

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Thị Nga

**KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG BIỂN
ĐẾN SỰ BIẾN ĐỘNG THÀNH PHẦN LIPID CỦA SAN HÔ
SINULARIA FLEXIBILIS Ở VIỆT NAM**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ: NGÀNH KỸ THUẬT HÓA HỌC, VẬT LIỆU,
LUYỆN KIM VÀ MÔI TRƯỜNG**

Hà Nội - 2021

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Thị Nga

**KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG BIỂN
ĐẾN SỰ BIẾN ĐỘNG THÀNH PHẦN LIPID CỦA SAN HÔ
SINULARIA FLEXIBILIS Ở VIỆT NAM**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật môi trường
Mã số: 8520320**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ: NGÀNH KỸ THUẬT HÓA HỌC, VẬT LIỆU,
LUYỆN KIM VÀ MÔI TRƯỜNG**

Two handwritten signatures in blue ink are present. The top signature is more fluid and cursive, while the bottom one is more blocky and stylized.

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
Hướng dẫn 1: TS. Phạm Minh Quân
Hướng dẫn 2: TS. Đặng Thị Phương Ly

Hà Nội - 2021

Lời cam đoan

Luận văn này là công trình nghiên cứu của tôi dưới sự hướng dẫn của TS.Phạm Minh Quân và TS.Đặng Thị Phương Ly.

Tôi xin cam đoan các số liệu và kết quả nghiên cứu này là trung thực và chưa từng được công bố trong luận văn, luận án và các công trình nghiên cứu đã công bố khác.

Người cam đoan

A handwritten signature in blue ink, consisting of a horizontal line followed by a stylized, cursive script.

Nguyễn Thị Nga

Lời cảm ơn

Để hoàn thành luận văn "*Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố môi trường biển đến sự biến động thành phần lipid của san hô *Sinularia flexibilis* ở Việt Nam*" bản thân tôi đã nhận được rất nhiều sự quan tâm, giúp đỡ tận tình từ phía thầy cô, gia đình và bạn bè.

Tôi xin chân thành cảm ơn tới Ban lãnh đạo Viện Hóa học các Hợp chất thiên nhiên; phòng Hóa sinh hữu cơ – Viện Hóa học các Hợp chất thiên nhiên, Viện Hàn Lâm Khoa Học Công Nghệ Việt Nam; phòng Hóa sinh so sánh - Trung tâm nghiên cứu Quốc gia về sinh vật biển – Phân viện Viễn Đông – LB Nga, cùng tập thể các cán bộ thuộc 2 Viện khoa học đã quan tâm giúp đỡ tạo mọi điều kiện thuận lợi, tốt nhất cho tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu để tôi hoàn thành luận văn của mình.

Xin chân thành cảm ơn Ban lãnh đạo cùng các thầy cô trong Học Viện Khoa học và Công nghệ, Khoa Môi trường đã tận tình giảng dạy, hỗ trợ, tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn này.

Xin chân thành cảm ơn đề tài: “Nghiên cứu đa dạng sinh – hóa học của vi tảo cộng sinh với san hô Việt Nam bằng kỹ thuật phân tử” đã hỗ trợ tôi thực hiện luận văn này.

Với lòng biết ơn chân thành, tôi xin được bày tỏ lời cảm ơn sâu sắc tới thầy - **TS. Phạm Minh Quân** và cô - **TS. Đặng Thị Phương Ly** đã tận tình hướng dẫn trong suốt quá trình tìm hiểu, nghiên cứu và hoàn thành luận văn.

Cuối cùng, tôi xin cảm ơn đến gia đình, bạn bè, các anh chị và các bạn đồng nghiệp đã hỗ trợ cho tôi rất nhiều trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và thực hiện luận văn này.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày 22 tháng 11 năm 2021

Tác giả



Nguyễn Thị Nga

MỤC LỤC

Lời cam đoan.....	i
Lời cảm ơn	ii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC BẢNG.....	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	vii
DANH MỤC BIỂU ĐỒ	viii
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	7
1.1. TỔNG QUAN CHUNG	7
1.2. CÁC ĐẶC TRƯNG SINH THÁI CỦA RẠN SAN HÔ	10
1.2.1. Ảnh hưởng của ánh sáng, độ sâu	10
1.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ, độ muối, và sự axit hóa đại dương.....	11
1.3. LIPID VÀ CÁC LỚP CHẤT TRONG LIPID TỔNG, Ý NGHĨA CỦA VIỆC NGHIÊN CỨU LIPID, AXIT BÉO Ở LOÀI SAN HÔ	13
1.3.1. Lipid và vai trò của lipid trong san hô	13
1.3.2. Thành phần các lớp chất trong lipid tổng	15
1.3.3. Ảnh hưởng của vi tảo cộng sinh zooxanthellae ...	Error! Bookmark not defined.
1.3.4. Ý nghĩa của việc nghiên cứu lipid và axit béo ở loài san hô	17
1.4. TỔNG QUAN SAN HÔ <i>SINULARIA FLEXIBILIS</i>	19
1.4.1. Giới thiệu chung loài san hô <i>Sinularia flexibilis</i>	19
1.4.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu	20
2.1. NGUYÊN LIỆU.....	23
2.2. VẬT LIỆU	25

2.2.1. Hóa chất, dụng cụ.....	25
2.2.2. Thiết bị	26
2.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	26
2.3.1. Phương pháp thu thập số liệu môi trường.....	27
2.3.2. Phương pháp thu mẫu san hô	27
2.3.3. Phương pháp đo nhanh các chỉ số môi trường.....	28
2.3.4. Phương pháp chiết lipid tổng	28
2.3.5. Phương pháp xác định thành phần và hàm lượng các lớp chất lipid trong lipid tổng	28
2.3.6. Phương pháp xác định thành phần và hàm lượng các axit béo có trong lipid tổng	29
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN.....	30
3.1. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG BIỂN.....	31
3.2. KHẢO SÁT SỰ BIẾN ĐỘNG HÀM LƯỢNG LIPID TỔNG, THÀNH PHẦN VÀ HÀM LƯỢNG CÁC AXIT BÉO, VÀ CÁC LỚP CHẤT TRONG LIPID TỔNG DO ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG.	33
3.2.1. Khảo sát sự biến động hàm lượng lipid tổng do ảnh hưởng của nhiệt độ, DO, độ mặn và pH	33
3.2.2. Khảo sát sự biến động thành phần và hàm lượng các lớp chất trong lipid tổng do ảnh hưởng của nhiệt độ, DO, độ muối và pH.	35
3.2.3. Khảo sát sự biến động thành phần và hàm lượng các axit béo trong lipid tổng do ảnh hưởng của nhiệt độ, DO, độ muối và pH	41
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	50
Kết luận:	50
Kiến nghị:.....	51
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	52

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Tiếng Anh	Tiếng Việt
AXB		Axit béo
BĐKH		Biến đổi khí hậu
DO		Lượng oxy hoà tan trong nước cần thiết cho sự hô hấp của các sinh vật nước
FFA	Free fatty axit	Axit béo tự do
GC	Gas chromatography	Sắc ký khí
GC-MS	Gas chromatography-mass spectrometry	Sắc ký khí – khối phổ
HC	Hydrocacbon	Hydrocacbon
HL		Hàm lượng
MADAG	Monoalkyl diacylglycerol	Monoalkyldiacylglycerol
LPT	Total lipid	Lipid tổng
PL	Phospholipid	Phospholipid
ST	Sterol	Sterol
TAG	Triacylglycerol	Triacylglycerol
TL	Total lipid	Lipid tổng
VSV		Vi sinh vật
W	wax	Sáp

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1. Các mẫu san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i> được nghiên cứu và thông tin vị trí và thời gian thu mẫu.....	23
Bảng 3.1. Các thông số kết quả phân tích các yếu tố môi trường đã nghiên cứu	31
Bảng 3.2. Hàm lượng lipid tổng, nhiệt độ, DO, độ muối, pH của mẫu san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i>	33
Bảng 3.3. Thành phần các lớp chất lipid (% trong lipid tổng), nhiệt độ, DO, độ muối và pH theo các tháng trong năm của mẫu san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i>	36
Bảng 3.4. Kết quả nghiên cứu thành phần và hàm lượng các axit béo, trong các mẫu san hô <i>Sinularia flexibilis</i> trong 12 tháng (% trong tổng axit béo) và các thông số môi trường nhiệt độ,.....	41

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.2. Phân bố rạn san hô ở Việt Nam.....	8
Hình 1.3. Rạn san hô Great Barrier Reef lúc khỏe mạnh.....	12
Hình 1.4. Rạn san hô Great Barrier Reef sau khi bị tẩy trắng.....	12
Hình 1.5. San hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i>	20
Hình 1.6. Biểu đồ những hoạt tính sinh học chính của các hợp chất phân lập từ loài san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i> [37].....	21
Hình 2.1. Máy đo nhanh các yếu tố về môi trường.....	27
Hình 3.1. Hình ảnh TLC lipid tổng mẫu san hô mềm S-T10.....	37

DANH MỤC BIỂU ĐỒ

Biểu đồ 3.1. Hàm lượng lipid tổng tương quan với nhiệt độ, DO, độ mặn và pH.	34
Biểu đồ 3.2. Hàm lượng lớp chất axit béo tự do (FFA) tương quan với nhiệt độ, DO, độ muối và pH.	37
Biểu đồ 3.3. Hàm lượng lớp chất lipid phân cực (PL), sterol (ST) tương quan với nhiệt độ, DO, độ muối và pH.....	38
Biểu đồ 3.4. Hàm lượng lớp chất triacylglycerol (TAG), monoalkyldiacylglycerol (MADAG) và sáp (HW) tương quan với nhiệt độ, DO, độ mặn và pH	39
Biểu đồ 3.5. Hàm lượng các axit béo no, một nối đôi và đa nối đôi của mẫu san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i> trong 12 tháng	44
Biểu đồ 3.6. Hàm lượng các axit béo 16:0, 18:0, 20:4n-6 của mẫu san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i> trong 12 tháng.....	45
Biểu đồ 3.7. Hàm lượng các axit béo 24:5n-6, 24:6n-3 trong lipid tổng của mẫu san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i> trong 12 tháng	47
Biểu đồ 3.8. Hàm lượng của các axit béo 16:4n-1, 18:4n-3, 20:5n-3, 22:6n-3 trong lipid tổng của mẫu san hô mềm <i>Sinularia flexibilis</i> trong 12 tháng.....	49

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam nằm trong vành đai khí hậu nhiệt đới, biển nước ta được đánh giá là một trong những nơi phong phú nhất về các nguồn động thực vật và thuộc trung tâm san hô lớn nhất thế giới là trung tâm địa động vật Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương bao gồm vùng biển Indo-Pacific (Ấn Độ Dương, Đông Nam Á và Thái Bình Dương) và vùng biển Philippin [1]. Trong đó, hệ sinh thái rạn san hô Việt nam là một trong những khu vực có tính đa dạng cao nhất [2]. Chúng là những sinh vật sử dụng nhiều nguồn thức ăn, từ các sinh vật phù du và phần lớn dưỡng chất từ các vi sinh vật cộng sinh zooxanthellae của chúng. Ngoài ra, rạn san hô là một trong những hệ sinh thái nhạy cảm nhất với sự biến đổi bất thường của các điều kiện tự nhiên do vậy chúng là một trong những đối tượng chịu tác động nhiều nhất của các yếu tố môi trường. Sự biến đổi khí hậu thường gây ra các hiện tượng tiêu cực như nhiệt độ nước biển tăng cao, sự axit hóa đại dương, mưa nhiều làm giảm độ muối, tăng lượng trầm tích đổ ra biển, hoặc cường độ của các cơn bão có xu hướng mạnh hơn và có hướng di chuyển lệch so với quỹ đạo chung của nó, tăng độ nhiễu đục của nước biển.... Khi san hô không thích ứng kịp với sự thay đổi đột ngột đó sẽ dẫn đến bị suy giảm hoặc chết trên diện rộng. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (BĐKH) lên hệ sinh thái rạn san hô biểu hiện rất rõ trong những năm gần đây, các hiện tượng thời tiết cực đoan như nắng nóng, bão lụt, mưa... diễn ra thường xuyên với cường độ ngày càng mạnh đã ảnh hưởng đến hầu hết các rạn san hô vùng ven biển Việt Nam, đặc biệt là các rạn từ khu vực Nam Trung bộ trở vào, các rạn khu vực phía Bắc mức độ ảnh hưởng thấp hơn và biểu hiện không rõ nét [3].

Cũng giống như ở nhiều đối tượng sinh vật biển khác, các chỉ số về lipid và các thành phần lipid là một trong những chỉ số hóa học quan trọng của loài sinh vật này. Xét trên các khía cạnh khác nhau, các chỉ số phân tích về thành phần lipid, axit béo của một đối tượng san hô nào đó mang rất nhiều ý nghĩa. Chúng có thể phản ánh nguồn dinh dưỡng, tính chất của hệ cộng sinh (có/không có vi sinh vật cộng sinh), các quá trình chuyển hóa và cơ chế vận

chuyển lipid trong hệ cộng sinh, hay chính sức khỏe và mức độ đe dọa của thiên nhiên lên đối tượng sinh vật, tính thích nghi, sự tiến hóa, và ngoài ra là ý nghĩa to lớn trong phân loại học.

Ngày nay, sự biến đổi khí hậu toàn cầu cùng với nhiều hoạt động của con người về khai thác, du lịch, công nghiệp... đã gây ảnh hưởng lớn đến rạn san hô, dẫn đến suy thoái, trắng hóa, có những vùng biển sự trắng hóa xảy ra đến 30% rạn san hô [4]. Các chuyên gia cho biết, khoảng 50% rạn san hô trên toàn thế giới đã bị phá hủy trong 30 năm qua. Và mỗi năm, từ 1-2% rạn san hô trên toàn thế giới lại bị trắng hóa do sự ô nhiễm bờ biển và các biến đổi khí hậu. Trong khi phần đa bị tẩy trắng và chết, một số ít san hô có thể tiến hóa và thích nghi với điều kiện sống mới và sau đó có khả năng sinh sản và lan rộng. Ở một số địa điểm, san hô thậm chí có thể di chuyển xa khỏi vùng xích đạo để tìm vùng nước lạnh hơn. Điều này đang làm dấy lên niềm hy vọng cho các nhà khoa học về sức chống chịu của san hô và khả năng phục hồi của chúng [5, 6]. Do vậy, việc nghiên cứu nhiều chiều trong đó bao gồm việc tìm hiểu rõ mối liên quan tác động của các yếu tố môi trường lên thành phần lipid sẽ góp phần đưa thêm những thông tin hữu ích nhằm cải thiện và bảo tồn rạn san hô.

Nhận thấy tầm quan trọng của các nghiên cứu về lipid của các đối tượng sinh vật biển nói chung và rạn san hô nói riêng và cũng là những bước nghiên cứu, tìm hiểu sự suy thoái rạn san hô qua ảnh hưởng của các yếu tố môi trường do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và ô nhiễm biển hiện nay. Vì vậy, chúng tôi quyết định lựa chọn đề tài: “*Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố môi trường biển đến sự biến động thành phần lipid của san hô *Sinularia flexibilis* ở Việt Nam*”.

2. Nội dung nghiên cứu

Khảo sát các yếu tố môi trường biển ở khu vực lấy mẫu các yếu tố về nhiệt độ, DO, độ mặn, pH.

Xác định hàm lượng lipid tổng của các mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* thu thập trong 12 tháng trong năm.

Phân tích thành phần và hàm lượng các lớp chất lipid của mẫu san hô

mềm *Sinularia flexibilis* thu thập trong 12 tháng trong năm.

Phân tích thành phần và hàm lượng các axit béo của các mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* thu thập trong 12 tháng trong năm.

Đánh giá các kết quả thu được về tính biến động (hoặc ổn định) của các yếu tố môi trường nghiên cứu lên thành phần lipid và axit béo của các mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* thu thập trong 12 tháng trong năm.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Mẫu san hô *Sinularia flexibilis* được thu thập mẫu tại vùng biển Nha Trang – Khánh Hòa. Mẫu được định tên bởi TS. Hoàng Xuân Bền và cộng sự tại Viện Hải Dương học – Nha Trang.

Phạm vi nghiên cứu: Trong giới hạn cho phép, đề tài chỉ nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố môi trường biển và ảnh hưởng của nó đến sự biến động thành phần lipid của san hô mềm *Sinularia flexibilis* ở Việt Nam

Do phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố môi trường biển rất rộng và nhiều chỉ tiêu nên đề tài chỉ lựa chọn phân tích một vài chỉ tiêu thường có khả năng tác động trực tiếp lên đối tượng san hô để tìm hiểu sự tác động đó gây biến động thế nào đến sự biến động thành phần lipid trên đối tượng san hô mềm *Sinularia flexibilis*.

4. Phương pháp nghiên cứu

4.1. Phương pháp thu thập số liệu

Thu thập và tổng hợp các số liệu về các chỉ số môi trường biển như: nhiệt độ, DO, độ muối, pH.

Thu thập và tổng hợp các số liệu về hàm lượng lipid tổng, thành phần và hàm lượng lớp chất lipid và thành phần và hàm lượng các axit béo trong lipid tổng.

4.2. Phương pháp thu mẫu san hô

Các mẫu được thu thập bằng phương pháp lặn. Mẫu sau khi thu được vận chuyển trong nước biển bằng thiết bị có mái che, nhằm tránh tiếp xúc nhiều với ánh nắng mặt trời và luôn duy trì ở nhiệt độ ổn định. Sau quá trình

thu mẫu, mẫu được mang về phòng thí nghiệm trong 1 giờ, loại bỏ tạp/cặn bẩn và thực hiện chiết ra lipid tổng hoặc bảo quản ở nhiệt độ -18°C nếu chưa xử lý. Mẫu được lưu giữ tiêu bản tại Viện Hải dương học – Nha Trang.

4.3. Phương pháp đo nhanh các chỉ số môi trường

Phương pháp đo nhanh các chỉ số môi trường bằng máy đo đa thông số cầm tay YSI ProDSS. Theo các phương pháp phân tích xác định các thông số chất lượng nước biển ven bờ thực hiện theo hướng dẫn của các tiêu chuẩn quốc gia (Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước biển QCVN 10: 2015/BTNMT)

4.4. Phương pháp chiết lipid tổng

Chiết lipid tổng theo phương pháp của Folch J.F. (1956) – phương pháp được sử dụng thường quy cho nghiên cứu san hô tại phòng thí nghiệm Hóa sinh hữu cơ – Viện Hóa học các Hợp chất thiên nhiên [7].

4.5. Phương pháp xác định thành phần và hàm lượng các lớp chấtlipid

Lipid tổng được được chấm trên bản mỏng silicagel (10x10) 3 vệt với 3 nồng độ khác nhau, chạy trên hệ dung môi hệ A, hiện hình bằng $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{MeOH}$ 10%. Sấy bản mỏng ở nhiệt độ $110\text{-}130^{\circ}\text{C}$, scan trên máy Epson Perfection 2400 PHOTO (Nagano, Nhật Bản), với độ phân giải theo kích thước tiêu chuẩn. Phần trăm của các lớp chất trong lipid tổng được xác định dựa trên đo diện tích và cường độ màu trong chương trình phân tích hình ảnh Sorbfil TLC Videodensitometer DV (Krasnodar, LB Nga)[8-9].

4.6. Phương pháp xác định thành phần và hàm lượng các axit béo trong lipid tổng

Axit béo được methyl hóa sang dạng methyl ester bằng tác nhân $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{MeOH}$ 2%, hỗn hợp methyl ester của axit béo được phân tích trên máy sắc ký khí GC và sắc ký khí kết nối khối phổ GC-MS, sử dụng thư viện phổ chuẩn NIST để so sánh [10].

5. Ý nghĩa khoa học của đề tài

Ở đối tượng san hô, lipid, axit béo là một thành phần quan trọng. Việc nghiên cứu một số yếu tố môi trường ảnh hưởng đến sự biến động thành phần lipid trong 12 tháng trong điều kiện sống tự nhiên cho tới nay chưa được thực hiện trên bất kỳ loài san hô nào. Kết quả thu được sẽ bao gồm số liệu về sự

thay đổi hàm lượng lipid tổng; hàm lượng sterol, phospholipid, triacylglycerol, monoalkyldiacylglycerol, axit béo tự do và hydrocacbon; thành phần và hàm lượng axit béo của san hô *Sinularia flexibilis* theo các tháng trong năm. Nghiên cứu sẽ mang tới những số liệu khoa học ý nghĩa, góp phần tạo tiền đề để tìm ra các biện pháp bảo tồn và phát triển loài san hô *Sinularia flexibilis* ở san hô Việt Nam nói riêng và hệ sinh thái rạn san hô nói chung.

Bố cục luận văn

Bao gồm:

Mở đầu (2 trang)

Chương 1. Tổng quan các vấn đề nghiên cứu (16 trang)

Chương 2. Nguyên vật liệu và phương pháp nghiên cứu (8 trang)

Chương 3. Kết quả và thảo luận (19 trang)

Kết luận và Kiến nghị (2 trang)

Tài liệu tham khảo (7 trang)

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

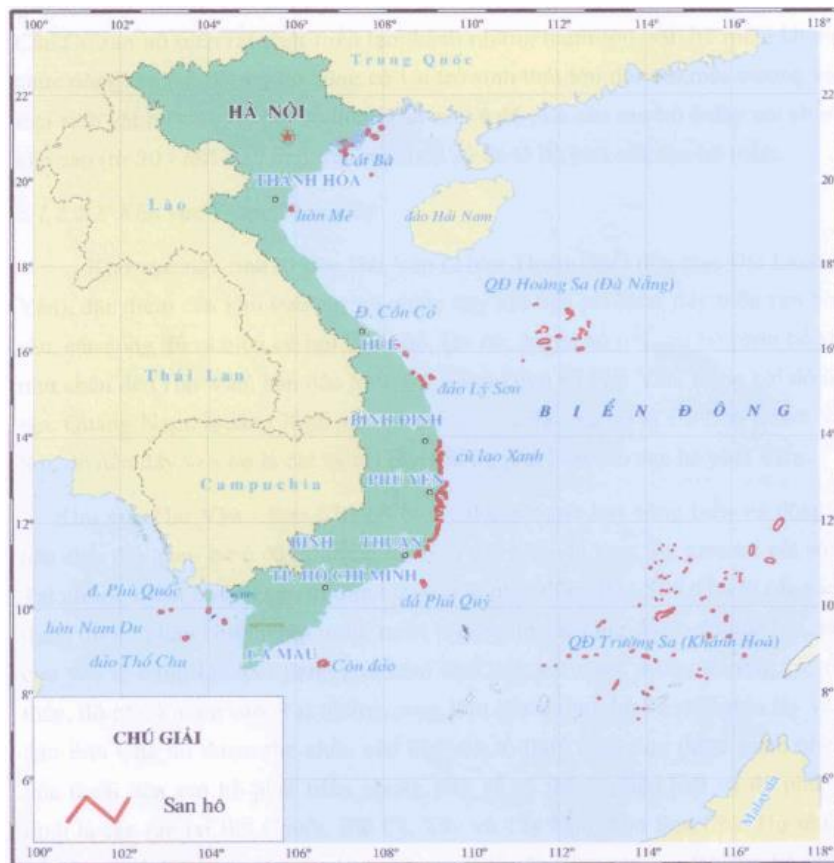
1.1. TỔNG QUAN CHUNG

Việt Nam có khoảng 1.222 km² rạn san hô, với số lượng lên tới 350 loài san hô trong tổng số 800 loài của thế giới, phân bố trải dài từ Bắc tới Nam. Một cách tổng quát, rạn san hô tập trung ở 3 vùng chính: Vịnh Bắc Bộ, Trung Bộ, và phía đông của Vịnh Thái Lan. Vùng chứa san hô nhiều nhất là Trường Sa và Hoàng Sa [11]. Sự đa dạng của các loài được thể hiện rõ nét ở những bãi san hô, nơi tập trung hàng nghìn loài sinh vật biển trên một đơn vị mét vuông. Chúng là hệ sinh thái tự nhiên có năng suất cao kỷ lục với sự đa dạng của các hệ sinh thái và các loài sống trong đó. Các loài san hô Việt Nam, bao gồm cả san hô mềm và san hô tạo rạn là nguồn tài nguyên tiềm ẩn những hoạt chất vô cùng quý báu, trong đó lipid có vai trò như kho dự trữ dinh dưỡng chính và là nguồn năng lượng của san hô, đây là nguồn nguyên liệu vô cùng phong phú cho các nhà nghiên cứu. Ở Việt Nam, nguồn tài nguyên phong phú này đang thu hút rất nhiều các nhà khoa học.

Ở các vùng nhiệt đới, các rạn san hô đa dạng đã tham gia hình thành và bảo vệ hàng ngàn hòn đảo, bảo vệ các bờ biển và góp phần duy trì cân bằng sinh thái môi trường. Chúng cũng có vai trò quan trọng đối với nhiều đảo và vùng bờ biển trong việc bảo tồn đất đai và sự tồn tại của con người. Do đó, rạn san hô có ý nghĩa rất lớn đối với cộng đồng ven biển và các quốc gia nhiệt đới [2]. Rạn san hô còn có vai trò quan trọng đối với việc hình thành, bảo vệ cấu trúc nền đáy, duy trì các dòng chảy tự nhiên. Rạn san hô là nơi trú ẩn, sinh sản và phát triển của nhiều loài sinh vật biển [11]. Nhiều hợp chất hoạt tính cao đã được chiết xuất từ nhiều đối tượng san hô và sinh vật rạn, một số có thể được sử dụng trong y, dược học và công nghiệp thực phẩm phục vụ con người [2]. Mặt khác, việc nghiên cứu sâu các quá trình sinh học và sinh hóa diễn ra trong từng tổ chức riêng biệt của rạn san hô ngầm, sẽ dẫn đường cho chúng ta phát triển các công nghệ nhằm gìn giữ và bảo vệ rạn san hô ngầm quan trọng này.

Hiện trạng san hô ở Việt Nam

Theo các nhà khoa học, với số loài san hô đã được phát hiện, có thể khẳng định nhóm các loài san hô của Việt Nam vào loại đa dạng nhất thế giới. Theo kết quả khảo sát sơ bộ, Việt Nam có khoảng 1.222 km² rạn san hô, phân bố rộng từ Bắc vào Nam, với diện tích lớn nhất và tính đa dạng sinh học cao ở miền Trung và miền Nam. Các rạn san hô Việt Nam nằm trên vùng nước nông, mặc dù không có các rạn san hô cực lớn nhưng các rạn san hô Việt Nam có đặc tính đa dạng cao và có đặc tính khu vực về sinh thái rõ rệt, điều này chỉ ra sự tồn tại của các phần dị dưỡng bên trong của các loài. Trong số khoảng 366 loài san hô (thuộc về 80 họ) có mặt ở Việt Nam, hiện nay nước ta có khoảng 55 loài san hô mềm thuộc 29 chi [12].



Hình 1.2. Phân bố rạn san hô ở Việt Nam

Vị trí địa lí và điều kiện tự nhiên của vùng biển Việt Nam nói chung là thuận lợi cho sự phát triển của san hô tạo rạn. Trừ các vùng chịu ảnh hưởng

của các lưu vực sông với độ muối thấp và độ đục cao, rạn san hô phân bố ở hầu hết các vùng nước nông ven bờ, ven đảo có nền đáy chắc và rất giàu dinh dưỡng ở các quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa. Vùng biển Việt Nam trải dài qua nhiều vĩ tuyến khác nhau và nằm gần với trung tâm đa dạng sinh học của san hô thế giới nên rạn san hô ở đây tương đối đa dạng về thành phần loài san hô cứng. Điều đó cho thấy mức độ đa dạng về thành phần giống loài san hô ở vùng biển ven bờ Việt Nam. Tuy nhiên, theo ước tính, có tới chín phần mười trong số hơn 1.000 km² rạn san hô ở Việt Nam đang trong trạng thái nguy cấp do tình trạng ô nhiễm môi trường biển ngày càng tồi tệ và các nguồn lợi thủy sinh ngày càng cạn kiệt. Kết quả khảo sát 200 điểm rạn san hô được khảo sát ở vùng biển ven bờ Việt Nam cho thấy, trong vòng 10 năm, qua độ phủ của san hô bị suy giảm đáng kể. Một báo cáo điều tra san hô Việt Nam cho biết, 96% san hô đang bị đe dọa trong đó 75% trong tình trạng nghiêm trọng [13].

Báo cáo kết quả đánh giá độ đa dạng sinh học của Khu bảo tồn biển vịnh Nha Trang do Viện Hải dương học thực hiện năm 2014 cho thấy rạn san hô có tầm quan trọng mang tính quốc tế và đa dạng sinh học cao nhất ở Việt Nam. Theo các nghiên cứu và thống kê cho thấy, vịnh Nha Trang là nơi san hô sống phát triển tốt, có diện tích khoảng 252 ha với mật độ phủ rất cao và tập trung phân bố ở các khu vực Hòn Mun (22 ha), Hòn Tằm (20 ha), Hòn Rơm (3,2 ha), Hòn Vung (4,6 ha), Hòn Cau (3,2 ha)... Hiện nay, chỉ có Hòn Mun và Hòn Rơm là nơi có rạn san hô tương đối ổn định còn ở VinPearl - Hòn Tre, Bích Đàm, Hòn Một bị tàn phá bởi hoạt động đánh bắt và tác động của môi trường. Hiện nay, Viện Hải dương học đã nghiên cứu trồng và phục hồi, tái tạo thành công san hô ngoài tự nhiên. Trong thời gian qua, Ban quản lý vịnh Nha Trang đã nỗ lực bảo vệ nguyên vẹn rạn san hô tại Phân khu bảo vệ nghiêm ngặt Hòn Mun và duy trì san hô ở trạng thái tốt [14,11].

Trên lĩnh vực nghiên cứu tách chiết các chất có hoạt tính sinh học lipid và axit béo từ san hô Việt Nam mới chỉ có các công trình nghiên cứu của nhóm tác giả Phạm Quốc Long và cs. (từ năm 1999 đến năm 2019). Bên cạnh đó, đã có một số công trình nghiên cứu về hệ sinh thái rạn san hô Việt Nam (V.S Tuấn, N.H Yết, N.V Long)[15]. Một số nghiên cứu ít ỏi về biến động theo mùa của lipid tổng trong san hô thực hiện trên đối tượng san hô mềm

Heteroxenia fuscescens, có chứa zooxanthellae từ Biển Đỏ người ta cũng chỉ dừng lại ở xác định hàm lượng phần trăm lipid tổng cho thời kỳ 3 năm [16]. Đây là vùng số liệu khoa học hầu như còn bỏ trống, cần thiết phải tiến hành nghiên cứu tạo sự đồng bộ với các phần khác như sinh thái, môi trường, ..., nằm trong chương trình nghiên cứu toàn diện rạn san hô của Việt Nam trong thời gian tới.

1.2. CÁC ĐẶC TRƯNG SINH THÁI CỦA RẠN SAN HÔ

Cuộc sống của san hô phụ thuộc vào tổ hợp các đặc trưng của điều kiện sống tại nơi mà ấu trùng san hô gắn vào. Các đặc trưng sinh thái của san hô vốn phụ thuộc vào một số đặc trưng sinh thái chính, bao gồm: ánh sáng, độ sâu, nhiệt độ nước biển, axit hóa đại dương, độ muối, ... Các đặc trưng sinh thái này có quan hệ với nhau trong quá trình tác động lên hệ sinh thái và tính đa dạng của san hô.

1.2.1. Ảnh hưởng của ánh sáng, độ sâu

Ánh sáng là một trong những yếu tố vật lý quan trọng nhất ảnh hưởng đến sự phân bố, hình thái và màu sắc của rạn san hô ngoài tự nhiên [17]. Đây là yếu tố cần thiết của quá trình quang hợp của tảo cộng sinh zooxanthellae trong nội bào của chúng. Theo độ sâu ánh sáng thay đổi rất nhanh cả về cường độ và thành phần [18].

Sự thay đổi về sinh thái đã dẫn tới thay đổi đáng kể giữa các loài, các họ của san hô mềm. Trên các rạn san hô xa bờ lục địa, san hô mềm sống trong điều kiện nước rất trong, sạch và ít khi bị vắn đục từ đáy. Trong các điều kiện này thì các loài san hô mềm có chứa tảo cộng sinh zooxanthellae là rất nhiều. Đó là các đại diện của các loài *Alcyonaria*, *Sinularia*, *Lobophytum*. Trong các điều kiện đó các san hô mềm này có thể chiếm 50% đáy biển ở độ sâu khoảng 20m và trên đỉnh rạn bị ảnh hưởng bởi sóng biển mạnh. Đáy rạn tác động của sóng yếu, nhưng tác động của dòng chảy lại mạnh, thường có các tập đoàn nhỏ ở đáy của bờ nghiêng rạn.

Ở vùng nước sâu còn gặp các san hô mềm thay đổi theo cường độ ánh sáng. Cường độ ánh sáng phụ thuộc vào độ trong và hàm lượng các chất lơ lửng trong nước biển. Các loài san hô có chứa tảo cộng sinh zooxanthellae

sống trong điều kiện nước đục thường ở độ sâu 10m, còn các loài không có tảo cộng sinh zooxanthellae thường thống lĩnh ở độ sâu hơn 10m và đó là các loài chi của *Gorgonaria* và các đại diện loài thuộc chi của *Dendronephthya*. Trong điều kiện nước trong và sạch, san hô có thể sống ở độ sâu 40m [2].

1.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ, độ muối, và sự axit hóa đại dương

Theo một số nghiên cứu mới đây của các nhà khoa học, sự suy thoái nhanh chóng của các rạn san hô trong hơn 50 năm qua, một phần do nhiệt độ nước biển tăng cao, đã dẫn đến những dự đoán về sự sụp đổ quy mô toàn cầu ở các rạn san hô trong vòng vài thập kỷ tới. Hầu hết quá trình tẩy trắng san hô là hậu quả của việc nhiệt độ nước vượt quá mức chịu đựng của san hô trong thời gian dài. Điều này thường có nghĩa là nhiệt độ quá cao, nhưng cũng có thể có nghĩa là nhiệt độ quá thấp... Nhiệt độ tiếp tục tăng cao càng lâu, các tảo cộng sinh của san hô zooxanthellae rời khỏi rạn san hô càng nhiều và màu san hô càng nhạt đi. Khi số lượng zooxanthellae rời đi đạt tới một ngưỡng nhất định, san hô sẽ bị tẩy trắng [19].

Quá trình tự quang hợp của các vi sinh vật (VSV) cộng sinh zooxanthellae có thể cung cấp tới 90% nhu cầu cacbon cho vật chủ san hô của chúng. Do một biến đổi về điều kiện môi trường nào đó, các zooxanthellae này bị chết đi sẽ dẫn đến sự thiếu hụt về nguồn cung cấp năng lượng cho vật chủ san hô và làm cho san hô bị chết. Người ta đã đưa ra nhiều cơ chế phân tử khác nhau của việc tẩy trắng san hô, trong đó có vai trò của lipid, một trong các thành phần chính cấu tạo nên cấu trúc tế bào, thực tế lại chưa được nghiên cứu nhiều.

Sự tăng nhiệt độ của nước biển lên đến 32-33°C và sự gia tăng cường độ của các tia tử ngoại kết hợp với các yếu tố tự nhiên và con người khác đã dẫn đến sự suy giảm hàng loạt các zooxanthellae cộng sinh, và mất đi các sắc tố quang hợp của chúng. Sự suy giảm đáng kể diện tích của các rạn san hô do quá trình san hô bị tẩy trắng đã thu hút một số lượng lớn các nhà nghiên cứu khoa học nhằm tìm ra nguyên nhân của hiện tượng trên và vai trò của zooxanthellae trong quá trình này. Khi nhiệt độ nước biển tăng lên vượt quá mức chống chịu của san hô chúng sẽ bị chết, tuy nhiên đối với các loài san hô khác nhau thì khả năng chống chịu sự thay đổi của nhiệt độ là khác nhau.

Thêm vào đó, dưới các điều kiện bị tẩy trắng (Phạm Quốc Long và cs. 2010) đã quan sát thấy rằng có sự biến đổi lớn về hàm lượng lipid tổng trong zooxanthellae và vật chủ cũng như vật chủ không được cung cấp đủ lượng lipid tổng từ VSV cộng sinh này. Khi đó thì lượng lipid được cung cấp từ các zooxanthellae lại là nguồn cung cấp năng lượng chính đối với các loài san hô có chứa các vi sinh vật cộng sinh này [6]. Sự giảm nhiệt độ dị thường cũng dẫn tới quá trình tẩy trắng san hô. Nhiệt độ nước trung bình thường 27,5-28 °C đã giảm xuống còn 24,4 °C vào năm 1992 đã gây ra sự tẩy trắng của san hô trên rạn viền quanh đảo Bonaire thuộc rạn san hô Great Barrier (Hình 1.3 và Hình 1.4). Loài *Porites astreoides* và một số loài san hô khác không bị ảnh hưởng nhiều, tuy nhiên loài *Montastrea annularis*, loài xây dựng rạn chính, cũng như loài *Agricia agaricites* bị tổn thương đáng kể [19, 20].



Hình 1.3. Rạn san hô Great Barrier Reef lúc khỏe mạnh



Hình 1.4. Rạn san hô Great Barrier Reef sau khi bị tẩy trắng

Độ muối thấp có ảnh hưởng quan trọng và thường thấy hơn đối với phân bố rạn và phân vùng san hô. Rạn sẽ không phát triển ở các vùng có nhiều nước sông, nó chỉ có khả năng chịu đựng độ muối thấp trong một

khoảng thời gian rất ngắn, khi mưa to cùng với triều thấp, mặt bằng rạn có thể bị phá hại hoặc có thể bị phá hủy hoàn toàn [2]. Thường san hô sống ở độ muối dao động 30 - 36‰. Một số loài san hô có thể chịu đựng được độ muối tăng đến 39‰ và giảm tới 26‰. Độ muối cao làm các polyp bị co lại, miệng polyp rộng ra, ruột khoang bị hoại tử và tập đoàn san hô bị tẩy trắng. Độ muối giảm cũng làm phần lớn tảo cộng sinh zooxanthellae bị tách ra khỏi san hô [21].

Axit hóa đại dương là hiện tượng giảm nồng độ pH liên tục trong các đại dương trên Trái Đất do sự hấp thụ khí CO₂ mà quá trình tác động của con người thải ra khí quyển [21]. Đây cũng là một trong những yếu tố ảnh hưởng rất lớn đến sự suy thoái và sự tẩy trắng rạn san hô. Ngoài việc đại dương tăng hấp thụ nhiệt, khoảng 30% lượng khí cacbonic do hoạt động của con người tạo ra đã hòa tan vào các lớp trên của đại dương, gây ra hiện tượng axit hóa đại dương. Ngày càng nhiều các sinh vật đã được chứng minh là bị ảnh hưởng bởi những thay đổi về nhiệt độ và độ axit, riêng lẻ hoặc kết hợp trong đó có rạn san hô [22].

1.3. LIPID VÀ CÁC LỚP CHẤT TRONG LIPID TỔNG, Ý NGHĨA CỦA VIỆC NGHIÊN CỨU LIPID, AXIT BÉO Ở LOÀI SAN HÔ

1.3.1. Lipid và vai trò của lipid trong san hô

Tên gọi “lipid” xuất phát từ tiếng Hy Lạp “lipos” có nghĩa là chất béo. Lipit là những hợp chất hữu cơ có trong tế bào sống, chúng kết hợp với carbohydrate và protein để tạo thành thành phần chủ yếu của tất cả các tế bào thực vật và động vật. Chúng không hòa tan trong nước, nhưng tan trong dung môi hữu cơ không phân cực như: chloroform, benzene, ete, toluene,... chúng có độ nhớt cao và không bay hơi ở nhiệt độ thường [23]. Lipid đặc biệt quan trọng trong màng tế bào, nơi chúng có thể có vai trò cả về cấu trúc và chức năng; và hơn hết chúng được coi là nguồn năng lượng dự trữ quan trọng của các cơ thể sống, quy định các quá trình trao đổi chất. Các chức năng của lipid bao gồm lưu trữ năng lượng, tạo tín hiệu và hoạt động như các thành phần cấu trúc của màng tế bào.

Mặc dù đã có rất nhiều nghiên cứu về lipid, nhưng cho tới nay vẫn chưa có định nghĩa nào được chấp nhận một cách rộng rãi. Lipid có thể bao gồm một phạm vi đa dạng các hợp chất khác nhau: các hydrocarbon bậc cao, steroid, terpen, alcol, aldehyde hydrate, axit béo và các lớp chất như glyceride, sáp, phospholipid, glycolipid, sulfolipid..., và khó có thể đưa ra một định nghĩa chung về cấu trúc hóa học của chúng. Tuy nhiên khái niệm lipid của tác giả William W. Christie được nhiều nhà khoa học công nhận nhất là: Lipid là các axit béo và các dẫn xuất của chúng, các chất có liên quan chặt chẽ với các hợp chất này thông qua quá trình sinh tổng hợp (ví dụ ether béo hoặc rượu béo), đặc điểm sinh hóa, hoặc chức năng của chúng (ví dụ cholesterol, hay các sterol như axit mật hay các tocopherol) [24, 25].

Lipid tổng (TL) cấu thành tới 40% sinh khối khô của san hô [26]. Các chất lipid đóng vai trò cung cấp năng lượng dài hạn ở san hô và tham gia vào hầu hết các quá trình sinh hóa và sinh lý [2]. Những thay đổi trong thành phần lipid sẽ phản ánh những thay đổi trong các hệ sinh thái, dinh dưỡng và sức khỏe của các rạn san hô. Sự thay đổi hàm lượng lipid tổng của san hô phụ thuộc đáng kể vào giai đoạn sinh trưởng, mùa, độ sâu cư trú, độ chiếu sáng và các yếu tố khác của môi trường xung quanh [27]. San hô là loài động vật ít vận động, chúng phát triển thành từng tập đoàn gồm nhiều ‘polyp’ riêng lẻ, chúng sống trong mối quan hệ cộng sinh với tảo đơn bào sống trong các mô của chúng – zooxanthellae. Zooxanthellae là loại tảo vàng đơn bào cộng sinh (phần lớn thuộc chi *Symbiodinium*) sống trong các mô biểu bì san hô, chúng thực hiện quang hợp và san hô vật chủ sử dụng các sản phẩm của quá trình quang hợp đó như đường, lipid, oxy để hô hấp và phát triển. Do đó, hầu hết các loài san hô phụ thuộc vào ánh sáng mặt trời và phát triển ở các vùng nước trong và nông, thường ở độ sâu dưới 100 m. Các áp lực môi trường chẳng hạn như sự gia tăng nhiệt độ nước biển buộc các polyp san hô đẩy tảo ra, kết quả là san hô mất màu sắc, nguồn thức ăn và năng lượng của chúng, dẫn tới hiện tượng tẩy trắng. Nguyên nhân cơ bản của sự phụ thuộc hàm lượng lipid tổng vào độ chiếu sáng (thay đổi theo thời gian trong năm cũng như theo độ sâu) được cho là do sự thay đổi cường độ sinh tổng hợp lipid trong các


zooxanthellae, sự vận chuyển lipid từ zooxanthellae tới các tế bào “vật chủ” và sự tích lũy lipid tại đó [26, 27].

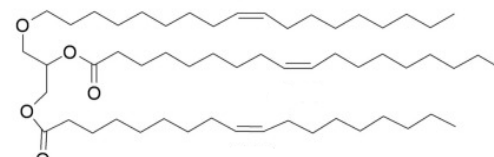
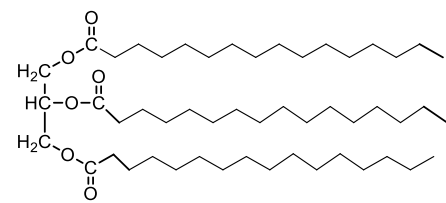
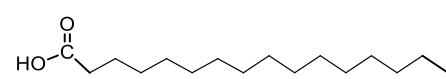
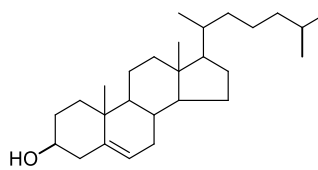
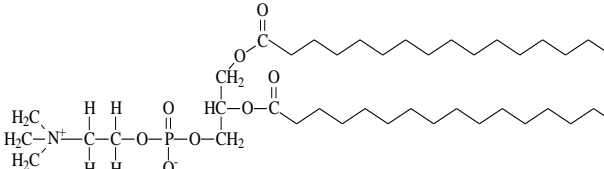
Axit béo đóng một vai trò quan trọng trong việc điều tiết sự trao đổi chất san hô và chống lại các sự ức chế. Thành phần lipid tổng có thể được sử dụng như một chỉ tiêu phân loại loài của lớp hoặc phân lớp san hô, trong khi hồ sơ của axit béo FA có thể giúp cho các phương pháp đánh giá, phân loại của ngành hoặc chi san hô [28].

Đã có rất nhiều những công trình nghiên cứu về các khía cạnh khác nhau của lipid san hô, ảnh hưởng của môi quan hệ dinh dưỡng giữa san hô vật chủ và các vi sinh vật cộng sinh (zooxanthellae), ảnh hưởng của các yếu tố môi trường như nhiệt độ, ánh sáng... lên thành phần lipid (H. Oku, 2003; A. B. Imbs, 2007, 2010) [29, 30], nhằm tìm kiếm các biện pháp bảo tồn và phát triển các rạn san hô. Ở Việt Nam có nhóm nghiên cứu của GS.TS.Phạm Quốc Long và cộng sự (2008, 2010, 2012-2013, 2014-2015) [18, 6, 31, 32] đã có những nghiên cứu bước đầu về ảnh hưởng của môi trường sống đến sự ổn định của rạn san hô Việt Nam, nhằm tìm ra các giải pháp để bảo tồn và phát triển loài sinh vật này.

1.3.2. Thành phần các lớp chất trong lipid tổng

Từ các tài liệu nghiên cứu trước đây [2], thành phần và hàm lượng các lớp chất trong lipid tổng của loài san hô được nghiên cứu về cơ bản đều bao gồm hầu hết các lớp chất chính đã biết là lipid phân cực (PL), sterol (ST), axit béo tự do (FFA), triacylglycerol (TAG), monoalkyl diacylglycerol (MADAG), hydrocarbon + sáp (WE) [33].

Lớp chất lipid	Công thức cấu tạo	Tên hợp chất đại diện
Các hydrocarbon và sáp (HW)		n nonadecane

<p>Các Monoacydiacylglycerol (MADAG)</p>		1 monopalmitin
Các Triglycerit (TAG)		Tripalmitin
Các axit béo tự do (FFA)		Palmitic axit
Các Sterol (ST)		Cholesterol
Các Phospholipid (PL)		Dipalmitoyl lecithin

1.3.3. Ảnh hưởng của vi tảo cộng sinh zooxanthellae

Hầu hết các loài san hô đều chứa zooxanthellae, đó là các vi tảo cộng sinh bên trong tế bào – tảo giáp (dinoflagellate) nhóm *Symbiodinium*. Các loài san hô này không thể tồn tại nếu thiếu zooxanthellae. Trong trường hợp mất zooxanthellae và sự phổ biến của chúng trong san hô không được phục hồi, và quần tụ san hô sẽ chết [17].

Cùng với sự tác động của con người, một nguy cơ lớn nhất đe dọa các rạn san hô là sự tẩy trắng của san hô (trắng hóa san hô). Tẩy trắng – quá trình không thể đảo ngược khi san hô bị mất đi các sinh vật cộng sinh của chúng là các zooxanthellae, do nước biển bị nóng lên kết hợp với một số yếu tố ảnh hưởng khác. Do quá trình tự quang hợp các zooxanthellae có thể cung cấp

100% nhu cầu năng lượng cho vật chủ, phần lớn năng lượng này được chuyển qua san hô dưới dạng lipid. Việc mất zooxanthellae làm cho san hô mất đi nguồn thức ăn. Người ta đã đưa ra nhiều cơ chế phân tử khác nhau của việc tẩy trắng san hô, trong đó có việc đưa ra vai trò của lipid – một trong các thành phần hóa học chính của sinh vật, mà thực tế ít được nghiên cứu. Các san hô, có chứa zooxanthellae nhạy cảm với sự tăng nhiệt độ, sẽ bị mất zooxanthellae, bị tẩy trắng và chết [2].

Tổng AXB của san hô được cấu thành từ AXB động vật chủ, của các vi tảo cộng sinh (nếu có) và các sinh vật liên kết khác, ví dụ: vi khuẩn, tảo chỉ, bọt biển, nấm biển... Thành phần AXB san hô thay đổi phụ thuộc vào các đặc điểm sinh tổng hợp AXB của loài động vật chủ cho trước, số lượng zooxanthellae, thành phần và số lượng các sinh vật liên quan, thành phần AXB của các nguồn thức ăn, cũng như chịu ảnh hưởng của các nhân tố môi trường xung quanh và thời kỳ phát triển của san hô. Ngoài ra sự thay đổi hàm lượng của lớp chất lipid cũng có những sự thay đổi. Trong giai đoạn đầu tiên của quá trình tẩy trắng san hô trong nghiên cứu đã quan sát được sự thay đổi hàm lượng giữa các lớp chất như hàm lượng lớp chất lipid dự trữ TAG và ST bị giảm dần và sự tăng hàm lượng của lớp chất FFA [34].

So sánh giữa rạn san hô khỏe mạnh và rạn san hô bị trắng hóa, các nhà nghiên cứu nhận thấy, các rạn san hô bị tẩy trắng hoàn toàn mất đi tới 75% tổng hàm lượng các axit béo không no đa nối đôi, đặc biệt là 18:4n-3, 20:4n-6, 20:5n-3 và 22:6n-3. Đây là các axit béo đặc trưng của vi tảo cộng sinh zooxanthellae, và điều đó thể hiện sự vắng mặt của chúng trong các tập đoàn san hô bị trắng hóa [35].

Từ những nghiên cứu mà nhóm tác giả có thể khẳng định rằng, lượng lipid dự trữ của san hô giảm đi một cách đáng kể đặc biệt trong giai đoạn san hô bị tẩy trắng hoàn toàn. Đối với các san hô chứa zooxanthellae cộng sinh, khi các zooxanthellae này chết đi thì cũng đồng nghĩa với việc san hô mất đi nguồn lipid cung cấp từ các VSV này.

1.3.4. Ý nghĩa của việc nghiên cứu lipid và axit béo ở loài san hô

1.3.4.1. Vai trò của lipid, axit béo trong phân loại san hô

Ngoài phần lớn lipid và các axit béo của san hô được đưa vào cơ thể sinh vật thông qua con đường dinh dưỡng, ở một mức độ đáng kể, thành phần lipid, axit béo cũng được quy định bởi khả năng di truyền của các loài để sinh tổng hợp lên một số các axit béo nhất định. Do vậy, axit béo được sử dụng như một công cụ hữu hiệu trong phân loại hóa học giữa các nhóm khác nhau, các hệ cộng sinh khác nhau; và góp phần vào nghiên cứu quá trình sinh tổng hợp diễn ra trong cơ thể loài sinh vật này.

1.3.4.2. Vai trò của lipid, axit béo trong phản ánh sức khỏe rạn san hô

Việc nghiên cứu về thành phần lipid, axit béo để xác định các mối liên kết dinh dưỡng rất hữu hiệu đối với các loài sinh vật biển do sự khó khăn trong hoạt động nghiên cứu quan sát. Khái niệm chất đánh dấu dinh dưỡng lipid, axit béo dựa trên cơ sở những nguồn dinh dưỡng ban đầu có chứa các lipid và axit béo tín hiệu đặc trưng, chúng sẽ được truyền sang các sinh vật tiêu thụ và đi vào chuỗi thức ăn, dù sẽ bị biến đổi tại mỗi bước nhưng chúng vẫn được duy trì với số lượng đáng kể. Các loài san hô vùng biển sâu thường không có vi sinh vật cộng sinh zooxanthellae và sử dụng động thực vật phù du làm nguồn thức ăn chính, ngược lại san hô vùng nước nông thường sử dụng dưỡng chất nhận được từ các vi sinh vật cộng sinh.

Trong những năm gần đây, sự biến đổi khí hậu dẫn tới những thay đổi lớn trong sự phân bố của các sinh vật phù du, và việc nghiên cứu các chất đánh dấu sinh học kết hợp với các thử nghiệm về dinh dưỡng sẽ giúp cho các nhà khoa học xác định xem san hô có những thích nghi như thế nào với môi trường sống trước những thay đổi của thiên nhiên.

Các chuyên gia cho biết, khoảng 50% rạn san hô trên toàn thế giới đã bị phá hủy trong 30 năm qua. Và mỗi năm, từ 1-2% rạn san hô trên toàn thế giới lại bị trắng hóa do sự ô nhiễm bờ biển và các biến đổi khí hậu [5]. Trong khi phần đa bị tẩy trắng và chết, một số ít san hô có thể tiến hóa và thích nghi với điều kiện sống mới và sau đó có khả năng sinh sản và lan rộng. Ở một số địa điểm, san hô thậm chí có thể di chuyển xa khỏi vùng xích đạo để tìm vùng nước lạnh hơn. Điều này đang làm dấy lên niềm hy vọng cho các nhà khoa học về sức chống chịu của san hô và khả năng phục hồi của chúng. Do vậy, những nghiên cứu nhiều chiều trong đó bao gồm các nghiên cứu về lipid, axit

béo có vai trò đánh dấu sinh học – một trong những “hình ảnh” phản ánh trực tiếp tình trạng của sinh vật – là vô cùng cần thiết trong cuộc chiến chống lại sự biến mất của các rạn san hô trên toàn thế giới. Những nghiên cứu sâu ở cấp độ phân tử trong mỗi lớp chất ở đối tượng san hô còn khá hạn chế.

Trong san hô mềm (*Alcyonaceae*), giống *Sinularia* có số lượng loài đa dạng nhất. Trong đó *Sinularia flexibilis* là một trong những loài phổ biến, phân bố rộng rãi trong các vùng biển khác nhau, trong đó có vùng biển Nha Trang, Khánh Hòa – Việt Nam. Khi điều kiện sống của môi trường bất lợi, như nhiệt độ nước biển tăng lên, sẽ xảy ra hiện tượng trắng hóa san hô. San hô có thể bị trắng hóa một phần (còn khả năng phục hồi) hoặc hoàn toàn (không còn khả năng phục hồi). So sánh lipid giữa rạn san hô khỏe mạnh và rạn san hô bị trắng hóa, các nhà nghiên cứu nhận thấy, các rạn san hô bị tẩy trắng hoàn toàn mất đi tới 75% tổng hàm lượng các axit béo không no đa nối đôi, đặc biệt là các axit béo đặc trưng của vi sinh vật cộng sinh zooxanthellae, và điều đó thể hiện sự vắng mặt của chúng trong các đối tượng san hô bị trắng hóa. Đồng thời với sự suy giảm đó là sự tăng lên của axit béo đặc trưng cho sự có mặt của các vi khuẩn Gram âm và vi khuẩn khử sulfate [2].

Trong thời gian gần đây, ở Việt Nam đã có những nghiên cứu chuyên sâu và có hệ thống về lipid sinh vật biển được thực hiện với sự hợp tác của các nhà khoa học Việt Nam và nước ngoài. Những cơ sở dữ liệu về lipid các mẫu cũng như việc đánh giá tác động của môi trường sống lên thành phần lipid của các đối tượng sinh vật biển đã được các nhà khoa học bước đầu xây dựng. Để có thêm được những thông tin cho những hệ thống cơ sở dữ liệu đó thì việc tiến hành nghiên cứu trên từng đối tượng cụ thể là rất cần thiết. Những nghiên cứu về lipid và axit béo đã có rất nhiều các công trình tiêu biểu, tuy nhiên việc nghiên cứu toàn diện sự biến động theo mùa của thành phần lipid san hô trên đối tượng san hô mềm *Sinularia flexibilis* ở Việt Nam trong điều kiện sống tự nhiên hiện nay chưa được công bố. So với các loài động vật biển khác tính chất ít di chuyển của chúng sẽ thuận lợi cho việc thu thập mẫu để nghiên cứu.

1.4. TỔNG QUAN SAN HÔ *SINULARIA FLEXIBILIS*

1.4.1. Giới thiệu chung loài san hô *Sinularia flexibilis*

Trong số các san hô mềm (*Alcyonaceae*), *Sinularia* (*Anthozoa*, phân lớp *Octocorallia*, bộ *Alcyonacea*, họ *Alcyoniidae*) là giống có số lượng loài đa dạng nhất. Nó tạo thành một phần chi phối của sinh khối trong môi trường rạn san hô nhiệt đới. San hô mềm thuộc chi *Sinularia* phát triển rất mạnh mẽ, chúng phân bố rộng rãi từ Đông Phi đến Tây Thái Bình Dương, sống ở các rạn san hô hay trên đá ở vùng nước nông, nhưng hiếm khi hình thành những quần thể lớn, với khoảng 100 loài đã được phát hiện, trong đó có khoảng 40 loài đã được khảo sát hoá học [36].

Sinularia flexibilis là một loài san hô mềm thuộc họ *Alcyoniidae*, còn được biết đến với tên gọi là san hô ngón tay spaghetti. Loài này phổ biến rộng khắp phía tây Thái Bình Dương và phía đông Ấn Độ Dương, chúng thường được tìm thấy ở các thuộc địa lớn, ở độ sâu từ một đến mười lăm mét. Ở nước ta loài này phân bố nhiều tại vùng biển Nha Trang, Khánh Hòa.

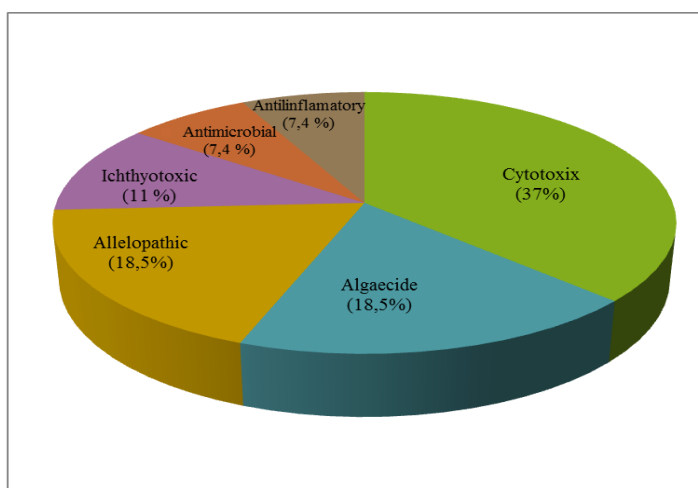


Hình 1.5. San hô mềm *Sinularia flexibilis*

1.4.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu

Những nghiên cứu về thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của loài san hô mềm *Sinularia flexibilis* đã được các nhà khoa học tiến hành từ rất sớm. Các nghiên cứu của Bowden và cộng sự (1992); Campos và cộng sự (1995), Su và cộng sự (2005), Hamade và cộng sự (1992) đã phân lập được từ loài san hô các hợp chất này có hoạt tính chống ung thư tiềm năng (Tursch và cộng sự., 1975). Trong một tài liệu tổng quan năm 2008, tác giả Mohammad K. K. đã thống kê được 210 công bố từ năm 1975 đến năm 2007 về các chất chuyển hóa thứ cấp được phân lập từ các loài san hô thuộc giống *Sinularia*, trong đó có 42 công bố về loài *Sinularia flexibilis* [37]. Thành phần hóa học

của loài san hô này giàu các hợp chất có cấu trúc hóa học thú vị, đặc biệt là các cembranoid diterpene, bicembranoid diterpene; steroid, polyhydroxysteroid và các hợp chất polyamine [38-41] với các hoạt tính kháng khuẩn, chống viêm, kháng u, gây độc tế bào, giảm đau, bảo vệ thần kinh... Với những hoạt tính sinh học đa dạng và mạnh mẽ của các hợp chất phân lập được, loài san hô này được đánh giá có tiềm năng lớn trong ứng dụng phát triển các sản phẩm dược liệu mới [37].



Hình 1.6. Biểu đồ những hoạt tính sinh học chính của các hợp chất phân lập từ loài san hô mềm *Sinularia flexibilis* [37]

Việc nuôi trồng nhân tạo sẽ mở ra khả năng cung cấp khối lượng lớn loài san hô này để phục vụ cho việc khai thác được các hợp chất có hoạt tính sinh học mạnh. Tác dụng trị mụn của các hợp chất cembrene diterpenoids phân lập từ loài san hô *Sinularia flexibilis* được nuôi trồng nhân tạo trong một nghiên cứu gần đây của nhóm nhà khoa học Li-Wei Chen và các cộng sự đã cho thấy tiềm năng ứng dụng trong mỹ phẩm của các hoạt chất phân lập từ loài san hô này [42].

Ngoài các nghiên cứu về các thành phần hóa học và các hoạt tính sinh học loài *Sinularia flexibilis*, các nghiên cứu về lipid còn rất hạn chế. Trong một công bố năm 2010, tác giả Imbs và cộng sự đã sử dụng thành phần axit béo của 64 loài san hô mềm trong đó có *Sinularia flexibilis* trong phân loại chemotaxonomy [43]. Các nghiên cứu sâu hơn về thành phần lipid và khảo

sát sự thay đổi hay tính ổn định của thành phần lipid của loài san hô này theo các tháng trong năm hoàn toàn chưa được thực hiện [44-45].




Theo các chuyên gia về san hô tại Viện Hải dương học Nha Trang, loài san hô mềm *Sinularia flexibilis* là một trong số ít loài san hô mềm có thể phân loại được dưới nước bằng mắt thường (đối với các loài san hô mềm khác phải thu mẫu và đưa về phòng thí nghiệm tiến hành phân loại). Do vậy, việc lựa chọn loài san hô *Sinularia flexibilis* ở vùng biển Nha Trang – Khánh Hòa – là một loài san hô mềm phổ biến, dễ thu thập sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho những ý tưởng mới được nghiên cứu và thực hiện.







CHƯƠNG 2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. NGUYÊN LIỆU

Đề tài đã tiến hành đợt khảo sát và thu thập mẫu san hô *Sinularia flexibilis* trong 12 tháng tại Đông Bắc Hòn Một vùng biển Nha Trang – Khánh Hòa (bảng 2.1). Mẫu được lấy ở độ sâu 7m và được định tên bởi TS. Hoàng Xuân Bền và cộng sự tại Viện Hải Dương học – Nha Trang.

Bảng 2.1. Các mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* được nghiên cứu và thông tin vị trí và thời gian thu mẫu

TT	Loại mẫu Kí hiệu mẫu	Ảnh mẫu	Thời gian thu mẫu trong năm	Vị trí lấy mẫu
1	San hô mềm S-T1		Tháng 01	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
2	San hô mềm S-T2		Tháng 02	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
3	San hô mềm S-T3		Tháng 03	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E

4	San hô mềm S-T4		Tháng 4	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
5	San hô mềm S-T5		Tháng 05	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
6	San hô mềm S-T6		Tháng 06	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
7	San hô mềm S-T7		Tháng 07	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
8	San hô mềm S-T8		Tháng 08	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
9	San hô mềm S-T9		Tháng 09	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E

10	San hô mềm S-T10		Tháng 10	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
11	San hô mềm S-T11		Tháng 11	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E
12	San hô mềm S-T12		Tháng 12	12 ° 17 ' N và 109 ° 14 ' E

2.2. VẬT LIỆU

2.2.1. Hóa chất, dụng cụ

2.2.1.1. Hóa chất

- Methanol
- Chloroform
- n-Hexan
- Dietyl ete
- Benzen
- Nước cất
- Na₂SO₄ khan
- H₂SO₄ 1%
- H₂SO₄/MeOH 10%
- Bản mỏng Sorbfil PTLC AF-V

2.2.1.2. Dụng cụ

- Bình tam giác 250ml
- Bình tam giác 500ml

- Bình quả lê 100ml
- Phễu chiết 250ml
- Phễu thủy tinh, giấy lọc...
- Cỗ chuyên cô quay chống sục
- Cốc đong
- Đầu hút pipetman 1000ul
- Đầu hút pipetman 5000ul
- Phễu chiết quả lê khóa TT 500ml
- Phễu thủy tinh
- Lọ vials 2 ml và 4 ml thủy tinh đựng mẫu

2.2.2. Thiết bị

- Máy sắc ký khí (GC) hãng Shimadzu (Kyoto, Nhật Bản) với detector ion hóa ngọn lửa, cột sắc ký DB-XXLB (Agilent Technologies, USA), kích thước cột 30m x 0,25mm x 0,25 μ m. Khí mang He với tốc độ dòng 30cm/s.

- Máy sắc ký khí kết nối khối phổ (GC-MS) hãng Shimadzu GCMS QP5050A (Kyoto, Nhật Bản), cột sắc ký DB-XXLB (Agilent Technologies, USA), với kích thước cột 30m x 0,25mm x 0,25 μ m. Khí mang He với tốc độ dòng 30cm/s.

- Máy Scan Epson Perfection 2400 PHOTO (Nagano, Nhật Bản)

- Chương trình phân tích hình ảnh Sorbfil TLC Videodensitometer, Krasnodar, LB Nga

- Máy đo nhanh các yếu tố về môi trường máy đo đa thông số cầm tay YSI ProDSS.

- Máy cất quay chân không Buchi hệ điều chỉnh tự động, Switzerland.

- Máy li tâm Heraeus (5000 vòng/phút), Germany

- Tủ hút

- Máy quay cất chân không

- Bình thổi khí Argon

- Cân phân tích

- Máy li tâm

2.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.3.1. Phương pháp thu thập số liệu môi trường

Thu thập và tổng hợp các số liệu về các chỉ số môi trường biển như: nhiệt độ, DO, độ muối và pH bằng máy đo đa thông số cầm tay YSI ProDSS tại địa điểm thu mẫu.



Hình 2.1. Máy đo nhanh các yếu tố về môi trường

Phương pháp thu thập mẫu sinh vật biển tuân thủ theo các quy định về việc thu thập, vận chuyển, bảo quản mẫu biển, phân loại, định tên và lưu trữ tiêu bản.

Thu thập và tổng hợp các số liệu về hàm lượng lipid tổng, thành phần và hàm lượng lớp chất lipid và thành phần và hàm lượng các axit béo trong lipid tổng.

2.3.2. Phương pháp thu mẫu san hô

Mẫu được các chuyên gia thợ lặn thu thập mẫu. Một số dụng cụ chính phục vụ cho việc thu thập mẫu vật: các thiết bị lặn sâu gồm máy nén khí, các bình chứa khí, bộ quần áo lặn sâu, mặt nạ, áo phôi thở, dây lặn, chân nhái, đồng hồ đo độ sâu, đo thời gian, la bàn, máy quay camera chụp ảnh dưới nước, thiết bị đo đa yếu tố... Nhãn phải là loại giấy bóng mờ, không mực nát khi ngâm trong nước, trong cồn hoặc formol. Tất cả mẫu thu được đều được chụp ảnh trên máy ảnh kỹ thuật số và lưu giữ trong máy vi tính. Sau khi chụp ảnh để phục vụ lưu trữ, mẫu được vận chuyển trong nước biển bằng thiết bị có mái che, nhằm tránh tiếp xúc nhiều với ánh nắng mặt trời và luôn duy trì ở nhiệt độ ổn định. Sau quá trình thu mẫu, mẫu được mang về phòng thí nghiệm trong 1 giờ, loại bỏ tạp/cặn bẩn và thực hiện chiết ra lipid tổng hoặc bảo quản

ở nhiệt độ -18°C nếu chưa xử lý. Mẫu được lưu giữ tiêu bản tại Viện Hải dương học – Nha Trang.

2.3.3. Phương pháp đo nhanh các chỉ số môi trường

Phương pháp phân tích nhanh các chỉ số môi trường bằng máy đo đa thông số cầm tay YSI ProDSS. Theo các phương pháp phân tích xác định các thông số chất lượng nước biển ven bờ thực hiện theo hướng dẫn của các tiêu chuẩn quốc gia hoặc các tiêu chuẩn phân tích tương ứng của các tổ chức nước ngoài.

Đánh giá mức độ ô nhiễm môi trường nước vùng nghiên cứu dựa vào Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước biển QCVN 10:2015/BTNMT) và Quy chuẩn Quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08:2015/BTNMT).

2.3.4. Phương pháp chiết lipid tổng

Hàm lượng lipid tổng được xác định theo phương pháp của Folch J.F. (1956)– phương pháp đã được chuẩn hóa phù hợp với điều kiện Việt Nam sử dụng thường quy cho san hô tại phòng thí nghiệm Hóa sinh hữu cơ – Viện Hóa học các Hợp chất thiên nhiên [7].

Thực nghiệm: Mẫu san hô nghiên cứu được cân và xay nhỏ hoặc nghiền nhỏ đến khoảng 1-3mm, sau đó được tiến hành chiết lipit tổng. Mẫu nghiên cứu được chiết bằng hệ dung môi CHCl_3 : MeOH tỉ lệ 1:1 (2:1, v.v) để qua đêm. Dịch chiết được lọc ra, sau đó chiết lại bằng hệ dung môi CHCl_3 :MeOH (2:1, v:v) (6 giờ) (2 x 1 lit). Toàn bộ hỗn hợp dịch chiết được phân lớp sau khi bổ sung thêm 1 lit H_2O và 1 lit CHCl_3 . Lớp lipid (lớp dưới) được làm khan bằng Na_2SO_4 trong 3h, lọc bỏ muối, đem cô cạn dung môi thu được dịch cô lipid tổng (g). Lipid tổng của các mẫu san hô được hòa tan trong CHCl_3 tinh khiết và được bảo quản ở tủ lạnh âm sâu (-18°C) trong lọ tối màu. Hàm lượng lipid tổng tính theo phần trăm lượng lipid tổng thu được so với lượng mẫu mang đi chiết.

2.3.5. Phương pháp xác định thành phần và hàm lượng các lớp chất lipid trong lipid tổng

Phân tích định lượng sử dụng phương pháp sắc ký lớp mỏng 1 chiều và chương trình phân tích hình ảnh Sorbfil TLC Videodensitometer DV (Krasnodar, LB Nga)

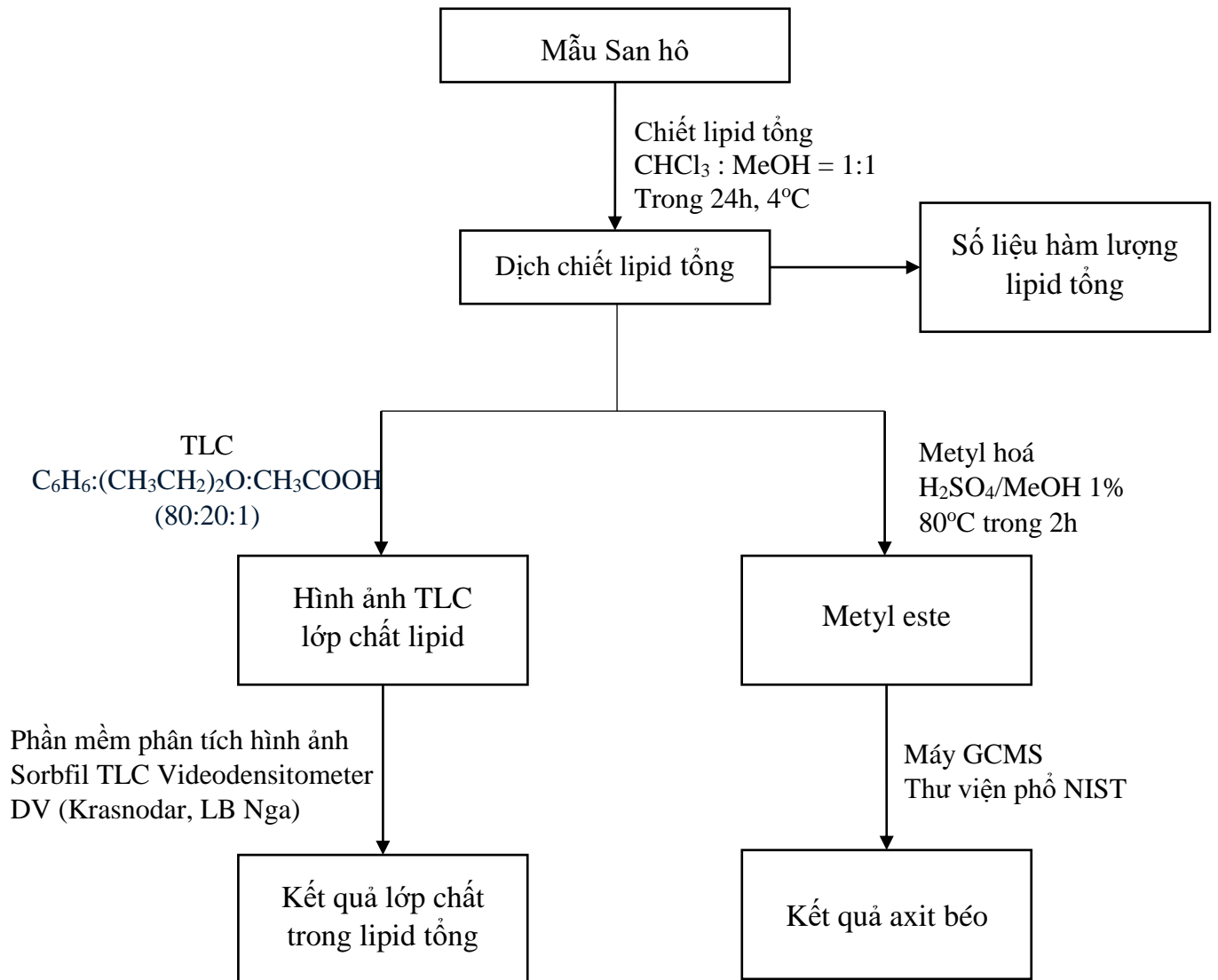
Lipid tổng được thổi kiệt dung môi bằng khí argon, bổ sung vào 1 V CHCl_3 và được chấm trên bản mỏng silicagel (10x10) 3 vết với 3 nồng độ khác nhau, chạy trên hệ dung môi $\text{C}_6\text{H}_6:(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}:\text{CH}_3\text{COOH}$ (80:20:1), hiện hình bằng thuốc thử $\text{H}_2\text{O}_4/\text{MeOH}$ 10%. Sấy bản mỏng ở nhiệt độ 110-130°C, scan trên máy Epson Perfection 2400 PHOTO (Nagano, Nhật Bản), với độ phân giải theo kích thước tiêu chuẩn. Phần trăm của các lớp chất trong lipid tổng được xác định dựa trên sự đo diện tích và cường độ màu trong chương trình phân tích hình ảnh Sorbfil TLC Videodensitometer DV (Krasnodar, LB Nga) [8, 9].

2.3.6. Phương pháp xác định thành phần và hàm lượng các axit béo có trong lipid tổng

Axit béo được methyl hóa sang dạng methyl ester, quá trình methyl hóa được tiến hành theo quy trình sau: 1-3mg từng lớp chất được bổ sung 2ml $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{MeOH}$ 1%. Quá trình phản ứng diễn ra ở nhiệt độ 80°C trong 2h. Sau khi kết thúc phản ứng, bổ sung vào hỗn hợp 300ml H_2O và 1ml Hexan, lắc đều, để hỗn hợp phân lớp hoàn toàn và thu được phần dịch chiết hexan. Tiến hành rửa lặp lại với pha dưới bằng 1ml Hexan. Toàn bộ phần dịch pha hexan thu được, được loại bỏ dung môi, phần metyleste của các axit béo được làm sạch trên bản mỏng TLC (6x6cm) với hệ dung môi hexan/dietylete = 95/5[10].

Thành phần và hàm lượng các axit béo được xác định trên máy GCMS QP5050A của hãng Shimadzu (Tokyo, Nhật Bản) với nhiệt độ của injector, detector ở nhiệt độ 250°C. Chương trình nhiệt độ biến thiên từ 160°C tăng đều 2°C/phút đến 260°C, sau đó giữ ở nhiệt độ cuối cùng 20 phút. Tổng thời gian phân tích cho một mẫu 70 phút. Cấu trúc của các axit béo được xác định bằng phổ khối lượng kết hợp với sự so sánh phổ MS (thư viện phổ NIST) chuẩn trên GC-MS để so sánh.

SƠ ĐỒ NGHIÊN CỨU



CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG BIỂN

Các mẫu nước được đo tại các rạn san hô theo từng tháng trong thời gian lấy mẫu. Vị trí đo mẫu được trình bày trong bảng 2.1. Kết quả các chỉ tiêu khảo sát đưa vào nghiên cứu được trình bày ở bảng 3.1.

Bảng 3.1. Các thông số kết quả phân tích các yếu tố môi trường đã nghiên cứu

Thời gian	Tầng	Nhiệt độ (°C)	DO (lượng oxy hòa tan trong nước (mg/l)	Độ mặn (‰)	pH
Tháng 1	Đáy	24,9	7,21	31,11	7,45
Tháng 2	Đáy	25,4	7,16	31,32	7,05
Tháng 3	Đáy	25,3	6,84	31,58	7,05
Tháng 4	Đáy	27,4	6,76	31,82	7,97
Tháng 5	Đáy	28,7	6,63	31,59	7,39
Tháng 6	Đáy	29,5	6,59	31,71	7,67
Tháng 7	Đáy	28,4	6,38	31,87	8,07
Tháng 8	Đáy	28,5	6,38	32,55	8,15
Tháng 9	Đáy	28,7	6,29	29,48	8,29
Tháng 10	Đáy	27,7	6,01	30,85	8,32
Tháng 11	Đáy	26,8	6,32	27,94	8,35
Tháng 12	Đáy	25,4	7,15	28,11	8,34

Quan sát bảng 3.1 cho thấy, chỉ số DO không có quá nhiều biến động nhưng cũng có những thay đổi nhất định. Trong các tháng 3 đến tháng 8, chỉ số DO đều < 7mg/l. Trong 3 tháng 12, 1, 2 chỉ số DO > 7mg/l. Từ tháng 1 đến tháng 8 nồng độ muối của nước biển khá ổn định và cao hơn khoảng thời gian

cuối năm từ tháng 9 đến tháng 12. Sự không ổn định của hàm lượng muối từ tháng 9 đến tháng 12 là do ảnh hưởng bởi mùa mưa tại khu vực này. Độ pH cũng là chỉ số có những thay đổi nhỏ nhưng rõ rệt. Từ tháng 1 đến tháng 6, pH của nước biển có giá trị <8 , từ tháng 7 đến tháng 12, pH của nước biển đo được đều >8 . Nhiệt độ nước biển dao động trong khoảng từ 24,9 đến 29,5°C, nhiệt độ có xu thế cao hơn từ tháng 4 đến tháng 9 và thấp hơn vào các tháng còn lại.

Những nghiên cứu trước đó của các nhà khoa học về các rạn san hô đã cho thấy quá trình axit hóa và sự ấm lên của đại dương sẽ làm giảm khả năng phục hồi của rạn san hô, và đây cũng là hai mối đe dọa lớn nhất đối với sức khỏe của các đại dương trên Trái đất [44-47].

Nhiều hoạt động của con người thải ra khí cacbonic. Các đại dương hấp thụ một phần khí này và khi nó hòa tan trong nước sẽ tạo thành một axit nhẹ, điều này tạo ra một sự thay đổi nhỏ nhưng đáng kể đối với độ axit tổng thể của nước biển. Nước biển thường có tính kiềm nhẹ và sự gia tăng carbon dioxide làm cho nó ít kiềm hơn, để thuận tiện, điều này được gọi là axit hóa. Cho đến nay, sự thay đổi tuy rất nhỏ, nhưng nó đã làm cho độ pH thấp hơn so với hàng chục nghìn năm trước, và ngay cả một sự thay đổi nhỏ trong độ pH của nước cũng có thể gây ảnh hưởng lớn tới Đại dương. Một trong số những lo ngại lớn nhất của các nhà khoa học là nó có thể cản trở quá trình tạo ra vỏ canxi cacbonat của nhiều loài sinh vật biển như san hô, các loài 2 mảnh vỏ, một số loài tảo, cầu gai, sao biển... Học viện khoa học Hiệp hội Hoàng gia - Vương quốc Anh, kết luận trong một báo cáo năm 2005 rằng tác động của axit hóa đại dương sẽ khác nhau giữa các khu vực, loài và hệ sinh thái, và sẽ nghiêm trọng nhất đối với các rạn san hô và Nam Đại Dương [45,46].

San hô là động vật ít hoặc ít di chuyển, chúng sống thành tập đoàn và có mối quan hệ cộng sinh với tảo đơn bào sống trong các mô của chúng – zooxanthellae. Các áp lực môi trường chẳng hạn như sự gia tăng nhiệt độ nước biển buộc các polyp san hô đẩy tảo ra, kết quả là san hô mất màu sắc, nguồn thức ăn và năng lượng của chúng, dẫn tới hiện tượng tẩy trắng. Rất nhiều những nghiên cứu trước đó của các nhà khoa học về sinh thái và hóa

học các rạn san hô đã cho thấy nhiệt độ nước biển luôn là một yếu tố vô cùng quan trọng và ảnh hưởng sâu sắc tới chất lượng của tập đoàn san hô thậm chí là sự sinh tồn của loài sinh vật biển này [44, 46]. Sự ấm lên tổng thể của nước biển toàn cầu đã dẫn đến hiện tượng tẩy trắng ở quy mô lớn tại các rạn san hô ở khắp nơi trên thế giới. Sự trắng hóa san hô và axit hóa đại dương sẽ gây ra những mối lo ngại lớn đối với chuỗi thức ăn trên khắp đại dương và nghiêm trọng hơn là sự tuyệt chủng của rất nhiều loài sinh vật biển..

3.2. KHẢO SÁT SỰ BIẾN ĐỘNG HÀM LƯỢNG LIPID TỔNG, THÀNH PHẦN VÀ HÀM LƯỢNG CÁC AXIT BÉO, VÀ CÁC LỚP CHẤT TRONG LIPID TỔNG DO ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG.

3.2.1. Khảo sát sự biến động hàm lượng lipid tổng do ảnh hưởng của nhiệt độ, DO, độ mặn và pH

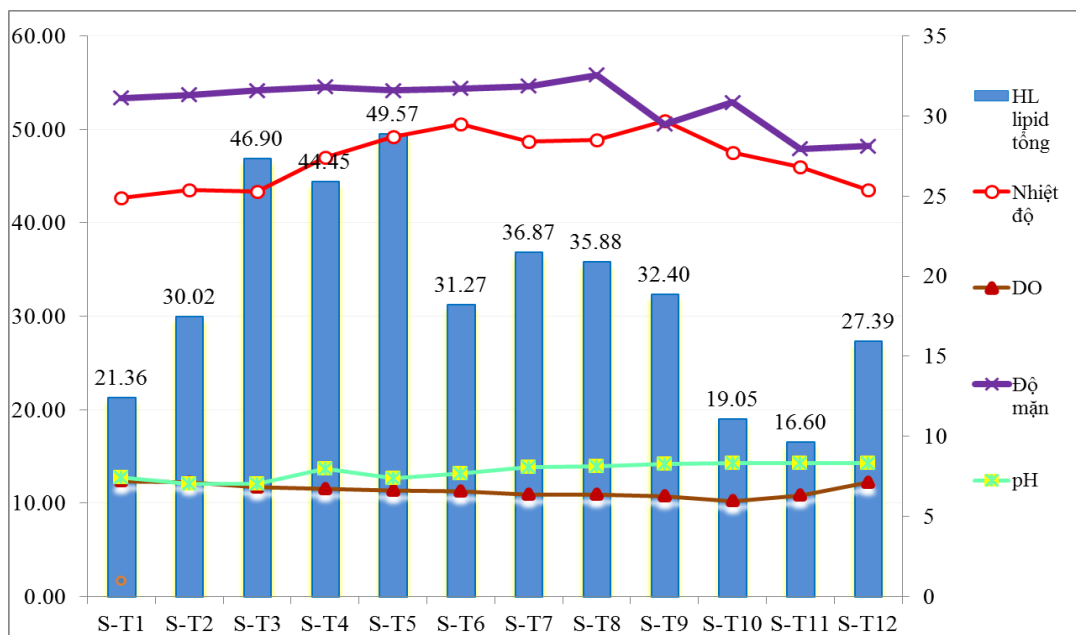
Các mẫu nghiên cứu đều được lấy ở cùng độ sâu là 7m và các chỉ số môi trường đo cùng thời điểm, vị trí lấy mẫu.

Hàm lượng lipid tổng của các mẫu nghiên cứu được xác định bằng phương pháp Folch J. F. (1957) [7]. Kết quả được thể hiện trong bảng 3.2.

Bảng 3.2. Hàm lượng lipid tổng, nhiệt độ, DO, độ muối, pH của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis*

Tháng	Tên mẫu	Hàm lượng lipid tổng (%)	Nhiệt độ (°C)	DO (mg/l)	Độ muối (‰)	pH
1	S-T1	21,36	24,9	7,21	31,11	7,45
2	S-T2	30,02	25,4	7,16	31,32	7,05
3	S-T3	46,90	25,3	6,84	31,58	7,05
4	S-T4	44,45	27,4	6,76	31,82	7,97
5	S-T5	49,57	28,7	6,63	31,59	7,39
6	S-T6	31,27	29,5	6,59	31,71	7,67
7	S-T7	36,87	28,4	6,38	31,87	8,07

8	S-T8	35,88	28,5	6,38	32,55	8,15
9	S-T9	32,40	28,7	6,29	29,48	8,29
10	S-T10	19,05	27,7	6,01	30,85	8,32
11	S-T11	16,60	26,8	6,32	27,94	8,35
12	S-T12	27,39	25,4	7,15	28,11	8,34



Biểu đồ 3.1. Hàm lượng lipid tổng tương quan với nhiệt độ, DO, độ mặn và pH

Hàm lượng lipid tổng của san hô *Sinularia flexibilis* nghiên cứu được thể hiện ở biểu đồ 3.1. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng lipid của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* thu trong 12 tháng dao động từ 16,60% đến 49,57% so với trọng lượng mẫu khô. Hàm lượng lipid tổng tính trên trọng lượng khô đạt giá trị cao nhất trong khoảng thời gian từ tháng 3 đến tháng 5 (tháng cao nhất hàm lượng đạt 49,57% tính trên trọng lượng khô), thấp hơn trong các tháng 6 - tháng 9 và thấp nhất vào các tháng 10 - tháng 1 (tháng thấp nhất đạt 16,6% trọng lượng khô). Hàm lượng lipid tổng có sự sụt giảm đáng kể giữa tháng 5 và tháng 6; giữa tháng 9 và tháng 10, tăng cao từ tháng 2 sang tháng 3. Trong các tháng T10 - T2 hàm lượng lipid của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* hoàn toàn không ổn định. Trong khoảng thời gian này, do

ảnh hưởng bởi mùa mưa của khu vực và là mùa của những cơn bão đã làm tăng sự nhiễu loạn ở các rạn san hô. Ngoài sự sụt giảm về nhiệt độ thì nồng độ muối của nước biển từ tháng 9 đến tháng 12 cũng có nhiều biến động và có giá trị thấp hơn các tháng còn lại. DO và pH có nồng độ dao động nhỏ nên chưa đánh giá được sự biến động của 2 chỉ số này lên hàm lượng lipid tổng

Được biết, sự thay đổi hàng năm của nhiệt độ nước và bức xạ mặt trời khiến hệ sinh thái rạn san hô thay đổi theo chu kỳ. Tại Vịnh Nha Trang, nhiệt độ nước dao động trong khoảng 28°C đến 30°C hầu hết trong năm (tháng 4 đến tháng 9) và giảm xuống 24 - 25°C vào tháng 12 đến tháng 1, trong khi bức xạ mặt trời cực đại quan sát được trong khoảng thời gian từ tháng 1 đến tháng 4 [42]. Ngoài ra, các cơn bão, gió mùa từ tháng 10 đến tháng 12 làm tăng mạnh sự nhiễu loạn và độ đục ở các vùng nông của rạn san hô. Những thay đổi của điều kiện môi trường sẽ là những yếu tố chi phối trực tiếp đến sự biến động của hàm lượng lipid tổng. Ngoài ra các yếu tố khác về sinh thái như thời kỳ sinh sản, sinh trưởng cũng cần được xem xét đến.

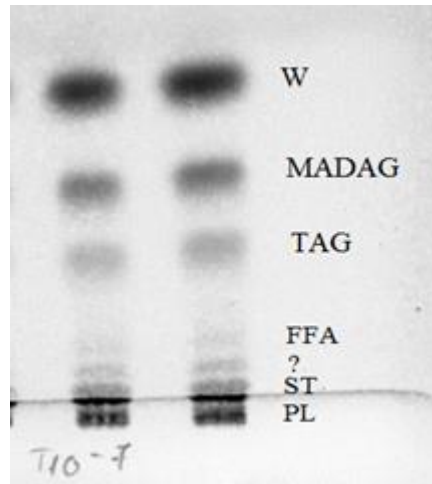
3.2.2. Khảo sát sự biến động thành phần và hàm lượng các lớp chất trong lipid tổng do ảnh hưởng của nhiệt độ, DO, độ muối và pH.

Kết quả về thành phần và hàm lượng các lớp chất có mặt trong lipid tổng của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* được nghiên cứu trình bày tại bảng 3.3. Cũng như nhiều mẫu san hô mềm trước đó đã được nghiên cứu, trong lipid tổng của các mẫu san hô *Sinularia flexibilis* có mặt đầy đủ các lớp chất lipid cơ bản gồm các lớp chất lipid cấu trúc là lipid phân cực (PL), sterol (ST); các lớp chất lipid dự trữ triacylglycerol (TAG), monoalkyldiacylglycerol (MADAG), sáp (W); và axit béo tự do FFA (bảng 3.3). Các lớp chất PL, MADAG, W là những lớp chất chiếm thành phần chính trong lipid tổng mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis*, trong đó hàm lượng MADAG và W có phần cao hơn hàm lượng lớp chất PL. Kết quả này cũng tương đồng với các kết quả về các loài san hô giống *Sinularia* khác đã được nghiên cứu trước đó [44].

Bảng 3.3. Thành phần các lớp chất lipid (% trong lipid tổng), nhiệt độ, DO, độ muối và pH theo các tháng trong năm của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis*

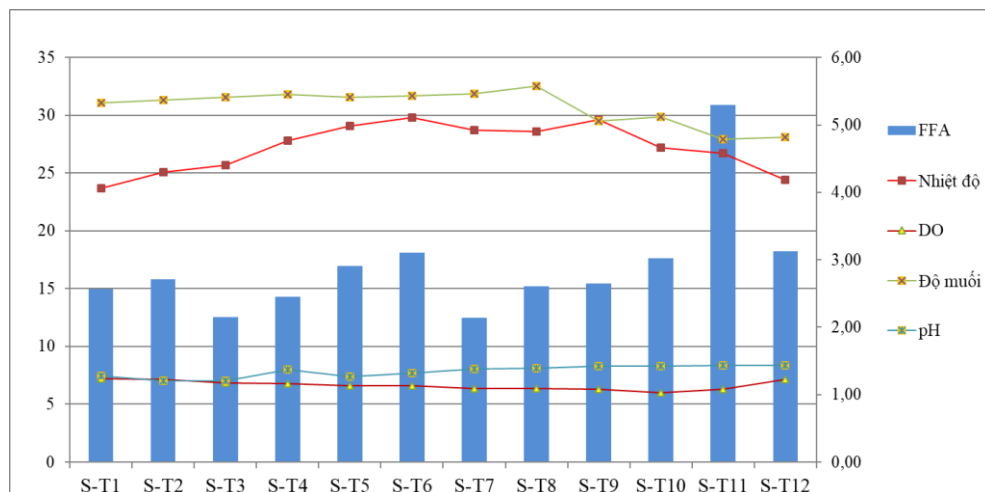
Mẫu	Các lớp chất lipid							Các thông số môi trường			
	PL	ST	Chưa xác định	FFA	TAG	MADAG	W	Nhiệt độ °C	DO mg/l	Độ mặn ‰	pH
S-T1	21,0	9,45	9,26	2,56	11,8	20,3	25,7	24,9	7,21	31,11	7,45
S-T2	19,3	9,05	4,31	2,71	14,3	22,7	27,6	25,4	7,16	31,32	7,05
S-T3	21,4	9,21	5,97	2,15	11,2	25,6	24,5	25,3	6,84	31,58	7,05
S-T4	19,0	8,11	5,39	2,45	13,1	25,0	27	27,4	6,76	31,82	7,97
S-T5	14,3	6,81	4,41	2,91	12,8	24,4	34,4	28,7	6,63	31,59	7,39
S-T6	15,2	5,95	4,82	3,1	12,6	24,5	33,9	29,5	6,59	31,71	7,67
S-T7	13,8	6,65	3,82	2,14	13,3	28,9	31,4	28,4	6,38	31,87	8,07
S-T8	17,6	7,08	5,33	2,61	11,3	24,4	31,7	28,5	6,38	32,55	8,15
S-T9	20,5	7,66	7,87	2,65	6,43	25,8	29	28,7	6,29	29,48	8,29
S-T10	20,0	8,87	5,06	3,02	8,96	22,3	31,9	27,7	6,01	30,85	8,32
S-T11	20,5	9,79	9,33	5,29	9,69	19,3	26,1	26,8	6,32	27,94	8,35
S-T12	28,8	13,82	8,35	3,13	9,4	18,6	17,8	25,4	7,15	28,11	8,34

(Trong đó: PL: lipid phân cực, ST: sterol, hợp chất chưa xác định, FFA: axit béo tự do, TAG: triacylglycerol, MADAG: monoalkyldiacylglycerol, W: sáp.)



Hình 3.1. Hình ảnh TLC lipid tổng mẫu san hô mềm S-T10

Lớp chất FFA chiếm một tỉ lệ không đáng kể trong lipid tổng, hàm lượng khá ổn định, trong tất cả các tháng đều nhỏ hơn 5% lipid tổng, có xu thế tăng cao vào 2 tháng 11 và tháng 12 với hàm lượng đạt giá trị cao nhất là 5,29% và 4,13%. Trong các tháng này, nhiệt độ nước biển và độ muối của nước biển đều đạt giá trị thấp nhất trong năm, ngược lại chỉ số DO đạt giá trị cao so với các tháng còn lại. Kết quả thu được về hàm lượng axit béo tự do trong các tháng nghiên cứu nhìn chung đều nằm trong khoảng giá trị thông thường so với các nghiên cứu trước đây.

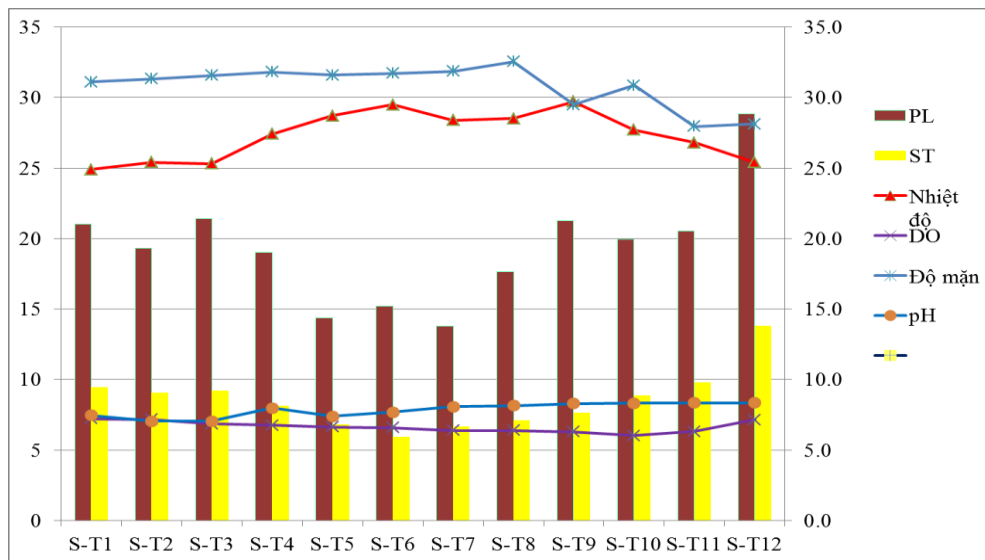


Biểu đồ 3.2. Hàm lượng lớp chất axit béo tự do (FFA) tương quan với nhiệt độ, DO, độ muối và pH.

Hàm lượng lớp chất axit béo tự do trong lipid tổng của các mẫu san hô mềm thông thường luôn dưới 5%. Sự tăng bất thường về hàm lượng axit béo

tự do trong thành phần lipid tổng của một mẫu san hô nào đó có thể dẫn đến giả thiết về một sự thiếu chính xác trong quy trình thu – bảo quản – vận chuyển – tách chiết, khiến quá trình thủy phân có điều kiện xảy ra và giải phóng thêm các axit béo tự do từ các lớp chất khác, khiến hàm lượng lớp chất này tăng cao. Vì vậy khi phân tích thành phần các lớp chất lipid, luôn cần chú ý tới hàm lượng của lớp chất này [4].

Ngoài ra, trong lipid tổng của loài san hô mềm này còn có mặt một lớp chất chưa xác định với hàm lượng nhỏ, dao động từ 3,82% (tháng 7) đến 9,33% (tháng 11) LPT. Sự thay đổi về giá trị hàm lượng của lớp chất chưa biết này theo các tháng trong năm có phần tỉ lệ thuận với sự thay đổi theo tháng của các lớp chất lipid cấu trúc là PL và ST (biểu đồ 3.3).



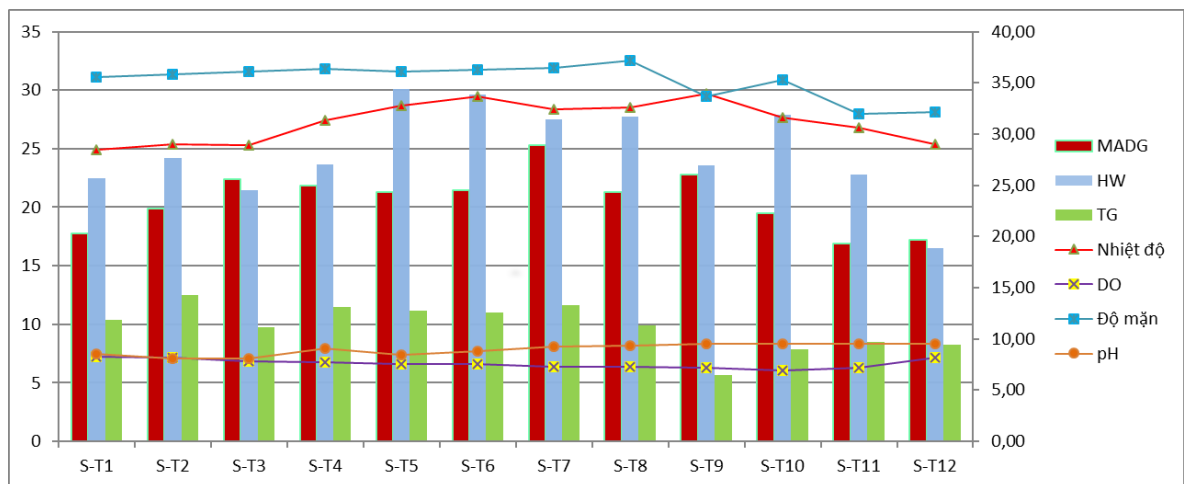
Biểu đồ 3.3. Hàm lượng lớp chất lipid phân cực (PL), sterol (ST) tương quan với nhiệt độ, DO, độ muối và pH

Sự biến động về hàm lượng lớp chất lipid phân cực (PL) giữa các tháng rõ ràng hơn so với lớp chất sterol (ST). Hàm lượng trung bình lớp chất PL trong khoảng các tháng mùa hè từ tháng 4 đến tháng 8 thấp hơn từ tháng 9 đến tháng 2. Đặc biệt ghi nhận sự tăng cao đột biến của hàm lượng lớp chất PL từ tháng 11 sang tháng 12 (28,8% trong LPT). Hàm lượng PL thấp nhất ở mẫu thu thập vào tháng 7 (13,8% LPT), có sự sụt giảm hàm lượng này giữa tháng 4 và tháng 5 (19,0% và 14,3%) và giữa tháng 12 và tháng 1 (28,8% và 21,0%). Hàm lượng lớp chất ST dao động từ 5,95% LPT (tháng 6) và cao

nhất đạt 13,8% LPT (tháng 12). Các mẫu thu được trong các tháng 10 – tháng 3 có hàm lượng ST cao hơn các mẫu thu được trong các tháng 4 đến tháng 9, tuy sự khác biệt không quá đáng kể.

Ngược lại với sự thay đổi của các lớp chất PL, ST, 3 lớp chất còn lại W, MADAG, TAG có xu thế tăng vào các tháng mùa hè và giảm vào các tháng còn lại (biểu đồ 3.3). Lớp chất TAG có hàm lượng dao động từ 6,43% (tháng 9) đến 14,3% (tháng 2), có sự sụt giảm mạnh giữa tháng 8 và tháng 9 (từ 11,3 % xuống 6,43%). Hàm lượng lớp chất này cao hơn vào các tháng 1 đến tháng 8 và thấp hơn vào các tháng 9 đến tháng 12. Sự biến thiên của hàm lượng lớp chất TAG có xu thế tỉ lệ thuận với sự thay đổi về độ mặn nước biển. Trong những tháng 9 đến tháng 12, khi độ mặn của nước biển giảm và có những thay đổi rõ rệt thì hàm lượng TAG cũng sụt giảm.

Hàm lượng lớp chất MADAG dao động trong khoảng từ 18,6% đến 28,9% lipid tổng, đạt cao nhất trong mẫu thu được vào tháng 7, thấp nhất ở mẫu thu được tháng 12. Hàm lượng trung bình lớp chất MADAG từ tháng 10 đến tháng 2 thấp hơn hàm lượng trung bình trong các tháng 3 đến tháng 9. Có sự tăng mạnh hàm lượng MADAG giữa tháng 6 và tháng 7.



Biểu đồ 3.4. Hàm lượng lớp chất triacylglycerol (TAG), monoalkyldiacylglycerol (MADAG) và sáp (HW) tương quan với nhiệt độ, DO, độ mặn và pH

Trong hầu hết 12 tháng trong năm, lớp chất W là thành phần chiếm hàm lượng cao nhất trong lipid tổng của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis*, trừ mẫu thu được vào tháng 12 có hàm lượng lớp chất cao nhất là PL, cũng trong tháng này hàm lượng W có giá trị thấp nhất trong năm. Hàm lượng lớp chất W dao động trong khoảng từ 17,8 đến 34,4% lipid tổng, cao nhất vào tháng 5. Lớp chất này tăng mạnh từ tháng 4 sang tháng 5 và giảm sâu từ tháng 10 đến tháng 12.

Như vậy, xét trong toàn bộ 12 tháng, các lớp chất trong lipid tổng mẫu san hô *Sinularia flexibilis* đều có sự biến động nhất định. Sự biến động trong thành phần lipid của mẫu san hô có thể chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi sự có mặt hoặc suy giảm của vi tảo cộng sinh zooxanthellae. Theo nghiên cứu của Imbs và cs năm 2010, thành phần chính trong lipid của san hô vật chủ, đặc biệt là lớp chất MADAG gần như không có mặt trong lipid của zooxanthellae mà nằm toàn bộ trong lipid san hô vật chủ, còn thành phần lipid tổng của zooxanthellae giàu các lớp chất lipid phân cực (PL, ST) [51]. Do vậy lớp chất phân cực PL vốn là lớp chất nhạy cảm với sự thay đổi nhanh chóng của các thông số môi trường bởi sự thay đổi của nhiệt độ môi trường, độ muối hay nồng độ pH... Điều đó luôn ảnh hưởng mạnh mẽ tới mật độ của các zooxanthellae trong các mô san hô. Trong một công bố năm 2010 cũng của nhóm tác giả trên, khi nước biển ấm lên trên 32°C, làm mất đi các vi sinh vật cộng sinh zooxanthellae và gây ra cái chết của các rạn san hô, khi đó, hàm lượng PL của đối tượng sinh vật sẽ có sự sụt giảm đáng kể [46]. Như vậy, trong các tháng mùa hè khi nhiệt độ nước biển tăng cao, mật độ các zooxanthellae trong san hô sẽ có xu thế giảm, và điều đó phù hợp với giá trị thấp của hàm lượng của lớp chất PL, ST là các lớp chất chiếm thành phần chính trong lipid của zooxanthellae. Sự gia tăng của hàm lượng lớp chất PL và ST vào tháng 12 trong mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* hoàn toàn có thể liên quan tới sự gia tăng mật độ của các vi tảo cộng sinh zooxanthellae trong mẫu; có thể vào thời gian này điều kiện môi trường nước biển (độ mặn, ánh sáng, nhiệt độ...) thuận lợi cho sự phát triển của chúng trong hệ cộng sinh với san hô.

Ngoài ra, *Sinularia flexibilis* là loài san hô sinh sản hữu tính theo mùa; theo một số tài liệu nghiên cứu, thời kỳ sinh sản của loài san hô này nằm trong khoảng từ tháng 5 đến tháng 9 ở đảo Barrang Lompo [47,48]. Không có dữ liệu về lipid của vật liệu sinh sản ở các loài *Sinularia*; tuy nhiên, trong một số báo cáo về vai trò của lipid trong sự sinh sản của san hô và các loài *Cnidarian* khác chỉ ra rằng vật liệu sinh sản của chúng rất giàu lipid dự trữ, hầu hết là W hoặc TAG [47,51]. Sự trưởng thành và giải phóng vật liệu sinh sản đi kèm với sự tiêu hao năng lượng và sụt giảm của các lipid dự trữ đó, đặc biệt là W và TAG, ngoài ra tính ổn định của thành phần và số lượng màng phospholipid trong lớp chất PL trong quá trình hình thành và tái sinh tiếp theo của quần thể cũng có những ảnh hưởng nhất định tới hàm lượng các lớp chất lipid. Sự sụt giảm TAG vào tháng 9, W vào tháng 10-11-12, cũng như sự gia tăng của hàm lượng PL trong tháng 11-12, có thể đi kèm với quá trình trưởng thành và sinh sản của san hô *Sinularia flexibilis*.

3.2.3. Khảo sát sự biến động thành phần và hàm lượng các axit béo trong lipid tổng do ảnh hưởng của nhiệt độ, DO, độ muối và pH

Bảng 3.4. Kết quả nghiên cứu thành phần và hàm lượng các axit béo, trong các mẫu san hô *Sinularia flexibilis* trong 12 tháng (% trong tổng axit béo) và các thông số môi trường nhiệt độ,

Tên mẫu Axit béo	S-T1	S-T2	S-T3	S-T4	S-T5	S-T6	S-T7	S-T8	S-T9	S-T10	S-T11	S-T12
12:0	0,65	0,30	0,21	0,08	0,09	0,07	0,08	0,36	0,03	0,17	0,24	0,44
14:0	1,49	1,08	1,43	1,30	1,22	0,99	1,34	0,82	1,23	1,31	1,00	1,34
16:0	31,60	35,81	43,26	41,97	50,82	46,95	53,88	53,50	46,49	35,84	32,31	25,23
16:1n-7	2,70	3,20	2,79	3,06	2,43	2,44	2,07	2,47	2,11	2,64	1,63	1,05
16:2n-7	6,38	6,06	4,76	5,11	4,54	4,69	3,81	4,54	3,77	4,73	3,75	4,88
Phyt	0,73	0,49	0,62	0,45	0,26	0,25	0,26	0,23	0,33	0,66	0,98	1,03
17:1+16:3n-4	2,87	2,22	1,68	2,89	2,03	2,23	1,42	2,26	2,48	2,79	5,36	5,45
16:4n-1	0,73	0,41	0,32	0,40	0,41	0,34	0,30	0,29	0,38	0,45	0,22	0,41

18:0	6,47	4,76	6,31	6,39	8,23	8,32	10,08	8,75	9,03	5,51	7,33	7,27
18:1n-9	2,08	2,67	2,51	2,73	2,86	2,72	2,57	3,14	3,44	3,23	2,18	1,75
18:1n-7	0,23	0,37	0,30	0,33	0,32	0,40	0,26	0,30	0,27	0,32	0,38	0,19
18:2n-9	0,79	1,04	0,86	0,85	0,92	0,92	0,80	0,96	1,02	0,93	0,82	0,75
18:2n-7	3,72	3,49	3,01	2,50	2,48	2,94	2,55	2,93	2,55	3,45	2,80	2,47
18:2n-6	0,03	0,25	0,13	0,13	0,62	1,19	0,10	0,18	0,11	0,21	0,51	0,17
18:3n-4	1,44	1,50	1,26	1,09	1,25	1,70	0,94	1,04	0,92	1,73	1,26	0,94
18:3n-3	0,24	0,37	0,31	0,33	0,33	0,42	0,23	0,24	0,24	0,33	0,39	0,19
18:4n-3	4,97	3,77	3,12	2,82	2,87	2,23	1,91	2,01	2,82	3,22	3,00	3,17
18:4n-1	0,65	0,79	0,44	0,42	0,40	0,46	0,36	0,37	0,37	0,76	0,82	0,31
20:0	0,39	0,41	0,34	0,35	0,69	0,73	0,99	0,80	0,77	0,39	0,94	0,59
18:5n-3	0,57	0,21	0,16	0,16	0,21	0,28	0,07	0,08	0,00	0,22	0,28	0,51
20:2?	0,02	0,13	0,13	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,18	0,11	0,11
20:2n-6	0,18	0,20	0,20	0,15	0,11	0,17	0,17	0,16	0,17	0,25	0,20	0,16
20:3n-6	0,73	0,82	0,75	0,57	0,43	0,44	0,37	0,54	0,68	0,63	1,28	0,85
20:4n-6	17,03	17,23	14,80	15,54	8,14	9,92	7,20	6,71	11,06	17,09	20,12	26,76
20:4n-3	1,32	1,39	1,27	0,97	1,14	1,31	1,23	1,25	1,32	1,71	0,98	0,90
20:5n-3	2,15	1,07	0,88	0,76	0,53	0,71	0,49	0,29	0,63	1,17	0,81	1,30
22:0	0,21	0,10	0,16	0,19	0,53	0,58	0,98	0,67	0,58	0,11	0,26	0,32
22:4n-6	0,03	0,14	0,16	0,19	0,07	0,10	0,05	0,00	0,01	0,17	0,11	0,15
22:5n-6	0,00	0,07	0,21	0,10	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,25	0,23
22:5n-3	0,21	0,05	0,05	0,06	0,10	0,10	0,18	0,07	0,03	0,12	0,22	0,04
22:6n-3	2,45	1,85	1,89	1,57	1,42	1,41	1,07	1,61	1,53	1,97	1,36	1,30
24:5n-6	5,90	6,46	5,06	5,61	3,44	3,53	2,87	2,56	4,48	6,18	7,47	8,26
24:6n-3	1,04	1,31	0,61	0,83	0,99	1,30	1,22	0,75	1,00	1,48	0,63	0,91
Axb no	40,81	42,45	51,72	50,28	61,58	57,63	67,36	64,90	58,13	43,32	42,09	35,18
Axb 1 nối đôi	5,59	6,44	5,76	6,28	5,82	5,83	4,96	5,98	5,82	6,41	4,46	3,50
Axb đa nối đôi	52,87	50,61	41,90	42,99	32,35	36,28	27,42	28,88	35,71	49,60	52,47	60,29
Nhiệt độ °C	24.9	25.4	25.3	27.4	28.7	29.5	28.4	28.5	29.7	27.7	26.8	25.4
DO (mg/l)	7.21	7.16	6.84	6.76	6.63	6.59	6.38	6.38	6.29	6.01	6.32	7.15
Độ mặn (‰)	31.11	31.32	31.58	31.82	31.59	31.71	31.87	32.55	29.48	30.85	27.94	28.11
pH	7.45	7.05	7.05	7.97	7.39	7.67	8.07	8.15	8.29	8.32	8.35	8.34

Có 33 axit béo đã được nhận dạng trong thành phần lipid tổng của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis*. Trong đó các axit béo no có hàm lượng cao là

16:0, 18:0; các axit béo không no có hàm lượng cao là 16:2n-7, 18:2n-7, 18:4n-3, 20:4n-6, 22:6n-3, 24:5n-6, 24:6n-3. Trong 33 axit béo, chủ yếu vẫn là các axit béo n-3, n-6, vẫn được biết tới là các axit béo chính có mặt trong các mẫu san hô. Ngoài ra còn có một số axit béo khác họ n-7, n-1, n-4 với hàm lượng nhỏ. Thành phần và hàm lượng của các axit béo được trình bày trong bảng 3.3

+ *Các axit béo no, một nối đôi và đa nối đôi*

Trong thành phần các axit béo của mẫu được nghiên cứu, tổng hàm lượng các axit béo no chiếm ưu thế hơn trong khoảng thời gian từ tháng 3 tới tháng 9, và ngược lại, từ tháng 10 đến tháng 2 tổng hàm lượng các axit béo không no chiếm tỉ lệ cao hơn trong lipid tổng. Quan sát biểu đồ 3.5 thấy rằng, tổng hàm lượng các axit béo một nối đôi không có sự biến động rõ rệt theo các tháng, ngược lại tổng hàm lượng các axit béo no và các axit béo không no đa nối đôi có sự biến thiên rõ rệt giữa các tháng mùa hè và các tháng còn lại trong năm, và có tương quan tỉ lệ nghịch với nhau. Sự chênh lệch giữa hàm lượng axit béo no và không no đa nối đôi cao nhất vào tháng 7, với giá trị 67,36% và 27,42% tổng axit béo tương ứng.

Trong thành phần của các axit béo không no của mẫu san hô nghiên cứu, các axit béo n-3 và n-9 chiếm hàm lượng nhỏ hơn n-6 và n-7. Nhìn vào biểu đồ 3.4 ta thấy rõ hàm lượng axit béo n-6 - axit béo chiếm hàm lượng lớn nhất trong thành phần của các axit béo không no, có xu hướng tăng cao vào các tháng có nhiệt độ thấp. Ngoài ra các axit béo n-3, n-7 và n-9 có sự biến động đáng kể nhưng theo cách ngẫu nhiên trong năm cho thấy chưa tìm được mối tương quan rõ ràng giữa môi trường và các thành phần axit béo không no này.



Biểu đồ 3.5. Hàm lượng các axit béo no, một nối đôi và đa nối đôi của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* trong 12 tháng

+ Các axit béo có hàm lượng cao nhất 16:0, 18:0, 20:4n-6

3 axit béo có hàm lượng cao nhất trong lipid tổng của san hô được nghiên cứu là 2 axit béo no 16:0, 18:0 và axit béo đa nối đôi arachidonic 20:4n-6. Hàm lượng trung bình của các axit béo này được mô tả trong biểu đồ 3.6.



Biểu đồ 3.6. Hàm lượng các axit béo 16:0, 18:0, 20:4n-6 của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* trong 12 tháng

Hàm lượng trung bình axit béo 16:0 dao động từ 25,23% đến 53,88% tổng axit béo. Hàm lượng trung bình axit béo 18:0 dao động từ 4,76% đến 10,08%, 20:4n-6 từ 6,71 đến 26,76% tổng axit béo. Trong khi axit béo 18:0 không có sự thay đổi rõ ràng theo các tháng trong năm, thì 2 axit béo 16:0, 20:4n-6 có những biến động rõ rệt giữa các tháng mùa hè và các tháng còn lại. Hàm lượng axit béo 16:0 từ tháng 4 tới tháng 9 tăng cao hơn và có xu thế giảm từ tháng 10 tới tháng 3, ngược lại, hàm lượng axit béo 20:4n-6 lại có xu thế giảm từ tháng 4 tới tháng 9 và tăng từ tháng 10 tới tháng 3.

Trong công bố về lipidome đầu tiên của loài san hô mềm *S. siaesensis*, sự phân bố của các axit béo no tập trung chủ yếu trong các lớp chất lipid dự trữ W, TAG, MADAG, chỉ một phần rất nhỏ nằm trong lipid phân cực, còn các axit béo không no đa nối đôi tập trung phần lớn trong lipid phân cực đặc biệt là các lớp chất phospholipid. Như vậy, kết quả thu được về sự thay đổi thành phần axit béo no, không no đa nối đôi hoàn toàn phù hợp với các kết quả thu được về sự biến động của thành phần các lớp chất lipid theo các tháng trong năm. Các axit béo không no đa nối đôi trong đó hàm lượng cao nhất là 20:4n-6 có sự tỉ lệ thuận với hàm lượng các lớp chất lipid phân cực – lớp chất chứa phần lớn các axit béo này, tỉ lệ thuận với sự có mặt của zooxanthellae trong san hô và đạt hàm lượng cao vào các tháng có nhiệt độ nước biển thấp. Ngược lại, các axit béo no trong đó hàm lượng cao nhất là 16:8, 18:0 tỉ lệ thuận với sự biến động của các lớp chất giàu axit béo no là W, TAG, MADAG, tỉ lệ nghịch với sự có mặt của zooxanthellae và gia tăng vào các tháng có nhiệt độ nước biển tăng cao.

+ *Axit béo đánh dấu của san hô mềm tetracosapolyenoic 24:5n-6 và 24:6n-3*

Tetracosapolyenoic là axit béo đánh dấu điển hình cho san hô mềm (san hô tám ngăn) khi so sánh với san hô tạo rạn (san hô sáu ngăn) và hydrocoral. Trong lipid tổng của mẫu san hô *Sinularia flexibilis*, 2 axit béo này cũng được xác định, hàm lượng 24:5n-6 dao động trong khoảng từ 2,56 đến 8,25% tổng axit béo, hàm lượng 24:6n-3 dao động từ 0,61 đến 1,48% tổng axit béo biểu đồ 3.6. Trong tất cả các tháng trong năm, hàm lượng 24:5n-6 đều cao hơn 24:6n-3 và axit béo 24:5n-6 có sự khác biệt rõ ràng thành 2 giai đoạn, hàm lượng trung bình từ tháng 5 đến tháng 9 giảm và thấp hơn hẳn hàm lượng từ tháng 10 tới tháng 4. Hầu hết trong các loài thuộc bộ Acyonacea đều có mặt axit béo 24:5n-6 với hàm lượng cao hơn 24:6n-3, còn 24:6n-3 được biết đến là axit tetracosapolyenoic C24 chính trong một số loài thuộc bộ Gorgonacea, Pennatulacea và sứa biển do sự ức chế chọn lọc sự sinh tổng hợp axit béo 24:5n-6 trong các loài thuộc các bộ này [31]. Được sinh tổng hợp bởi cùng một phức hợp enzym, do đó tỷ lệ giữa 24:5n-6 và 24:6n-3 được quyết định bởi tỉ lệ các axit béo n-6/n-3 C20-C22 được sử dụng làm nguyên liệu.

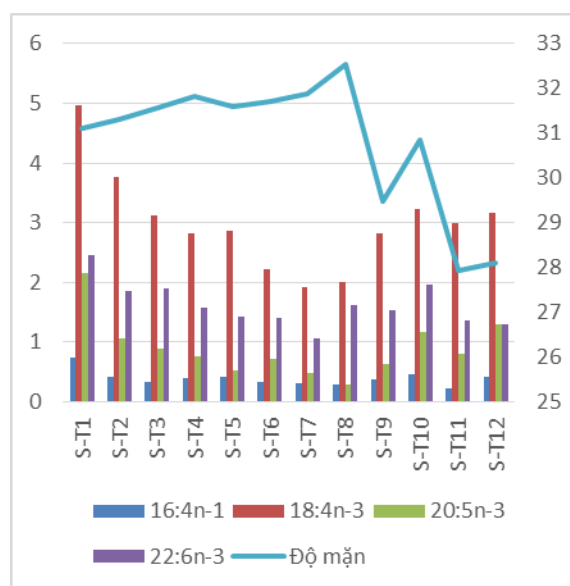
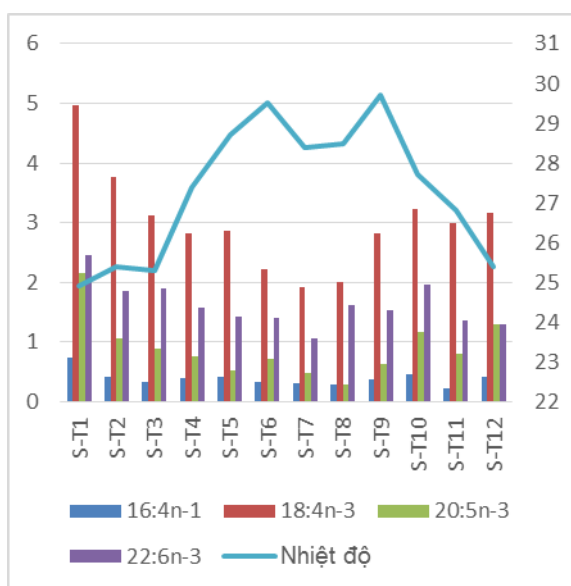
Thành phần các axit béo PUFA C20-C22 trong đối tượng này lại phụ thuộc vào nhiều yếu tố: nguồn thức ăn của chúng, sự vận chuyển PUFA từ vi tảo cộng sinh và các quá trình sinh tổng hợp riêng của cơ thể. Việc nghiên cứu sâu hơn về tỷ lệ 24:5n-6/24:6n-3 trong từng lớp chất lipid phân cực có thể là một chỉ số quan trọng để đánh giá một số thông số sinh thái và sinh hóa của một số nhóm thuộc ngành *Cnidaria* [32]

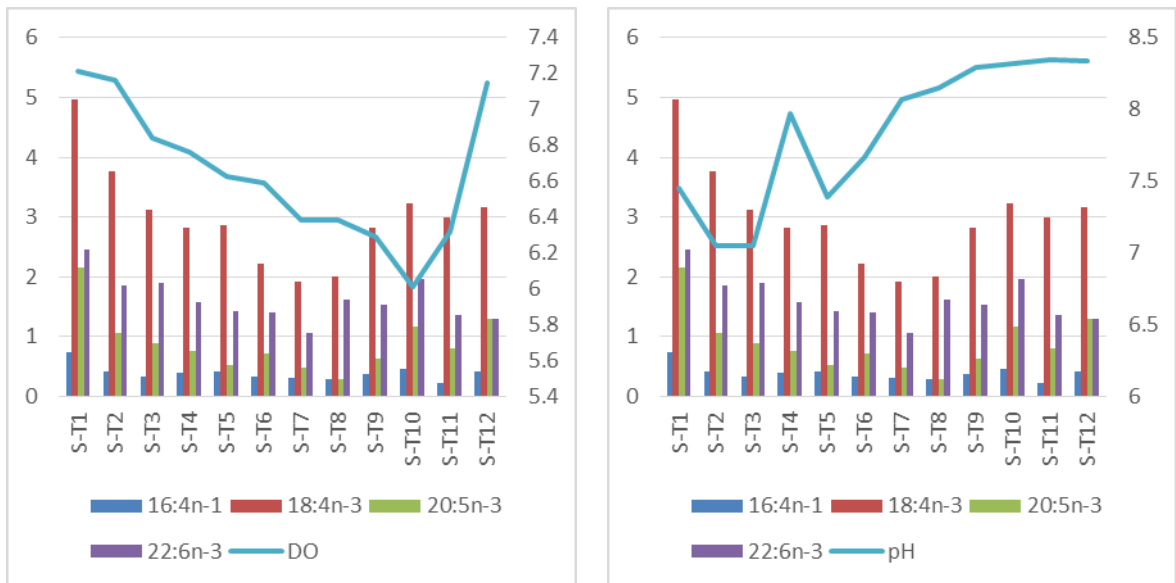


Biểu đồ 3.7. Hàm lượng các axit béo 24:5n-6, 24:6n-3 trong lipid tổng của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* trong 12 tháng

+ Các axit béo đánh dấu của vi tảo cộng sinh

Sinularia flexibilis là loài san hô có chứa vi tảo cộng sinh zooxanthellae, do đó trong thành phần axit béo của loài san hô này sẽ có mặt các axit béo đánh dấu của vi tảo cộng sinh như 18:4n-3, 20:5n-3, 22:6n-3, 16:4n-1, 16:3n-4 - là các axit béo đặc trưng trong quá trình quang hợp [53-55]. Khi nguồn thức ăn sẵn có bên ngoài đang giảm, thì tầm quan trọng của zooxanthellae lúc này được phát huy để sản xuất các hợp chất hữu cơ thông qua quang hợp và chuyển hóa chúng sang san hô vật chủ [56]. Xây dựng biểu đồ mô tả hàm lượng của các axit béo này theo các tháng trong năm chúng ta thấy rằng, ngoại trừ hàm lượng axit béo 16:4n-1 không có sự thay đổi đáng kể trong 12 tháng, một phần do hàm lượng axit béo này khá nhỏ trong tổng axit béo, 3 axit béo còn lại 18:4n-3, 20:5n-3, 20:6n-3 đều có xu thế giảm dần vào các tháng có nhiệt độ nước biển tăng cao, tháng 3/4 đến tháng 8/9 và cao hơn ở các còn lại trong năm, tháng 9/10 đến tháng 2/3 – những tháng có nhiệt độ nước biển và độ mặn thấp.





Biểu đồ 3.8. Hàm lượng của các axit béo 16:4n-1, 18:4n-3, 20:5n-3, 22:6n-3 trong lipid tổng của mẫu san hô mềm *S. flexibilis* trong 12 tháng

Kết quả thu được về hàm lượng các axit béo này cũng phù hợp với kết quả thu được ở mục 3.2 về thành phần hàm lượng các lớp chất trong lipid tổng, trong đó hàm lượng PL – lớp chất chính trong thành phần lipid tổng của zooxanthellae có giá trị thấp nhất vào tháng 7 và cao nhất vào tháng 12 trong thời gian được nghiên cứu. Như vậy có thể nhận định rằng, có sự suy giảm của vi tảo cộng sinh vào các tháng mùa hè ở các mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* so với các tháng còn lại, điều này hoàn toàn phù hợp khi nhiệt độ nước biển trong mùa hè tăng cao và đây không phải là điều kiện lý tưởng cho sự phát triển của vi tảo cộng sinh trong san hô. Sự nóng lên của nhiệt độ nước biển sẽ gây ra sự suy giảm vi tảo cộng sinh và dẫn tới hiện tượng trắng hóa san hô, hay sự chết của các tập đoàn san hô, gây ra những nguy cơ rất lớn ảnh hưởng tới đa dạng sinh thái rạn san hô, đòi hỏi những giải pháp cấp bách với sự chung tay của tất cả các quốc gia trên thế giới.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

San hô mềm *Sinularia flexibilis* thu thập trong 12 tháng tại vùng biển Nha Trang, Khánh Hòa lần đầu tiên được khảo sát sự ảnh hưởng của một số yếu tố môi trường đến sự biến động thành phần lipid một cách cụ thể trong điều kiện liên tục trong năm.

Đề tài đã lựa chọn đo các chỉ tiêu môi trường như: nhiệt độ, độ mặn, pH, DO trong 12 tháng liên tục trong năm mà đề tài đánh giá là có khả năng ảnh hưởng đến sự biến động thành phần lipid của mẫu san hô nghiên cứu. Các chỉ tiêu môi trường phụ thuộc rất lớn vào yếu tố mùa trong năm và có sự dao động mạnh từ tháng 10 đến tháng 3 đặc biệt là tháng 10, tháng 11 và tháng 12 do vào mùa mưa và có sự xuất hiện các cơn bão ở khu vực lấy mẫu.

Đề tài đã thực hiện phân tích hàm lượng lipid tổng, thành phần và hàm lượng các lớp chất lipid, thành phần và hàm lượng các axit béo trong từng tháng của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibili*. Đã bước đầu khảo sát đánh giá sự biến động của lipid dưới sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường theo các tháng trong năm.

Hàm lượng lipid tổng: đạt giá trị cao nhất trong thời gian vào tháng 3 đến tháng 5, thấp hơn trong tháng 6 và tháng 9 và thấp nhất vào tháng 10- tháng 1. Hàm lượng lipid tổng có sự sụt giảm đáng kể giữa tháng 5 và tháng 6, giữa tháng 9 và tháng 10, tăng cao từ tháng 2 sang tháng 3, đặc biệt không ổn định trong khoảng thời gian tháng 10 và tháng 12.

Thành phần lớp chất lipid của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* bao gồm lipid phân cực (PL), sterol (ST); triacylglycerol (TAG), monoalkyldiacylglycerol (MADG), sáp (W); và axit béo tự do (FFA). Hàm lượng lớp chất PL trong các tháng mùa hè từ T4 đến T8 thấp hơn từ T9 đến T2, có sự tăng cao đột biến từ T11 sang T12, sự sụt giảm giữa T4 và T5, T12 và T1. Hàm lượng ST cao hơn trong các T10 – T3 và thấp hơn trong các tháng T4 đến T9, tuy sự khác biệt không quá đáng kể. Các lớp chất còn lại W, MADAG, TAG có xu thế tăng vào các tháng mùa hè và giảm vào các tháng

còn lại. Sự tăng giảm của thành phần các lớp chất lipid trong 12 tháng được nghiên cứu liên quan mật thiết tới các thay đổi của điều kiện môi trường – gây ra biến động về sự có mặt của vi tảo cộng sinh zooxanthellae trong san hô ở các khoảng thời gian trong năm.

Thành phần axit béo của mẫu san hô *Sinularia flexibilis* bao gồm 33 axit béo đã được nhận dạng, chủ yếu là các axit béo n-3, n-6. Trong khoảng thời gian các tháng mùa hè T3/4 – T8/9 ghi nhận sự gia tăng của tổng hàm lượng các axit béo no, trong đó axit béo chính là 16:0, 18:0; từ T9/10 đến T3/4 là khoảng thời gian chiếm ưu thế của các axit béo không no đa nối đôi trong đó axit béo chính là 20:4n-6, các axit béo đánh dấu của san hô mềm 24:5n-6 và 24:6n-3, các axit béo đánh dấu của vi tảo cộng sinh zooxanthellae 18:4n-3, 20:5n-3, 20:6n-3. Sự thay đổi này phù hợp với sự tăng cao của nhiệt độ môi trường trong các tháng mùa hè dẫn tới sự suy giảm của zooxanthellae trong san hô kéo theo đó là các thành phần lipid chính của vi tảo cộng sinh như các lớp chất lipid phân cực giàu các axit béo không no hay các axit béo đánh dấu của chúng. Những ảnh hưởng của yếu tố khác của môi trường vẫn tiếp tục cần được nghiên cứu.

Như vậy, khi thực hiện nghiên cứu, khảo sát về sự biến động trong 12 tháng của lipid tổng, thành phần và hàm lượng các lớp chất lipid và thành phần và hàm lượng các axit béo trong lipid tổng dưới sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường biển mang đến những thông tin mới cải thiện chất lượng nước biển tại khu vực lên các thành phần lipid và axit béo giúp các nhà khoa học có cái nhìn sâu hơn về sức chống chịu cũng như khả năng sinh tồn của loài san hô *Sinularia flexibilis* này dưới những biến đổi khí hậu và ô nhiễm nguồn nước biển hiện nay.

Kiến nghị:

Nếu có điều kiện mở rộng nghiên cứu, chúng tôi mong muốn được thực hiện nghiên cứu rộng hơn về các loài, thời gian nghiên cứu biến động, mở rộng thêm các chỉ tiêu môi trường khác để thu được những dữ liệu chuyên sâu hơn về sự biến động hàng năm của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis* nói riêng và các loài san hô mềm khác nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. [Mark D. Spalding](#), [Edmund P. Green](#), [Corinna Ravilious](#), 2001, *World Atlas of Coral Reefs Hardcover*, University of California Press.
2. Phạm Quốc Long, Imbs Andrey Borisovich, 2012, *Lipid, axit béo và oxylipin của san hô*; NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
3. ThS Nguyễn Đăng Ngải, Chu Thế Cường, Đặng Đỗ Hùng Việt, Đậu Văn Thảo, Đỗ Đình Thịnh, Nguyễn Văn Quân, Trần Mạnh Hà, 2010-2011, Đề tài: *Nghiên cứu ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu lên hệ sinh thái rạn san hô vùng biển ven bờ Việt Nam*.
4. Đặng Thị Phương Ly, 2016, *Nghiên cứu thành phần lipid và các dạng phân tử của phospholipid từ một số loài san hô mềm ở Việt Nam*, Luận án Tiến sỹ, Học viện Khoa học và công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
5. <https://tuoitre.vn/50-san-ho-tren-toan-the-gioi-da-bien-mat-570834.htm>
6. Nguyễn Văn Sơn, Phạm Quốc Long, Chu Quang Truyền, Lê Tất Thành, Lưu Văn Huyền, Andrey B. Imbs, 2010, Ảnh hưởng của sự tăng nhiệt độ lên thành phần và hàm lượng lipid, axit béo trong quá trình bị tẩy trắng nhân tạo của một số loài san hô Việt Nam, *Tạp chí khoa học và công nghệ*; 48(4A), tr. 334 – 339
7. Folch J. F., Lees M, Sloane Stanley G. H., 1957, A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue; *J. Biol. Chem.*, 226 (1), pp. 497–509.
8. Panadda, P., Sotanaphun, U., Sriphong, L., Kanchanphibool, I., and Piyapolrunroj, N., 2011, A Comparison of Image Analysis Software for Quantitative TLC of Ceftriaxone Sodium; *Silpakorn U. Science & Tech. J.*; 5(1), pp. 7-13
9. Svetashev, V. T., and Vaskovsky, V. E., 1972, A simplified technique for thinlayer microchromatography of lipids. *Journal of Chromatography A*, 67(2), pp. 376–378.

10. Andrey B. I., Ly P. T. D., Viacheslav G. R., Vasily I. S., 2015, Fatty acid, lipid class, and phospholipid molecular species composition of the soft coral *Xenia* sp., *Lipids*; 50(6), pp. 575-589.
11. Đức Anh (2014), Bảo tồn và phát triển Khu bảo tồn biển vịnh Nha Trang, *Tạp chí môi trường*, số 6, 2014.
12. “Nghiên cứu về san hô mềm ở vùng biển ven bờ Tây vịnh Bắc Bộ”, *Trang thông tin của Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam*, 23/04/2006.
13. Trần Đăng Hồng (2017), Hiện trạng rạn san hô Việt Nam, Khoa học và kỹ thuật.blogs.
14. Võ Sĩ Tuấn, Nguyễn Văn Long, Phan Kim Hoàng, Hoàng Xuân Bền, Hứa Thái Tuyển, Nguyễn Xuân Hòa, Ts. Lyndon DeVantier, 2005, *Đa dạng sinh học khu bảo tồn biển Vịnh Nha Trang, Khánh Hòa, Việt Nam*.
15. Võ Sĩ Tuấn, Nguyễn Huy Yết, Nguyễn Văn Long, 2005, *Hệ sinh thái rạn san hô*, Nhà xuất bản Khoa học và Công Nghệ
16. Ben – David-Zaslow R, Benayahu Y, 1999, *Temporal variation in lipid, protein and carbohydrate content in the Red Sea soft coral Heteroxenia fuscescens*, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 79: 1001 – 1006.
17. Phạm Quốc Long, Lưu Văn Huyền, Andrey B.Imbs, Tatiana N.Dautova, 2008, *Lipid và axit béo của rạn san hô Việt Nam – Đa dạng sinh hóa học*; Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
18. Delbeek, J. C., Sprung, J, 1994, *The reef aquarium. A comprehensive guide to the identification and care of tropical marine invertebrate*, Volume One. Ricordea Publishing 4016 El Prado Blvd., Coconut Grove, Florida, USA. Printed and bound in Spain by Artes Graficas Toledo S. A. U. 544pp.
19. Stafford-Smith MG, 1993, Sediment-rejection efficiency of 22 species of Australian scleratinian coral. *Mar Biol* 115, pp 229-243.
20. Flower Garden Banks National Marine Sanctuary (2016) Major Coral Bleaching Event, <https://flowergarden.noaa.gov/newsevents/2016>

21. K. Caldeira & Wickett, M.E. (2003). “Anthropogenic carbon and ocean pH”. *Nature* 425 (6956), pp 365–365.
22. Kostetsky Coelenterata, Plathelminthes, Nemertini, Annelida, Sinpunculida and Echiurita, *Biologiya Morya*, pp 45-46, E.Y. (1984), The Phospholipid Composition of Spongia,
23. Phạm Thị Trân Châu, Trần Thị Áng, 2009, *Hóa sinh học*, Nhà xuất bản giáo dục.
24. David L. Nelson; Michael M. Cox, 2005, *Lipids: Lehninger Principles of Biochemistry*, 4th edition. *W H Freeman & Co.*; 357
25. Christie WW., 2015, Lipid structure and function, In <http://lipidlibraryaocsorg>.
26. Yakovleva I, Hidaka M, 2004, Differential recovery of PSII function and electron transport rate in symbiotic dinoflagellates as a possible determinant of bleaching susceptibility of corals. *Mar Ecol Prog Ser*, 268:43–53.
27. Long LQ, Luu HV, Imbs A. B, 2008, Impact of environment to the lipid content and biodiversity in some coral species, *Vietnamese Journal of Chemistry* 46 (5A), pp 332-336.
28. Crossland CJ, Barnes DJ, Borowitzka MA, 1980, *Diurnal lipid and mucus production in the staghorn coral Acropora acuminata*, *Marine Biology*, 60, pp. 81-90.
29. Oku H, Yamashiro H, Onaga K, Sakai K, Iwasaki H, 2003, *Seasonal changes in the content and composition of lipids in the coral Goniastrea aspera*, *Coral Reefs* 22:83-85.
30. Pham QL, Nguyen VS, Trinh HTT, Doan PL, Pham QM, Imbs AB, 2010, Lipid content and fatty acids composition in symbiont *zooxanthellae* and host organisms of some Vietnam coral species, *Vietnamese Journal of Science and Technology*, 48, pp 105-112.
31. Phạm Quốc Long, (2012-2013), Nhiệm vụ hợp tác quốc tế với LB Nga giai đoạn 2012-2013. Đề tài: “ *Tính ổn định của các san hô chứa tảo*

cộng sinh zooxanthellae của Việt Nam trước những thay đổi về nhiệt độ: vai trò của lipid vật chủ và vi sinh vật cộng sinh”.

32. Andrey B. Imbs, Viacheslav G. Rybin, Vladimir I. Kharlamenko¹, Ly P.T. Dang, Nguyet T. Nguyen, Quan M. Pham, Long Q. Pham, 2015; Polyunsaturated molecular species of galactolipid-markers of zooxanthellae in a symbiotic association of the soft coral *Capnella* sp, *Russian Journal of Marine Biology*, V.41(6): p. 461-463
33. Đặng Thị Phương Ly, Trần Quang Đệ, Phạm Minh Quân, Đinh Thị Kim Hoa, Nguyễn Thị Thêu, Lưu Thị Hải Linh, Phạm Quốc Long, Andrey Imbs Borisovich, 2016, Nghiên cứu thành phần và hàm lượng các lớp chất lipid, phospholipid, axit béo, và phosphatidylcholine loài san hô mềm *Capnella* sp, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*; 16(3), tr. 306-314.
34. Pham QL, Luu HV, Imbs AB, Dautova TN, 2008, Lipid and fatty acids of Vietnamese coral reefs – Biochemical Diversity.,
35. Imbs AB, Yakovleva IM, Pham LQ, 2007, Intra-and Interspecific variability of fatty acids composition of soft corals, *Russian Journal of Marine Biology*, 33: 67-70
36. Zainudin B., Prosper M., Makoto T., 2006, Characterization of fatty acid composition in healthy and bleached corals from Okinawa, Japan, *Coral Reefs*, 25, 545-554.
37. Ahmed A. F., Su J. H., Shiue R. T., Pan X. J., Dai C. F., Kuo Y. H., Sheu J. H., 2004, New beta-caryophyllene-derived terpenoids from the soft coral *Sinularia nanolobata*, *Journal of Natural Products*, 67(4), 592-597.
38. Khalesi, M. K., Beeftink, H. H., and Wijffels, R. H., 2008. The soft coral *Sinularia flexibilis*: potential for drug development. In *Advances in Coral Husbandry in Public Aquariums* (No. 2, pp. 47–60). *Burgers' Zoo*.
39. Wang, J., Su, P., Gu, Q., Li, W. D., Guo, J. L., Qiao, W., Feng, D. Q., and Tang, S. A., 2017. Antifouling activity against bryozoan and barnacle by cembrane diterpenes from the soft coral *Sinularia flexibilis*.

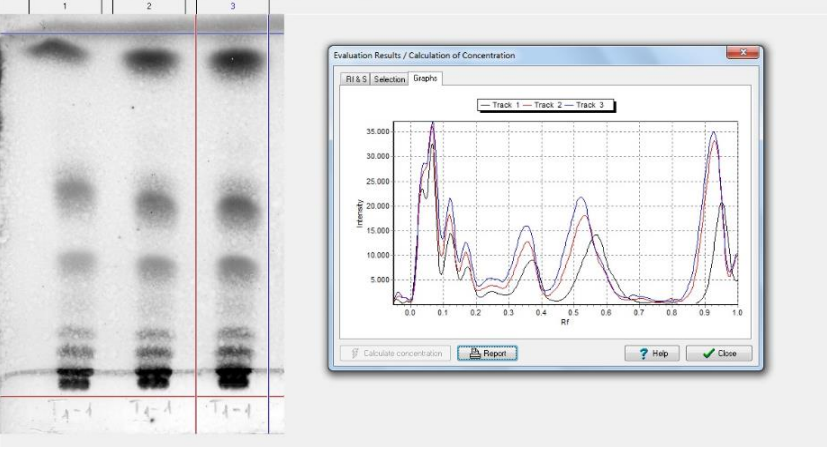
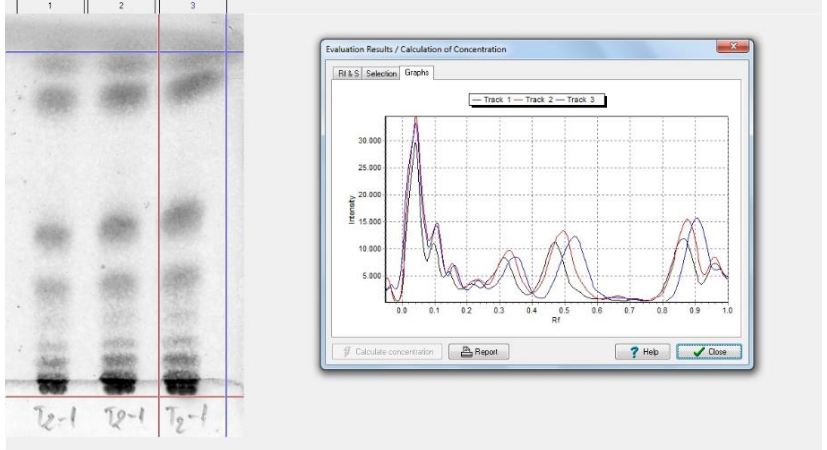
- International Biodeterioration & Biodegradation*, 120, 97–103.
<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.02.013>
40. Shih, H. J., Tseng, Y. J., Huang, C. Y., Wen, Z. H., Dai, C. F., and Sheu, J. H., 2012. Cytotoxic and anti-inflammatory diterpenoids from the Dongsha Atoll soft coral *Sinularia flexibilis*. *Tetrahedron*, 68(1), 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2011.10.054> [Chen, W. T., Li, Y., and Guo, Y. W., 2012. Terpenoids of *Sinularia* soft corals: Chemistry and bioactivity. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2(3), 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2012.04.004>
 41. Hu, L. C., Yen, W. H., Su, J. H., Chiang, M. Y. N., Wen, Z. H., Chen, W. F., Lu, T. J., Chang, Y. W., Chen, Y. H., Wang, W. H., Wu, Y. C., and Sung, P. J., 2013. Cembrane derivatives from the soft corals, *Sinularia gaweli* and *Sinularia flexibilis*. *Marine Drugs*, 11(6), 2154–2167. <https://doi.org/10.3390/md11062154>
 42. Chen, W. T., Liu, H. L., Yao, L. G., and Guo, Y. W., 2014. 9, 11-Secosteroids and polyhydroxylated steroids from two South China Sea soft corals *Sarcophyton trocheliophorum* and *Sinularia flexibilis*. *Steroids*, 92, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2014.08.027>
 43. Li-Wei Chen, Hsuan-Lien Chung, Ching-Chiung Wang, Jui-Hsin Su, Yu-Ju hen, Chia-Jung Lee (2020). Anti-Acne Effects of Cembrene Diterpenoids from the Cultured Soft Coral *Sinularia flexibilis*; *Mar. Drugs* 2020, 18, 487; <https://doi.org/10.3390/md18100487>
 44. A. B. Imbs, N. A. Latyshev. Distribution of lipids and fatty acids in corals by their taxonomic position and presence of zooxanthellae// *Marine Ecology progress series*. V. 409 (2010) 65-75
 45. Kenneth R N Anthony, Jeffrey A Maynard, Guillermo Diaz-Pulido, Peter J Mumby, Paul A Marshall, Long Cao, and Ove Hoegh-Guldberg (2011). Ocean acidification and warming will lower coral reef resilience. *Glob Chang Biol*. 2011 May; 17(5): 1798–1808. doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02364.x
 46. <https://earthjournalism.net/resources/ocean-acidification-and-coral-bleaching>

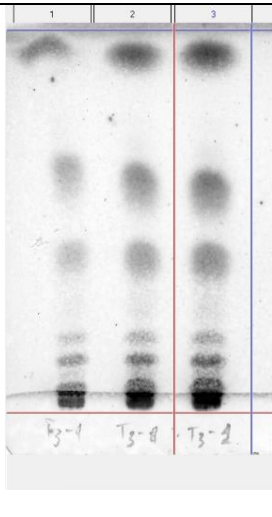
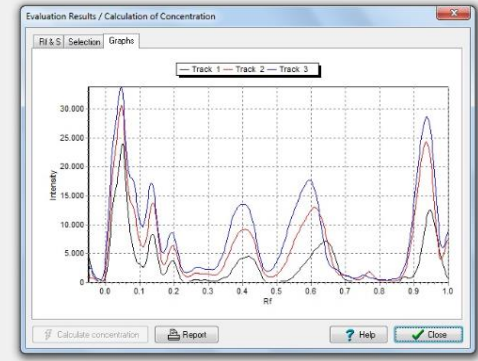
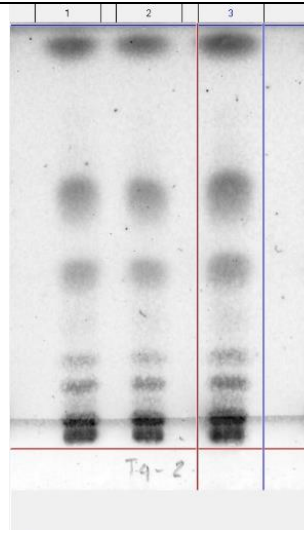
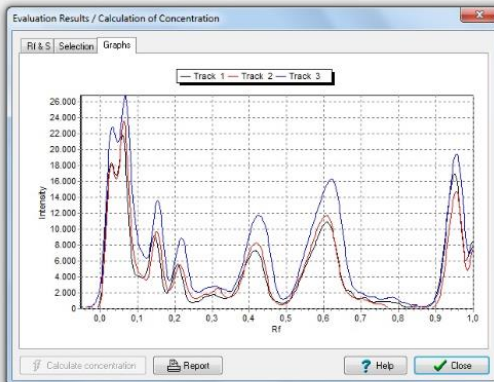
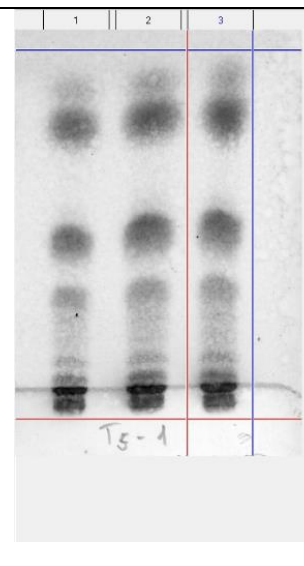
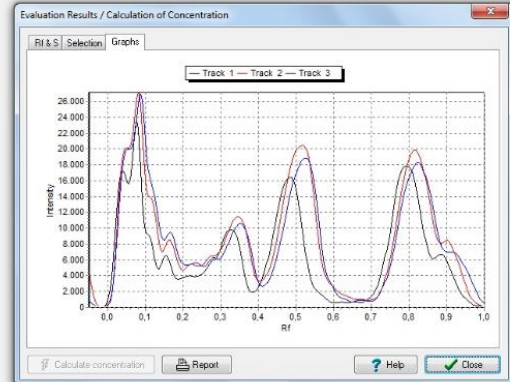
47. Vicky W.Y.Lam, Suchana Chavanich, Salpie Djoundourian, Sam Dupont, Françoise Gaill, Guillaume Holzer, Kirsten Isensee, Stephen Katua, Frank Mars, Marc Metian, Jason M.Hall-Spencer (2019). Dealing with the effects of ocean acidification on coral reefs in the Indian Ocean and Asia. *Regional Studies in Marine Science*. Volume 28, April 2019, 100560. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100560>
48. Sikorskaya T.V., Ermolenko E.V., Imbs A.B. Effect of experimental thermal stress on lipidomes of the soft coral *Sinularia* sp. and its symbiotic dinoflagellates // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2020. Vol. 524. Art. 151295. P. 1-11. doi: 10.1016/j.jembe.2019.151295
49. Imbs A. B., Irina M.Y., Pham Q. L. (2010); Distribution of lipids and fatty acids in the zooxanthellae and host of the soft coral *Sinularia* sp.; *Fish Sci.*; 76: 375–380].
50. Haris A., and Rani C. (2011). Study on several reproductive aspects of soft coral *Sinularia flexibilis* Quoy & Gaimard in Barrang Lompo Island, Spermonde Archipelago, Makassar City; *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik* Vol. 13, No. 2, November 2011: 209 - 216],
51. Bastidas, C., J. A. H. Benzie, S. Uthicke & K. E. Fabricius, 2001. Genetic differentiation among populations of a broadcast spawning soft coral, *Sinularia flexibilis*, on the Great Barrier Reef. *Marine Biology* 138: 517–525]
52. Veronica Z. Radice, Michael T. Brett, Brian Fry, Michael D. Fox, Ove Hoegh-Guldberg, Sophie G. Dove (2019). Evaluating coral trophic strategies using fatty acid composition and indices. *PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222327> September 11, 2019.
53. Imbs, A.B., Latyshev, N.A., 2012, Fatty acid composition as an indicator of possible sources of nutrition for soft corals of the genus *Sinularia* (Alcyoniidae), *J. Mar. Biol. Ass. UK* 92, 1341–1347. <http://doi.org/10.1017/s0025315411001226>.
54. Imbs, A.B., Latyshev, N.A., Dautova, T.N., Latypov, Y.Y., 2010a, Distribution of lipids and fatty acids in corals by their taxonomic position

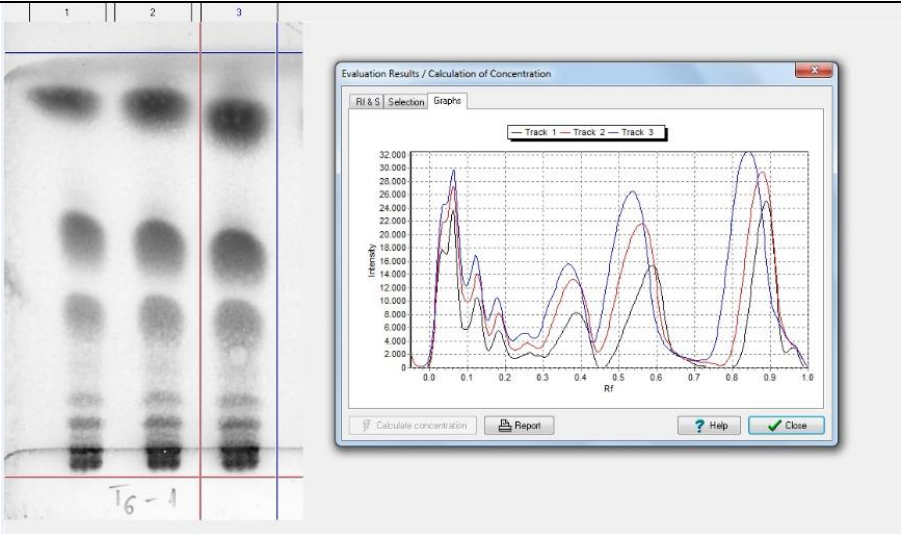
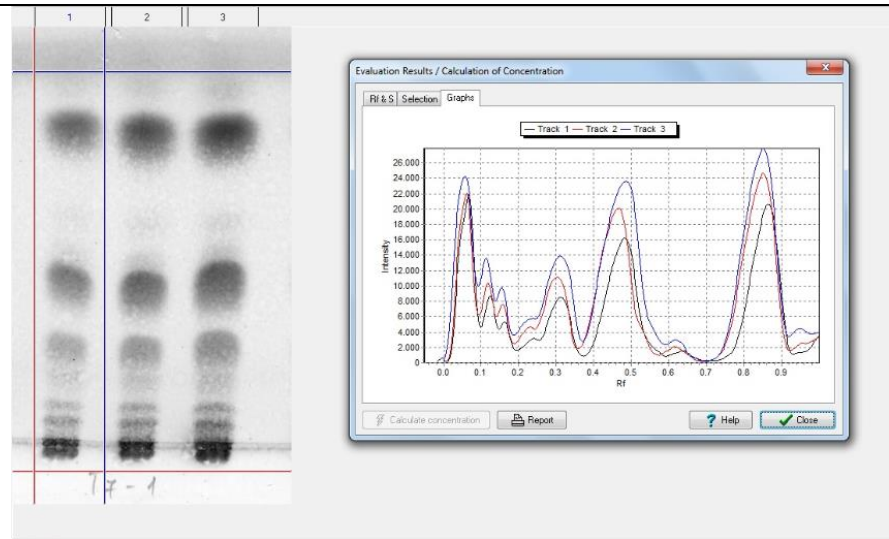
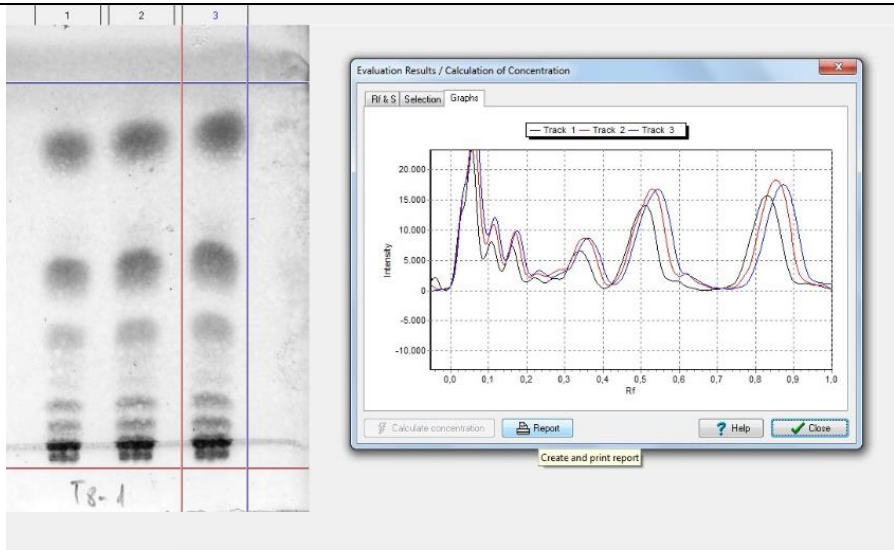
- and presence of zooxanthellae, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 409, 65–75.
<http://doi.org/10.3354/meps08622>.
55. Stambler, N., 2016, The zooxanthellae–hard-coral symbiosis, in *The Algal and Cyanobacteria Symbioses*, New Jersey: World Scientific, pp. 423–466.
56. Imbs, A.B. and Yakovleva, I.M., 2012, Dynamics of lipid and fatty acid composition of shallow-water corals under thermal stress: an experimental approach, *Coral Reefs*, vol. 31, pp. 41–53.
<https://doi.org/10.1007/s00338-011-0817-4>.
57. A.B. Imbs, A.N. Maliotin, Lưu Văn Huyền, Phạm Quốc Long, 2005, Nghiên cứu thành phần axit béo của 17 loài san hô vùng biển ven bờ Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 43(6A), 84-91

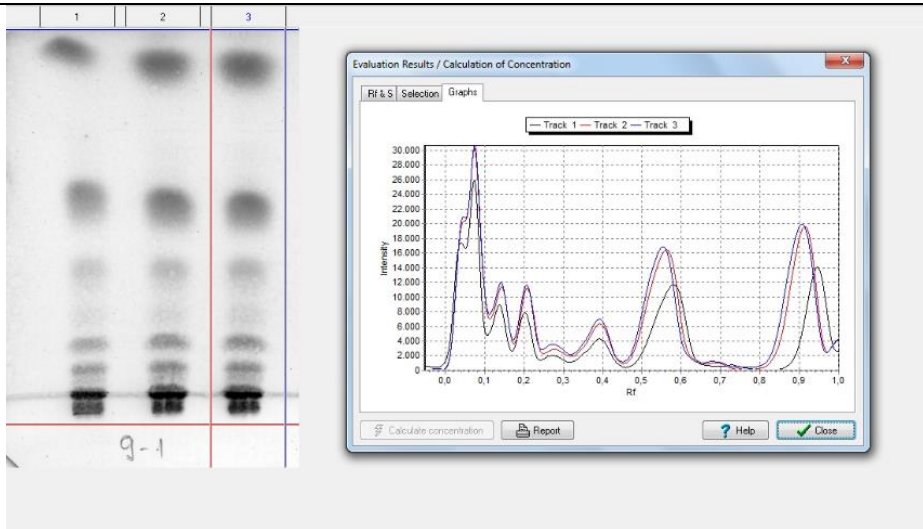
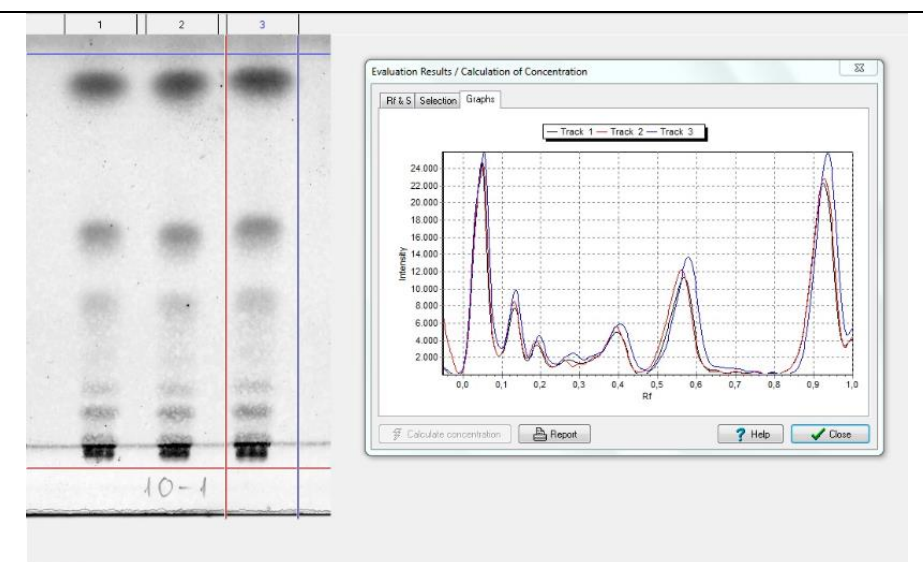
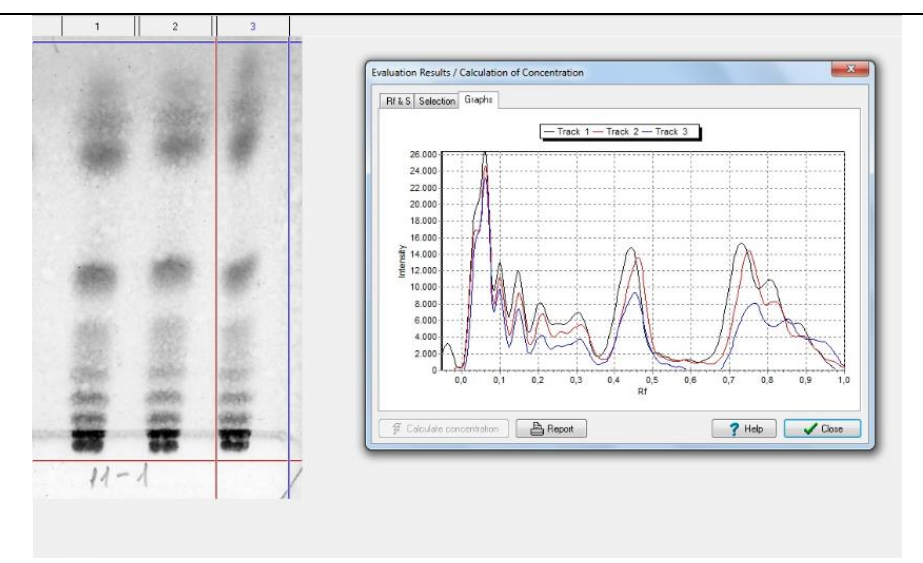
PHỤ LỤC 1

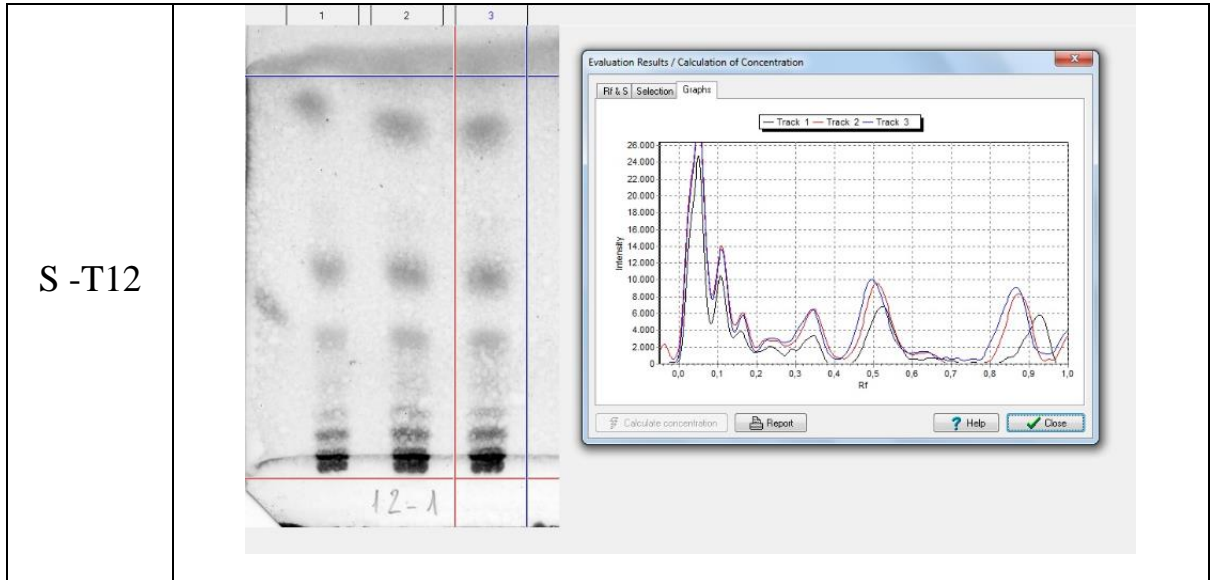
Hình ảnh phân tích thành phần các lớp chất lipid bằng phần mềm Sorbfil
TLC Videodensitometer DV (Krasnodar, LB Nga)

Mẫu	Sắc kí đồ Sorbfil TLC
S -T1	
S -T2	

<p>S -T3</p>		
<p>S -T4</p>		
<p>S -T5</p>		

<p>S -T6</p>	
<p>S -T7</p>	
<p>S -T8</p>	

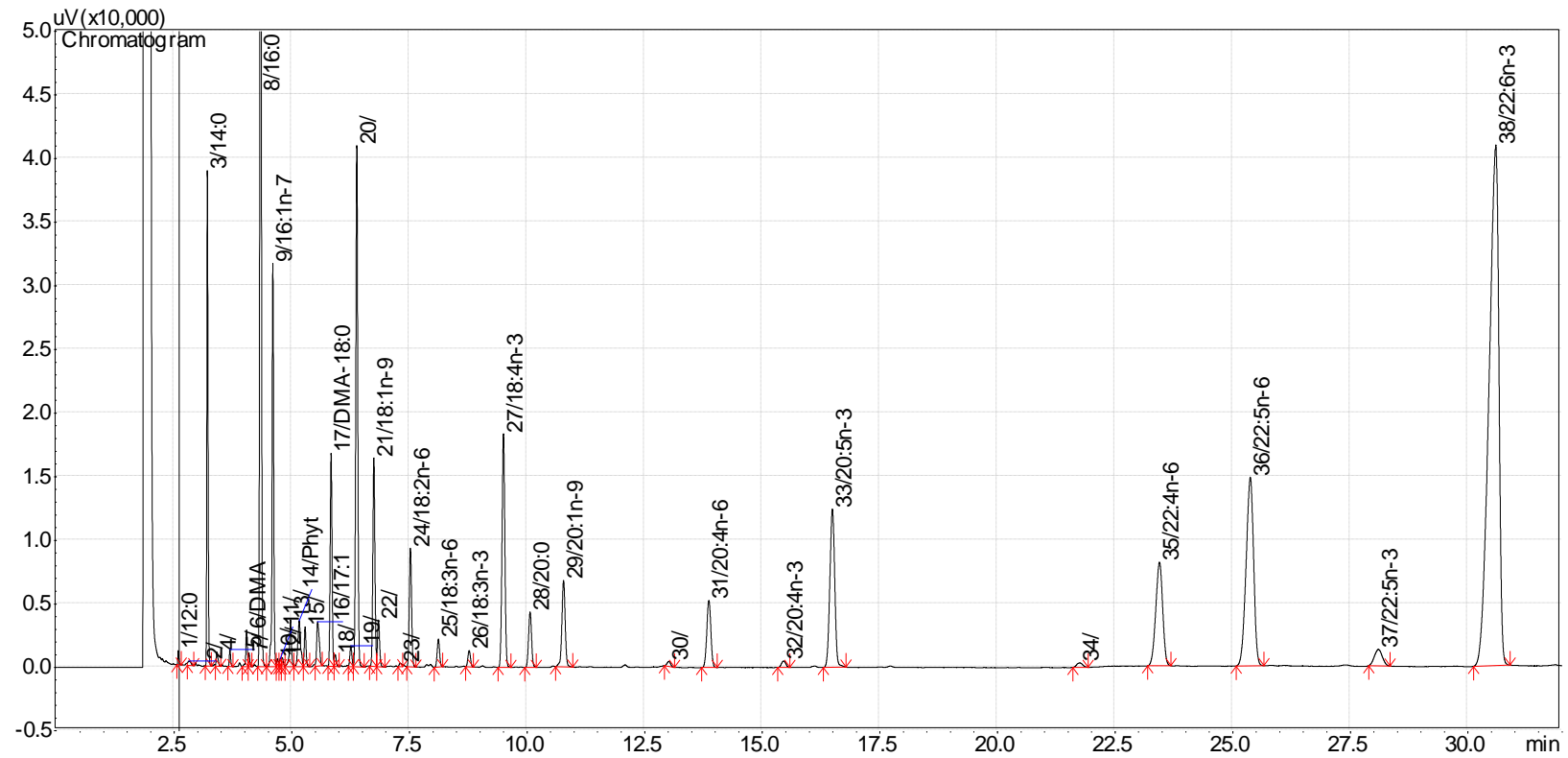
<p>S -T9</p>	
<p>S -T10</p>	
<p>S -T11</p>	



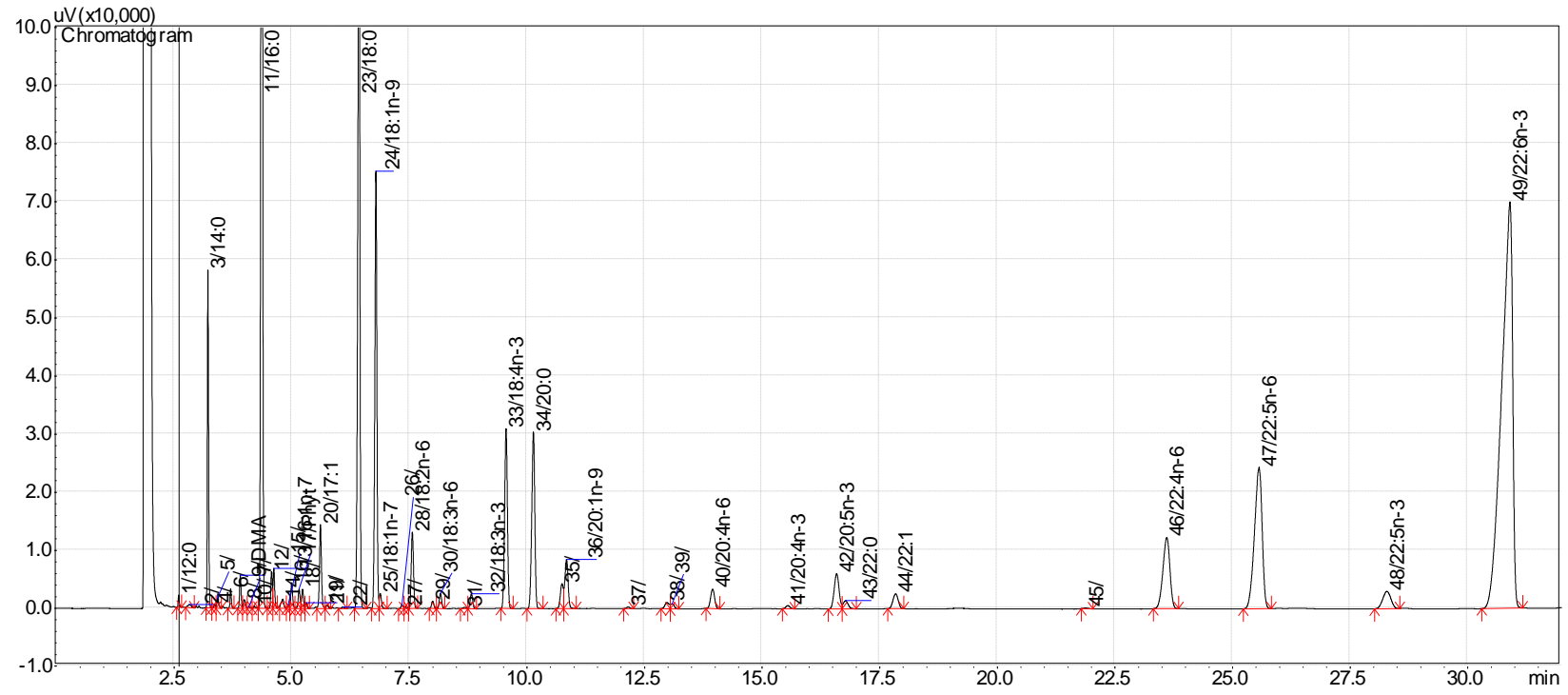
PHỤ LỤC 2

Phổ GC methyl ester của axit béo trong lipid tổng của mẫu san hô mềm *Sinularia flexibilis*

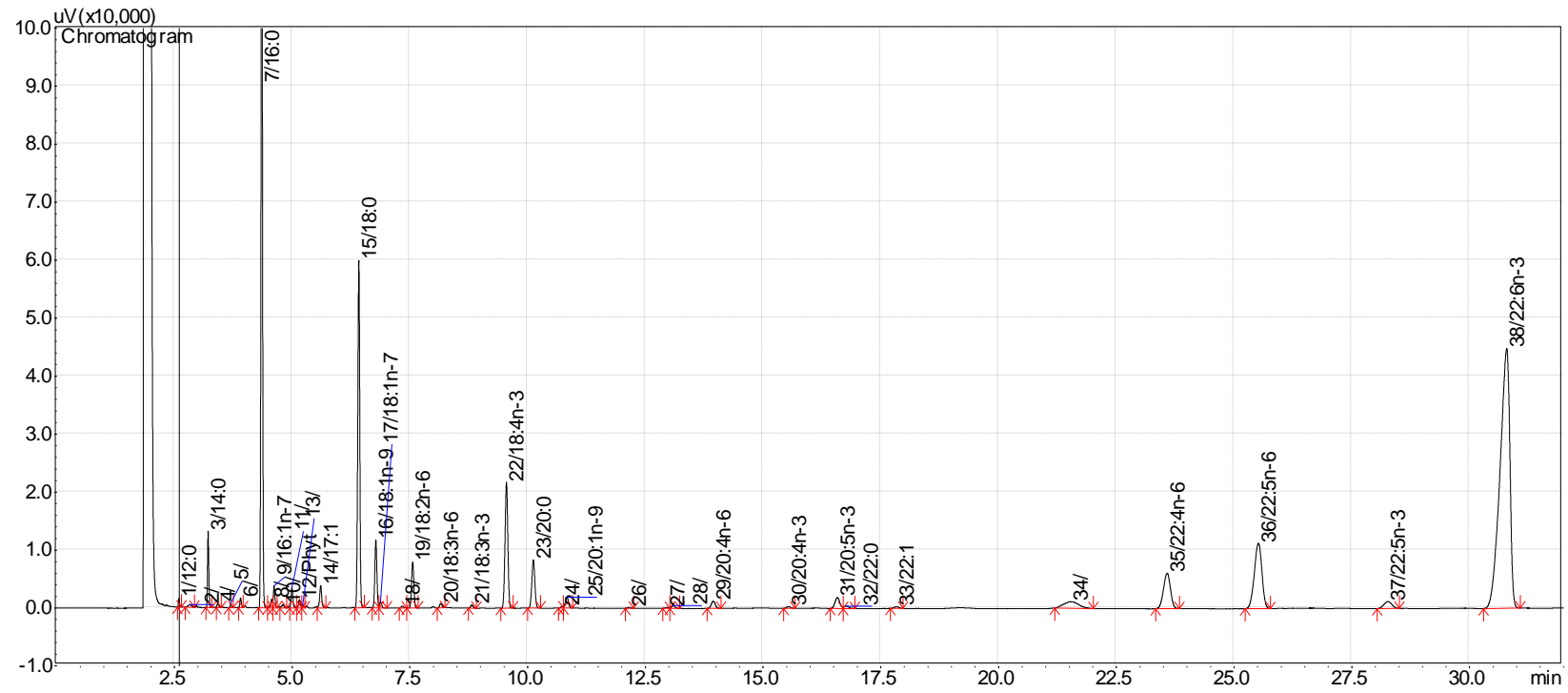
S-T1



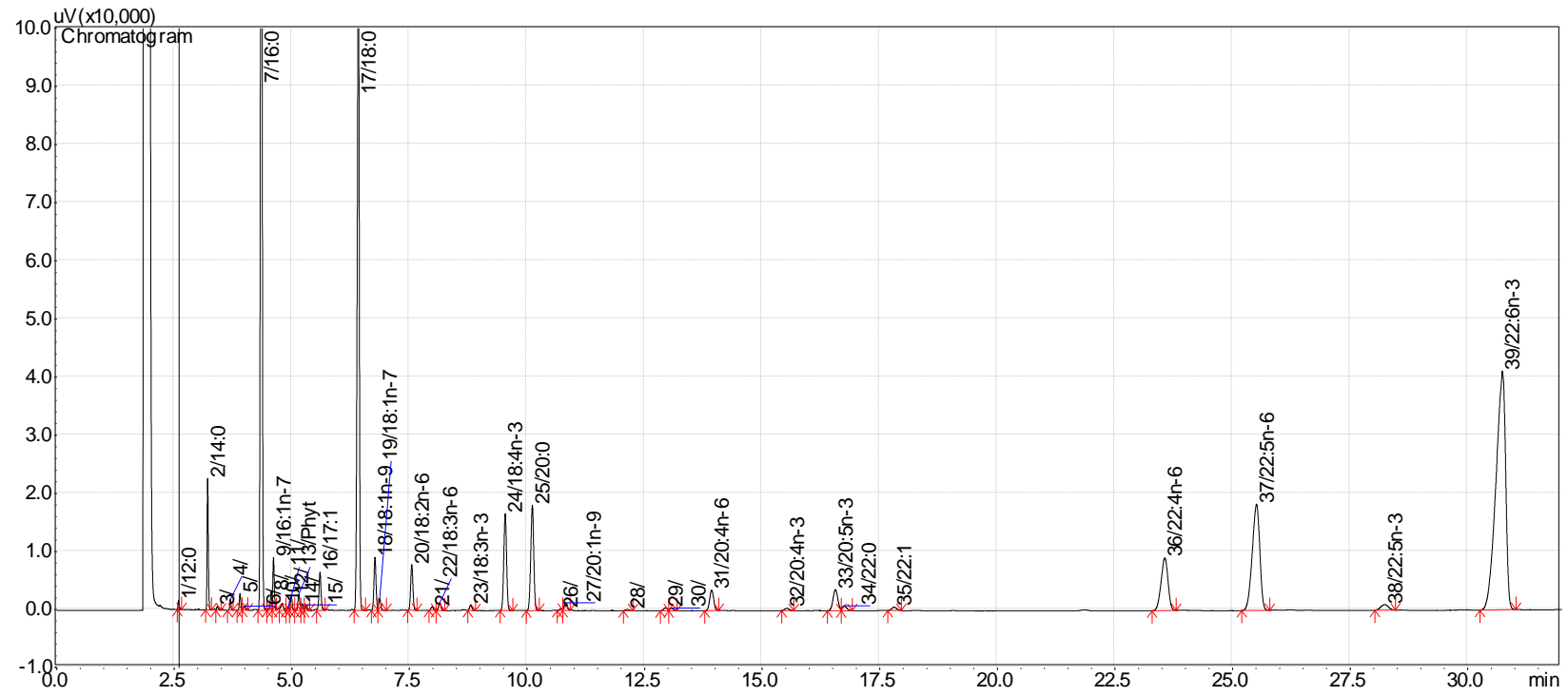
S - T2



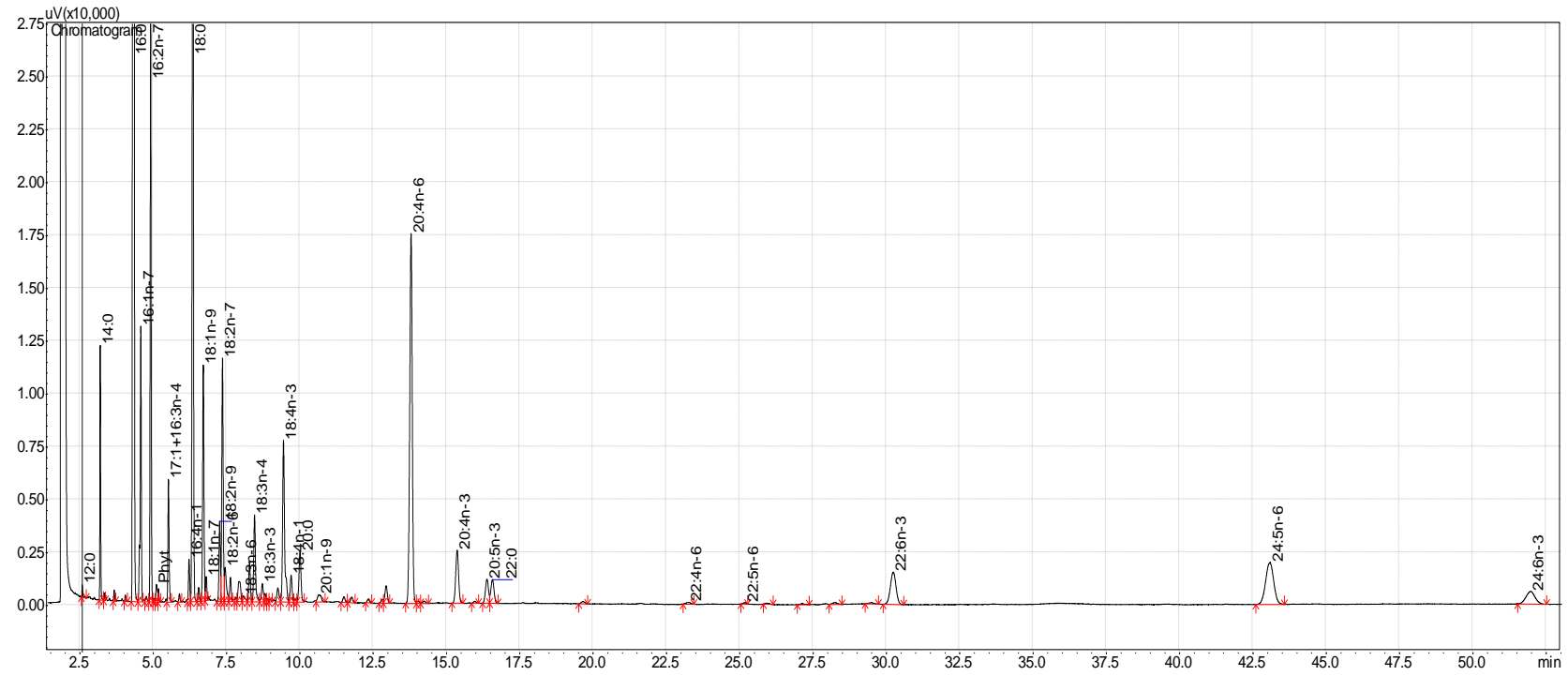
S - T3



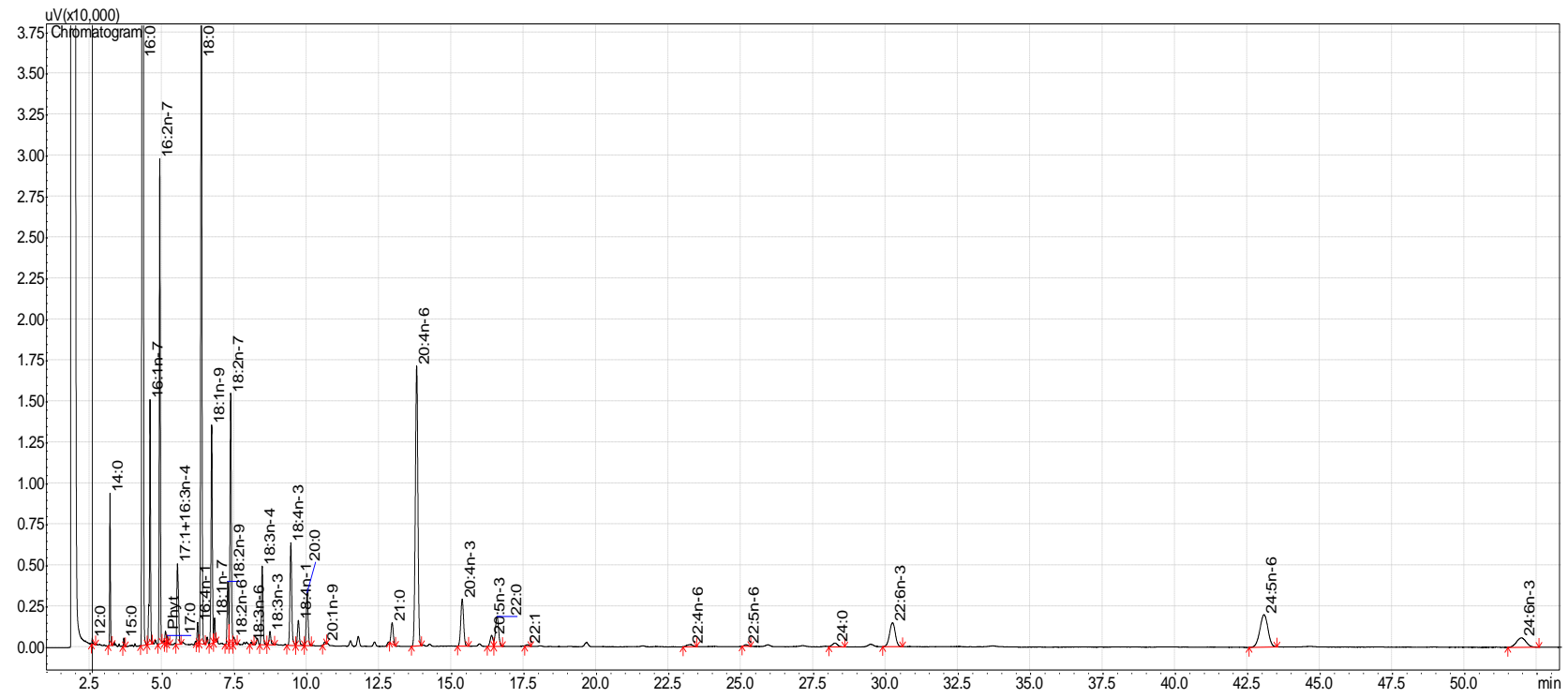
S - T4



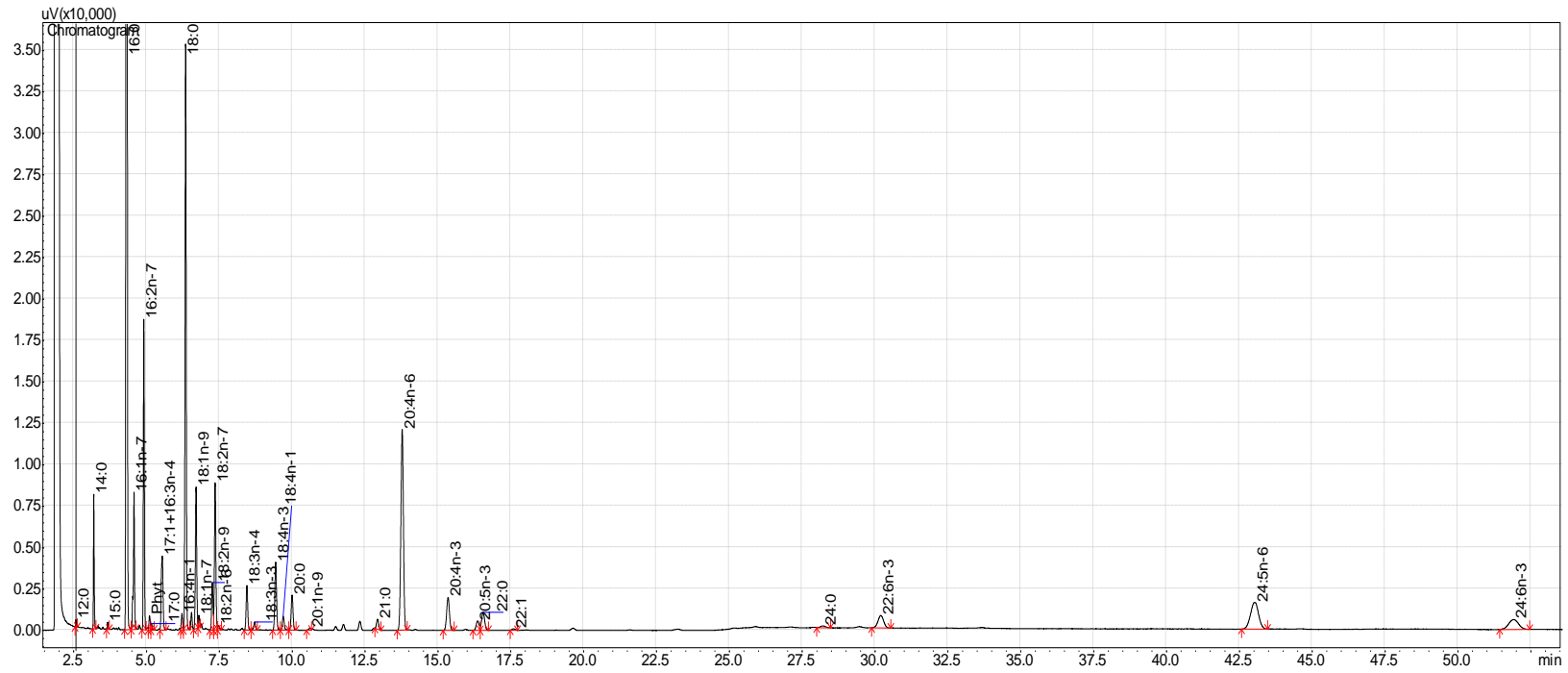
S -T5



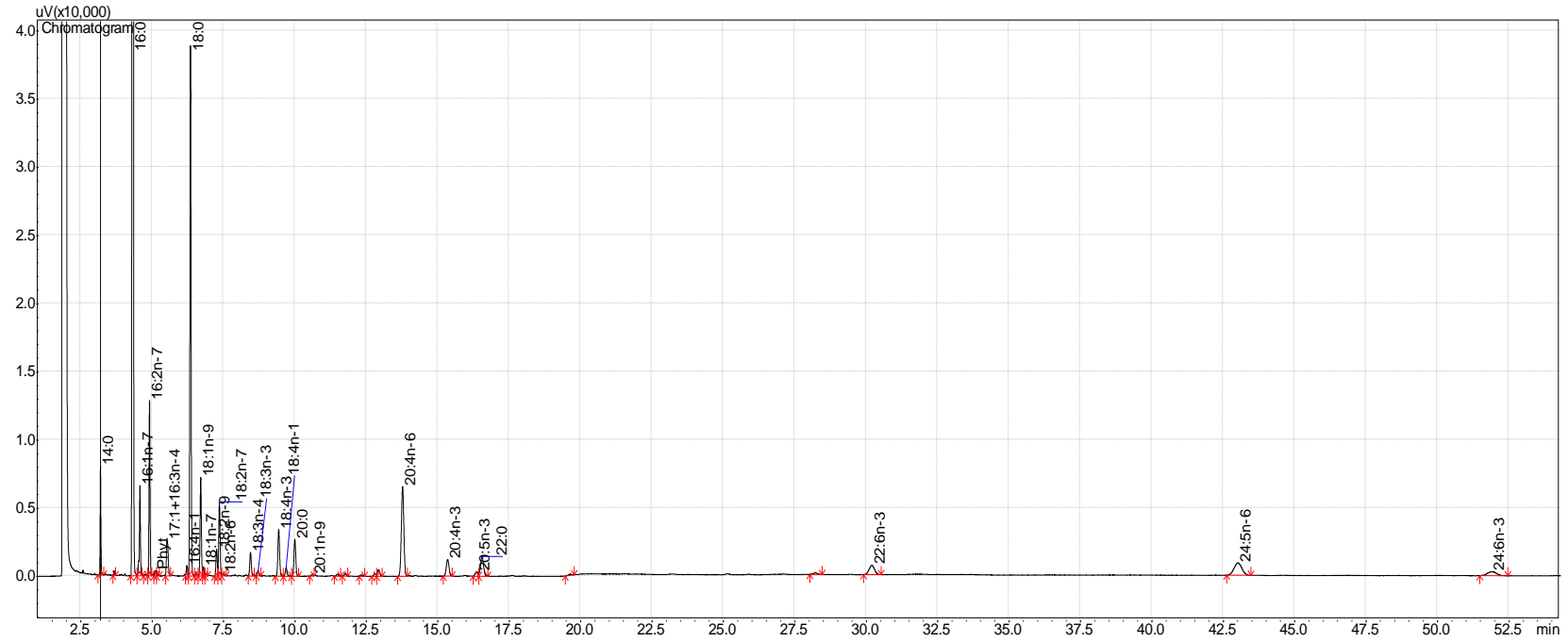
S -T6



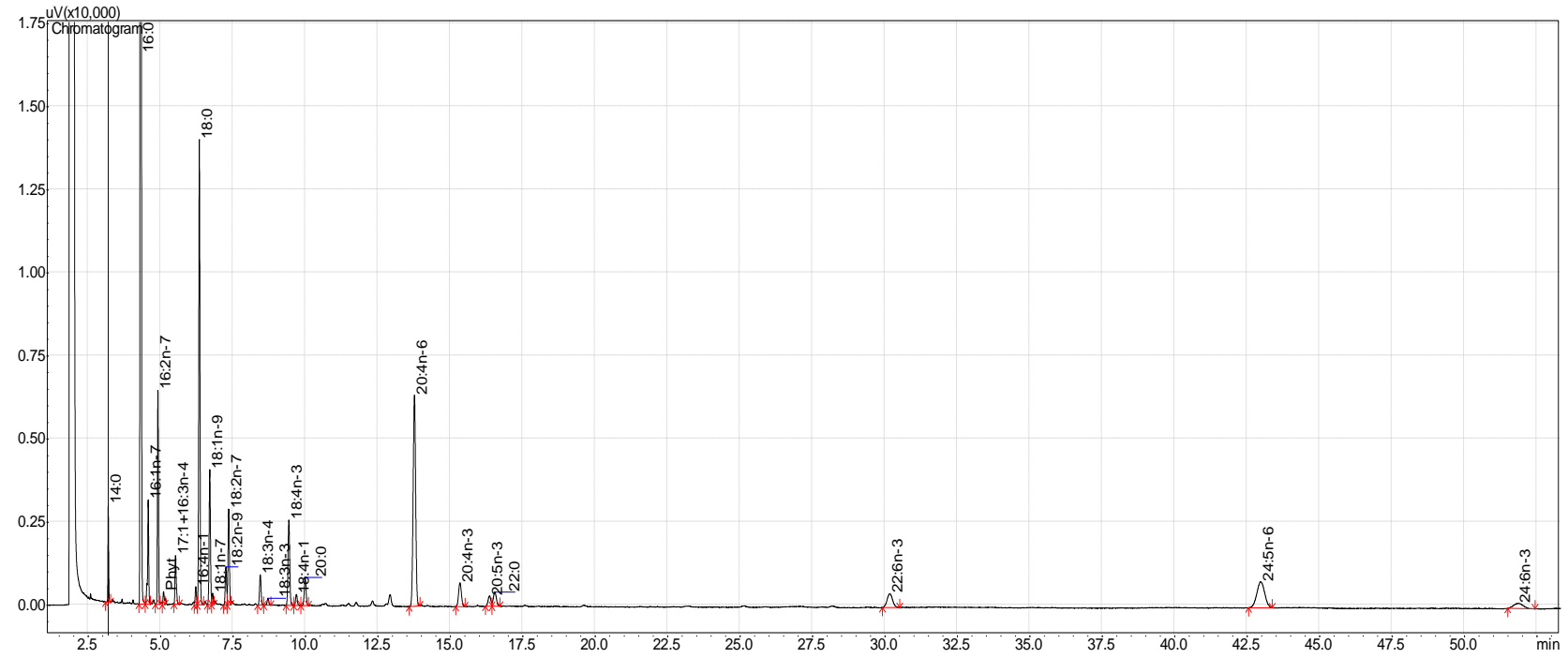
S - T7



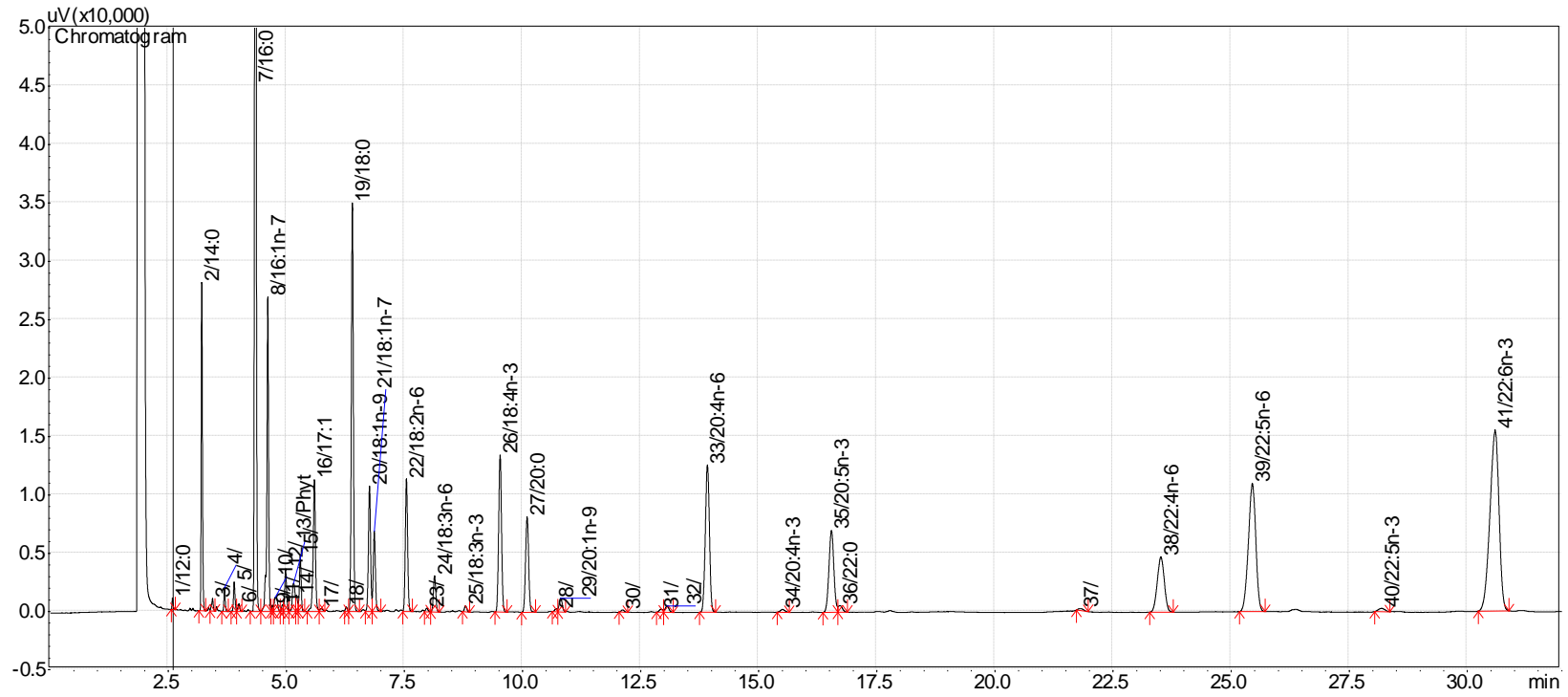
S - T8



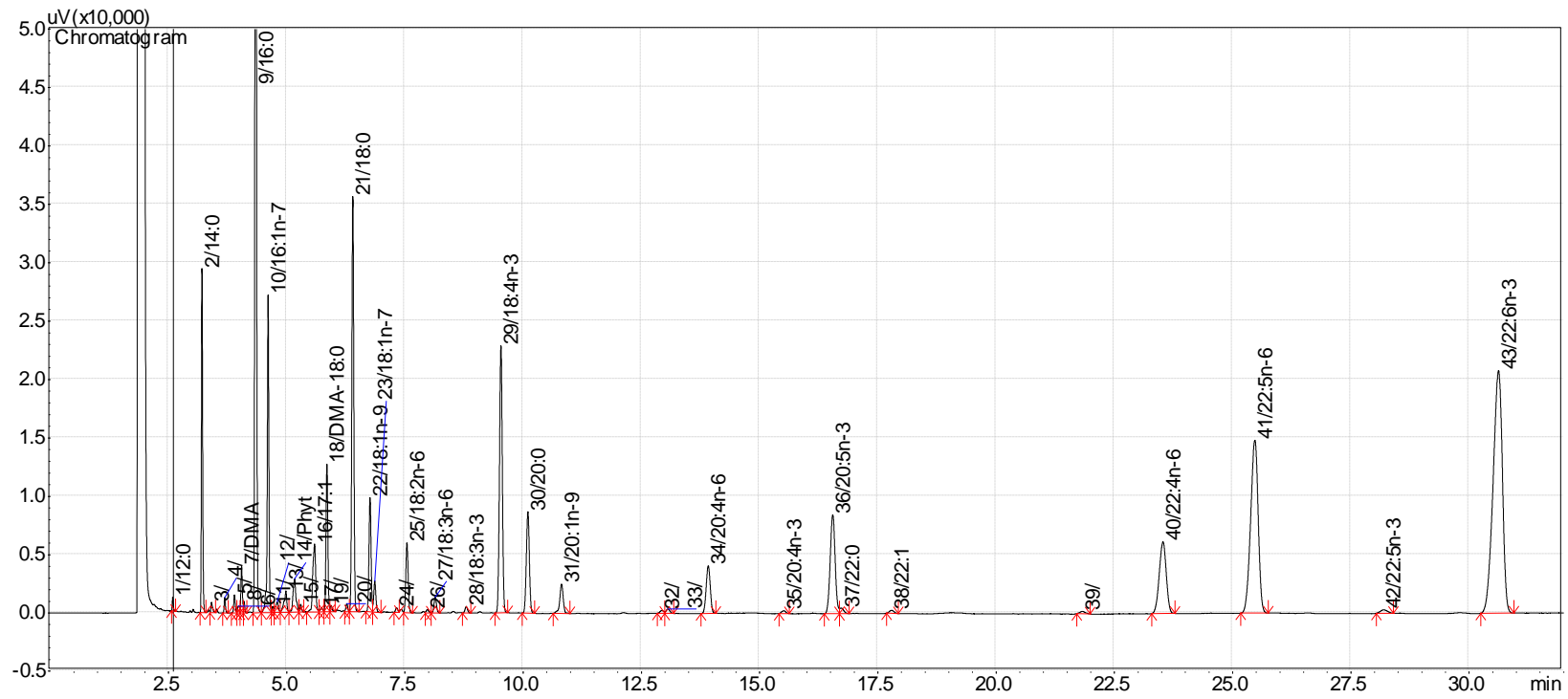
S-T9



S - T10



S - T11



S - T12

