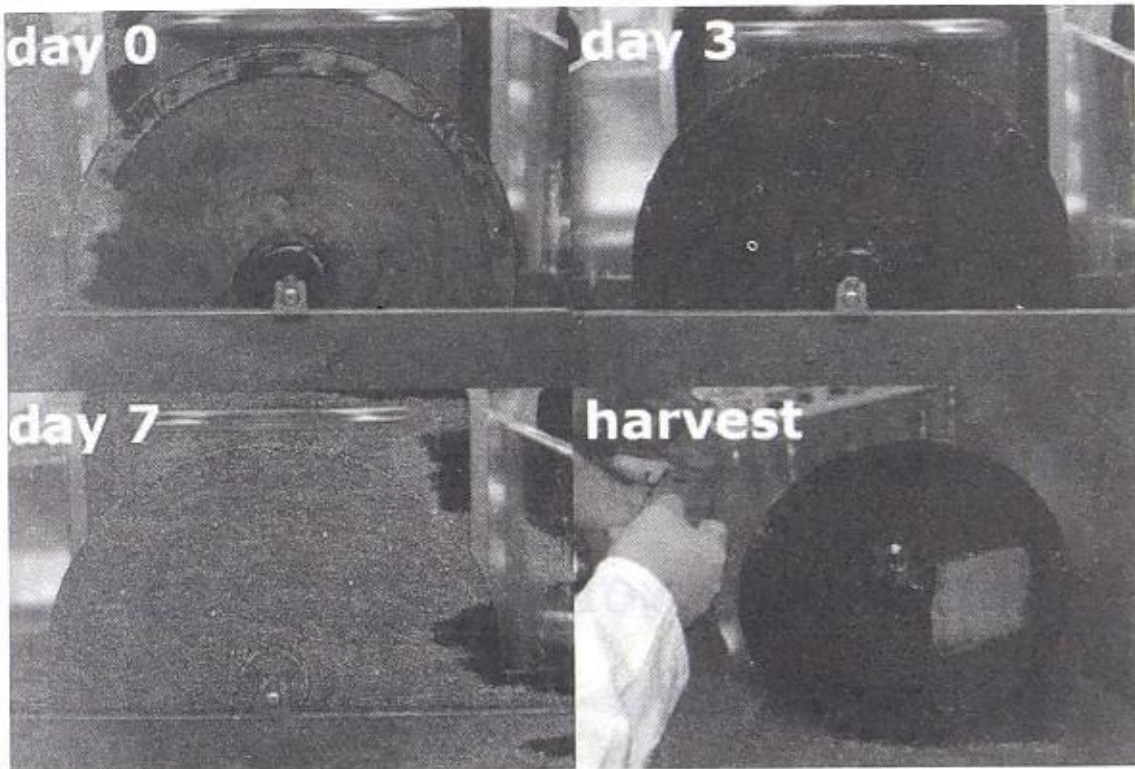
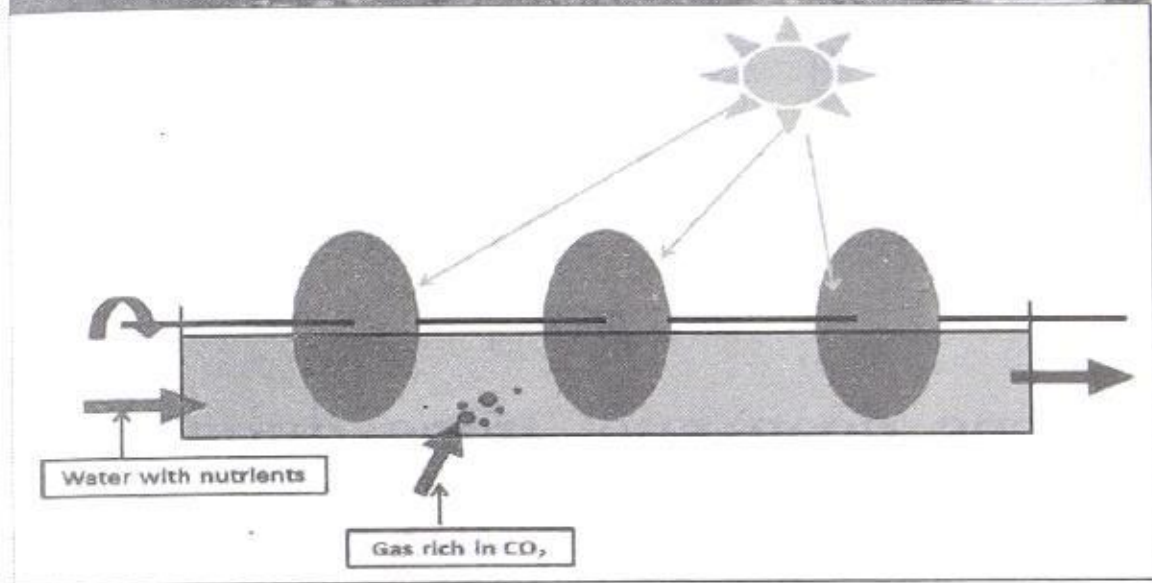
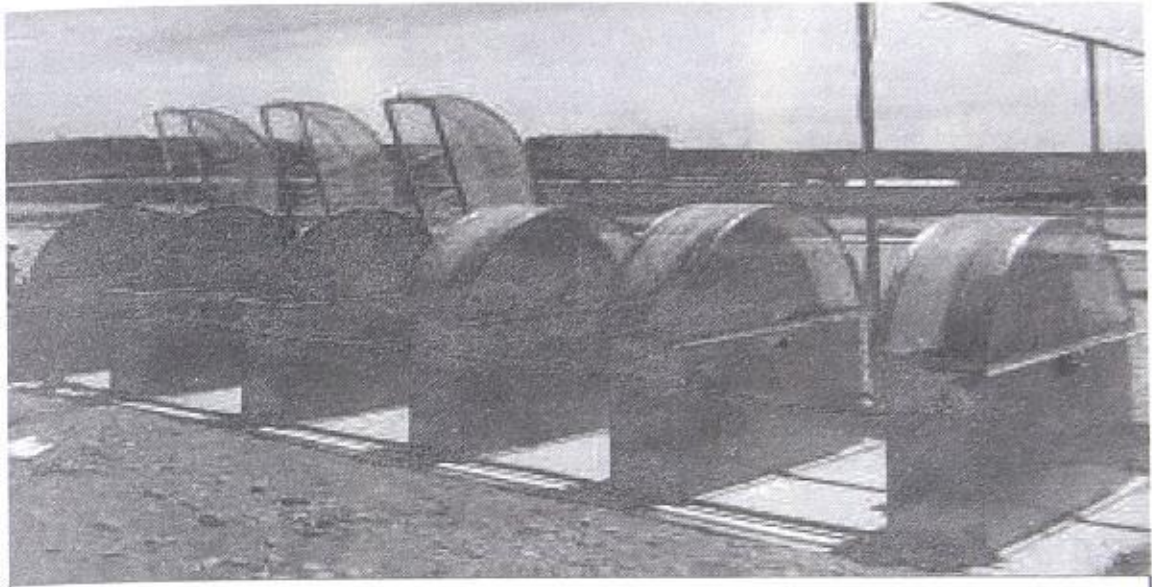
Đây là những mô hình sử dụng túi nilon dày, thay cho các vật liệu đất tiền khác như thủy tinh hay nhựa cứng trong suốt. Ưu điểm là tăng độ linh hoạt mô hình nuôi, dễ tháo lắp, di chuyển và tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên, độ bền, độ giữ nhiệt và tảo dễ bám trên thành gây cản trở quang hợp là những yếu tố cần cân nhắc.

Một số mô hình khác:



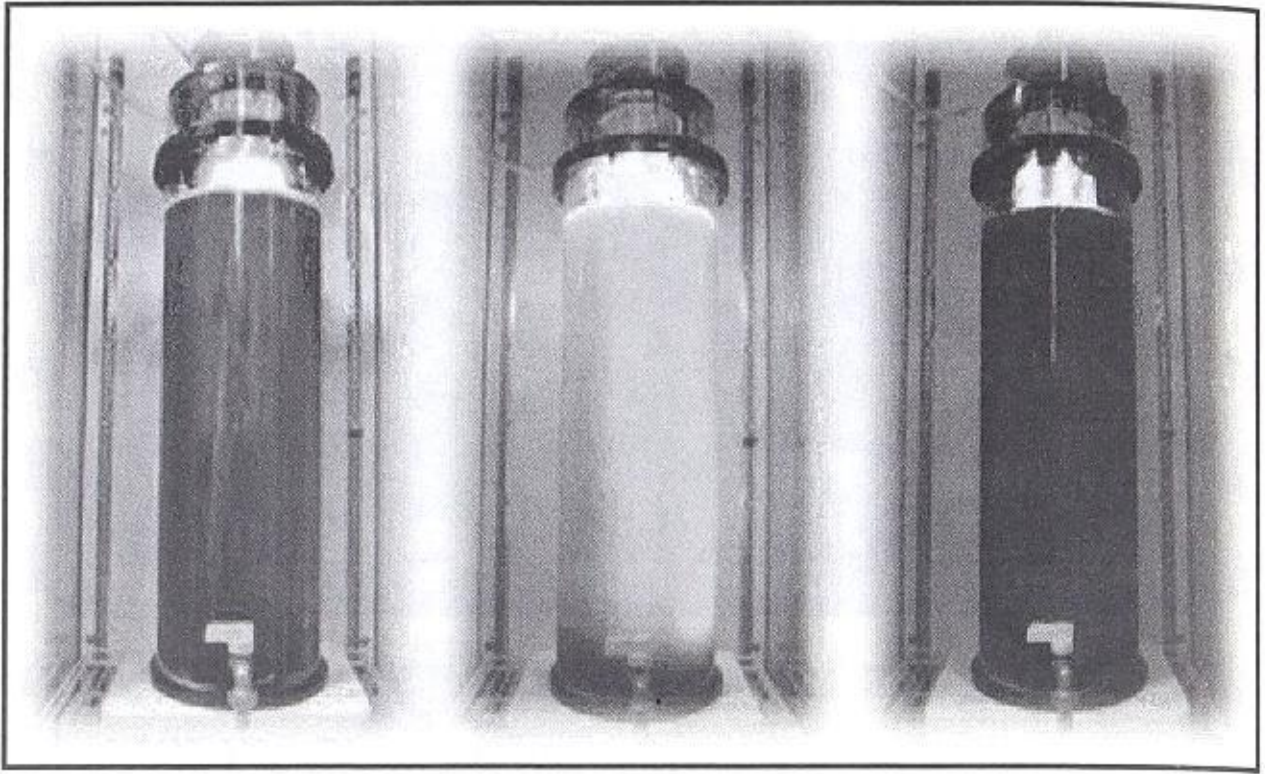
Hình 20. Mô hình xoắn ốc⁽²⁰⁾

⁽²⁰⁾ Nguồn: Großmann Ingenieur Consult GmbH.



Hình 21. Mô hình Đĩa quay (Algadisk)⁽²¹⁾

⁽²¹⁾ Nguồn: Algaeparc, The Netherlands.



*Hình 22. Mô hình cột đứng chiếu sáng
bên trong⁽²²⁾*

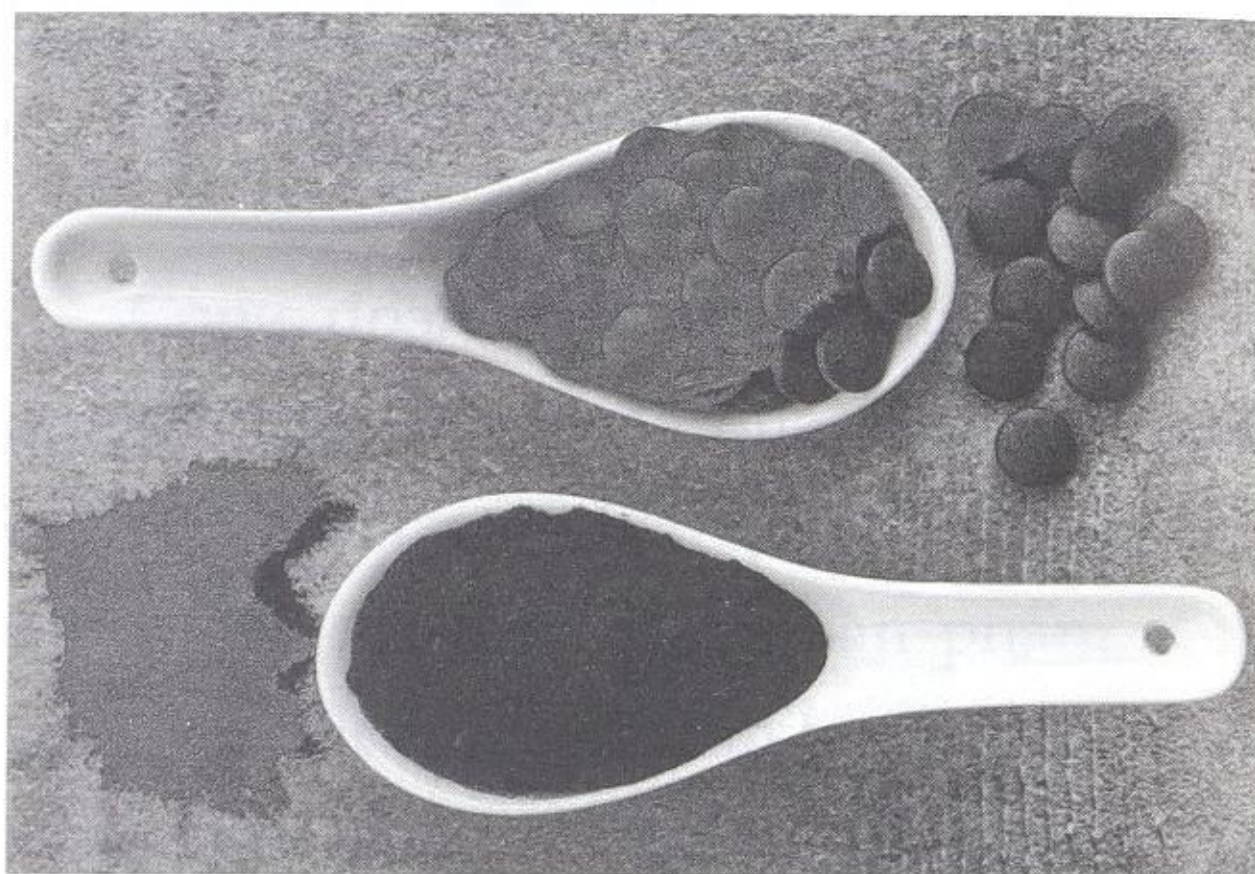
Công đoạn nuôi trồng được xem là quan trọng nhất trong quá trình sản xuất sản phẩm vi tảo, vì liên quan trực tiếp đến sản lượng và chất lượng sản phẩm. Tuy vậy, các giai đoạn sau thu hoạch như chiết xuất, sấy khô, khử trùng, bảo quản sản phẩm cũng cần được quan tâm đúng mức.

Nhìn chung, với sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật, nhiều mô hình sản xuất vi tảo được nghiên cứu và phát triển. Tất cả

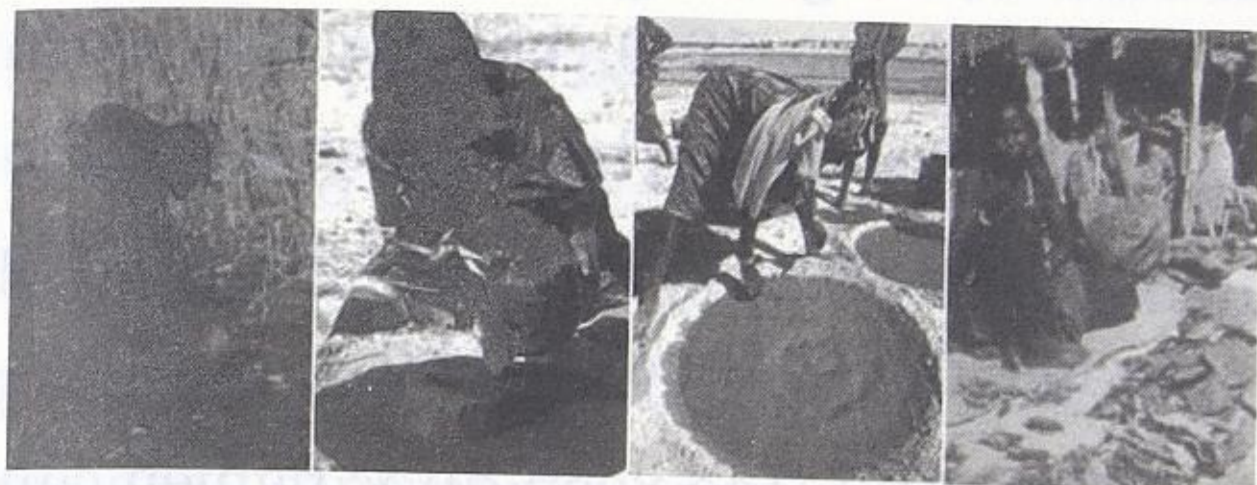
⁽²²⁾ Nguồn: Wong, Y. K. et al. (2016). J Mar Biol Aquacult, 2(2), 1-8.

đều hướng tới mục tiêu sản xuất xanh và tối ưu lợi nhuận. Việc lựa chọn mô hình phù hợp là tùy thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm: năng lực lắp đặt và vận hành; năng lực tài chính; điều kiện khí hậu; sản phẩm mục tiêu; đặc tính loài tảo nuôi trồng...

Sản phẩm



Sơ lược lịch sử hình thành sản phẩm tảo xoắn



Hình 23. Thu hoạch, làm khô Tảo xoắn theo cách truyền thống⁽¹⁾

Tảo xoắn là một dạng “siêu thực phẩm”. Đây được xem là chất bổ sung dinh dưỡng đậm đặc cho con người. Từ lâu, Tảo xoắn được sử dụng như một phụ gia trong nhiều loại thức ăn. Từ thế kỉ 16, người Aztec⁽²⁾ và người Mesoamericans⁽³⁾ đã thu hoạch Tảo xoắn từ hồ Texcoco ở Mexico, chế biến bằng cách phơi trên cát cho đến khi khô và cắt thành những chiếc bánh để sử dụng như loại thực phẩm

(1) Nguồn: www.AlgaeIndustryMagazine.com.

(2) Thổ dân sống quanh hồ Texcoco (nền văn hóa Trung Mỹ cổ).

(3) Trung Mỹ thuộc Mexico ngày nay.

hàng ngày, đồng thời mang bán cho người ở Tenochtitlan⁽⁴⁾.

Đến những 1940, khi các sản phẩm Tảo xoắn được buôn bán và trao đổi nhiều hơn. Nhiều dẫn chứng về giá trị của Tảo xoắn tiếp đó đã được công bố.

Năm 1963, Tảo xoắn được nghiên cứu và nuôi trồng thành công, đánh dấu bước ngoặt lớn cho sản phẩm này.

Năm 1967, Tảo xoắn đã được Hiệp hội vi sinh ứng dụng quốc tế công nhận là nguồn thực phẩm cho tương lai. Năm 1973, tổ chức Nông lương Quốc tế (FAO) và tổ chức Y tế thế giới (WHO) chính thức công nhận Tảo xoắn là nguồn dinh dưỡng và dược liệu quý cho con người.

Cuối những năm 1980, người tiêu dùng bắt đầu nhận ra giá trị của các loại thực phẩm có lợi cho sức khỏe con người,

⁽⁴⁾ Thành phố Mexico ngày nay.

nhất là các sản phẩm có nguồn gốc tự nhiên. Từ đó, những dạng được xem là “siêu thực phẩm” bắt đầu tăng mạnh cả về số lượng lẫn chất lượng. Ngoài ra, các sản phẩm thông thường có bổ sung thành phần của các “siêu thực phẩm” cũng ra đời ngày càng nhiều, công bố cả các thành phần bổ sung gồm được liệu tự nhiên, hàm lượng dinh dưỡng, vitamin và khoáng chất từ thực vật.

Tảo xoắn được sử dụng bổ sung vào các sản phẩm chocolate, nước trái cây, các thanh dinh dưỡng ăn nhẹ, các sản phẩm ngũ cốc,...

Từ năm 1990, quy định mới về thực phẩm chức năng được công bố, các sản phẩm Tảo xoắn bắt đầu đến với người tiêu dùng một cách dễ dàng và chính thống. Đồng thời, từ đó sản xuất tảo xoắn quy mô lớn trên thế giới được phát triển

manh. Bắt nguồn từ Nhật Bản và đến nay Tảo xoắn đã được sản xuất ở nhiều nước trên thế giới.

Ở Việt Nam, năm 1985, Giáo sư Ripley D.Fox, Hiệp hội Chống suy dinh dưỡng bằng các sản phẩm tảo (A.C.M.A) đã đưa Tảo xoắn từ Pháp vào Việt Nam. Từ đó, các nhà khoa học Việt Nam bắt đầu có những nghiên cứu chuyên sâu về loài tảo này. Vào những năm 1980, đã có những công trình nghiên cứu sản xuất tảo xoắn ở Việt Nam. Sản phẩm đầu tiên được cung cấp ra thị trường là bột tảo xoắn, tiếp đến là sữa bột Tảo xoắn⁽⁵⁾. Hiện nay, Việt Nam đã làm chủ được quy trình nuôi trồng và sản xuất nhiều loại sản phẩm Tảo xoắn như viên nang, viên nén và các loại thực phẩm thông dụng khác.

(5) <http://cesti.gov.vn/chi-tiet/1390/khong-gian-cong-nghe/cong-nghe-san-xuat-tao-spirulina-sach>.

Trên thế giới có hơn 40 quốc gia sản xuất Tảo xoắn. Sản phẩm từ Tảo xoắn rất đa dạng và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Ngoài những sản phẩm truyền thống như tảo tươi, bột tảo, tảo viên nén, viên nhộng, Tảo xoắn giờ đây còn được chế biến thành thực phẩm, đồ uống, thức ăn chăn nuôi, dược phẩm, mỹ phẩm,...

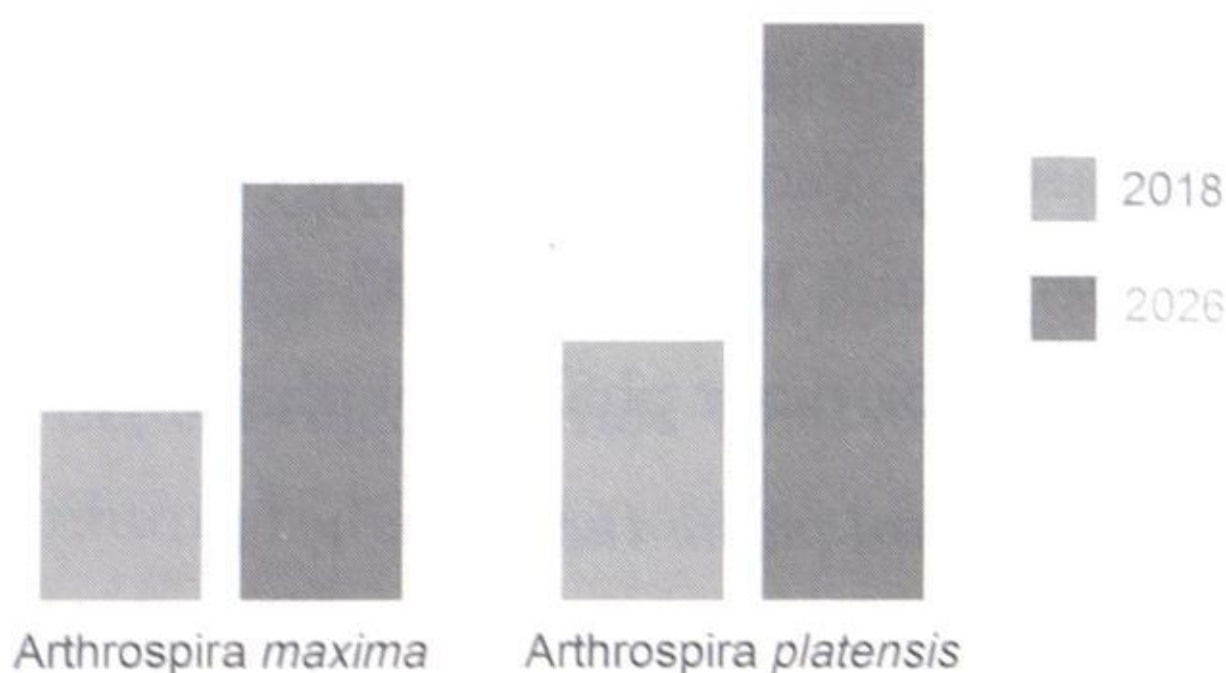
Phân loại sản phẩm tảo xoắn

“Siêu thực phẩm” tảo xoắn có thể được bổ sung vào đa dạng các sản phẩm khác nhau từ thức ăn, nước uống đến dược phẩm. Các sản phẩm từ tảo xoắn có thể được phân loại theo nhiều cách.

- Phân loại các sản phẩm theo loài tảo, có hai loại chính:

+ Loài thứ nhất là *Arthrospira platensis* chủ yếu phân bố ở khu vực châu Á và châu Phi;

+ Loài thứ 2 là *Arthrospira maxima* chủ yếu ở khu vực Trung Mỹ. Ngoài ra, còn có loài *Arthrospira pacifica*, đặc hữu của quần đảo Hawaii.



Hình 24. Dự báo thị trường sản xuất tảo: *A. platensis* và *A. maxima* giai đoạn từ năm 2018-2026⁽⁶⁾

- Phân loại các sản phẩm theo đặc tính gồm:

+ Nhóm bột tảo: bao gồm sản phẩm được tạo sợi nhỏ và bột tảo khô, thường được sử dụng như phụ gia, gia vị để chế biến thực phẩm.

⁽⁶⁾ Nguồn: www.alliedmarketresearch.com/spirulina-market.

+ Nhóm sản phẩm viên nén và viên nang: bao gồm các thực phẩm bảo vệ sức khỏe, được dùng trực tiếp. Viên nén được tạo viên bằng máy nén; còn viên nhộng được đóng viên từ bột tào. Nhóm sản phẩm này thường dùng cho những người không ưa mùi vị của tào.

+ Nhóm sản phẩm giàu chất béo: bao gồm sản phẩm được bổ sung Tào xoắn như bánh quy, chocolate, kẹo...

+ Nhóm sản phẩm chiết xuất: bao gồm sản phẩm sử dụng các chiết xuất từ tào, chủ yếu sử dụng màu tự nhiên, các hoạt chất thứ cấp như chất diệp lục, phycocyanin và beta-carotene... Các chất này dùng để sản xuất dược liệu, chất dẫn huỳnh quang,... Ngoài ra, còn dùng để sản xuất nước uống, màu tự nhiên, kem và bánh kẹo...

Nhóm sản phẩm này chủ yếu sản xuất ở châu Mỹ và châu Âu. Những khu vực

này, các chất màu nhân tạo bổ sung trong thực phẩm và dược phẩm... thường bị cấm sử dụng, trong khi các chất màu tự nhiên được ưa dùng. Với đặc điểm chứa nhiều sắc tố màu như diệp lục, phycocyanin và beta-carotene, chiết xuất từ tảo xoắn là sản phẩm màu tự nhiên được xem là sản phẩm thay thế hoàn hảo.



Hình 25. Phân bố sản lượng các sản phẩm chiết xuất từ tảo

- Phân loại các sản phẩm theo công dụng, bao gồm:

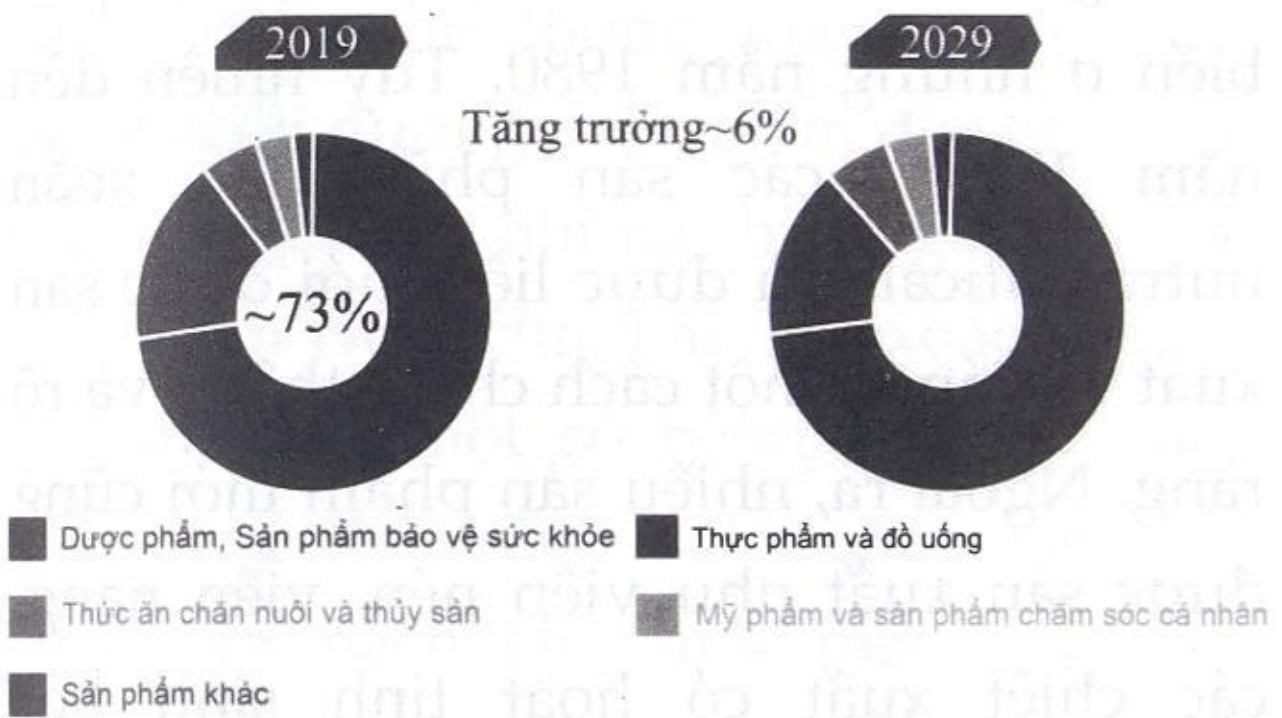
+ Sản phẩm dược liệu và nutraceuticals.

+ Thực phẩm và đồ uống.

+ Mỹ phẩm và các sản phẩm chăm sóc cá nhân.

+ Thức ăn chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản.

+ Các sản phẩm khác.



Hình 26. Thị trường tảo xoắn phân bố theo công dụng⁽⁷⁾

⁽⁷⁾ www.futuremarketinsights.com (2019 Analysis and Review Spirulina Powder Market by Nature - Organic and Conventional for 2019 - 2029).

Một số nhóm sản phẩm từ tảo xoắn

Nhóm dược thực phẩm và dược liệu

Nhóm sản phẩm nutraceuticals và dược liệu chiếm hơn 70% các sản phẩm sản xuất từ tảo. Các sản phẩm nutraceuticals và dược liệu chủ yếu được bán dưới dạng là thực phẩm bổ sung sức khỏe, thực phẩm chức năng vào cuối những năm 1970 và được bắt đầu phổ biến ở những năm 1980. Tuy nhiên đến năm 1990⁽⁸⁾, các sản phẩm tảo xoắn nutraceuticals và dược liệu mới được sản xuất và bán ra một cách chính thống và rõ ràng. Ngoài ra, nhiều sản phẩm mới cũng được sản xuất như viên nén, viên nang, các chiết xuất có hoạt tính sinh học (phycocyanin và beta-carotene, đường đa)...

⁽⁸⁾ Khi những quy định về nhãn mác thực phẩm bổ sung, bảo vệ sức khỏe và những công bố về lợi ích của các sản phẩm bổ sung thảo dược được công nhận.

Các sản phẩm nutraceuticals và dược liệu từ Tảo xoắn được xem là sản phẩm tuyệt vời có thể được sử dụng để cải thiện sức khỏe toàn diện. Gần đây, những nghiên cứu về tác dụng chữa bệnh bao gồm cả nghiên cứu tiền lâm sàng và lâm sàng, cho thấy tác dụng điều trị của tảo xoắn trong việc giảm cholesterol và ung thư. Tảo xoắn còn có chức năng chung là tăng cường hệ thống miễn dịch, tăng lactobacilli đường ruột, giảm độc tính trên thận... Ngoài ra, những thực nghiệm cả in vivo và in vitro, cho thấy Tảo xoắn có hiệu quả điều trị một số bệnh dị ứng, thiếu máu, ung thư, nhiễm độc gan, bệnh do virus, tim mạch, tăng lipid máu, suy giảm miễn dịch và viêm nhiễm...

Trong Tảo xoắn có chứa nhiều loại chất chống lão hóa như β -caroten, vitamin E, axit γ -linoleic. Những chất này có khả năng loại bỏ các gốc tự do thông qua tác

dụng chống oxi hóa, làm chậm sự lão hóa của tế bào. Đồng thời sắt và canxi có nhiều trong tảo vừa dễ hấp thụ vừa có tác dụng phòng và hỗ trợ điều trị các bệnh thường gặp ở người già như thiếu máu, xốp xương...



Hình 27. Sản phẩm bảo vệ sức khỏe từ Tảo xoắn ở Việt Nam⁽⁹⁾

⁽⁹⁾ Nguồn: Công ty HFun (algaevi.com) - TP. Đà Nẵng.



Hình 28. Sản phẩm bảo vệ sức khỏe từ Tảo xoắn trên thế giới (10) (11)

Các sản phẩm giàu sắc tố tách chiết từ Tảo xoắn có tác dụng tăng khả năng đề kháng, tăng miễn dịch, tăng hàm lượng hồng cầu, bạch cầu, hàm lượng máu, nâng

(10) Nguồn: Robert Henrikson (1989) SpirulinaWorldFood, Ronore Enterprises, Inc. PO Box 909, Hana, Maui, Hawaii 96718 USA.

(11) Nguồn: keralaremedies.com.

cao thể trạng của bệnh nhân, hạn chế sự phát triển của tế bào ung thư. Ngoài ra, Chiết xuất màu của Tảo xoắn như Phycobiliprotein là sắc tố tự nhiên có màu đỏ và xanh lam allophycocyanin, B-phycoerythrin, R-phycoerythrin, C-phycoerythrin, C-phycocyanin, dùng sản xuất thuốc nhuộm huỳnh quang trong điều trị và phát hiện ung thư, ứng dụng trong sàng lọc máu theo dõi nồng độ thuốc trong máu. Sản phẩm thuốc nhuộm Phycobiliprotein có hiệu quả gấp 10-30 lần so với các thuốc nhuộm thông thường. Ngoài ra, thuốc nhuộm chiết xuất từ tảo xoắn còn có thể thay thế các chất đánh dấu bằng phóng xạ, giúp giảm thiểu tác động của phóng xạ đến người bệnh.

Nhóm thực phẩm đồ uống

Ngày nay, Tảo xoắn đã được dùng bổ sung vào đồ uống như nước, sữa, bột

ngũ cốc; để tăng dinh dưỡng và màu sắc cho những món ăn như: mì, mì ống, ngũ cốc và các loại thực phẩm khác. Pha uống trực tiếp với nước ấm và mật ong. Kết hợp chế biến cùng các món ăn hàng ngày như cháo, súp,...

Trong ngành sản xuất thực phẩm và đồ uống Tảo xoắn được xem là nguồn protein giá rẻ giàu dinh dưỡng và có đầy đủ các đặc tính của protein động vật. Với các đặc tính đặc biệt, Tảo xoắn là nguồn protein tự nhiên trong sản xuất các sản phẩm và đồ uống dinh dưỡng bằng cách kết hợp với các thực phẩm thông thường, chất tạo kết cấu, chất tạo gel và prebiotic. Các sắc tố phycocyanin và allophycocyanin được sử dụng trong ngành thực phẩm và đồ uống như một chất tạo màu tự nhiên cho kem, đồ ngọt, kẹo cao su, kẹo, thạch, bánh trang trí, nước ngọt cũng như đồ uống có cồn.

Các đồ uống có nguồn gốc từ Tảo xoắn chứa nhiều chất dinh dưỡng, nhiều chất chống oxi hóa, vitamin A và E, sắt, canxi và kali...



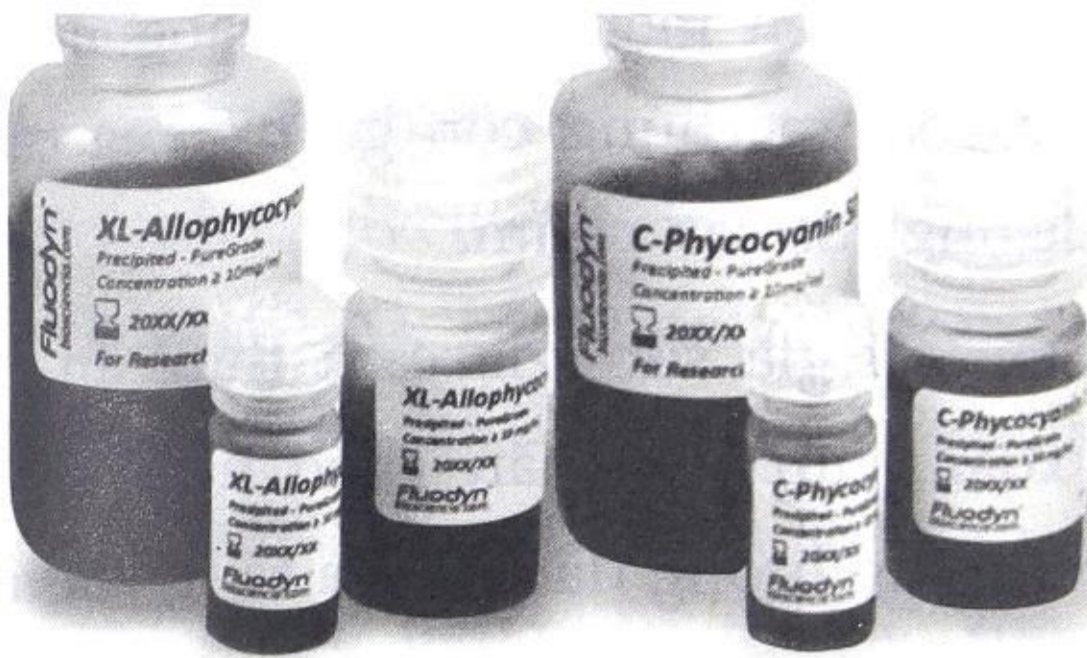
Hình 29. Thực phẩm dinh dưỡng bổ sung năng lượng, protein cho cơ thể⁽¹²⁾ (13) (14) (15)

(12) Nguồn: Công ty HFun (algaevi.com) - TP. Đà Nẵng.

(13) Nguồn: Robert Henrikson (1989) SpirulinaWorldFood, Ronore Enterprises, Inc. PO Box 909, Hana, Maui, Hawaii 96718 USA.

(14) Nguồn: csc-vietnam.vn.

(15) Nguồn: smart-chimp.com.



Hình 30. Chiết xuất XL- Allophycocyanin và C-phycocyanin chiết xuất từ Tảo Xoắn⁽¹⁶⁾

Nhóm thức ăn chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản

Tảo xoắn không chỉ tốt cho sức khỏe con người mà còn là thức ăn cho vật nuôi, gia súc và nuôi trồng thủy sản. Các sản phẩm thức ăn cho chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản được bổ sung từ 5-20% Tảo xoắn ở dạng viên kết hợp với thành phần khác như tinh bột, xenlulozo,... Thức ăn có bổ

⁽¹⁶⁾ Nguồn: biosciencia.com.

sung thành phần Tảo xoắn giúp cho vật nuôi phát triển mạnh hơn và tăng năng suất. Ngoài ra chúng còn giúp nâng cao chất lượng của sản phẩm.

Đối với gia súc, gia cầm thức ăn có Tảo xoắn giúp thịt săn chắc hơn, tăng nhanh trọng lượng đặc biệt là tăng cường sức đề kháng. Trong nuôi trồng thủy sản, Tảo xoắn cung cấp hàm lượng protein cao, ngoài ra còn cải tạo ao hồ nuôi sạch bệnh, tăng khả năng kháng bệnh, nâng cao tỉ lệ sống và giảm thiểu sử dụng các loại thuốc hóa học.

Trong việc chăm sóc cá cảnh, thức ăn có bổ sung Tảo xoắn tăng cường dinh dưỡng, sức đề kháng và đặc biệt là bổ sung sắc tố caroten để tạo màu sắc cho cá.

Nhóm mỹ phẩm

Trong ngành mỹ phẩm và chăm sóc cá nhân, Tảo xoắn được ứng dụng để

bổ sung các dưỡng chất vitamin, khoáng chất, sắc tố, protein, axit béo polysaccharides, axit amin như methionine, glycine, lysine và axit gamma linolenic (GLA). Trong polysaccharides và sắc tố, bao gồm cả β -carotene, pro-vitamin A và vitamin B giúp chăm sóc da và tóc; chống lão hóa, nếp nhăn, tóc bạc, rụng tóc và dị ứng.

Mặt nạ, miếng dán dưỡng da chiết xuất từ Tảo xoắn kết hợp với nano alginate hoặc sợi nano polycaprolactone để cung cấp dưỡng ẩm và dưỡng chất cho da. Dưỡng chất từ Tảo xoắn giúp tăng khả năng kết dính các tế bào da và thúc đẩy tăng sinh cho da mà không gây độc.

Một sản phẩm mỹ phẩm khác là kem dưỡng da có chứa các hoạt chất sinh học từ Tảo xoắn được lên men với vi khuẩn lactic giúp chăm sóc da và ngăn tia UV.



Hình 31. Một số sản phẩm mỹ phẩm và sản phẩm chăm sóc cá nhân từ tảo xoắn⁽¹⁷⁾ (18)



Hình 32. Thức ăn cho chăn nuôi, vật nuôi và cá cảnh có bổ sung tảo xoắn⁽¹⁹⁾ (20)

(17) Nguồn: Công ty HFun (algaevi.com) - TP. Đà Nẵng.

(18) Nguồn: Almaa Herbal nature private limited.

(19) www.spirulina.network.

(20) www.americanpetbotanicals.com.

Có thể thấy các sản phẩm từ tảo xoắn là rất đa dạng, từ thực phẩm đến dược phẩm, từ thô đến chiết xuất, từ tinh khiết đến phối trộn... tất cả đều hướng đến chăm sóc, nâng cao sức khỏe của cộng đồng. Sử dụng sản phẩm tảo xoắn không chỉ giúp con người chúng ta có một cuộc sống khỏe mạnh hơn (chi tiết ở chương Bảo vệ sức khỏe) mà còn là một "lối sống sinh thái", gián tiếp giúp Trái Đất "khỏe mạnh" hơn (chi tiết ở chương Bảo vệ Trái Đất).

Bảo vệ sức khỏe



Tảo xoắn đã được nhân loại sử dụng làm thực phẩm và dược phẩm từ rất lâu. Tuy nhiên, tiềm năng dinh dưỡng và dược liệu của loài tảo này chỉ mới được khám phá, chứng minh qua những nghiên cứu khoa học trong những thập kỉ gần đây. Hiện nay, tảo xoắn đã được khẳng định với rất nhiều lợi ích cho sức khỏe con người từ chống oxi hóa, chống viêm, chống béo phì... đến chống ung thư và các bệnh tim mạch khác. Chưa dừng lại ở đó, nhiều tính chất dược lí tiềm năng của loài tảo này vẫn đang tiếp tục được nghiên cứu. Nhiều bằng chứng đã cho thấy, bổ sung Tảo xoắn vào chế độ dinh dưỡng hằng ngày giúp tăng cường sinh lực và chống lại bệnh tật một cách có hiệu quả. Phần này sẽ khái quát những ứng dụng của Tảo xoắn trong phòng chống và điều trị bệnh.

Chống lại bệnh ung thư

Những kết quả nghiên cứu gần đây cho thấy rằng, đặc tính chống oxi hóa và điều tiết miễn dịch của Tảo xoắn có thể liên quan đến cơ chế phá hủy khối u và do đó có tiềm năng hỗ trợ việc phòng chống ung thư. Một số nghiên cứu đã ghi nhận được hoạt động của tế bào lympho đã tăng lên và tỉ lệ sống sót ở các sinh vật thử nghiệm bị ung thư đã được cải thiện đáng kể khi bổ sung thành phần Tảo xoắn. Cụ thể C-phycoocyanin trong tảo được cho là yếu tố đã kích hoạt hệ thống miễn dịch, đồng thời đóng vai trò quan trọng để ngăn chặn sự phát triển của khối u.⁽¹⁾

Beta-carotene và các chiết xuất khác có trong Tảo xoắn với hàm lượng cao, cũng

⁽¹⁾ Mathur, M. (2018). *Bioactive Molecules of Spirulina: A Food Supplement. Reference Series in Phytochemistry.* Springer, Cham.

đã được cho là có tác dụng hạn chế sự phát triển của các gốc tự do và khối u, tăng cường sức đề kháng của cơ thể. Chức năng bảo vệ của chất chống oxi hóa đối với các khối u gan đã được ghi nhận là gia tăng hiện tượng chết rụng tế bào của dòng tế bào ung thư gan HepG⁽²⁾.

Một nghiên cứu trên người đã cho kết quả khá khả quan về tác dụng của Tảo xoắn trong bảo vệ và hỗ trợ hồi phục hiệu quả những tổn thương do ung thư họng miệng. Nghiên cứu này được tiến hành ở Kerala, Ấn Độ trên 87 người thường xuyên nhai Paan⁽³⁾, đây là những người có nguy cơ ung thư

⁽²⁾ Ismail, M. F. et al. (2009). Chemoprevention of rat liver toxicity and carcinogenesis by Spirulina. Int. Journal of Bio.Sci, 5(4), 377.

⁽³⁾ Paan của Ấn Độ tương tự như trầu cau của Việt Nam. Paan được làm từ lá trầu, cau, vôi nhưng được kết hợp thêm với các gia vị khác, thường được người dân ở đây nhai sau bữa ăn và sử dụng trong các nghi lễ, tiệc tùng.

họng miệng⁽⁴⁾ cao. Một nửa những người tham gia nghiên cứu đã được sử dụng Tảo xoắn hàng ngày suốt 01 năm. Kết quả cho thấy 45% trong số này có các tổn thương tiêu giảm hoàn toàn, cao hơn đáng kể so với nhóm sử dụng giả dược⁽⁵⁾.

Người ta cho rằng khả năng điều hòa cơ chế miễn dịch kết hợp với đặc tính chống oxi hóa của Tảo xoắn có tiềm năng rất lớn trong phòng ngừa ung thư. Ngoài ra, Tảo xoắn chứa nhiều protein, lipid, carbohydrate, khoáng chất và vitamin như: beta-carotene, riboflavin, cyanocobalamin, α -tocopherol và axit alpha-lipoic. Chúng có tác dụng loại thải và chống lại độc tính từ thuốc, hóa chất và các chất lạ gây độc tính

(4) Còn gọi là bạch sản niêm miệng (oral leukoplakia).

(5) Mathew, B. et al. (1995). Evaluation of chemoprevention of oral cancer with *Spirulina fusiformis*.

cho thận, tim và gan, góp phần hạn chế rủi ro mắc ung thư ở người.⁽⁶⁾

Chống béo phì

Axit gamma linolenic (GLA) cùng với hàm lượng chất xơ và các peptit có trong Tảo xoắn, góp phần kiểm soát đường huyết hiệu quả. Các nghiên cứu lâm sàng trên khắp thế giới cho thấy, Tảo xoắn có tác dụng cải thiện tình trạng bệnh tiểu đường. Ngoài ra, C-phycoyanin (C-PC) trong Tảo xoắn còn được phát hiện có khả năng kích thích hoạt động insulin của cơ thể cũng như giúp cải thiện tình trạng kháng insulin và hỗ trợ sự chuyển hóa lipid. Những người sử dụng Tảo xoắn như là thực phẩm hỗ trợ, đều cho thấy có mức cholesterol, triacylglycerol giảm và nồng độ lipoprotein tăng. Tất cả những

⁽⁶⁾ Seyidoglu, N., Inan, S., & Aydin, C. (2017). A prominent superfood: *Spirulina platensis*. *Superfood and Functional Food The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine*, 1-27.

yếu tố này gián tiếp làm giảm huyết áp, hỗ trợ bảo vệ hệ tim mạch⁽⁷⁾.

Trong một nghiên cứu của Park và cộng sự năm 2008, các nhà nghiên cứu đã điều trị hội chứng thận hư do tăng lipid máu bằng cách cho sử dụng 01g Tảo xoắn mỗi ngày trong 2 tháng. Nghiên cứu đã kết luận rằng Tảo xoắn làm giảm nồng độ lipid và giúp giảm hội chứng thận hư do mỡ máu cao⁽⁸⁾.

Các bệnh tim mạch, béo phì và tiểu đường thường có liên quan với nhau. Một số nhà nghiên cứu đã chỉ ra tác dụng của Tảo xoắn đối với bệnh béo phì và tiểu đường. Trong một nghiên cứu kéo dài 4 tuần, những người mắc bệnh béo phì đã

⁽⁷⁾ Bitam, A., & Aissaoui, O. (2020). Spirulina platensis, oxidative stress, and diabetes. In Diabetes (pp. 325-331). Academic Press.

⁽⁸⁾ Park, H. J., Lee, Y. J., Ryu, H. K., Kim, M. H., Chung, H. W., & Kim, W. Y. (2008). A randomized double-blind, placebo-controlled study to establish the effects of spirulina in elderly Koreans. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 52(4), 322-328.

được bổ sung 2,8g Tảo xoắn hằng ngày. Kết quả là trọng lượng cơ thể và mức cholesterol ở những người này đã giảm đáng kể. Trong một nghiên cứu khác, những người béo phì có lượng đường trong máu và lipid cao đã được nghiên cứu để xác định cơ chế chống tiểu đường của vi tảo. Kết quả cho rằng GLA trong Tảo xoắn có thể là tác nhân giúp giảm đường huyết hiệu quả⁽⁹⁾.

Chống virus

Vào năm 1996, các nhà nghiên cứu ở Nhật Bản đã khám phá ra một polysaccharide sulfate đặc trưng của Tảo xoắn có hoạt tính kháng virus, họ đã đặt tên cho hợp chất này là “Calcium Spirulan” (Ca-SP). Nhóm nghiên cứu này đã công bố rằng, Ca-SP có hiệu quả trong

⁽⁹⁾ Seyidoglu, N., Inan, S., & Aydin, C. (2017). A prominent superfood: *Spirulina platensis*. *Superfood and Functional Food The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine*, 1-27.

việc ngăn chặn sự sao chép của các virus có vỏ bọc như HSV⁽¹⁰⁾, CMV⁽¹¹⁾, virus gây bệnh sởi, quai bị, cúm A và HIV-1. Hợp chất này còn cản trở sự xâm nhập của virus vào tế bào vật chủ. Ca-SP được cho là chất kháng virus vượt trội so với dextran sulfate ngay cả khi ở nồng độ thấp. Nghiên cứu cũng kết luận rằng Ca-SP có thể là một yếu tố hỗ trợ dùng trong một loại thuốc điều trị chống HIV⁽¹²⁾.

⁽¹⁰⁾ Herpes simplex virus (HSV) là loại virus có khoảng 90% ở người trưởng thành, có khả năng gây nhiễm trùng tái phát ảnh hưởng đến da, miệng, môi, mắt và bộ phận sinh dục. Nhiễm trùng nặng thường gặp bao gồm viêm não, viêm màng não, mụn rộp ở trẻ sơ sinh và ở bệnh nhân suy giảm miễn dịch, nhiễm trùng lan rộng.

⁽¹¹⁾ Virus cytomegalo (CMV) là một loại virus gây nhiễm trùng thường gặp. CMV có thể tấn công bất kỳ ai, đặc biệt là phụ nữ mang thai, trẻ em, những người có hệ miễn dịch kém, suy giảm hệ miễn dịch.

⁽¹²⁾ Hayashi, K., Hayashi, T., & Kojima, I. (1996). A natural sulfated polysaccharide, calcium spirulan, isolated from *Spirulina platensis*: in vitro and ex vivo evaluation of anti-herpes simplex virus and anti-human immunodeficiency virus activities. *AIDS research and human retroviruses*, 12(15), 1463-1471.

Thực tế cũng cho thấy những tác dụng đáng ngạc nhiên của Tảo xoắn trong việc chống virus. Châu Phi là nơi có số người nhiễm HIV cao nhất, tuy nhiên tỉ lệ này cũng chênh lệch đáng kể giữa các cộng đồng khác nhau. Một nhóm bộ lạc lớn ở cạnh hồ Chad tiêu thụ từ 3 đến 13 gam Tảo xoắn mỗi ngày và có tỉ lệ mắc HIV/AIDS rất thấp so với các khu vực khác. Dựa trên sự tương quan này, các nhà khoa học nhận định rằng việc tiêu thụ Tảo xoắn thường xuyên có thể giúp ngăn ngừa lây nhiễm HIV và giảm lượng virus ở những người bị nhiễm bệnh. Xu hướng tương tự cũng ghi nhận đối với Nhật Bản và Hàn Quốc - các nước có tỉ lệ tiêu thụ tảo nói chung và Tảo xoắn nói riêng rất lớn⁽¹³⁾.

⁽¹³⁾ Teas, J., Hebert, J. R., Fitton, J. H., & Zimba, P. V. (2004). Algae—a poor man's HAART?. *Medical Hypotheses*, 62(4), 507-510.

Một nghiên cứu được thực hiện bởi một nhóm các nhà nghiên cứu từ Viện Ung thư Dana-Farber và Trường Harvard Medical đã cho rằng nhận định trên là hoàn toàn có cơ sở. Chiết xuất Tảo xoắn có khả năng ức chế HIV-1. Trong thí nghiệm này, khả năng lây nhiễm của virus đã bị bất hoạt khi cho tiếp xúc với dịch chiết Tảo xoắn. Hơn thế nữa, nghiên cứu khẳng định không chỉ các loại đường đa trong Tảo xoắn mới có hoạt tính chống virus mà cả các thành phần khác cũng có khả năng tương tự⁽¹⁴⁾.

Tóm lại, những thử nghiệm trên đều cho thấy hoạt tính kháng virus là rất mạnh mẽ, mở ra một hướng phòng chống, điều trị đầy hứa hẹn đối với các bệnh do virus gây ra.

⁽¹⁴⁾ Ayehunie, S., Belay, A., Baba, T. W., & Ruprecht, R. M. (1998). Inhibition of HIV-1 Replication by an Aqueous Extract of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*). *JAIDS Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes*, 18(1), 7-12.

Chống viêm mũi dị ứng và hen suyễn

Sắc tố C-phycoyanin (C-PC) còn được chứng minh có thể ức chế một cách có chọn lọc sự giải phóng histamin⁽¹⁵⁾ từ các dưỡng bào và ngăn chặn sự gia tăng kháng nguyên immunoglobulin E (IgE). IgE kích thích hệ thống miễn dịch và làm cho đường thở bị thu hẹp và làm cho các triệu chứng hen suyễn trở nên trầm trọng hơn. Do đó, giảm IgE giúp cải thiện đáng kể bệnh viêm mũi dị ứng và hen suyễn. Sử dụng Tảo xoắn với hàm lượng 1g/ngày giúp cải thiện các chỉ số sức khỏe của phổi⁽¹⁶⁾.

Mao và cộng sự (2005) đã thử nghiệm tác dụng của Tảo xoắn trên những người bị

⁽¹⁵⁾ Histamin là một trong những chất có liên quan mật thiết tới tình trạng sốc phản vệ, phản ứng viêm, dị ứng, dẫn truyền thần kinh và sự bài tiết dịch vị.

⁽¹⁶⁾ Mathur, M. (2018). Bioactive Molecules of Spirulina: A Food Supplement. Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.

viêm mũi dị ứng bằng cách cho 2 nhóm bệnh nhân ăn Tảo xoắn và giả dược hằng ngày liên tục trong 12 tuần. Kết quả ghi nhận mức IL-4⁽¹⁷⁾ trong tế bào máu đơn nhân đã giảm 32%, chứng tỏ tác dụng bảo vệ của Tảo xoắn đối với loại dị ứng này là có hiệu quả. Trong một nghiên cứu khác ở Thổ Nhĩ Kỳ nhằm đánh giá hiệu quả của Tảo xoắn trong điều trị bệnh nhân viêm mũi dị ứng, các triệu chứng dị ứng (như chảy nước mũi, hắt hơi, nghẹt mũi và ngứa) ở nhóm được sử dụng Tảo xoắn đã có những cải thiện đáng so với nhóm sử dụng giả dược. Tác giả cho rằng sự thiếu hụt chất dinh dưỡng là nguyên nhân dẫn đến những thay đổi trong khả năng miễn dịch, ví dụ như sự sản xuất tế bào lympho T, phản ứng bài tiết kháng thể IgA, cytokine và hoạt động của tế bào chết tự nhiên. Do đó, khả

⁽¹⁷⁾ IL-4 là glycoprotein, có chức năng gián tiếp ức chế miễn dịch tế bào.

năng điều chỉnh hệ thống miễn dịch của Tảo xoắn có thể liên quan đến việc bù đắp sự thiếu hụt dinh dưỡng trong cơ thể⁽¹⁸⁾.

Chống cao huyết áp và tăng mỡ máu

Tảo xoắn làm giảm các sản phẩm của quá trình peroxy hóa lipid và tham gia vào hoạt động bảo vệ gan. Sắc tố C-phycoocyanin trong Tảo xoắn đã được chứng minh có tác dụng hạ cholesterol máu. Người ta cũng cho rằng hàm lượng axit gamma linolenic (GLA) cũng có vai trò trong quá trình này. Hàm lượng kali cao và natri thấp trong Tảo xoắn cũng có tác động tích cực đến huyết áp. Do đó, Tảo xoắn làm giảm huyết áp tâm thu và huyết áp tâm trương khi sử dụng bằng đường uống. Trong một nghiên cứu khác, những tình nguyện viên được bổ sung

⁽¹⁸⁾ Cingi, C., Conk-Dalay, M., Cakli, H., & Bal, C. (2008). The effects of spirulina on allergic rhinitis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 265(10), 1219-1223.

4,5g Tảo xoắn/ngày trong 6 tuần liên tiếp được ghi nhận huyết áp và cholesterol toàn phần LDL giảm trong khi cholesterol HDL tăng⁽¹⁹⁾ ⁽²⁰⁾.

Chống đột quy

Axit gamma linolenic (GLA) có trong Tảo xoắn có hoạt tính giúp ngăn ngừa các bệnh tim, ngừng tim và đột quy. Hợp chất beta-carotene trong thành phần của Tảo xoắn cũng có những tác dụng tương tự, góp phần bảo vệ hệ tim mạch. Theo một nghiên cứu, mức độ đột quy và đau tim giảm đến 50% ở những bệnh nhân tim được bổ sung Tảo xoắn trong hơn 4 tuần. Do đó, Tảo xoắn được xác

⁽¹⁹⁾ Mathur, M. (2018). Bioactive Molecules of Spirulina: A Food Supplement. Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.

⁽²⁰⁾ Hai chỉ số LDL và HDL (Low/High Density Lipoprotein cholesterol) là hai dạng cholesterol trong cơ thể, LDL được coi là "cholesterol xấu" trong khi HDL lại được coi là "cholesterol tốt".

định là có lợi trong việc ngăn ngừa xơ vữa động mạch và giảm nguy cơ mắc các bệnh tim mạch⁽²¹⁾.

Chống thiếu máu

Thiếu máu là tình trạng số lượng hồng cầu và huyết sắc tố lưu thông bị suy giảm. Đây là rối loạn máu phổ biến nhất, nguyên nhân chủ yếu là do thiếu hụt dinh dưỡng, do phơi nhiễm kim loại độc hại và các độc chất môi trường khác, gây nên sự gián đoạn trong quá trình sản xuất hồng cầu. Thiếu sắt là nguyên nhân gây thiếu máu phổ biến nhất ở phụ nữ mang thai, người già và trẻ em.

Tảo xoắn chứa sắc tố phycocyanin có tác dụng kích thích tủy xương, sản xuất tế bào máu hiệu quả hơn. Nó cũng điều

⁽²¹⁾ Cheong, S. H. et al. (2010). Spirulina prevents atherosclerosis by reducing hypercholesterolemia in rabbits fed a high-cholesterol diet. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 56(1), 34-40.

chỉnh việc sản xuất cytokine của các tế bào đơn nhân trong máu ở người và làm tăng lượng flavonoid và sulfolipid. Do đó, Tảo xoắn giúp tăng cường sản xuất và chức năng của tế bào hồng cầu. Việc tiêu thụ Tảo xoắn cho thấy sự ổn định các giá trị trung bình của hemoglobin. Tác dụng của việc bổ sung Tảo xoắn lên nhóm đối tượng phụ nữ lớn tuổi là rõ rệt hơn. Mức độ thiếu máu cũng giảm ở trẻ em khi được cho dùng Tảo xoắn trong vòng 12 tuần⁽²²⁾.

Bên cạnh đó, một số nghiên cứu cũng đã chứng minh rằng, Tảo xoắn có tác dụng tích cực đến các loại thiếu máu khác nhau, nhờ vào các thành phần dinh dưỡng phong phú của nó như axit amin thiết yếu, axit folic, vitamin B12 và sắt, có vai

⁽²²⁾ Mathur, M. (2018). Bioactive Molecules of Spirulina: A Food Supplement. Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.

trò quan trọng trong việc tạo hồng cầu. Ngoài ra còn có một số nghiên cứu trên động vật liên quan đến thiếu máu đã cho thấy tác dụng có lợi của Tảo xoắn đối với nồng độ hemoglobin và sắt trong huyết thanh⁽²³⁾.

Chống các bệnh lí về mắt

Tảo xoắn chứa nhiều beta-carotene hơn gấp mười lần so với cà rốt. Beta-carotene được chuyển đổi thành vitamin A có tác dụng bảo vệ giác mạc. Đây là điều cần thiết để có thị lực tốt. Nếu giác mạc không được bảo vệ, nó có thể gây ra mờ mắt, đau mắt hay đỏ mắt. Chúng cũng bảo vệ võng mạc khỏi các chất lắng tụ. Do đó, bổ sung một lượng beta-carotene từ Tảo xoắn trong chế độ ăn hàng ngày được

⁽²³⁾ Seyidoglu, N., Inan, S., & Aydin, C. (2017). A prominent superfood: *Spirulina platensis*. *Superfood and Functional Food The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine*, 1-27.

khuyến nghị để ngăn ngừa mù lòa và các bệnh về mắt⁽²⁴⁾.

Tăng cường hệ miễn dịch

Hệ thống miễn dịch của sinh vật được phân loại thành hệ thống miễn dịch bẩm sinh và hệ thống miễn dịch thích nghi. Hệ thống miễn dịch bẩm sinh là hàng rào đầu tiên để bảo vệ sinh vật chống lại sự nhiễm trùng. Hệ thống này bao gồm các đại thực bào, bạch cầu đơn nhân trung tính và các tế bào chết tự nhiên. Một hệ thống phòng thủ chuyên sâu và chủ động hơn chống lại bệnh tật được gọi là hệ thống miễn dịch thích nghi, bao gồm kháng thể, tế bào lympho và cytokine.

Tảo xoắn có chứa hàm lượng cao protein, axit amin, vitamin, beta-carotene, sắc tố và polysaccarit (đường đa) - những hoạt chất sinh học rất có giá trị. Các chất

⁽²⁴⁾ Mathur, M. (2018). Bioactive Molecules of Spirulina: A Food Supplement. Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.

này có tác dụng tăng cường sản xuất kháng thể và cytokine. Đặc biệt là đường đa trong Tảo xoắn có tác dụng làm tăng sinh đại thực bào và các tế bào lympho T, lympho B, do đó có thể cải thiện đáng kể sức đề kháng của sinh vật.⁽²⁵⁾

Rất nhiều nghiên cứu về Tảo xoắn và các chiết xuất từ Tảo xoắn đã được thực hiện ở Nhật Bản, cho thấy có tiềm năng cải thiện hệ thống miễn dịch của con người. Trong một nghiên cứu được thực hiện ở bởi Hirahashi và cộng sự, kết quả phân tích máu của những tình nguyện viên uống chiết xuất Tảo xoắn cho thấy một sự cải thiện miễn dịch đáng kể, thể hiện qua các chỉ thị miễn dịch. Các nhà nghiên cứu phát hiện ra rằng những đối tượng được sử dụng chiết xuất Tảo xoắn có mức độ interferon gamma cao

⁽²⁵⁾ Seyidoglu, N., Inan, S., & Aydin, C. (2017). A prominent superfood: Spirulina platensis. Superfood and Functional Food The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine, 1-27.

hơn và sự sản xuất interleukin⁽²⁶⁾ mạnh hơn. Tác giả nhận định rằng Tảo xoắn hoạt động trực tiếp trên tế bào dòng tủy và trực tiếp hoặc gián tiếp trên tế bào chết tự nhiên⁽²⁷⁾.

Năm 2001, các nhà nghiên cứu ở Copenhagen đã tiến hành thử nghiệm với Immulina⁽²⁸⁾, một chiết xuất polysaccharide có trọng lượng phân tử cao từ Tảo xoắn. Họ phát hiện ra rằng Immulina có hoạt tính kích hoạt các tế bào đơn nhân trong ống nghiệm mạnh hơn 100-1000 lần so với các chế phẩm polysaccharide đang được sử dụng vào

⁽²⁶⁾ Interferon gamma (IFN γ) và interleukin (IL): là các cytokine rất quan trọng đối với khả năng miễn dịch bẩm sinh và thích nghi trong chống lại virus, một số bệnh nhiễm trùng do vi khuẩn và protozoa

⁽²⁷⁾ Hirahashi, T. et al. (2002). Activation of the human innate immune system by Spirulina: augmentation of interferon production and NK cytotoxicity by oral administration of hot water extract of Spirulina platensis. International Immunopharmacology, 2(4), 423-434.

⁽²⁸⁾ Sự kết hợp của Immunity - sự miễn dịch và Spirulina - Tảo xoắn.

thời điểm đó trong những nghiên cứu về liệu pháp miễn dịch ung thư. Các nhà nghiên cứu đã tiếp tục những thử nghiệm trong ống nghiệm và tiến hành một nghiên cứu trên loài gặm nhấm, cả hai đều cho kết quả xác nhận kết luận trước đó của họ về tác dụng tăng cường hệ thống miễn dịch của Immulina. Gần đây, đã có những nghiên cứu về tác dụng của chất này trên cơ thể người được tiến hành ở Đan Mạch. Kết quả chỉ ra rằng ở những tình nguyện viên khỏe mạnh được cho dùng Immulina liên tục trong 8 ngày và 14 ngày, nồng độ huyết sắc tố, hoạt động của tế bào chết tự nhiên và bạch cầu đơn nhân đều được ghi nhận tăng đáng kể⁽²⁹⁾.

Chống oxi hóa

Chất chống oxi hóa là chất trung hòa các gốc tự do không ổn định được tạo ra do stress oxi hóa. Các chất chống oxi hóa

⁽²⁹⁾ Capelli, B., & Cysewski, G. R. (2010). Potential health benefits of spirulina microalgae. *Nutrafoods*, 9(2), 19-26.

tự nhiên có thể kể đến như là vitamin (B1, B5, B6 và E6), khoáng chất (kẽm, mangan, đồng), axit amin (methionine), beta-carotene và các nguyên tố vi lượng (selen). Tảo xoắn được coi là một nguồn cung cấp chất chống oxi hóa tự nhiên do chứa nhiều các chất trên, nhất là axit phenolic, beta-carotene và tocopherols⁽³⁰⁾.

C-Phycocyanin là một loại protein có nhiều trong Tảo xoắn, được phát hiện là chất chống oxi hóa mạnh. Từ năm 1998, Romay và cộng sự đã chỉ ra rằng, phycocyanin có thể làm sạch các gốc hydroxyl và alkoxyl với hoạt tính tương đương với dimethylsulfoxide và trolox, các chất chống oxi hóa đặc hiệu cho 2 loại gốc tự do này. Phycocyanin cũng ức chế sự peroxide hóa lipid trong gan. Đáng chú ý, hoạt tính của phycocyanin chỉ thấp hơn

⁽³⁰⁾ Seyidoglu, N., Inan, S., & Aydin, C. (2017). A prominent superfood: *Spirulina platensis*. *Superfood and Functional Food The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine*, 1-27.

3 lần so với enzyme superoxide dismutase (SOD). Một nghiên cứu khác của cùng nhóm nghiên cứu này cho thấy hoạt tính chống oxi hóa của phycocyanin cao hơn đến 20 lần so với các chất chống oxi hóa phổ biến là trolox và ascorbic acid⁽³¹⁾.

Chống tác hại phóng xạ

Tác dụng bảo vệ chống lại các tác hại phóng xạ đáng kinh ngạc của Tảo xoắn là nhờ khả năng liên kết với kim loại nặng và các đồng vị phóng xạ. Nhiều nghiên cứu đã phát hiện ra rằng, chúng bảo vệ cơ thể chống lại và thậm chí chữa lành khỏi tác hại của các bức xạ. Một nghiên cứu khác vào đầu những năm 90, đã xác nhận Tảo xoắn làm giảm một cách hiệu quả tải lượng phóng xạ mà cơ thể nhận hấp thu từ thực phẩm ô nhiễm. Chỉ sau 20 ngày, những đứa trẻ được cho ăn 5gm Tảo xoắn

⁽³¹⁾ Romay, C. H. et al. (1998). Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycocyanin from blue-green algae. *Inflammation research*, 47(1), 36-41.

mỗi ngày liên tục trong 2 tuần, có mức độ phóng xạ trong nước tiểu giảm 50%⁽³²⁾.

Hàng triệu người sống ở Bangladesh, Ấn Độ và Chile có nguồn nước ngầm bị nhiễm asen và phóng xạ. Kết quả có rất nhiều người bị nhiễm độc asen mãn tính. Hiện vẫn chưa có biện pháp trị liệu cụ thể cho căn bệnh này. Misbahuddin và cộng sự (2006), đã chỉ ra rằng chiết xuất Tảo xoắn kết hợp với kẽm có thể hỗ trợ việc điều trị ngộ độc asen mãn tính. Kết quả nghiên cứu ghi nhận, khi hàm lượng asen trong tóc và nước tiểu giảm đáng kể đối với nhóm có sử dụng Tảo xoắn hằng ngày⁽³³⁾.

⁽³²⁾ Mathur, M. (2018). Bioactive Molecules of Spirulina: A Food Supplement. Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.

⁽³³⁾ Misbahuddin, M. et al. (2006). Efficacy of spirulina extract plus zinc in patients of chronic arsenic poisoning: a randomized placebo-controlled study. *Clinical Toxicology*, 44(2), 135-141.

Công trình nghiên cứu về hiệu quả của Tảo xoắn trong việc cải thiện khả năng miễn dịch của trẻ em do bức xạ từ thảm họa Chernobyl gây ra, đã được trao bằng sáng chế tại Nga vào năm 1995. Nhiều trẻ em bị phơi nhiễm và mắc bệnh mãn tính với nồng độ immunoglobulin E (IgE) tăng cao. Chúng cũng có kết quả dương tính với độ nhạy cảm dị ứng cao. Khi tiêu thụ Tảo xoắn trong 45 ngày, mức IgE của trẻ em và độ nhạy cảm với dị ứng đã được phục hồi trở lại bình thường. Chiết xuất từ Tảo xoắn cũng cho thấy hiệu quả trong việc bảo vệ chống lại cả tổn thương do thuốc hóa trị và xạ trị. Do đó, chúng cũng còn được kê đơn cho bệnh nhân ung thư đang hóa trị⁽³⁴⁾.

Chống suy dinh dưỡng

Với hàm lượng dinh dưỡng cao, Tảo xoắn được cho là có khả năng ngăn ngừa

⁽³⁴⁾ Bodri, B. (2004). How to help support the body's healing after intense radioactive or radiation exposure.

suy dinh dưỡng, đặc biệt là ở trẻ em ở những nước đang phát triển có tỉ lệ nghèo đói cao.

Trong một nghiên cứu công bố năm 2016 của Abed và cộng sự, liên quan đến 87 trẻ em dưới 5 tuổi ở Gaza bị suy dinh dưỡng và thiếu máu. Các nhà nghiên cứu đã tiến hành cho một nửa số trẻ em bổ sung vitamin và khoáng chất, nửa còn lại được bổ sung Tảo xoắn trong ba tháng. Kết quả là những đứa trẻ sử dụng Tảo xoắn có sự cải thiện đáng kể về cân nặng, chiều cao, nồng độ ferritin, chất sắt và lượng huyết sắc cao hơn hẳn so với những trẻ được bổ sung vitamin và khoáng chất thường xuyên. Tuy nhiên các tác giả vẫn cần trọng và lưu ý rằng kích thước mẫu của nghiên cứu là khá nhỏ, nên cần nhiều tiếp tục nghiên cứu kĩ hơn⁽³⁵⁾.

⁽³⁵⁾ Abed, E. et al. (2016). *Matern Pediatr Nutr*, 110, 2.

Một nghiên cứu khác vào năm 2015, nhóm nghiên cứu của Ngo-Matip đã xem xét tác động của việc bổ sung Tảo xoắn cho gần 200 người dương tính với HIV bị suy dinh dưỡng ở Cameroon, cũng cho thấy những kết quả tích cực tương tự. Kết quả chỉ ra rằng việc bổ sung Tảo xoắn hàng ngày vào chế độ dinh dưỡng hợp lý giúp tăng lượng tế bào CD436 và giảm lượng virus trong cơ thể sau 6 tháng⁽³⁷⁾.

Một ví dụ thực tiễn khác là vào năm 2016, chính quyền bang Karnataka - Ấn Độ - kết hợp với tập đoàn JSW Energy đã lập ra một chương trình quy mô toàn tiểu bang nhằm cung cấp Tảo xoắn cho trẻ em suy dinh dưỡng. JSW đã báo cáo rằng chương trình này giúp giảm 42-45% các trường hợp suy dinh dưỡng ở trẻ

⁽³⁶⁾ Một nhóm tế bào quan trọng trong hệ miễn dịch.

⁽³⁷⁾ Ngo-Matip, M. E. et al. (2015). Nutrition Journal, 14(1), 70.

nhỏ trong bang và khẳng định rằng Tảo xoắn là một nguồn dinh dưỡng bổ sung rất hiệu quả⁽³⁸⁾.

Bổ sung vi lượng

Tảo xoắn cũng chứa selen - một trong những loại vi lượng quan trọng liên quan đến chức năng miễn dịch, sinh sản, bệnh tim mạch, ung thư, khả năng kiểm soát nhiễm virus và độc tính của kim loại. Một nguyên tố vi lượng thiết yếu khác cũng có trong Tảo xoắn là iốt. Sự thiếu hụt iốt sẽ ảnh hưởng đến chức năng tuyến giáp, chức năng mạch máu và các rối loạn não khác. Những nguyên tố vi lượng này giúp giữ gìn sức khỏe của xương vì chúng làm giảm nguy cơ vôi hóa. Tảo xoắn là một loại thực phẩm thực vật không chứa oxalate. Như vậy với sắt, nó cung cấp

⁽³⁸⁾ www.jsw.in/groups/jsw-csr-wins-india-csr-project-year-award.

canxi với tính khả dụng cao, tức là có thể cải thiện khả năng hấp thụ⁽³⁹⁾.

Tào xoắn với COVID-19

Năm 2020, cả thế giới gồng mình chống chọi với đại dịch viêm phổi Vũ Hán do virus SARS-CoV-2 gây ra. Theo WHO, đây là một virus thuộc họ corona - một họ virus lớn - đã được biết là nguyên nhân gây ra các tình trạng bệnh từ cảm lạnh thông thường cho tới các bệnh cảm nặng như Hội chứng Hô hấp Trung Đông (MERS) và Hội chứng Hô hấp Cấp tính Nặng (SARS).

Hiện nay, dù các nhà khoa học đang rất nỗ lực nhưng thuốc điều trị đặc hiệu hay vaccine phòng ngừa loại virus này vẫn chưa được điều chế thành công. Bên cạnh đó, thời điểm dịch kết thúc vẫn chưa

⁽³⁹⁾ Mathur, M. (2018). Bioactive Molecules of Spirulina: A Food Supplement. Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.

dự báo được khi tình trạng số người nhiễm và tử vong vẫn gia tăng hằng ngày ở nhiều nơi trên thế giới. Trước tình hình này, tăng cường sức khỏe, sức đề kháng của cộng đồng được coi là giải pháp hữu hiệu nhất để hạn chế sự lây lan, kéo dài của đại dịch. Nhiều chuyên gia khuyến nghị, tăng cường hệ miễn dịch bằng cách tiêu thụ các loại thực phẩm, đồ uống giàu dưỡng chất và các vitamin A, B, C để cải thiện sức khỏe nói chung. Tảo xoắn, với hàm lượng dinh dưỡng đa dạng, phong phú và có những tác dụng tích cực, an toàn cho sức khỏe đã được chứng minh. Do đó, đây được xem là một phương thuốc tiềm năng để con người có thể “chiến đấu” lại với virus.

Hoạt tính chống virus của Tảo xoắn đã được khảo sát ở trong nhiều nghiên cứu. Chiết xuất Tảo xoắn có thể làm giảm hay thậm chí là ngăn chặn sự nhân lên của

virus trong cơ thể sinh vật. Điều này đã được quan sát thấy trong nghiên cứu trên virus HSV40 khi sự xâm nhập và nhân lên của virus bị ức chế đáng kể dưới tác động của Tảo xoắn lên sự tổng hợp protein của virus. Hoạt tính chống virus này được cho là nhờ hợp chất Canxi Spirulan (Ca-SP) trong tảo. Loại đường đa này còn là chất ức chế mạnh đối với các virus có vỏ bọc (enveloped virus) khác như virus cúm, virus CMV⁽⁴¹⁾, virus quai bị, virus sởi và cả virus gây suy giảm miễn dịch ở người (HIV-1, HIV-2). Dịch chiết Tảo xoắn không tiêu diệt được virus mà cản trở sự xâm nhập của virus vào các tế bào. Cụ thể Ca-SP tăng cường hoạt động của các tế

⁽⁴⁰⁾ HSV (Herpes simplex virus) là họ virus lớn có thể gây nhiễm trùng da, ảnh hưởng đến nhiều cơ quan của cơ thể người bệnh.

⁽⁴¹⁾ Virus cytomegalo (CMV) là một loại virus gây nhiễm trùng thường gặp, đặc biệt khi tấn công phụ nữ mang thai có thể gây biến dạng thai nhi.

bào lympho CD4 + chưa bị nhiễm làm cho virus không thể chiếm lấy vật chủ (host), điều này ngăn chặn sự sinh sản và nhân lên của virus⁽⁴²⁾.

Ngoài bảo vệ tế bào khỏi sự tấn công của virus, Tảo xoắn còn hỗ trợ điều trị triệu chứng một cách hiệu quả nhờ vào khả năng chống oxi hóa, chống viêm, chống dị ứng và tăng cường chức năng các hệ cơ quan như đã đề cập ở phần trước. Hiện các nghiên cứu vẫn đang được tiến hành trên khắp thế giới để khám phá những tiềm năng của loại "siêu thực phẩm" này trong việc điều trị và hỗ trợ điều trị các loại bệnh khác nhau. Tuy nhiên, đến giờ này có thể khẳng định rằng Tảo xoắn là nguồn thực phẩm tự nhiên an toàn và lí tưởng cho sức khỏe con người.

⁽⁴²⁾ Singh, S., Dwivedi, V., Sanyal, D., & Dasgupta, S. (2020). Therapeutic and Nutritional Potential of Spirulina in Combating COVID-19 Infection. AIJR Preprints.

Với các bằng chứng khoa học về những lợi ích của Tảo xoắn, chúng ta có thể tin tưởng sử dụng Tảo xoắn để hạn chế nguy cơ xâm nhiễm virus trong khi chờ đợi thuốc điều trị và vacxin ngừa. Để có thể an tâm hơn trước đại dịch đang lan rộng. Như Hippocrates từng nói: "Let thy food be thy medicine" - "Hãy xem thức ăn là thuốc".

Sử dụng hiệu quả Tảo xoắn

Tảo tươi và tảo khô:

Hiện nay trên thị trường, các sản phẩm Tảo xoắn được sản xuất ở hai dạng tươi và khô. Tảo tươi là tảo vừa thu hoạch, làm sạch và sử dụng ngay. Trong khi đó, tảo khô là tảo được loại nước bằng các phương pháp phổ biến như vắt, quay li tâm và sấy khô.

Ở dạng tươi, các dưỡng chất trong tảo xoắn đảm bảo 95% tính khả dụng sinh

học, cao hơn so với bột tảo khô và nó không mùi không vị. Tảo tươi sau khi được thu hoạch phải được giữ lạnh. Chính vì vậy sẽ gây khó khăn cho những ai có nhu cầu sử dụng tảo tươi hằng ngày⁽⁴³⁾. Tảo tươi có thể giữ được từ 6-12 tháng khi được đông lạnh ở -13 đến -18°C, hoặc từ 7-20 ngày khi bảo quản ở ngăn mát tủ lạnh. Tảo đã rã đông có thể cấp đông lại để sử dụng tiếp.

Tảo khô dạng bột hoặc cốm là sản phẩm chủ yếu trên thị trường, vì có ưu điểm về thời gian bảo quản dài, dễ dàng vận chuyển và đảm bảo duy trì được độ sạch và hàm lượng dinh dưỡng của tảo. Tuy nhiên, một phần vitamin, khoáng chất và protein sẽ bị mất đi trong quá trình sấy khô. Sản phẩm sau xử lý cũng

⁽⁴³⁾ Nguồn: <https://sp2life.com/blogs/news/research-what-s-the-deal-with-powdered-versus-fresh-spirulina>.

thường có mùi tảo đặc trưng, có thể gây khó chịu cho những ai lần đầu sử dụng.

Chế biến

Uống thuốc và ăn uống về mặt hành động là tương tự nhau⁽⁴⁴⁾, tuy nhiên chúng mang sắc thái khác nhau. Rõ ràng, việc sử dụng tảo xoắn hằng ngày dưới dạng các món ăn, thức uống là hấp dẫn hơn nhiều so với sử dụng dưới dạng viên nén, viên nang. Do đó, chế biến tảo như thế nào cho hợp lý và hiệu quả cũng là một vấn đề đáng quan tâm.

Tảo đã được làm sạch có thể được ăn/uống trực tiếp, không cần phải qua chế biến, vì tảo rất dễ được hấp thụ bởi cơ thể. Tuy nhiên, do tảo hầu như không có mùi vị (tảo tươi) hoặc có mùi đặc trưng không phải ai cũng thích (tảo khô) nên cách "chế biến" tảo phổ biến nhất là phối hợp với

⁽⁴⁴⁾ Tiếp nhận và hấp thụ các chất qua đường tiêu hóa.

các nguyên liệu khác giàu mùi vị hấp dẫn hơn. Một điều lưu ý từ các chuyên gia khi chế biến thực phẩm có bổ sung Tảo xoắn là nên hạn chế sử dụng nhiệt độ cao, vì chúng có thể làm biến tính protein, vitamin và các chất dinh dưỡng khác có trong tảo⁽⁴⁵⁾.

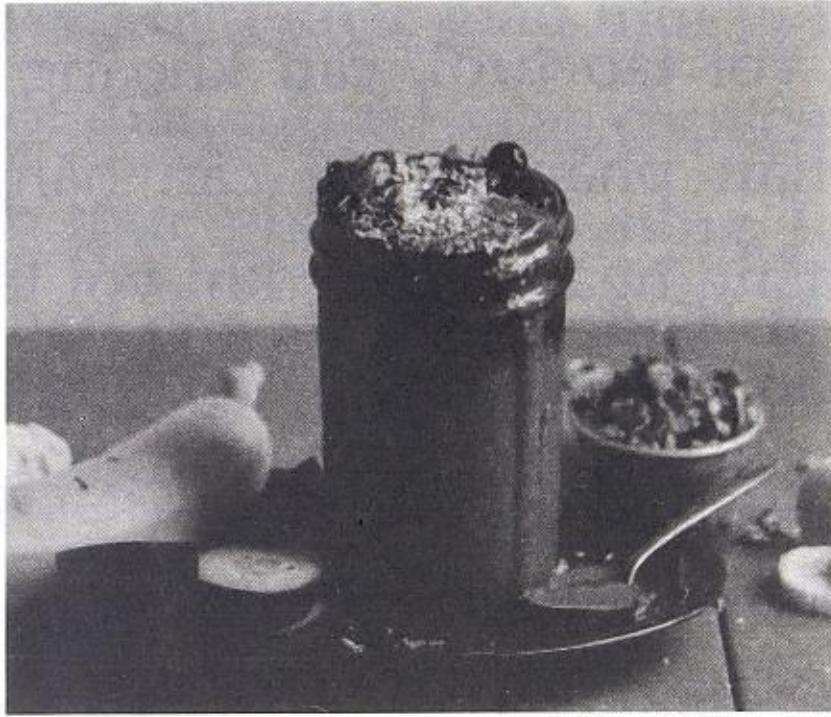
Trong quá trình chế biến tảo, một số trường hợp dịch tảo sẽ có màu xanh lam. Điều này là hoàn toàn bình thường bởi đó là màu xanh của C-Phycocyanin - một hợp chất chống oxy hóa mạnh có trong Tảo xoắn, rất tốt cho cơ thể. Hiện tượng này thường hay bắt gặp khi ngâm Tảo xoắn lâu trong nước ấm hoặc khi cho tảo đông lạnh - rã đông nhiều lần. Chiết xuất phycocyanin từ tảo xoắn cũng là một dạng sản phẩm thương mại có giá trị cao nhờ vào dược tính và độ an toàn của chúng.

⁽⁴⁵⁾ Nguồn: <https://energaia.com/faqs/>.

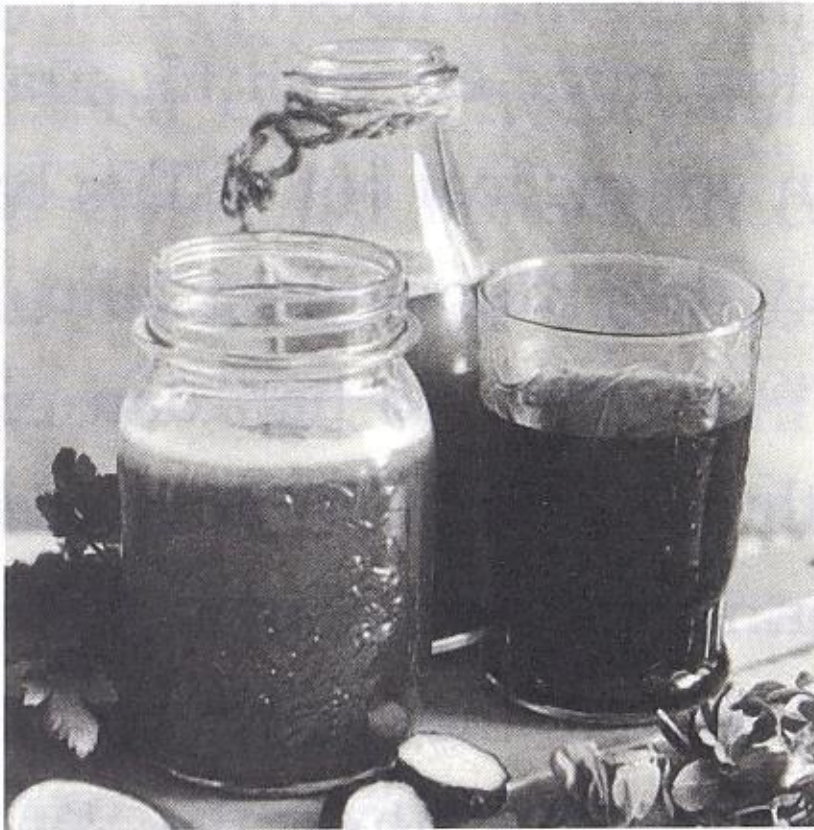
Đối với táo tươi, cần khoảng 15-40g trong khẩu phần ăn để cân bằng dinh dưỡng hằng ngày. Trong khi với táo khô, lượng cần chỉ là khoảng 5-7g/ngày. Tùy vào độ tuổi, tình trạng sức khỏe, cân nặng và sở thích mà lượng táo bổ sung có thể tăng hoặc giảm.

Táo có thể được sử dụng như là một trong những nguyên liệu chính bổ sung vào các loại nước ép, sinh tố, sữa chua... hoặc trộn với các loại bột để làm bánh mì, bánh quy hay được dùng như gia vị, topping⁽⁴⁶⁾ để tăng độ hấp dẫn của món ăn và thức uống. Các công thức chế biến món ăn có sử dụng táo xoắn là rất đa dạng và có thể được tìm thấy dễ dàng trên internet, dưới đây là một số hình ảnh minh họa.

⁽⁴⁶⁾ Phần thêm vào trên thừa ăn hay thức uống để trang trí và tạo hương vị hấp dẫn.



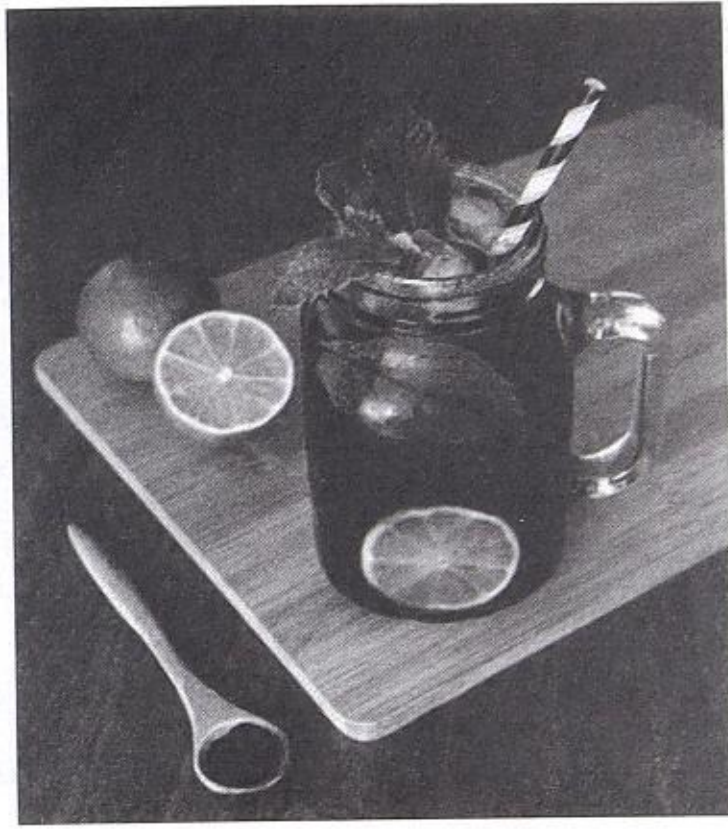
Hình 33. Smoothies Tảo xoắn kết hợp với các loại trái cây và hạt ngũ cốc⁽⁴⁷⁾



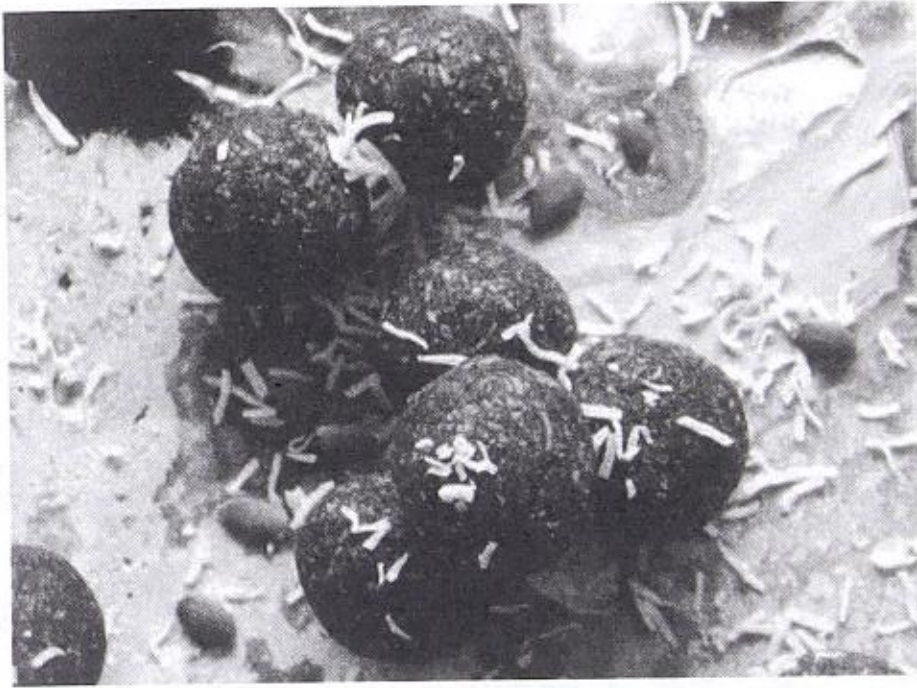
Hình 34. Nước ép dưa chuột - Tảo xoắn⁽⁴⁸⁾

(47) Nguồn: <https://minimalistbaker.com/super-green-spirulina-smoothie-5-ingredients/>.

(48) Nguồn: <https://detoxdiy.com/liver-detox-juice>.



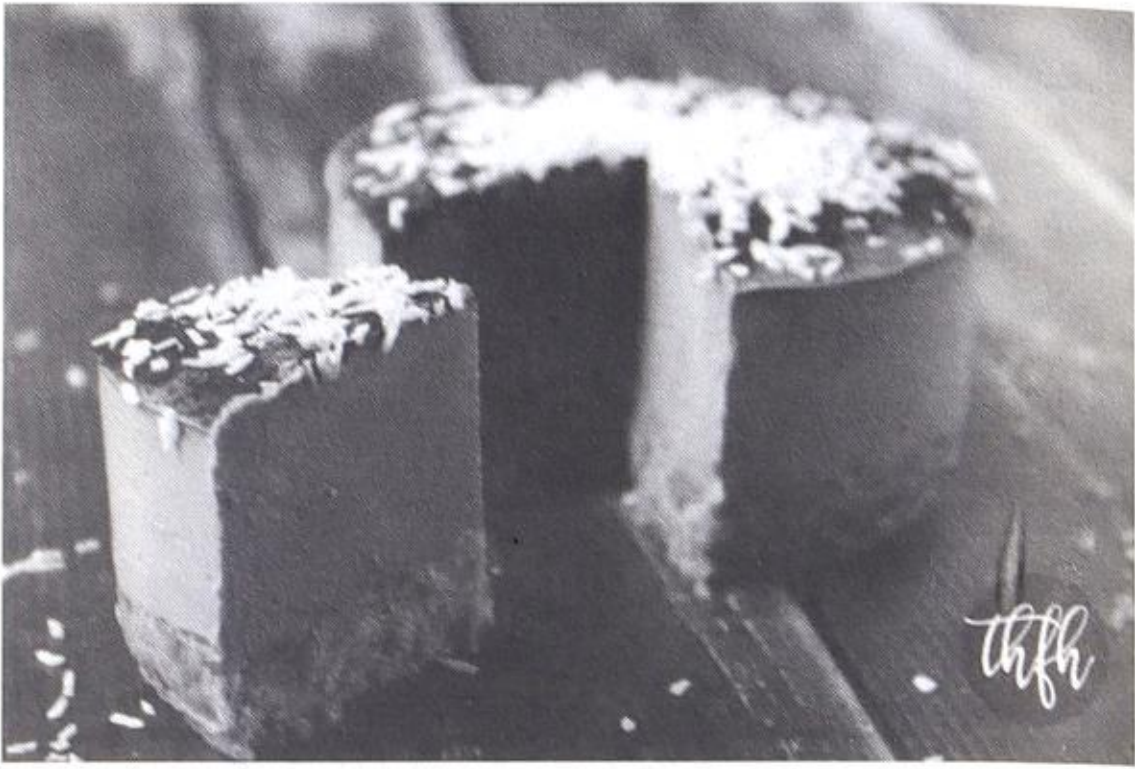
Hình 35. Soda chanh Tảo xoắn⁽⁴⁹⁾



Hình 36. Snack "banh tảo" kết hợp giữa
Tảo xoắn, hạt bí, chà là và dứa⁽⁵⁰⁾

⁽⁴⁹⁾ Nguồn: <https://www.florahealth.com/us/verte-limonade/>.

⁽⁵⁰⁾ Nguồn: <https://delightfulvegans.com/recipe/pepita-date-and-spirulina-balls/>.



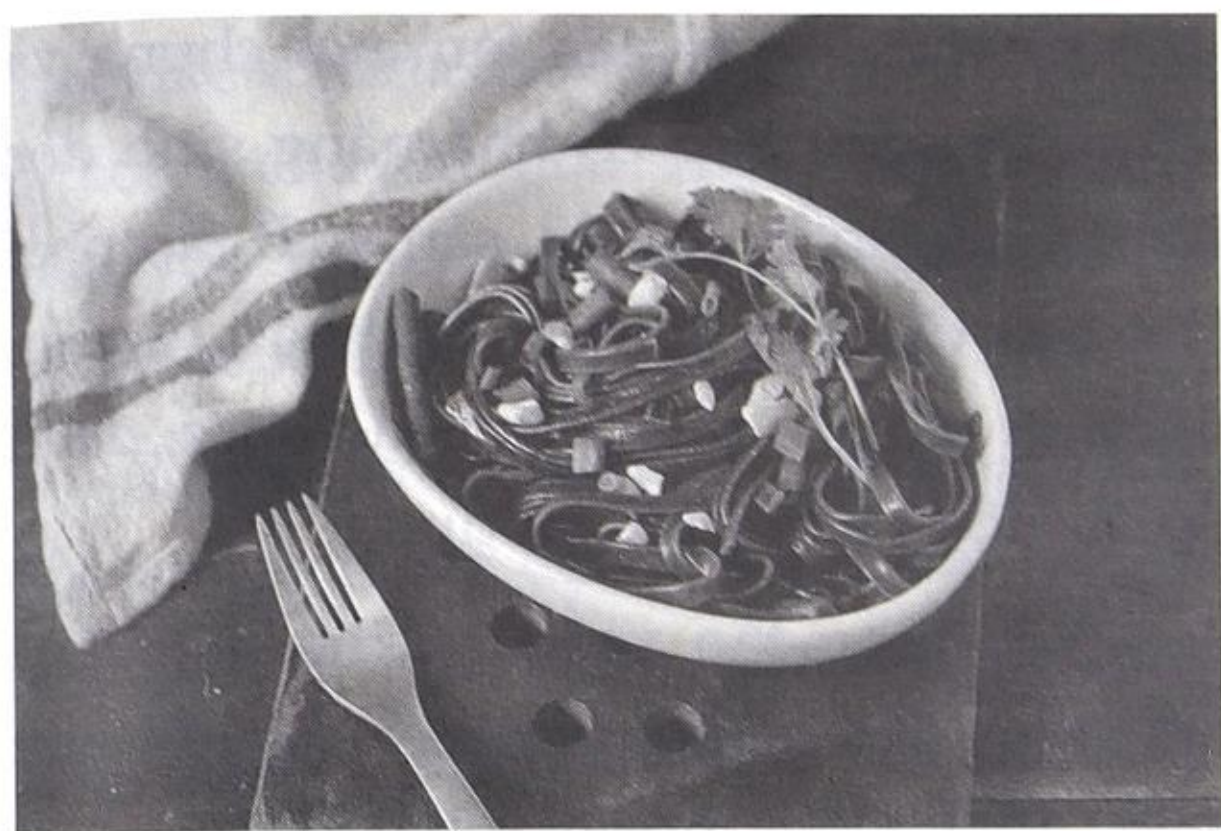
Hình 37. Bánh kem phô mai Tảo xoắn⁽⁵¹⁾



Hình 38. Trứng phủ mayonnaise Tảo xoắn⁽⁵²⁾

⁽⁵¹⁾ Nguồn: <https://thehealthyfamilyandhome.com/>.

⁽⁵²⁾ Nguồn: <https://www.organicsnz.co.nz/healthy-eggs/>.



Hình 39. Mì Tảo xoắn⁽⁵³⁾

Một số khuyến cáo khi sử dụng

Tảo xoắn được đánh giá là “siêu thực phẩm” tốt cho sức khỏe con người, đã được các tổ chức quốc tế uy tín công nhận. Tuy nhiên với những giá trị dinh dưỡng nói trên, Tảo xoắn vẫn có thể gây hại cho sức khỏe nếu không được sử dụng đúng cách. Dưới đây là những nguy cơ tiềm ẩn và khuyến cáo khi sử dụng:

⁽⁵³⁾ Nguồn: www.bepthucduong.com/mon-an-chay-thuc-duong/mi-tao-xoan-spirulina/.

- Các loài vi khuẩn lam nói chung và Tảo xoắn nói riêng có khả năng sinh độc tố microcystin⁽⁵⁴⁾. Do đó, sản xuất tảo phải đảm bảo đúng quy trình kỹ thuật; các sản phẩm từ tảo cần phải được kiểm tra, đánh giá độc tố kỹ trước khi sử dụng.

- Sử dụng tảo xoắn có thể làm tăng tình trạng Phenylketonuria⁽⁵⁵⁾. Người mắc bệnh Phenylketonuria phải kiểm soát lượng phenylalanin đưa vào cơ thể để ngăn ngừa tình trạng tích tụ quá nhiều. Phenylalanine tích tụ có thể dẫn đến tình trạng não chậm phát triển, ảnh hưởng đến hệ thần kinh, có thể gây co giật, hiếu động thái quá và mất khả năng phân tích. Trong khi đó, Tảo xoắn lại là một nguồn giàu phenylalanine. Nếu người đang mắc

⁽⁵⁴⁾ Microcystin là một chất độc, với hàm lượng cao có thể gây ảnh hưởng đến cơ thể như: gây tiêu chảy, đầy hơi, nhức đầu, đau cơ, đỏ mặt và đỏ mề hôi, sau khi hít phải sẽ đau họng, ho khan và viêm phổi.

⁽⁵⁵⁾ Phenylketonuria là một rối loạn chuyển hóa di truyền khiến cơ thể không thể chuyển hóa acid amin phenylalanine thành tyrosine do thiếu enzyme phenylalanine hydroxylase.

Phenylketonuria hay nghi ngờ bị chứng rối loạn chuyển hóa này, tốt nhất nên tham vấn ý kiến của bác sĩ trong việc sử dụng Tào xoắn.

- Tào xoắn có thể chứa kim loại nặng. Một trong những đặc tính nổi bật của tảo Tào xoắn là khả năng hấp thụ kim loại nặng. Nguy hiểm tiềm ẩn là khi sinh khối tảo được nuôi trồng hay khai thác trong môi trường bị ô nhiễm kim loại nặng. Các kim loại nặng khi vào cơ thể có thể gây hại cho gan, thận, ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Do đó, nuôi trồng tảo phải đảm bảo nguồn nước sạch; sản phẩm từ tảo phải được kiểm tra chất lượng để đảm bảo an toàn.

- Tào xoắn có thể gây nhiễm độc thận. Tào xoắn là một nguồn protein dồi dào, giúp thúc đẩy sản sinh nhiều amoniac để phục vụ cho quá trình chuyển hóa. Điều này có thể dẫn đến tình trạng tích tụ nhiều urê. Khi urê ở một lượng lớn, thận phải

hoạt động nhiều hơn để loại bỏ một lượng đáng kể urê ra khỏi máu. Điều này nếu xảy ra thường xuyên có thể dẫn đến sỏi thận hay suy thận. Do đó, những người có tiền sử mắc các bệnh về thận, chức năng thận suy yếu cần tham vấn ý kiến của bác sĩ trước khi sử dụng.

- Sử dụng Tảo xoắn có thể làm tăng tình trạng tự miễn. Hệ thống miễn dịch có chức năng bảo vệ, chống lại sự xâm nhập của vi khuẩn lạ và mầm bệnh vào cơ thể. Tuy nhiên, ở những người mắc bệnh tự miễn, hệ thống này bị rối loạn hoạt động, tấn công lại chính các tế bào của cơ thể. Tảo xoắn được biết đến là một thực phẩm có khả năng tăng cường hệ thống miễn dịch. Do đó, khi mắc bệnh tự miễn, việc sử dụng tảo xoắn Tảo xoắn có thể làm tăng tình trạng bệnh. Trường hợp bị bệnh tự miễn, tốt nhất nên sử dụng theo chỉ dẫn của bác sĩ.

Ngoài ra, chưa có bằng chứng y học rõ ràng về việc sử dụng Tảo xoắn là an toàn với nhóm đối tượng phụ nữ mang thai và cho con bú. Do đó, đối với nhóm đối tượng này cần thực hiện chế độ dinh dưỡng và thuốc theo sự chỉ dẫn của bác sĩ.

Tóm lại, đến nay, hàng ngàn nghiên cứu đã được thực hiện để xem xét những tác dụng của "siêu thực phẩm" này đến sức khỏe con người. Rất nhiều kết quả tích cực đã được báo cáo và những tiềm năng trong hỗ trợ điều trị các loại bệnh đã được đề xuất. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu vẫn được thực hiện trong ống nghiệm hoặc trên các sinh vật thử nghiệm, số ít các nghiên cứu trên người lại có quy mô tương đối nhỏ và chưa có cỡ mẫu, tính đại diện, độ lặp lại cần thiết để đảm bảo cho một khẳng định chắc chắn dựa trên cơ sở khoa học đầy đủ. Dù vậy, với hàm lượng dinh dưỡng cao và độ an toàn đã được

chứng minh rõ ràng, khuyến nghị sử dụng tảo xoắn để nâng cao sức khỏe, tăng cường sức đề kháng, phòng ngừa bệnh tật là hoàn toàn đáng tin cậy. Do đó, chúng ta có thể yên tâm đưa Tảo xoắn vào chế độ dinh dưỡng hằng ngày để có một sức khỏe tốt hơn.

Bảo vệ trái đất



Tảo xoắn đã xuất hiện trên Trái đất cách đây hơn 3,5 tỉ năm⁽¹⁾, chúng giữ một vai trò sinh thái quan trọng và góp phần vào sự đa dạng, muôn màu của sinh quyển. Giờ đây, Tảo xoắn được chứng minh là thực phẩm bảo vệ sức khỏe tốt nhất của loài người trong thế kỉ 21⁽²⁾. Loài tảo kì diệu này là giải pháp tốt để giải quyết vấn đề thực phẩm bẩn, đảm bảo an ninh lương thực và góp phần bảo vệ hệ sinh thái toàn cầu.

Theo các chuyên gia, quá trình nuôi trồng và chế biến sản phẩm Tảo xoắn không làm ô nhiễm môi trường, không gây xói mòn đất, không suy thoái nguồn nước hay phá rừng. Tảo xoắn phát triển

(1) Habib, M. A. B. (2008). Review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and agriculture organization of the United Nations.

(2) Desai, K., & Sivakami, S. (2004). Spirulina: the wonder food of the 21st Century. Asia-Pacific Biotech News, 8(23), 1298-1302.

tốt trong mô hình nuôi mà không cần dùng đến hóa chất bảo vệ thực vật, thuốc trừ sâu, diệt cỏ như hầu hết các loại cây trồng hiện nay. Hơn thế, Tảo xoắn còn góp phần cố định CO₂ và sản xuất lượng lớn O₂ cho Trái đất. Quá trình sản xuất Tảo xoắn phát huy tối đa hiệu quả sử dụng năng lượng, nguồn nước và đất đai... Những điều nói trên chắc chắn làm hài lòng đối với người tiêu dùng yêu thực phẩm sạch và yêu mẹ Trái đất.

Cung cấp Oxi cho bầu khí quyển

Khả năng lưu giữ cacbon và cung cấp oxi là một lĩnh vực nghiên cứu được quan tâm hiện nay, khi loài người đang đối mặt với biến đổi khí hậu toàn cầu. Các nhà khoa học thực hiện các nghiên cứu để xác định được diện tích rừng trồng mới hàng năm có thể lưu trữ được lượng carbon phát thải ra môi trường là bao nhiêu? Một ví dụ là vào năm 1988, Viện Tài nguyên

thế giới đã đề nghị Công ty dịch vụ công cộng Hoa Kỳ phải trồng mới 52 triệu cây xanh ở Guatemala để xử lý lượng CO₂ phát thải của một nhà máy nhiệt điện mới xây ở Mỹ trong thời gian 40 năm vận hành⁽³⁾.

Cổ định cacbon và cung cấp oxi sẽ tiếp tục được thực hiện nghiêm túc tại mỗi quốc gia như là một sự nỗ lực để bảo vệ Trái đất trước những mối đe dọa đối với các hệ sinh thái. Những vụ cháy lớn và nạn chặt phá rừng đang ngày càng làm giảm diện tích rừng mỗi năm. Câu hỏi đặt ra là phải làm gì để có thể phục hồi nhanh chóng lá phổi xanh của trái đất? Sẽ mất rất nhiều năm để có thể trồng mới lại những cánh rừng đã mất, nhưng chúng ta hoàn toàn có thể chữa lành phần nào lá phổi Trái đất chỉ với một loài sinh vật nhỏ bé, đó chính là Tảo xoắn.

⁽³⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.

Như chúng ta biết, rừng có vai trò to lớn trong việc hấp thụ CO₂ do các hoạt động của con người tạo ra, thậm chí thực vật có thể lưu giữ 1 đến 4 tấn cacbon trên mỗi hecta/năm. Những công việc ấy, Tảo xoắn còn làm hiệu quả hơn nhiều lần. Tại trang trại nuôi trồng Tảo ở sa mạc California, Tảo xoắn có thể cố định 6,3 tấn cacbon trên mỗi hecta/năm và cung cấp 16,9 tấn oxi cho bầu khí quyển. Hơn thế, vùng nhiệt đới được đánh giá là có năng suất cao hơn gấp 2,5 lần⁽⁴⁾.

Sử dụng nước hiệu quả

Mặt dù Tảo xoắn được nuôi trồng trong nước, hiệu quả sử dụng nước cho mỗi kilogram protein từ loại thực phẩm này thấp hơn nhiều so với các loại thực phẩm thông thường. Tại các trang trại nuôi trồng Tảo xoắn, nước được tuần

⁽⁴⁾ Ota, Y., 1988. Earthrise Farms. Personal communication.

hoàn sử dụng trở lại sau khi tảo được thu hoạch. Các bể nuôi được lót bằng vật liệu chống thấm nên đường như không có sự thất thoát nước trong quá trình nuôi trồng so với phương thức trồng trọt thông thường và nước chỉ mất đi một lượng nhỏ, chủ yếu do quá trình bay hơi.

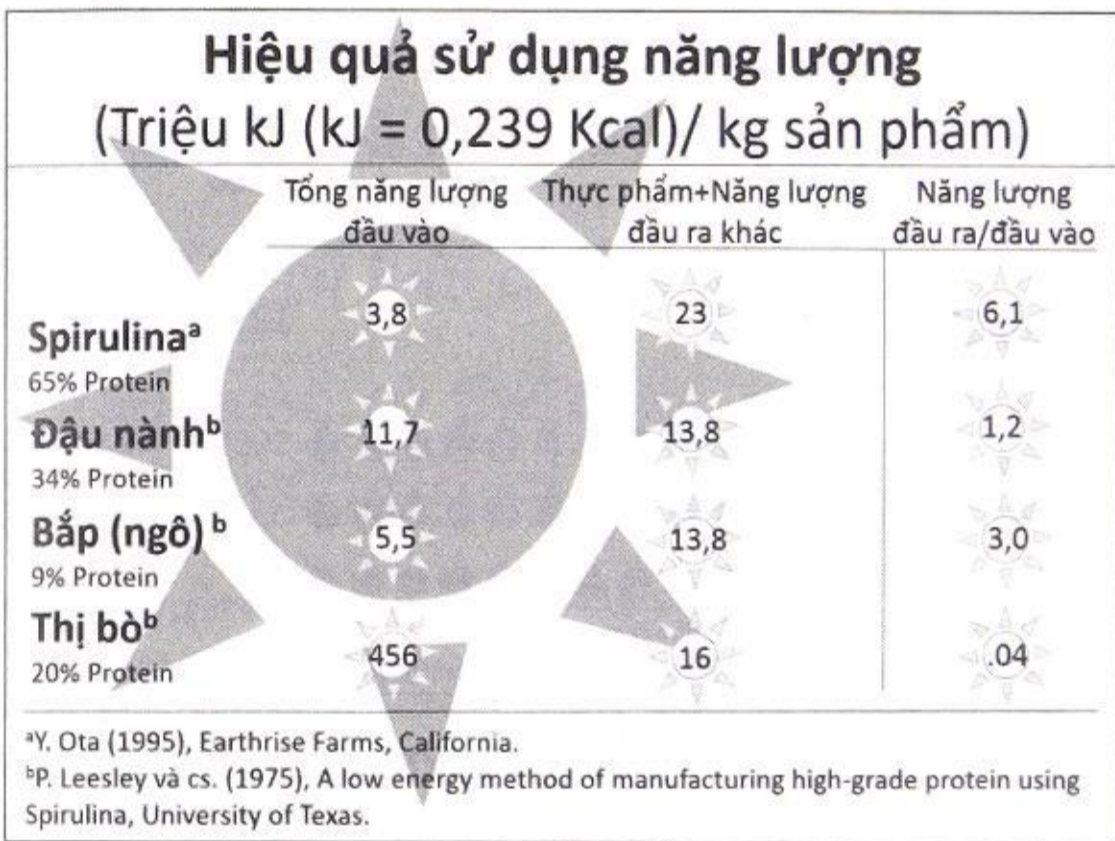
Với cùng một lượng protein thu được, sản xuất Tảo xoắn chỉ sử dụng 1/3 lượng nước so với đậu nành, 1/5 so với bắp (ngô) và chỉ 1/50 khi so với lượng nước cần cho sản xuất một lượng tương đương protein từ thịt bò. Tại vùng sa mạc California, chỉ 8 gallon⁽⁵⁾ nước có thể được sử dụng để sản xuất 10 gram Tảo xoắn. Lượng nước này là thấp hơn nhiều để sản xuất một lượng tương đương các lương thực khác ở Mỹ như: 15 gallon cho bánh mì, 65 gallon cho sữa, 136 gallon cho trứng, 408 gallon

⁽⁵⁾ 01 gallon tương đương 3,785 lít.

cho thịt gà và 1303 gallon cho một chiếc bánh hamburger⁽⁶⁾.

Sử dụng năng lượng hiệu quả

Nuôi trồng Tảo xoắn cần một lượng năng lượng đầu vào cho sản xuất mỗi kilogram sản phẩm thấp hơn so với đậu nành, bắp (ngô) và thịt bò, bao gồm cả năng lượng mặt trời và năng lượng được con người sản xuất.

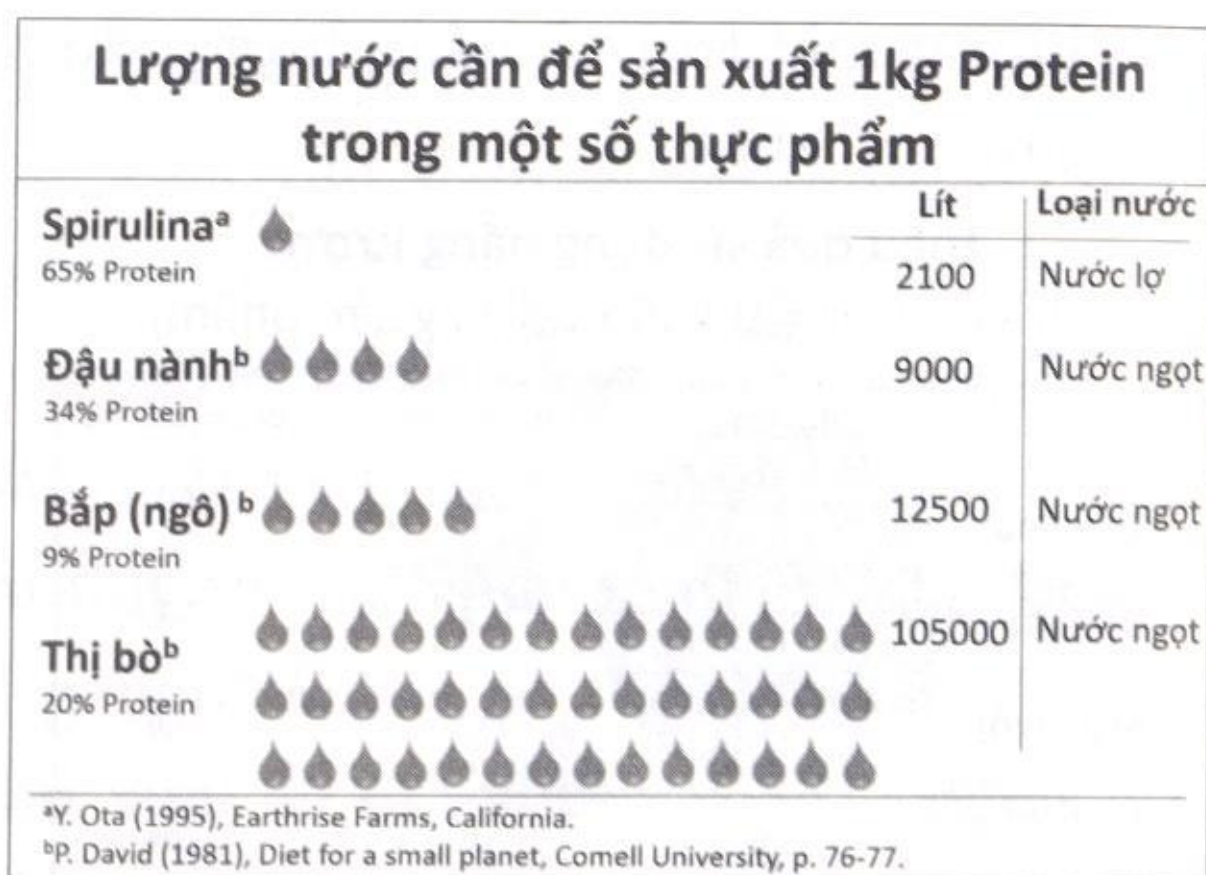


Hình 40. So sánh năng lượng cần để sản xuất Tảo xoắn và một số loại thực phẩm phổ biến⁽⁷⁾

⁽⁶⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.

⁽⁷⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.

Hiệu quả sử dụng năng lượng⁽⁸⁾ của Tảo xoắn cao hơn 3,5 lần so với đậu nành, hơn 1,4 so với bắp (ngô) và hơn 100 lần so với thịt bò⁽⁹⁾. Trong tương lai gần, các nguồn năng lượng giá rẻ đang cạn kiệt, kéo theo các loại thực phẩm phụ thuộc vào năng lượng sẽ tăng giá. Sản xuất Tảo xoắn cũng sẽ có lợi thế cạnh tranh hơn.



Hình 41. So sánh lượng nước cần để sản xuất Tảo xoắn và một số loại thực phẩm phổ biến⁽¹⁰⁾

⁽⁸⁾ Tỷ lệ năng lượng đầu ra trên mỗi kilogram/năng lượng đầu vào trên mỗi kilogram

⁽⁹⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.

⁽¹⁰⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.





Nước ngọt là một trong những nguồn tài nguyên quý giá của thế giới. Sản xuất Tảo xoắn không làm ảnh hưởng đến nguồn tài nguyên này, bởi có thể sử dụng nước lợ hoặc nước có độ kiềm cao. Đây là những nguồn nước không phù hợp đối với canh tác nông nghiệp. Sự phát triển ngành sản xuất thực phẩm từ Tảo càng trở nên hấp dẫn hơn khi không cạnh tranh nguồn nước ngọt sử dụng cho ăn uống, nông nghiệp và các lĩnh vực khác.

Bảo vệ đất và hạn chế sử dụng hoá chất

Tảo xoắn có thể được nuôi trồng trên các vùng đất khó trồng trọt, kém màu mỡ hoặc không thể sử dụng. Tảo xoắn phát triển nhanh; và chỉ cần rất ít diện tích đất. Cụ thể là ít hơn 20 lần diện tích so với đậu nành, ít hơn 40 lần so với bắp (ngô) và ít hơn 200 lần so với sản xuất thịt bò⁽¹¹⁾.

⁽¹¹⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.

Đất đai để sản xuất 1kg Protein trong một số thực phẩm

	Diện tích (m ²)	Loại đất
Spirulina^a  65% Protein	0,6	Không
Đậu nành^b  34% Protein	16	Màu mỡ
Bắp (ngô)^b  9% Protein	22	Màu mỡ
Thị bò^b  20% Protein	190	Màu mỡ

^aY. Ota (1995), Earthrise Farms, California.
^bP. Leesley và cs. (1975), A low energy method of manufacturing high-grade protein using Spirulina, University of Texas.

Hình 42. So sánh đất đai cần để sản xuất Tảo xoắn và một số loại thực phẩm phổ biến⁽¹²⁾

Tảo xoắn chứa 60% là protein lượng dinh dưỡng nhiều hơn bất kì loại lương thực khác, mặc dù không cần đến đất đai màu mỡ. Quá trình sản xuất lương thực được đảm bảo hơn khi đất đai sử dụng để nuôi trồng Tảo xoắn có thể được tái sử dụng cho các mục đích nông nghiệp khác mà không làm suy thoái đất.

⁽¹²⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.

Bên cạnh đó, lạm dụng hóa chất bảo vệ thực vật trong nông nghiệp là một trong những tác nhân phổ biến gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường sinh thái và sức khỏe con người. Quá trình sản xuất Tảo xoắn không cần dùng đến hóa chất bảo vệ thực vật, thuốc trừ sâu, diệt cỏ... như hầu hết các loại cây trồng hiện nay.

Các nhà khoa học đã tính toán rằng, để có 01kg protein từ bắp (ngô) phải mất đi 22kg lớp đất bề mặt; 1kg protein từ thịt bò thậm chí còn mất đi 145kg lớp đất bề mặt, do trồng phải thức ăn⁽¹³⁾. Trong khi đó, nuôi trồng Tảo xoắn không làm suy thoái đất đai, góp phần cải thiện môi trường sinh thái cho hiện tại và cả cho thế hệ tương lai.

⁽¹³⁾ Henrikson, R., 2010. Spirulina world food. Ronore Enterprises, Inc.

Bảng 3. So sánh chi phí môi trường của nuôi trồng Tảo xoắn với một số loại hình sản xuất

Chi phí môi trường	Nuôi trồng Spirulina	Trồng trọt hữu cơ	Trồng trọt thương mại	Sản xuất thịt/sữa
Hóa chất trong thực phẩm (từ quá trình sản xuất và chế biến)				
Thuốc trừ sâu	Không	Không	Có	Có
Thuốc diệt cỏ	Không	Không	Có	Có
Chất bảo quản	Không	Không	Có	Có
Chất phụ gia	Không	Không	Có	Có
Kháng sinh	Không	Không	Không	Có
Các chất có khả năng gây ung thư	Không	Không	Có	Có
Chi phí khám sức khỏe				
Chi phí tự trả	Không	Không	Có	Có
Bảo hiểm y tế	Không	Không	Có	Có
Sinh vật biến đổi gen (GMOs)				
Rủi ro sức khỏe chưa biết	Không	Không	Có	Có
Chi phí đóng cho chính phủ				
Thuế cao hơn	Không	Không	Có	Có
Tác động sinh thái				
Mất lớp đất mặt	Không	Không	Có	Có
Mất nước ngọt	Không	Không	Có	Có
Mất rừng	Không	Không	Có	Có
Khí nhà kính	Không	Không	Có	Có
Mất đa dạng sinh học	Không	Không	Có	Có
Chi phí xử lý ô nhiễm				
Ô nhiễm đất	Không	Không	Có	Có
Ô nhiễm nước	Không	Không	Có	Có
Chi phí xử lý	Không	Không	Có	Có
Gánh nặng cho thế hệ tương lai				
Thuế/phí	Không	Không	Có	Có
Tổng kết: Hướng đến bền vững	Có	Có	Không	Không

Cân bằng hệ sinh thái toàn cầu

Vi tảo là sinh vật có kích thước nhỏ chỉ có thể nhìn thấy được dưới kính hiển vi, rất phổ biến trong các thủy vực nước ngọt và cả nước biển. Chúng là những loài sinh vật đơn bào sống đơn lẻ hoặc sống tập đoàn. Tuy rất nhỏ bé, nhưng vi tảo được đánh giá là có sự đa dạng loài rất lớn với khoảng 200.000 - 800.000 loài⁽¹⁴⁾ thuộc nhiều giống khác nhau. Vai trò của chúng là đặc biệt quan trọng đối với sự sống trên Trái đất.

Trong các thủy vực, vi tảo là một trong những sinh vật sản xuất hiện diện đầu tiên trên Trái đất. Chúng đứng đầu các chuỗi thức ăn với vai trò tổng hợp hầu hết năng lượng sống dưới dạng các hợp chất hữu cơ. Để rồi từ đó các sinh vật ở bậc dinh dưỡng cao hơn, trong đó có

⁽¹⁴⁾ Nguồn: Wikipedia.

con người đang sử dụng nguồn năng lượng quý giá này cho hoạt động sống hàng ngày.

Với khả năng thực hiện quá trình quang hợp, vi tảo tạo ra khoảng 1/2 lượng oxi có trong khí quyển⁽¹⁵⁾ mà loài người và hàng triệu sinh vật đang hít thở. Đồng thời chúng còn hấp thụ khí CO₂⁽¹⁶⁾ và sử dụng năng lượng Mặt trời để tổng hợp dinh dưỡng cho quá sinh trưởng và phát triển. Hơn 1 tỉ năm tiến hóa, vi tảo đã tồn tại và trở thành vật chất sống kì diệu của thiên nhiên, như là một nguồn tài nguyên vô giá.

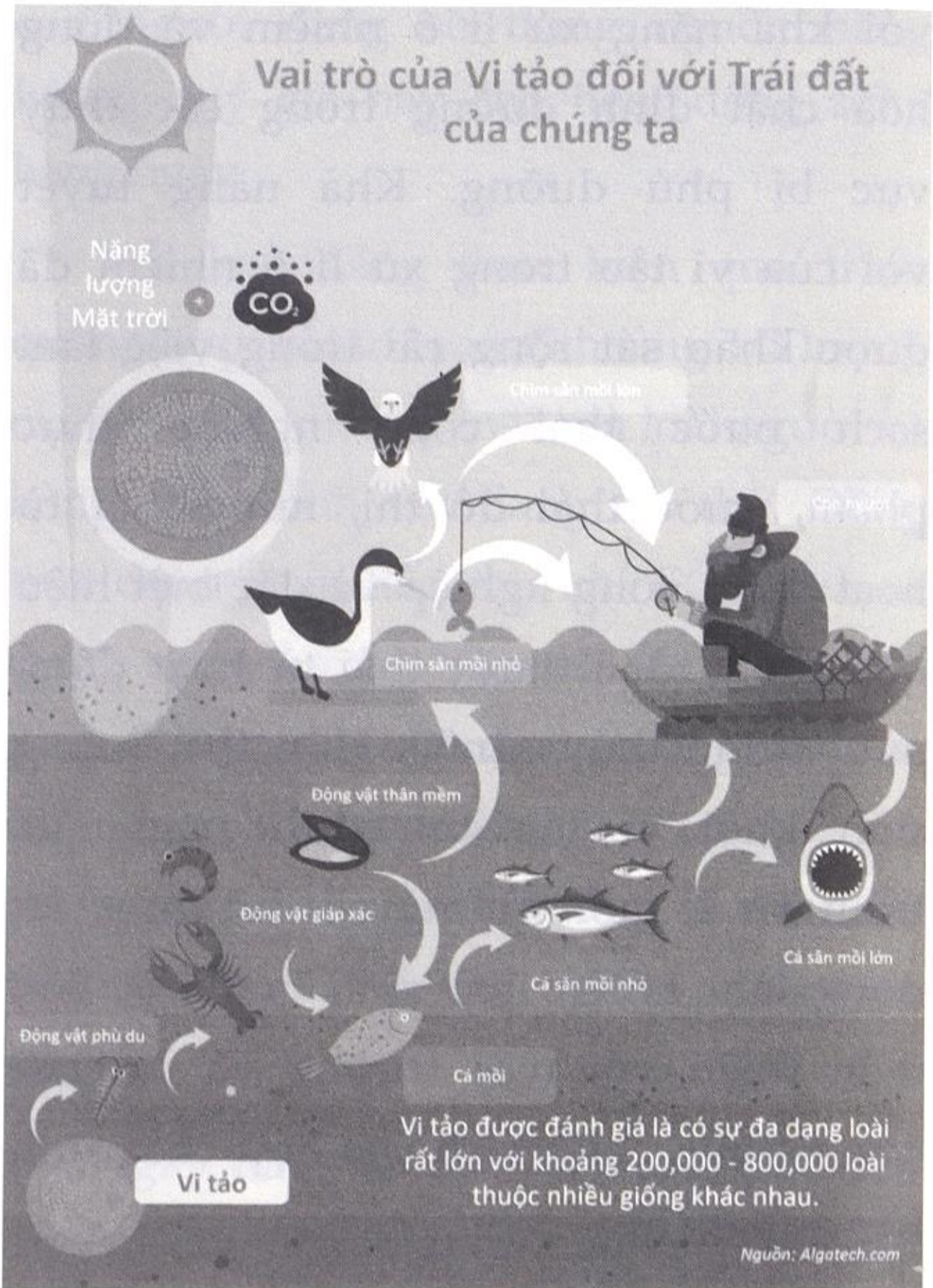
Ngày nay, vi tảo còn được biết đến như những “chiến binh bảo vệ Trái đất”,

⁽¹⁵⁾ Tabatabaei, M., Tohidfar, M., Jouzani, G. S., Safarnejad, M., & Pazouki, M. (2011). Biodiesel production from genetically engineered microalgae: future of bioenergy in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 1918-1927.

⁽¹⁶⁾ Thành phần chính gây gia tăng hiệu ứng nhà kính.

với khả năng xử lí ô nhiễm và đồng hóa chất dinh dưỡng trong các thủy vực bị phú dưỡng. Khả năng tuyệt vời của vi tảo trong xử lí ô nhiễm đã được khảo sát rộng rãi trong việc làm sạch nước thải công nghiệp thực phẩm, nước thải đô thị, nước thải từ hoạt động nông nghiệp và đặc biệt hiệu quả trong xử lí nước thải từ hoạt động nuôi trồng thủy sản⁽¹⁷⁾. Hơn thế, lượng sinh khối vi tảo thu được sau quá trình xử lí môi trường có thể được sử dụng làm nhiên liệu sinh học, vật liệu thân thiện với môi trường và cả ứng dụng trong chiết tách các hợp chất sinh học quý hiếm.

⁽¹⁷⁾ Han, P., Lu, Q., Fan, L., & Zhou, W. (2019). A review on the use of microalgae for sustainable aquaculture. *Applied Sciences*, 9(11), 2377.



*Hình 43. Vai trò của vi tảo
đối với Trái đất⁽¹⁸⁾*

⁽¹⁸⁾ Algatech.com.

Tảo xoắn đã xuất hiện trên Trái đất cách đây hơn 3,5 tỉ năm, chúng giữ một vai trò sinh thái quan trọng và góp phần vào sự đa dạng, muôn màu của sinh quyển. Giờ đây, với những minh chứng khoa học về hiệu quả tối ưu của quá trình sản xuất Tảo xoắn trong sử dụng tài nguyên thiên nhiên và bảo vệ môi trường, loài tảo kì diệu này xứng đáng là giải pháp xanh đảm bảo an ninh lương thực cũng như phát triển bền vững.

Lời kết

Con người là sinh vật bậc cao, được xem là loài có bộ não thông minh. Nhưng cũng chính con người hiện nay đang làm thay đổi thế giới một cách nhanh chóng nhất. Với tốc độ phát triển như vũ bão của khoa học và công nghệ, con người từ chỗ sản xuất thủ công, tiếp lên sản xuất hàng loạt, rồi đến sản xuất tự động và sẽ là sản xuất thông minh... Song điều không thể phủ nhận rằng, chất lượng cuộc sống của phân đông dân số ngày càng giảm đi, sức đề kháng suy giảm. Dịch bệnh, ô nhiễm môi trường, suy giảm đa dạng sinh học, trái đất nóng lên, thiên tai gia tăng, xung đột xã hội vẫn không ngừng... Tất cả đã không đem lại sự hạnh phúc cho mỗi con người nhưng những gì mà chúng ta đang hướng đến.

Trái đất hình thành và phát triển qua hàng tỉ năm. Loài người xuất hiện và phát

triển qua hàng triệu năm. Tất cả đã đút rút hàng vạn quy luật, bài học. Một khối lượng tri thức khổng lồ, từ những quy luật tự nhiên, xã hội đến những nguyên lí sống thiên - địa - nhân hợp nhất. Tất cả dường như lãng quên. Công nghệ đang chi phối và dẫn đường. Nhưng đừng quên, công nghệ cũng chỉ là công cụ mà thôi.

“Tư duy sinh thái” với nhận thức tích cực về mối quan hệ hài hoà giữa con người với con người và giữa con người với tự nhiên, theo hướng cân bằng và tôn trọng, hi vọng sẽ giúp thế hệ hôm nay nhìn nhận đúng hơn bản chất của sự phát triển. Sống có trách nhiệm hơn với Mẹ trái đất, với xã hội và với chính sức khoẻ của mỗi người.

Tảo xoắn, một sinh vật thật nhỏ bé, là dạng sống ban sơ nhưng có tác dụng thật kì diệu. Một sản phẩm của tạo hoá. Rất đáng tìm hiểu, nghiên cứu, phát triển và sử dụng đúng

cách. Để bảo vệ Trái đất và bảo vệ bản thân mỗi con người.

Cuốn sách này là sản phẩm của DN-EBR và cũng là một phần của "tư duy sinh thái". Chúng tôi rất mong cộng đồng đón nhận, góp ý và chung tay phát triển...

Lời cảm ơn

Cuốn sách này là kết quả hợp tác của DN-EBR. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Đại học Đà Nẵng, trường Đại học Sư phạm và Khoa Sinh - Môi trường đã tạo điều kiện thuận lợi để DN-EBR cụ thể hóa các ý tưởng nghiên cứu và chuyển hóa thành những sản phẩm phục vụ cộng đồng. Cảm ơn UBND huyện Bình Sơn đã ủng hộ triển khai dự án thử nghiệm và cảm ơn HTX Nông nghiệp công nghiệp cao Vạn Tường đã đồng hành thực hiện.

Xin cảm ơn sự hỗ trợ tích cực của bạn Trần Thị Kim Anh và Trần Thị Tường Vy từ Phòng nghiên cứu Công nghệ Tảo thuộc khoa Sinh - Môi trường.

Chúng tôi cũng xin dành lời tri ân sâu sắc đến GS.TSKH Dương Đức Tiến. Người đã lan toả tinh thần nghiên cứu tảo.

Chân thành xin cảm ơn bạn bè đồng nghiệp từ mọi miền đất nước luôn kết nối, chia sẻ và đồng hành trong nghiên cứu.

Tất cả đã động viên và là động lực để chúng tôi xuất bản cuốn sách này.

*“Vũ trụ có những định luật vô cùng nghiêm
ngặt mà loài người tuyệt đối không được
vi phạm!”*

*Phương châm sống
của người Kogi*

Táo Xoắn

Bảo vệ sức khỏe và Trái Đất

Chịu trách nhiệm xuất bản, nội dung
Giám đốc - Tổng Biên tập: Trần Chí Đạt

Chịu trách nhiệm bản thảo
Phó Giám đốc - Phó Tổng Biên tập: Ngô Thị Mỹ Hạnh

Biên tập: Nguyễn Tiến Sỹ

Trình bày sách: Nguyễn Tiến Sỹ

Sửa bản in: Lê Hồ Diệu Thảo

Thiết kế bìa: Trần Hồng Minh

NHÀ XUẤT BẢN THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Website: www.nxbthongtintruyenthong.vn,
book365.vn, ebook365.vn

Trụ sở: Tầng 6, Tòa nhà Cục Tần số vô tuyến điện,
115 Trần Duy Hưng, quận Cầu Giấy, TP. Hà Nội
Điện thoại Biên tập: 024.35772141 Fax: 024.35579858
E-mail: nxb.ttt@mic.gov.vn

Chi nhánh TP. Hồ Chí Minh: 211 đường D2, P25,
quận Bình Thạnh, TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại: 028.35127750 Fax: 028.35127751
E-mail: cmsg.nxbtttt@mic.gov.vn

Chi nhánh TP. Đà Nẵng: 42 Trần Quốc Toản,
quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Điện thoại: 0236.3897467 Fax: 0236.3843359
Email: cndn.nxbtttt@mic.gov.vn

Chi nhánh Tây Nguyên: 28B, Y Jút, P. Thống Nhất,
TP. Buôn Ma Thuột, tỉnh Đắk Lắk
Điện thoại: 0262.3808088 Email: cntr.nxbtttt@mic.gov.vn

In 500 bản, khổ 11x18 cm tại Công ty In Hải Nam.

Địa chỉ nơi in: Số 18 ngách 68/53/9 Quan Hoa, Cầu Giấy, Hà Nội.

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3852 - 2020/CXBIPH/20 - 136/TTTT.

Số quyết định xuất bản: 391/QĐ - NXB TTTT ngày 24 tháng 10 năm 2020.

In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2020

Mã ISBN: 978-604-80-4941-6



Tư duy cá nhân
Trí tuệ tập thể



dnebr.com

"Tảo xoắn là thực phẩm của tương lai"
- Liên hiệp quốc

"Tảo xoắn là một trong những nguồn protein tốt nhất"
- Cục quản lý Thực phẩm và Dược phẩm Hoa Kỳ

"Tảo xoắn là sản phẩm tốt nhất cho sức khỏe con người"
- Tổ chức y tế thế giới

ISBN: 978-604-80-4941-6



9 786048 049416



8 935217 111985

Giá: 99.000đ