



Original Article

## Structural Characteristics and Antioxidant Activities of Polysaccharide Extracted from *Ulva fasciata* Green Seaweed

Cao Thi Thuy Hang<sup>1</sup>, Vo Mai Nhu Hieu<sup>1</sup>, Phan Thi Hoai Trinh<sup>1</sup>,  
Thanh Thi Thu Thuy<sup>2</sup>, Quach Thi Minh Thu<sup>2</sup>, Tran Nguyen Ha Vy<sup>1</sup>,  
Nguyen Thi Thuan<sup>1</sup>, Tran Thi Thanh Van<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Nha Trang Institute of Technology Research and Application, Vietnam Academy of Science and Technology, 02 Hung Vuong, Loc Tho, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam*

<sup>2</sup>*Institute of Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam*

Received 27 October 2021

Revised 20 May 2022; Accepted 25 December 2025

**Abstract:** In this study, the structural characteristics of a polysaccharide extracted from the *Ulva fasciata* green seaweed were determined using the chemical composition analytical methods combined with IR, MS, and NMR spectra. The results showed that the polysaccharide consists of two major repeating disaccharide units designated as ulvanobiuronic acid 3-sulfate type A (A3s) [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3S-(1 $\rightarrow$ )] and type B (B3s) [ $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-IdoA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3s(1 $\rightarrow$ )]. This kind of polysaccharide exhibited a significant *in vitro* antioxidant activity. This study demonstrated that the *Ulva fasciata* green algae can be considered as a source of bioactive ulvan.

**Keywords:** Polysaccharide, structure, antioxidant activity, green algae.

\* Corresponding author.

E-mail address: [tranthanhvan@nitra.vast.vn](mailto:tranthanhvan@nitra.vast.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5360>

# Đặc điểm cấu trúc và hoạt tính chống oxy hóa của polysaccharide chiết tách từ rong lục *Ulva fasciata*

Cao Thị Thúy Hằng<sup>1</sup>, Võ Mai Như Hiếu<sup>1</sup>, Phan Thị Hoài Trinh<sup>1</sup>,  
Thành Thị Thu Thủy<sup>2</sup>, Quách Thị Minh Thu<sup>2</sup>, Trần Nguyễn Hà Vy<sup>1</sup>,  
Nguyễn Thị Thuận<sup>1</sup>, Trần Thị Thanh Vân<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Viện Nghiên cứu và Ứng dụng công nghệ Nha Trang, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 02 Hùng Vương, Lộc Thọ, Nha Trang, Khánh hòa, Việt Nam*  
<sup>2</sup>*Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 27 tháng 10 năm 2021

Chỉnh sửa ngày 20 tháng 5 năm 2022; Chấp nhận đăng ngày 25 tháng 5 năm 2022

**Tóm tắt:** Trong bài báo này, chúng tôi đã sử dụng phương pháp phân tích hóa học kết hợp với phổ IR, MS và phổ NMR để phân tích đặc điểm cấu trúc của polysaccharide chiết từ loài rong *Ulva fasciata*. Kết quả nghiên cứu thu được như sau: polysaccharide là hỗn hợp của 02 dạng cấu trúc khác nhau bao gồm dạng A3s là sự lặp lại của disaccharide [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3S-(1 $\rightarrow$ )] và dạng B3s là sự lặp lại của disaccharide [ $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-IdoA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3s(1 $\rightarrow$ )]. Kết quả thử nghiệm hoạt tính chống oxy hóa *in vitro* cao cho thấy polysaccharide chiết từ rong *Ulva fasciata* có thể coi như là nguồn cung cấp ulvan có hoạt tính sinh học.

**Từ khóa:** Cấu trúc, hoạt tính chống oxy hóa, polysaccharide, rong lục.

## 1. Mở đầu

Các loài rong lục thuộc chi *Ulva* được biết đến như là loài thực vật có khả năng tăng sinh khối nhanh trong điều kiện khí hậu khác nhau, nguyên nhân tạo nên hiện tượng thủy triều xanh tại một số vùng biển trên thế giới [1-3]. Vì vậy, chúng rất thích hợp cho việc nuôi trồng, sử dụng để xử lý sinh học nước thải giàu dinh dưỡng từ thâm canh thủy sản hoặc cung cấp nguyên liệu cho việc sản xuất các sản phẩm sinh học. Một trong những sản phẩm sinh học hữu ích từ rong lục được quan tâm nhiều nhất là sulfate polysaccharide dạng ulvan [4]. Ulvan không chỉ có hoạt tính sinh học phong phú như hoạt tính kháng virus, chống oxy hóa, hạ lipid máu, chống ung thư,... mà chúng còn có khả năng tương thích sinh học cao, vì vậy chúng

được coi như là nguồn vật liệu y sinh đầy tiềm năng ứng dụng cho công nghiệp dược phẩm và thực phẩm [5, 6].

Ulvan là polysaccharide dị thể được tạo thành bởi các monosaccharide (rhamnose, xylose, glucuronic acid và iduronic acid) chủ yếu thông qua các liên kết  $\alpha$ - và  $\beta$ -(1,4). Cấu trúc của chúng được xây dựng bởi sự lặp lại của hai disaccharide chính là ulvanobiuronic acid gồm (A3s) [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3S-(1 $\rightarrow$ )]; (B3s) [ $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-IdoA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3s(1 $\rightarrow$ )] và Ulvanbiose gồm U3s [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -d-GlcA-(1-2)- $\alpha$ -DXyl-(1 $\rightarrow$ )] [7, 8]. Cấu trúc trên thay đổi theo từng loài rong, địa điểm thu mẫu và quy trình tách chiết [9].

Rong *Ulva fasciata* thuộc chi *Ulva*, họ Ulvaceae, thuộc ngành rong lục, chúng phân bố vùng biển Đại Tây Dương, bao gồm cả biển Caribe và Ấn Độ Dương, và Thái Bình Dương tại các bờ biển của Nhật Bản, Trung Quốc, Philippines, Việt Nam, Singapore, Indonesia [10]. Đã có nhiều công trình nghiên cứu về loài

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: tranthanhvan@nitra.vast.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5360>

rong này, tuy nhiên các công bố này chủ yếu về phân loài, nuôi trồng và các hoạt tính sinh học của các chất được chiết từ rong *U. fasciata* sử dụng dung môi khác nhau [11-13] mà hầu như chưa có công bố nào về cấu trúc chi tiết của polysaccharide chiết từ loài rong này. Gần đây có công bố của nhóm các nhà khoa học Brazil về so sánh đặc điểm cấu trúc của ulvan polysaccharide chiết từ loài rong này sinh trưởng trong môi trường tự nhiên và trong điều kiện nuôi trồng [14]. Sự khác nhau chính ở đây là sự có mặt gốc đường xylose và tỷ lệ 02 dạng cấu trúc dạng A3s và dạng B3s khác nhau.

Tại Việt Nam nguồn lợi rong lục rất lớn lên tới 152 loài [15], chủ yếu thuộc về các chi rong sau *Ulva*, *Caulerpa*, *Chaetomorpha*, *Enteromorpha*, *Cladophora*,... đã có một số công trình công bố về cấu trúc và hoạt tính sinh học của một số loài rong xanh thuộc chi *Ulva* như *Ulva reticulata*, *Ulva lactuca* [16, 17]. Cấu trúc của 02 ulvan polysaccharide chiết từ 02 loài rong này là cùng có cấu trúc mạch chính là khung A3s [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3S-(1 $\rightarrow$ )] nhưng ulvan chiết từ rong *Ulva lactuca* còn chứa lượng nhỏ disaccharide  $\beta$ -GlcA-(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -Xyl [16] trong khi ulvan chiết từ rong *Ulva reticulata* có có mạch nhánh là acid glucuronic tại vị trí C2 của gốc  $\beta$ -D-D-glucuronosyl [17]. Mặc dù cùng một chi *Ulva* nhưng rong *U. fasciata* chỉ được biết đến trong các công bố về sự phân bố của các loài rong lục tại Việt Nam [14] mà chưa có công bố nào về cấu trúc và hoạt tính sinh học của polysaccharide chiết từ loài rong này. Để đánh giá nguồn lợi polysacchide định hướng cho việc khai thác và sử dụng rong lục thuộc chi *Ulva*, bài báo này đưa ra kết quả nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và đánh giá hoạt tính chống oxi hóa của polysaccharide dạng ulvan từ rong lục *U. fasciata* sinh trưởng tại vùng biển Khánh Hòa.

## 2. Thục nghiệm

### 2.1. Thu thập, xử lý mẫu và chiết tách polysaccharide từ rong lục *Ulva fasciata*

*Thu thập và xử lý mẫu rong:* Rong *U. fasciata* được thu ở Nha Trang vào tháng

3/2021 và được định danh bởi TS. Võ Thành Trung (Viện nghiên cứu và Ứng dụng công nghệ Nha Trang). Mẫu rong sau khi thu thập được rửa sạch rác, cát, mùn bằng nước máy rồi đem phơi khô trong bóng râm, sau đó nghiền mịn thành bột.

*Quy trình chiết tách* [18]: 20 g bột rong khô sau khi đã được loại bỏ màu và chất béo bằng hỗn hợp MeOH-CHCl<sub>3</sub>, được chiết với 200 ml nước cất tại nhiệt độ 120°C trong 40 phút (sử dụng nồi hấp tiệt trùng autoclave). Dịch chiết được quay ly tâm tách bã thu lấy dung dịch. Thêm cồn vào dung dịch để tủa polysaccharide ( $V_{\text{cồn}}:V_{\text{dịch}} = 4:1$ ). Ly tâm lấy tủa, rửa tủa nhiều lần bằng cồn thu được 2,56 g polysaccharide. Hiệu suất chiết tách là 12,8% tính theo khối lượng rong khô.

### 2.2. Phân tích thành phần hóa học

2.2.1. Thành phần đường trung tính: xác định theo phương pháp của Billan và cộng sự [19].

2.2.2. Hàm lượng sulfate: xác định bằng phương pháp đo độ đục [20].

2.2.3. Hàm lượng acid uronic: xác định bằng phương pháp carbazol [21].

### 2.3. Phổ IR

Phổ IR được đo trên máy FT-IR Affinity-1S Shimadzu.

### 2.4. Phổ NMR

Phổ NMR được đo trên máy Bruker AVANCE III 500 MHz với dung môi D<sub>2</sub>O ở nhiệt độ 70 °C, sử dụng DSS làm chất chuẩn nội với kỹ thuật đo khử tín hiệu của nước.

### 2.5. Phổ MS

Phổ ESI-MS được ghi trên thiết bị LC/MSD Ion trap 1100, chế độ ghi mẫu ESI với kiểu ion hoá dương.

### 2.6. Hoạt tính chống oxi hóa

2.6.1. Xác định khả năng khử sắt: theo phương pháp Zhu và cộng sự [22].

2.6.2. Xác định hoạt tính oxi hóa tổng số: theo phương pháp Prieto và cộng sự [23].

2.6.3. Xác định khả năng bắt gốc DPPH: theo phương pháp của Blois và cộng sự [24].

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả phân tích thành phần hóa học của ulvan từ rong *Ulva fasciata*

Kết quả phân tích thành phần hóa học (Bảng 1) cho thấy polysaccharide từ rong *U. fasciata* có thành phần chính là rhamnose, acid uronic, sulfate và lượng nhỏ xylose và glucose. Kết quả này chứng tỏ polysaccharide từ rong *U. fasciata* là sulfate polysaccharide giàu rhamnose dạng ulvan. Đây là đặc điểm chung của sulfate polysaccharide chiết từ các loài rong lục thuộc chi *Ulva* [9].

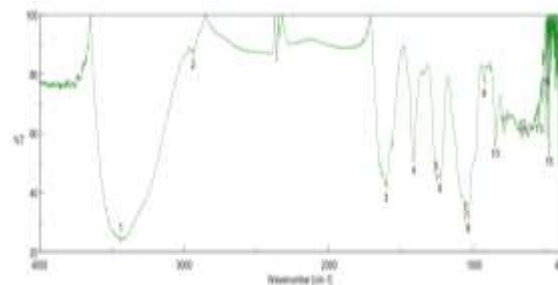
Bảng 1. Thành phần hóa học của ulvan từ rong *U. fasciata*

Thành phần đường	Đơn vị tính	
	%	Tỷ lệ mol
Ramnose	37,50	1,00
Xylose	0,80	0,05
Glucose	0,75	0,02
Sulfate	20,54	0,94
Uronic acid	37,50	0,91

#### 3.2. Đặc trưng cấu trúc của polysaccharide chiết từ rong *Ulva fasciata*

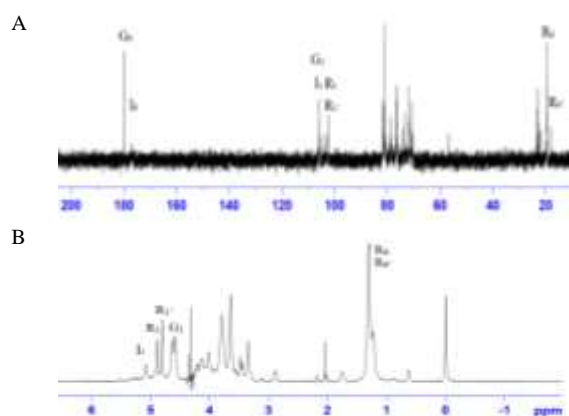
Đặc trưng cấu trúc của ulvan chiết từ loài *U. fasciata* được nghiên cứu bằng phổ IR, NMR và MS. Trên phổ IR (Hình 1) xuất hiện các dải hấp thụ tại 3427 và 2929  $\text{cm}^{-1}$  ứng với dao động hóa trị của nhóm OH và nhóm C-H. Các dải hấp thụ tại 1604 và 1415  $\text{cm}^{-1}$  thuộc về dao động của nhóm carboxyl trong phân tử acid uronic [25]. Sự có mặt của nhóm sulfate được xác nhận bởi dao động hóa trị của nhóm S=O và dao động biến dạng của liên kết C-O-S tại vị trí axial ứng với dải hấp thụ tại 1259 và 852  $\text{cm}^{-1}$ . Như vậy trên phổ IR xác nhận sự có mặt các nhóm chức đặc trưng trong phân tử ulvan.

Phổ  $^1\text{H}$  và  $^{13}\text{C}$ -NMR của ulvan (Hình 2) đều xuất hiện 3 vùng tín hiệu khác nhau. Tại vùng trường cao xuất hiện 2 tín hiệu gần như trùng nhau tại 19,5 ppm (Hình 2A) và 1,22 ppm (Hình 2B).



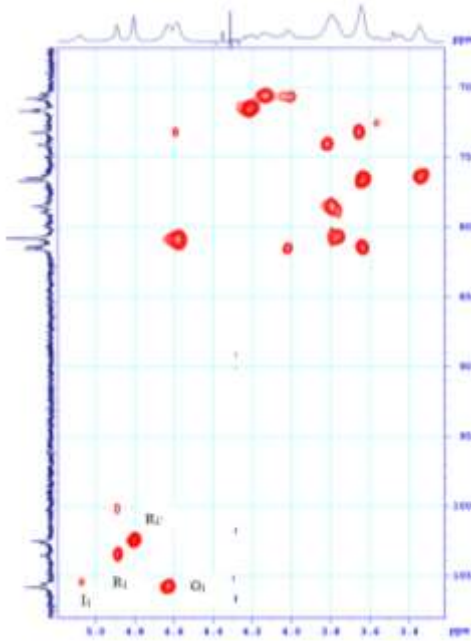
Hình 1. Phổ IR của ulvan từ rong *U. fasciata*.

Tại vùng anomeric xuất hiện 3 tín hiệu tại 102,5; 103,5 và 105,8 ppm (Hình 2A) và 6 tín hiệu (Hình 2B) là 4,58; 4,52; 4,63; 4,80; 4,89 và 5,08 ppm. Vùng tín hiệu từ 3,3 ppm đến 4,2 ppm (Hình 2B) và tín hiệu từ 70,55 đến 81,59 ppm (Hình 2A) thuộc về các proton và carbon của vòng pyranose. Ngoài ra trên phổ  $^{13}\text{C}$  NMR còn có tín hiệu tại 179,94 và tín hiệu với cường độ yếu tại 179,0 ppm chứng tỏ sự có mặt của acid uronic.



Hình 2. Phổ  $^{13}\text{C}$ -NMR (A) và  $^1\text{H}$ -NMR (B) của ulvan từ rong *U. Fasciata*.

Kết quả phân tích thành phần hóa học (Bảng 1) cho thấy thành phần hóa học chính của polysaccharide từ rong *U. fasciata* là rhamnose và acid uronic, trên phổ  $^1\text{H}$  NMR và  $^{13}\text{C}$  NMR đều thể hiện điều này. Trên phổ  $^1\text{H}$ -NMR có 2 tín hiệu tại vùng 1,3 ppm thuộc về proton của nhóm  $\text{CH}_3$  trong gốc đường rhamnose và 02 tín hiệu tại 19,5; 19,58 ppm, 02 tín hiệu tại vùng 179,94; 179,0 ppm thuộc về C6 của gốc đường rhamnose và C6 của acid uronic. Từ kết quả trên cho thấy có 02 gốc anomer rhamnose và 02 gốc anomer acid uronic.

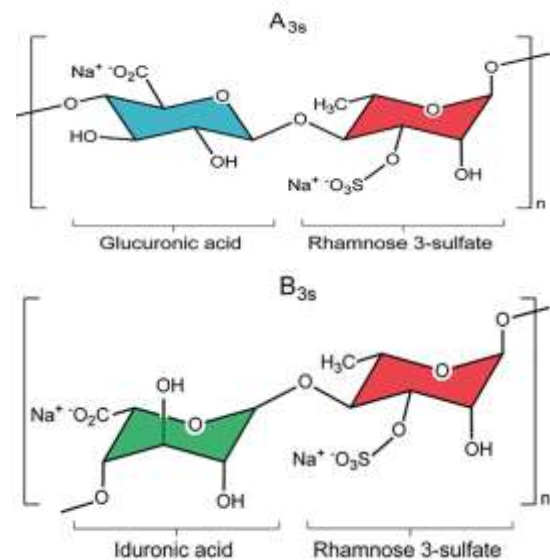


Hình 3. Phổ HSQC của ulvan từ rong *U. Fasciata*.

Ngoài ra theo số liệu ở Bảng 1 thì tỷ lệ mol giữa các thành phần rhamnose, acid uronic và sulfate tỷ lệ là 1: 0,91 : 0,94. Đây là tỷ lệ gần như lý tưởng với cấu trúc của ulvan dạng ulvanobiuronic acid mà trong phân tử của chúng có thể tồn tại hoặc dạng A3s hoặc dạng B3s hoặc tồn tại cả hai dạng trên. Kết hợp dữ liệu phổ  $^1\text{H}$  NMR và  $^{13}\text{C}$  NMR, chúng tôi dự đoán đặc trưng cấu trúc của ulvan chiết từ rong *U. fasciata* là dạng ulvanobiuronic acid A3s và ulvanobiuronic acid B3s. Tuy nhiên tại vùng anomeric của phổ  $^{13}\text{C}$  NMR chỉ thấy xuất hiện 3 tín hiệu trong khi vùng anomeric của phổ  $^1\text{H}$  NMR xuất hiện 6 tín hiệu. Trên vùng anomer của phổ HSQC, từ 03 tín hiệu C anomer 105,8; 103,52 và 102,52 ppm chúng tôi xác định được 04 tín hiệu proton anomer. Từ đây, chúng tôi xác định được các cặp tương tác H1 (105,8/5,081), R1(103,52/4,89), R'1(102,52/4,80) và G1(105,8/4,636). Từ kết quả phân tích hóa học và các dữ liệu tham khảo [7, 9], chúng tôi gán các gốc anomer sau: H1(C1,H1) là gốc (1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-IdoA; R1(103,52/4,89) là gốc (1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-Rha 3S (A3s); R'1(102,52/4,80) là gốc (1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-Rha3s (B3s) và G1(105,8/4,636) là gốc (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA. Như vậy, kết quả phân

tích phổ HSQC tại vùng anomeric đã xác nhận sự có mặt của 4 gốc anomer trong phân tử ulvan chiết tách từ loài rong *U. fasciata* ứng cấu trúc dạng ulvanobiuronic acid A3s và ulvanobiuronic acid B3s (Hình 4).

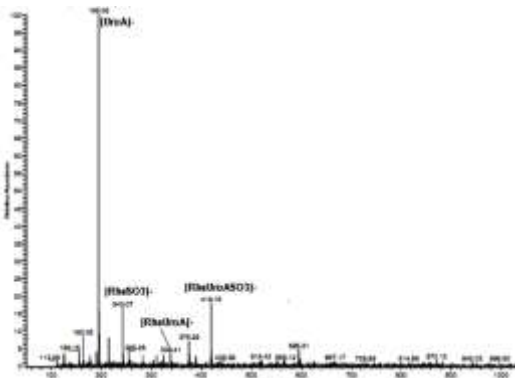
Phổ ESI-MS (Hình 5) xuất hiện các pic tại m/z 195; m/z 243; m/z 339; m/z 419, tương ứng với sự có mặt của các mảnh ion của uronic acid [UroA] $^-$ , monosulfate rhamnose [RhaSO3] $^-$ , rhamnose uronic acid [RhaUroA] $^-$  và monosulfate rhamnose uronic acid [RhaUroASO3-H2O] $^-$ . Kết quả này phù hợp với kết quả phân tích thành phần hóa học (Bảng 1) và xác nhận sự có mặt của disaccharide dạng ulvanobiuronic acid. Kết hợp kết quả phân tích hóa học và phân tích phổ IR, NMR và MS có thể khẳng định polysaccharide chiết từ loài rong *U. fasciata* có cấu trúc dạng ulvanobiuronic acid A3s và ulvanobiuronic acid B3s (Hình 4).



Hình 4. Đặc điểm cấu trúc của ulvan từ rong *U. fasciata*.

Sự tồn tại đồng thời hai dạng khung cấu trúc chính A3s và B3s (Hình 4) là rất ít gặp đối với ulvan chiết từ chi rong *Ulva*. Hầu như cấu trúc của ulvan thường có khung cơ bản là dạng A3s hoặc B3s hoặc U2,3s và khác nhau ở sự có mặt các mạch nhánh như xylose, glucuronic acid tại vị trí C2 hoặc C4 của các gốc D-glucuronosyl và L-rhamnopyranosyl. Ví dụ,

ulvan chiết từ rong *Ulva lactuca* có cấu trúc chính là khung ulvanobiuronic acid A3s và lượng nhỏ disaccharide  $\beta$ -GlcA-(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -Xyl [16] trong khi cấu trúc của ulvan chiết từ rong *Ulva reticulata* có cấu trúc chính là khung A3s [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3S-(1 $\rightarrow$ )] có mạch nhánh là acid glucuronic tại vị trí C2 của gốc  $\beta$ -D- D-glucuronosyl [12] và ulvan chiết từ rong *Ulva pertusa* có cấu trúc là khung A3s [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3S-(1 $\rightarrow$ )] với mạch nhánh là xylose tại vị trí C2 của gốc L-rhamnopyranosyl [26].



Hình 5. Phổ ESI - MS của ulvan chiết từ rong *U. fasciata*.

### 3.3. Hoạt tính chống oxy hóa của ulvan chiết từ rong *Ulva fasciata*

Hoạt tính chống oxy hóa của ulvan chiết từ rong *U. fasciata* được thể hiện ở Bảng 2. Kết quả Bảng 2 cho thấy polysaccharide thể hiện hoạt tính chống oxy hóa thông qua 03 phép thử với kết quả như sau: khả năng khử sắt tương ứng với 58,2% so với acid ascorbic, cao hơn so với polysaccharide chiết từ loài rong *Hypnea valentiae* (42,6% tại nồng độ 50 mg/ml) [27]. Hoạt tính chống oxy hóa tổng số tương ứng với 71,6% so với acid ascorbic và tương đương với polysaccharide chiết từ một số loài rong nâu như *Padina tetrastomatica*, *Turbina riaconoides* và *Sargassum tenerrimum*. [28]. Khả năng bắt gốc DPPH tại nồng độ 1 mg/ml có giá trị Sc là 74,8%, cao hơn so với polysaccharide chiết từ cùng loài rong *U. fasciata* sinh trưởng tại Trung Quốc có khả năng bắt gốc tại cùng nồng độ với giá trị Sc là

20-25% [29]. Như vậy, polysaccharide chiết từ rong *U. fasciata* thể hiện hoạt tính chống oxy hóa cao, điều này được giải thích bởi sự có mặt nhóm sulfate và acid uronic trong thành phần hóa học chính của chúng [29].

Bảng 2. Kết quả thử hoạt tính chống oxy hóa

Nồng độ mẫu (µg/ml)	Hoạt tính khử sắt (mg acid ascorbic/mg ulvan)	Hoạt tính chống oxy hóa tổng số (mg acid ascorbic/mg ulvan)	Khả năng bắt gốc DPPH Sc %
100	0,08	0,06	30,5
250	0,12	0,18	42,5
500	0,23	0,34	57,3
750	0,34	0,58	66,0
1000	0,72	0,81	74,8

## 4. Kết luận

Polysaccharide từ rong *U. fasciata* là hỗn hợp của 2 dạng cấu trúc khác nhau gồm dạng A3s là sự lặp lại của disaccharide [ $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3S-(1 $\rightarrow$ )] và dạng B3s là sự lặp lại của disaccharide [ $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-IdoA-(1  $\rightarrow$  4)- $\alpha$ -L-Rha 3s(1 $\rightarrow$ )]. Polysaccharide chiết từ rong *U. fasciata* thể hiện hoạt tính chống oxy hóa thông qua 3 phép thử: hoạt tính oxy hóa tổng số, khả năng khử sắt và khả năng bắt gốc DPPH. Kết quả này định hướng cho việc sử dụng ulvan như là hợp chất chống oxy hóa tự nhiên ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu được Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam tài trợ kinh phí, đề tài mã số KHCBBI.01/21-23. Các tác giả trân trọng cảm ơn TS. Võ Thành Trung đã giúp định danh rong.

## Tài liệu tham khảo

- [1] A. R. Angell, R. de Nys, N. A. Paul, Variation in Amino Acid Content and its Relationship to Nitrogen Content and Growth Rate in *Ulva ohnoi*



- (Chlorophyta), *J. Phycol.*, Vol. 50, 2014, pp. 216-226.
- [2] L. Mata, M. Magnusson, N. A. Paul, R. de Nys, The Intensive Land-based Production of the Green Seaweeds *Derbesia tenuissima* and *Ulva ohnoi*: Biomass and Bioproducts, *Journal of Applied Phycology*, Vol. 28, 2016, pp. 365-375.
- [3] J. Blomster, S. Bäck, D. P. Fewer, M. Kiirikki, A. Lehvo, C. A. Maggs, M. J. Stanhope, Novel Morphology in *Enteromorpha* (Ulvophyceae) Forming Green Tides, *Am. J. Bot.*, Vol. 89, 2002, pp. 1756-1763.
- [4] A. E. Nardelli, V. G. Chiozzini, E. S. Braga, F. Chow, Integrated Multi-trophic Farming System Between the Green Seaweed *Ulva lactuca*, Mussel, and Fish: A Production and Bioremediation Solution, *Journal of Applied Phycology*, Vol. 31, 2019, pp. 847-856.
- [5] L. Cunha, A. Grenha, Sulfated Seaweed Polysaccharides as Multifunctional Materials in Drug Delivery Applications, *Marine Drugs*, Vol. 14, No. 3, 2016, pp. 42.
- [6] I. Wijesekara, R. Pangestuti, S. K. Kim, Biological Activities and Potential Health Benefits of Sulfated Polysaccharides Derived from Marine Algae, *Carbohydrate Polymer*, Vol. 84, No. 1, 2011, pp. 14-21.
- [7] Y. Chi, H. Li, P. Wang, C. Du, H. Ye, S. Zuo, H. Guan, P. Wang, Structural Characterization of Ulvan Extracted from *Ulva clathrata* Assisted by an Ulvan Lyase, *Carbohydrate Polymers*, Vol. 229, 2020, pp. 115497.
- [8] C. Costa, A. Alves, P. R. Pinto, R. A. Sousa, E. A. B. da Silva, R. L. Reis, A. E. Rodrigues, Characterization of Ulvan Extracts to Assess the Effect of Different Steps in the Extraction Procedure, *Carbohydrate Polymers*, Vol. 88, 2012, pp. 537-546.
- [9] M. Lahaye, A. Robic, Structure and Function Properties of Ulvan, A Polysaccharide from Green Seaweeds, *Biomacromolecules*, Vol. 8, 2007, pp. 1765-1774.
- [10] R. A. Rosas, L. E. A. Rosas, F. F. Pedroche, *Ulva Fasciata* Delile (Ulvaceae, Chlorophycota): A Species Newly Introduced Into Pacific Mexico, *Botanica Marina*, Vol. 48, No. 1, 2005, pp. 46-51.
- [11] J. T. Kidgell, M. Magnusson, R. de Nys, C. R. Glasson, Ulvan: A Systematic Review of Extraction, Composition and Function, *Algal Research*, Vol. 39, 2019, pp. 101422.
- [12] K. S. Beach, C. M. Smih, T. Michael, H. W. Shin, Photosynthesis in Reproductive Unicells of *Ulva fasciata* and *Enteromorpha flexuosa*: Implications for Ecological Success. *Mar. Ecol. Prog. Series*, Vol. 125, 1995, pp. 229-237.
- [13] T. A. Figueira, A. J. R. da Silva, A. E. Prast, Y. Y. Valentin, V. P. de Oliveira, Structural Characterization of Ulvan Polysaccharide from Cultivated and Collected *Ulva fasciata* (Chlorophyta), *Advances in Bioscience and Biotechnology*, Vol. 11, No. 5, 2020, pp. 206-216.
- [14] Q. N. Huynh, H. D. Nguyen, The Seaweed Resources of Vietnam, In: A. T. Critchley, M. Ohno, *Seaweed Resources of the World*, JICA, Japan, 1998, pp. 62-69.
- [15] D. D. Tien, Study on Seaweed System of Truong Sa Island, PhD Thesis in Biology, Hanoi, 2002 (in Vietnamese).
- [16] T. T. T. Thanh, Q. T. M. Thi, Thi Nu Nguyen, D. V. Luong, M. L. Bui, T. T. T. Van, Structure and Cytotoxic Activity of Ulvan Extracted from Green Seaweed *Ulva lactuca*, *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 93, 2016, pp. 695-702.
- [17] T. T. T. Van, T. B. Hai, N. H. V. Tran, Q. T. T. Minh, N. T. Nu, B. M. Ly, Y. Yuguchi, T. T. T. Thanh, Structure, Conformation in Aqueous Solution and Antimicrobial Activity of Ulvan Extracted from Green Seaweed *Ulva reticulata*, *Natural Product Research*, Vol. 32, No. 19, 2018, pp. 2291-2296.
- [18] R. P. Reis, A. A. J. Carvalho, A. P. Facchinei, A. C. S. Calheiros, B. Castelar, Direct Effects of Ulvan and a Flour Produced from the Green Alga *Ulva Fasciata* Delile on the *Fungus Stemphylium solani* Weber, *Algal Research*, Vol. 30, 2018, pp. 23-27.
- [19] M. I. Bilan, A. A. Grachev, N. E. Ustuzhanina, A Highly Regular Fraction of a Fucoidan from the Brown Seaweed *Fucus distichus* L., *Carbohydr. Res.*, Vol. 339, 2004, pp. 511-517.
- [20] K. S. Dodgson, Determination of Inorganic Sulphate in Studies on the Enzymic and Non-enzymic Hydrolysis of Carbohydrate and Other Sulphate Esters, *Biochem. J.*, Vol. 78, 1961, pp. 312-319.
- [21] T. Bitter, H. M. Muir, A Modified Uronic Acid Carbazole Reaction, *Anal. Biochem.*, Vol. 4, 1962, pp. 330-334.
- [22] Q. Y. Zhu, R. M. Hackman, J. L. Ensunsa, R. R. Holt, C. L. Keen, Antioxidative Activities of Olong Tea, *J. Agric. Food Chem*, Vol. 50, 2002, pp. 6929-6934.
- [23] P. Prieto, M. Pineda, M. Aguilar, Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific

- Application to the Determination of Vitamin E, Anal, Biochem, Vol. 269, 1999, pp. 337-341.
- [24] M. S. Blois, Antioxidant Determinations by the use of a Stable Free Radical, Nature, Vol. 181, 1958, pp. 1199-1200.
- [25] A. D. Robic, J. F Bertrand, Y. Sassi, M. Lerat, J. Lahay, Determination of the Chemical Composition of Ulvan, a Cell Wall Polysaccharide from *Ulva* spp. (Ulvales, Chlorophyta) by FT-IR and Chemometrics, J. appl. Phycol., Vol. 21, 2009, 451-456.
- [26] T. Mehdi, L. S. Joon, S. G. You, Structural Analysis of Immunostimulating Sulfated Polysaccharides from *Ulva pertusa*, Carbohydrate Research, Vol. 361, 2012, pp. 141-147.
- [27] D. Revathi, K. Baskaran, R. Subashini, Antioxidant and Free Radical Scavenging Capacity of Red Seaweed *Hypnea valentiae* from Rameshwaram Coast, Tamil Nadu, India, International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 2015, pp. 232-237.
- [28] S. K. Chandini, P. Ganesan, N. Bhaskar, In Vitro Antioxidant Activities of Three Selected Brown Seaweeds of India, Food Chem., Vol. 107, 2008, pp. 707-713.
- [29] P. Shao, Y. Pei, Z. Fang, P. Sun, Effects of partial desulfation on antioxidant and inhibition of DLD cancer cell of *Ulva fasciata* polysaccharide, Int. J. Biol, Macromol., Vol. 65, 2014, pp. 307-313.