

PHÂN TÍCH HIỆU SUẤT CHIẾT VÀ HÀM LƯỢNG CARRAGEENAN TỪ RONG ĐỎ *BETAPHYCUS GELATINUS* THEO CHU KỲ CÁC THÁNG TRONG NĂM

Đến tòa soạn: 27-05-2025

Trần Nguyễn Hà Vy, Võ Mai Như Hiếu, Trần Văn Huynh, Nguyễn Thị Thuận, Cao Thị Thúy Hằng,
Trần Xuân Thảo, Lê Tuấn Anh, Trần Thị Thanh Vân, Phạm Đức Thịnh*

Viện Hải dương học, Viện Hàn Lâm KH&CNVN

*Email: ducthinh@io.vast.vn

SUMMARY

ANALYSIS OF EXTRACTION YIELD AND CARRAGEENAN CONTENT FROM THE RED SEAWEED *BETAPHYCUS GELATINUS* OVER MONTHLY CYCLES THROUGHOUT THE YEAR

This study investigated the monthly variation in carrageenan yield and chemical composition from the red seaweed *Betaphycus gelatinus* collected in the coastal waters of Ninh Thuan, Vietnam, over a 12-month period (March 2022 - February 2023). Carrageenan was extracted using a two-step hot water method, and key chemical parameters-including galactose, 3,6-anhydrogalactose, uronic acid, and sulfate content-were quantified using standard colorimetric and turbidimetric techniques. Results showed significant monthly fluctuations in extraction yield, ranging from 25.34% (July) to 55.49% (August). August was also marked by the highest galactose content (64.75%), while the lowest galactose level (13.78%) was observed in June. The 3,6-anhydrogalactose content peaked in April (30.70%), whereas uronic acid showed less seasonal variability. Interestingly, sulfate content tended to increase in months with high extraction efficiency. Correlation analysis indicated a strong positive relationship between galactose and 3,6-anhydrogalactose ($r = 0.72$), and a significant negative correlation between uronic acid and total extraction yield ($r = -0.71$). These findings highlighted the influence of seasonal and environmental factors on carrageenan biosynthesis in *B. gelatinus* and suggested that harvesting during August might optimize both yield and carrageenan quality for industrial application.

1. Đặt vấn đề

Carrageenan là một polysaccharide chứa sulfate được chiết xuất chủ yếu từ các loài rong đỏ thuộc ngành Rhodophyta. Với đặc tính tạo gel, làm đặc và ổn định, carrageenan đã trở thành nguyên liệu không thể thiếu trong nhiều lĩnh vực như công nghiệp thực phẩm, dược phẩm và mỹ phẩm [1,2]. Trong số các loài rong đỏ tạo carrageenan, *Betaphycus gelatinus* (trước đây gọi là *Eucheuma gelatinum*) được đánh giá cao nhờ chất lượng

carrageenan [3]. Loài này thuộc họ Solieriaceae, bộ Gigartinales, sinh trưởng tốt tại các vùng ven biển nhiệt đới và cận nhiệt đới ở Đông Nam Á như Philippines, Indonesia, miền nam Trung Quốc và Việt Nam [4,5]. Tại Việt Nam, *B. gelatinus* tập trung chủ yếu tại khu vực ven biển từ Quảng Ngãi đến Ninh Thuận, nơi có các rạn đá và sóng mạnh - điều kiện lý tưởng cho sự phát triển của loài này [6]. Tuy nhiên, chất lượng và thành phần hóa học của carrageenan không phải lúc nào cũng

ổn định, mà có thể bị chi phối bởi nhiều yếu tố sinh thái, trong đó có thời gian thu hoạch trong năm [7].

Nhiều nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng điều kiện môi trường như nhiệt độ, ánh sáng, độ mặn và sóng biển có thể ảnh hưởng đến tốc độ sinh trưởng, tỷ lệ tích lũy polysaccharide và mức độ sulfat hóa của carrageenan. Những yếu tố này thường biến đổi theo mùa, dẫn đến sự thay đổi về thành phần hóa học của carrageenan theo thời gian. Cụ thể, ở *Hypnea musciformis* và *Kappaphycus alvarezii*, hàm lượng carrageenan đạt đỉnh vào mùa khô hoặc mùa xuân, khi điều kiện ánh sáng và nhiệt độ thuận lợi, và giảm đáng kể vào mùa mưa hoặc mùa hè [8,9]. Không chỉ tổng hàm lượng carrageenan thay đổi, mà tỷ lệ giữa các loại carrageenan như κ -, ι -, và λ -carrageenan cũng thay đổi đáng kể giữa các tháng [7,10]. Ở một số loài như *Gigartina pistillata* và *Chondracanthus chamosoi*, sự thay đổi cấu trúc carrageenan còn liên quan đến chu kỳ sống và điều kiện địa lý [7,11]. Do đó, việc xác định thời điểm thu hoạch tốt không những nâng cao năng suất carrageenan mà còn đảm bảo tính chất lý hóa mong muốn trong ứng dụng công nghiệp. Tuy nhiên, tại Việt Nam, dữ liệu về sự biến động thành phần hóa học của carrageenan theo tháng đối với loài *B. gelatinus* vẫn còn chưa được công bố.

Do đó, việc tiến hành phân tích thành phần hóa học của carrageenan thu nhận từ rong *B. gelatinus* qua từng tháng trong năm là cần thiết. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định mức độ thay đổi các thông số hóa học quan trọng như hàm lượng galactose, hàm lượng 3,6-anhydrogalactose, hàm lượng sulfat trong rong đỏ theo mùa vụ. Những thông tin này không chỉ giúp tối ưu hóa thời điểm thu hoạch nhằm nâng cao chất lượng sản

phẩm, mà còn góp phần xây dựng cơ sở khoa học cho việc phát triển chuỗi giá trị carrageenan tại Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu, thực nghiệm

2.1 Hoá chất

Các hóa chất được sử dụng trong chiết xuất và phân tích thành phần hóa học của carrageenan bao gồm: anthrone, resorcinol, và acid trichloroacetic (TCA) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, Mỹ), cũng như acid sulfuric, acid hydrochloric, natri sulfat, bari chloride, natri phosphat, và kali ferricyanide (Merck, Darmstadt, Đức), ethanol 96% (Việt Nam).

2.2. Thu mẫu rong và chiết tách carrageenan

Mẫu rong: Mẫu rong *B. gelatinus* được thu tại Xã Thái An, huyện Ninh Hải, tỉnh Ninh Thuận, Việt Nam, trong thời gian một năm từ tháng 3 năm 2022 đến tháng 2 năm 2023. Vị trí thu mẫu rong này thuộc vùng dưới triều dựa theo phương pháp của English và cộng sự, (1997) có sử dụng thiết bị lặn sâu scuba [12]. Rong đỏ sau khi thu được rửa với nước để loại bỏ đất, cát và các rong tạp. Tiến hành phơi khô tự nhiên mẫu rong trong bóng râm, tránh ánh nắng trực tiếp cho đến khi khối lượng rong không đổi.

Xử lý mẫu rong: 20 g rong biển khô được ngâm trong 200 mL nước cất ở nhiệt độ phòng trong 3 giờ, tiến hành tương tự như trên trong ba lần. Sau đó, mẫu rong được loại chất màu bằng cách ngâm trong 400 mL ethanol 96% trong vòng 12 giờ. Sau khi xử lý, rong được làm khô, cân và sử dụng làm nguyên liệu cho quá trình chiết polysaccharide.

Chiết carrageenan: Rong sau xử lý được chiết bằng nước với tỉ lệ 1:30 (W/V) ở nhiệt độ 105 °C và pH 7 trong vòng 2 giờ. Dịch chiết thu được lọc qua vải thô, sau

đó ly tâm để tách bã. Phần bã được sử dụng cho lần chiết thứ hai. Dịch chiết được cô đặc còn 1/3 thể tích so với ban đầu, sau đó được bổ sung ethanol 96% với tỉ lệ gấp ba lần thể tích để kết tủa polysaccharide. Tiến hành ly tâm thu tủa carrageenan bằng thiết bị ly tâm tốc độ cao Hermale Z446K (Đức) tại 7000 rpm, 15 phút, 30 °C. Sau đó tiến hành sấy khô đến khối lượng không đổi, cân và tính hiệu suất [13].

2.3. Phân tích hàm lượng galactose trong carrageenan

Hàm lượng galactose trong carrageenan được định lượng bằng phương pháp so màu sử dụng thuốc thử anthrone, với một số điều chỉnh nhỏ dựa trên phương pháp của Yaphe (1960). Đường chuẩn được thiết lập bằng galactose: dung dịch gốc được chuẩn bị với nồng độ 1 mg/mL, sau đó tiến hành dựng đường chuẩn trong 1 mL dung dịch với các thể tích là 0, 0,2, 0,4, và 0,6 mL dung dịch gốc galactose tương ứng với nồng độ 0, 0,067, 0,1333, và 0,2 mg/mL galactose [14].

Dung dịch thuốc thử được chuẩn bị bằng cách hòa tan 200 mg anthrone vào 100 mL acid sulfuric nồng độ 83,6% và bảo quản ở 4°C cho đến khi sử dụng.

Trong quá trình phân tích, 1 mL dung dịch carrageenan có nồng độ thích hợp được pha với 10 mL thuốc thử anthrone được chuẩn bị trong ống nghiệm có nắp vặn kín. Mẫu được đun cách thủy ở 100 °C trong 11 phút, sau đó làm lạnh nhanh bằng đá lạnh. Độ hấp thụ của dung dịch phản ứng được đo tại bước sóng $\lambda = 630$ nm bằng thiết bị UV-1800, Shimadzu, Nhật Bản.

2.4. Phân tích hàm lượng 3,6-anhydrogalactose trong carrageenan

Dung dịch thuốc thử được chuẩn bị bằng cách hòa tan 130 mg resorcinol vào 100

mL ethanol tuyệt đối. Từ đó, 10 mL dung dịch này được trộn với 100 mL acid hydrochloric đậm đặc 12M để tạo thành dung dịch phản ứng. Hỗn hợp này được chuẩn bị mới và bảo quản trong chai thủy tinh màu tối nhằm tránh tác động của ánh sáng.

Hàm lượng 3,6-anhydrogalactose trong carrageenan được xác định dựa trên phương pháp của Yaphe (1960) [14]. Cụ thể, 2 mL dung dịch carrageenan được phối trộn với 10 mL thuốc thử resorcinol (chuẩn bị ngay trước khi dùng). Sau đó làm lạnh trên đá trong 5 phút. Hỗn hợp được gia nhiệt ở 80°C trong 10 phút rồi làm lạnh nhanh bằng đá. Độ hấp thụ của dung dịch phản ứng được đo tại bước sóng $\lambda = 500$ nm bằng thiết bị UV-1800, Shimadzu, Nhật Bản.

2.5. Phân tích hàm lượng uronic acid trong carrageenan

Hàm lượng uronic acid được xác định theo phương pháp carbazole do Bitter và Muir (1962) đề xuất, sử dụng acid D-glucuronic để thiết lập đường chuẩn [15].

Mẫu phân tích (250 μ L) được cho vào ống nghiệm, sau đó thêm 1,5 mL dung dịch A - là hỗn hợp NaBH₄ 0,9% pha trong acid sulfuric 98%. Phản ứng được thực hiện ở 100 °C trong vòng 10 phút, rồi làm lạnh nhanh trong nước đá. Tiếp theo, bổ sung 50 μ L dung dịch B (carbazole 0,1% trong ethanol tuyệt đối), lắc đều và tiếp tục đun ở 100 °C thêm 15 phút. Sau khi phản ứng kết thúc và hỗn hợp được làm nguội về nhiệt độ phòng, tiến hành đo hấp thụ tại bước sóng $\lambda = 525$ nm.

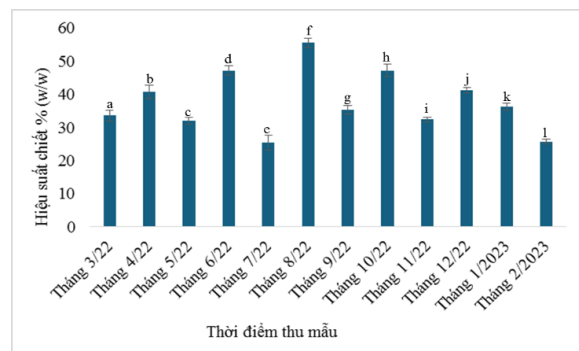
2.6. Phân tích hàm lượng sulfat trong carrageenan

Hàm lượng sulfat trong carrageenan được xác định bằng phương pháp đo độ đục theo hướng dẫn của Jackson và McCandless (1978) [16]. Hỗn hợp

barium-agarose được chuẩn bị bằng cách kết hợp agarose 0,02% với BaCl₂ 0,5%. Đối với mỗi mẫu phân tích, 1 mL dung dịch carrageenan được trộn với 1,2 mL trichloroacetic acid (TCA) 8%, sau đó bổ sung 600 μ L hỗn hợp barium-agarose. Hỗn hợp được lắc đều và để yên ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Sau thời gian phản ứng, độ đục của mẫu được đo tại bước sóng $\lambda = 500$ nm. Sodium sulfate được dùng làm chất chuẩn.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu suất chiết carrageenan từ rong *B. gelatinus* theo các tháng trong năm



Hình 1. Hiệu suất chiết carrageenan từ rong *B. gelatinus* theo các tháng trong năm, phân tích ANOVA với mức ý nghĩa tương ứng a, b, c, ... $P < 0,05$

Hình 1, cho thấy dữ liệu theo dõi trong 12 tháng có sự biến động đáng kể về hiệu suất chiết carrageenan từ rong *B. gelatinus*. Hiệu suất chiết dao động từ 25,34% (thấp nhất) vào tháng 7 đến 55,49% cao nhất vào tháng 8. Kết quả phân tích phương sai một yếu tố (ANOVA) cho thấy hiệu suất chiết carrageenan có sự sai khác có ý nghĩa thống kê theo tháng ($P < 0,05$). Phép thử hậu nghiệm Tukey HSD phân các tháng thành nhiều nhóm khác biệt. Trong đó, Tháng 8 - 2022 có hiệu suất chiết trung bình cao nhất và khác biệt rõ rệt so với các tháng còn lại, cho thấy đây có thể là

thời điểm tối ưu cho quá trình thu hoạch và chiết xuất. Như vậy hàm lượng carrageenan từ rong *B. gelatinus* có thể đạt tới 55% vào tháng 8 - thời điểm giao thoa ở cuối mùa khô và đầu mùa mưa có thể là điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của rong. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Mouradi (2008) và Suresh (2014), hàm lượng carrageenan đạt cao nhất vào tháng 8 của rong đỏ *Kappaphycus alvarezii*, *Hypnea musciformis* nằm trong khoảng từ 42,70 đến 63,73% [8,9]. Điều này định hướng cho việc khai thác nguyên liệu hiệu quả.

Kết quả hiệu suất chiết carrageenan từ rong *B. gelatinus* trong nghiên cứu này tương đương hoặc lớn hơn một số nghiên cứu trước đây. Chẳng hạn như, Marinho-Soriano và cộng sự (2006) đã công bố hiệu suất chiết từ *K. alvarezii* dao động từ 30 - 50% khối lượng khô tùy thuộc vào mùa thu hoạch và điều kiện môi trường [17]. Tương tự, nghiên cứu của Truus và cộng sự (2006) ghi nhận hiệu suất chiết carrageenan từ một số loài rong đỏ thuộc họ Gigartinaceae đạt từ 40 - 60%, đặc biệt cao khi thu hoạch trong thời điểm rong phát triển mạnh [18].

3.2. Kết quả thành phần hóa học của carrageenan theo tháng đối với rong *B. gelatinus*

Thành phần hóa học của carrageenan theo tháng đối với rong *B. gelatinus* đưa ra trong bảng 1.

Cũng tương tự về thành phần hóa học, dữ liệu theo dõi trong 12 tháng có sự biến động đáng kể (Bảng 1). Hàm lượng galactose biến thiên mạnh, từ mức thấp nhất là 13,77% (tháng 6) đến cao nhất là 64,75% (tháng 8), cho thấy tháng 8 không chỉ đạt hiệu suất chiết cao mà còn thu được lượng galactose lớn nhất. Hàm lượng 3,6-anhydrogalactose cao nhất vào tháng 4 (30,69%) và thấp nhất ở tháng 6

(12,16%). Sự biến thiên mạnh của hàm lượng galactose có thể phụ thuộc vào hàm lượng 3,6-anhydrogalactose (tháng 6), các nghiên cứu về cấu trúc của carrageenan từ rong *B. gelatinus* chỉ ra rằng: hỗn hợp giữa β -carrageenan và κ -carrageenan là thành phần chủ yếu, và là các đơn vị liên kết giữa galactose và 3,6-anhydrogalactose [3]. Trong khi hàm lượng uronic acid dao động tương đối hẹp, từ 17,57% đến 28,32%. Do đó, thành phần hóa học của carrageenan từ rong *B. gelatinus* không cho thấy sự thay đổi theo các tháng/mùa rõ rệt.

Bảng 1. Kết quả thành phần hóa học của carrageenan theo tháng đối với rong *B. gelatinus*

Tháng	Hàm lượng galactose (%)	Hàm lượng 3,6-anhydrogalactose (%)	Hàm lượng uronic acid (%)	Hàm lượng SO_4^{2-} (%)
T1	42,37±0,17	26,32±0,16	21,89±0,37	10,88±0,35
T2	33,08±0,15	22,02±0,18	26,09±0,31	10,82±0,14
T3	41,0±0,33	22,91±0,19	26,29±0,33	10,74±0,18
T4	60,61±0,28	30,69±0,16	28,32±0,17	10,90±0,14
T5	46,85±0,16	27,64±0,18	22,02±0,17	11,20±0,17
T6	13,77±0,18	12,16±0,15	17,57±0,17	11,27±0,34
T7	43,63±0,17	21,97±0,09	26,59±0,17	10,74±0,19
T8	64,75±0,32	22,21±0,15	24,0±0,08	10,84±0,19
T9	51,77±0,16	30,57±0,15	21,29±0,15	10,64±0,37
T10	59,07±0,16	24,62±0,25	20,74±0,15	11,22±0,18
T11	31,83±0,34	21,13±0,39	21,45±0,04	10,97±0,16
T12	36,14±0,28	24,13±0,19	21,58±0,16	10,72±0,18

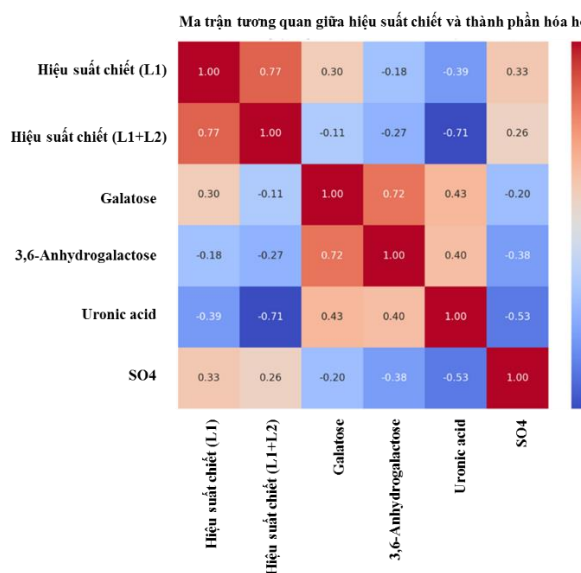
So sánh với các nghiên cứu trước, Freile-Pelegri và Robledo (2008) cho thấy *Kappaphycus alvarezii* thu hoạch ở vùng biển Mexico có hàm lượng galactose dao động từ 45 - 65%, tùy vào điều kiện môi trường và kỹ thuật canh tác [19], tương đương với tháng 8 trong nghiên cứu này. Trong khi đó, dữ liệu của Pereira và Mesquita (2004) cũng cho thấy 3,6-anhydrogalactose dao động trong khoảng 20 - 35% trong các loài *Gigartina* và *Chondrus* [20], tương đồng với khoảng giá trị của *B. gelatinus* nghiên cứu. Đối với uronic acid, các nghiên cứu thường không tập trung nhiều vào chỉ số này trong carrageenan, nhưng một vài công trình đã chỉ ra rằng hàm lượng uronic acid ở rong đỏ không dao động lớn theo mùa [21], điều này phù hợp với kết quả thể hiện trong nghiên cứu này. Như vậy, sự ổn định tương đối của các thành phần hóa học này qua các công bố trước và các tháng trong năm cho thấy *B. gelatinus* là nguồn nguyên liệu tiềm năng, có chất lượng ổn định quanh năm - một yếu tố quan trọng cho ứng dụng công nghiệp.

Đáng chú ý, hàm lượng sulfat (SO_4^{2-}) có xu hướng tăng trong tháng có hiệu suất chiết cao (ví dụ tháng 6 đạt trên 11,2%). Kết quả này có khả năng liên quan đến mức độ sulfat hóa phụ thuộc vào từng thời điểm trong năm. Nghiên cứu của Rajasulochana và cộng sự (2006) sử dụng phổ hồng ngoại (FTIR) để phân tích carrageenan từ *Hypnea flagelliformis* và *Sarconema filiforme*, cho thấy cường độ hấp thụ của các nhóm chức liên quan đến sulfat mạnh hơn vào mùa hè so với mùa đông [22], phản ánh sự gia tăng hàm lượng sulfat trong carrageenan vào mùa hè (tháng 6 - trong nghiên cứu này).

Qua kết quả phân tích, tháng 8 là thời điểm nổi bật với cả hiệu suất chiết và hàm lượng galactose cao vượt trội. Mặt khác, tháng 6 cho thấy hiệu suất chiết cao

nhưng hàm lượng thành phần carrageenan không đồng đều, đặc biệt là galactose thấp và sulfat cao. Vì vậy, cần được xem xét kỹ hơn về đặc tính sinh học của nguyên liệu trong giai đoạn này.

3.3. Phân tích sự tương quan giữa hiệu suất chiết và thành phần hóa học của rong *B. gelatinus*



Hình 2. Phân tích sự tương quan giữa hiệu suất chiết và thành phần hóa học của rong *B. gelatinus*, ma trận tương quan Pearson được xử lý bằng SPSS 27.0.1.0

Kết quả ở hình 2 cho thấy: Galactose và 3,6-anhydrogalactose tương quan dương cao ($r = 0,72$), điều này hợp lý do cả hai đều là thành phần cấu tạo chính trong cấu trúc của carrageenan. Uronic acid có tương quan âm cao với hiệu suất chiết tổng ($r = -0,71$), kết quả này có thể hiểu rằng khi hàm lượng uronic acid tăng, hiệu suất chiết tổng lại giảm. Điều này có thể phản ánh mối quan hệ nghịch về khả năng hòa tan, khi hàm lượng uronic acid tăng đã cản trở khả năng hòa tan của carrageenan nên dẫn tới hiệu suất chiết tổng giảm. Hiệu suất chiết và Galactose, hiệu suất chiết và SO_4^{2-} chỉ tương quan yếu (L1: $r = 0,30$, L1: $r = 0,33$; tương

ứng), cho thấy các yếu tố này không phải ảnh hưởng đến hiệu suất chiết. Ngoài ra, hàm lượng galactose và SO_4^{2-} trong nghiên cứu này thể hiện tương quan âm yếu ($r = -0,20$), kết quả này tương tự với nghiên cứu của Suresh và cộng sự (2014) khi tìm thấy mối tương quan âm giữa tổng carbohydrate và SO_4^{2-} ($r = -0,471$) trong rong đỏ *K. alvarezii* [8].

4. Kết luận

Nghiên cứu đã chứng minh rằng hiệu suất chiết và thành phần hóa học của carrageenan từ rong đỏ *Betaphycus gelatinus* thu tại vùng biển Ninh Thuận có sự biến động rõ rệt theo các tháng trong năm. Tháng 8 được xác định là thời điểm tối ưu với hiệu suất chiết và hàm lượng galactose cao nhất, trong khi tháng 6 tuy có hiệu suất chiết cao nhưng lại cho hàm lượng galactose thấp và hàm lượng sulfat cao. Phân tích tương quan cho thấy galactose và 3,6-anhydrogalactose có mối liên hệ chặt chẽ, trong khi uronic acid có tương quan âm với hiệu suất chiết. Những kết quả này không chỉ cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn thời điểm thu hoạch phù hợp nhằm tối ưu hóa hiệu suất và chất lượng carrageenan, mà còn góp phần vào định hướng phát triển nguồn nguyên liệu ổn định và bền vững phục vụ các ngành công nghiệp có ứng dụng carrageenan tại Việt Nam.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện bởi sự hỗ trợ kinh phí của đề tài nghiên cứu khoa học thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và công nghệ Việt Nam mã số QTRU02.07/25-26.

Tài liệu tham khảo

1. Udo, T.; Mummaleti, G.; Mohan, A.; Singh, R.K.; Kong, F., (2023). Current and Emerging Applications of Carrageenan in

- the Food Industry. *Food Res. Int.*, **173**, 113369.
2. Pacheco-Quito, E.M.; Ruiz-Caro, R.; Veiga, M.D., (2020). Carrageenan: Drug Delivery Systems and Other Biomedical Applications. *Mar. Drugs*, **18**.
3. Hung, L.D.; Nguyen, H.T.T.; Trang, V.T.D.; Nghia, L.T.; Trung, D.T.; Thuy, T.T.T., (2024). Hybrid Beta/Kappa/Gamma-Carrageenan from the Red Alga *Betaphycus Gelatinus* in Vietnam. *J. Appl. Phycol*, 1-7.
4. Phang, S. M., Yeong, H. Y., Ganzon-Fortes, E. T., Lewmanomont, K., Prathep, A., Gerung, G. S., & Tan, K.S., (2016). Marine Algae of the South China Sea Bordered by Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand and Vietnam. *Raffles Bull. Zool*, 13-59.
5. Dumilag, R. V., (2018). *Betaphycus Gelatinus* and *B. Philippinensis* (Gigartinales, Rhodophyta) Are Conspecific. *Phytotaxa*, **372**, 22-34.
6. Van Nguyen, T.; Le, N.H.; Lin, S.M.; Steen, F.; De Clerck, O., (2013). Checklist of the Marine Macroalgae of Vietnam. *Bot. Mar*, **56**, 207-227.
7. Véliz, K.; Chandía, N.; Rivadeneira, M.; Thiel, M., (2017). Seasonal Variation of Carrageenans from *Chondracanthus Chamissoi* with a Review of Variation in the Carrageenan Contents Produced by Gigartinales. *J. Appl. Phycol*, **29**, 3139-3150.
8. Suresh Kumar, K.; Ganesan, K.; Subba Rao, P. V., (2015). Seasonal Variation in Nutritional Composition of *Kappaphycus Alvarezii* (Doty) Doty-an Edible Seaweed. *J. Food Sci. Technol*, **52**, 2751-2760.
9. Aziza, M.; Givernaud, T.; Chikhaoui-Khay, M.; Bennasser, L. Seasonal Variation of the Growth, (2008). Chemical Composition and Carrageenan Extracted from *Hypnea Musciformis* (Wulfen) Lamouroux Harvested along the Atlantic Coast of Morocco. *Sci. Res. Essay*, **2**, 509-514.
10. Setyawidati, N.; Liabot, P.O.; Perrot, T.; Radiarta, N.; Deslandes, E.; Bourgougnon, N.; Rossi, N.; Stiger-Pouvreau, V. In Situ, (2017). Variability of Carrageenan Content and Biomass in the Cultivated Red Macroalga *Kappaphycus Alvarezii* with an Estimation of Its Carrageenan Stock at the Scale of the Malasoro Bay (Indonesia) Using Satellite Image Processing. *J. Appl. Phycol*, **29**, 2307-2321.
11. Amimi, A.; Mouradi, A.; Bennasser, L.; Givernaud, T., (2007). Seasonal Variations in Thalli and Carrageenan Composition of *Gigartina Pistillata* (Gmelin) Stackhouse (Rhodophyta, Gigartinales) Harvested along the Atlantic Coast of Morocco. *Phycol. Res*, **55**, 143-149.
12. English, S.; Wilkinson, C.; Baker ADI, V. SURVEY MANUAL FOR TROPICAL MARINE RESOURCES 2nd Edition.
13. Ohnoi, M.; Nang, H.Q.; Hirase, S., (1997). Biology and Agar Quality of Cultivated *Gracilaria* from Vietnam. *Bull. Mar. Sci. Fish*, 15-21.
14. Yaphe, W., (1960). Colorimetric Determination of 3,6-Anhydrogalactose and Galactose in Marine Algal Polysaccharides. *Anal. Chem*, **32**, 1327-1330.
15. Bitter, T.; Muir, H.M. A (1962). Modified Uronic Acid Carbazole Reaction. *Anal. Biochem*, **4**, 330-334.
16. Jackson, S.G.; McCandless, E.L., (1978). Simple, Rapid, Turbidometric Determination of Inorganic Sulfate and/or Protein. *Anal. Biochem*. **1978**, **90**, 802-808.
17. Marinho-Soriano, E.; Fonseca, P.C.; Carneiro, M.A.A.; Moreira, W.S.C., (2006). Seasonal Variation in the Chemical Composition of Two Tropical Seaweeds. *Bioresour. Technol*, **97**, 2402-2406.
18. Tuvikene, R.; Truus, K.; Kollist, A.; Volobujeva, O.; Mellikov, E.; Pehk, T., (2007). Gel-Forming Structures and Stages of Red Algal Galactans of Different Sulfation Levels. *Ninet. Int. Seaweed Symp*, 77-85.

19. Freile-Pelegrín, Y.; Murano, E., (2005). Agars from Three Species of Gracilaria (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresour. Technol*, **96**, 295-302.
20. Pereira, L.; Mesquita, J.F., (2004). Population Studies and Carrageenan Properties of Chondracanthus Teedei Var. Lusitanicus (Gigartinaceae, Rhodophyta). *J. Appl. Phycol*, **16**, 369-383.
21. Campo, V.L.; Kawano, D.F.; Silva, D.B. da; Carvalho, I., (2009). Carrageenans: Biological Properties, Chemical Modifications and Structural Analysis - A Review. *Carbohydr. Polym*, **77**, 167-180.
22. Analysis on the Seasonal Variations in Carrageenans of Hypnea Flagelliformis and Sarconema Filiforme by FTIR Spectroscopy Available online: https://www.researchgate.net/publication/295699706_Analysis_on_the_Seasonal_Variations_in_Carrageenans_of_Hypnea_flagelliformis_and_Sarconema_filiforme_by_FTIR_Spectroscopy (accessed on 22 May 2025).