

DOI:10.22144/ctujos.2026.107

THU NHẬN CARRAGEENAN TỪ RONG SỤN (*Kappaphycus alvarezii*) BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾT CÓ HỖ TRỢ CỦA SÓNG SIÊU ÂM

Ngô Hồng Loan*, Lâm Hoàng Anh Thu, Hoàng Thùy Dương, Nguyễn Ngọc Quỳnh Anh, Phạm Tiên Dũng, Nguyễn Đông Thức, Đặng Thị Như Quỳnh, Phan Thị Kim Ngân và Nguyễn Hữu Tuyền

Trung tâm Nghiên cứu triển khai Khu Công nghệ cao, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): nhloan.shtp@tphcm.gov.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 23/09/2025

Sửa bài (Revised): 27/10/2025

Duyệt đăng (Accepted): 21/04/2026

Title: Extraction of carrageenan from red seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) using Ultrasound-Assisted Method

Author(s): Ngo Hong Loan*, Lam Hoang Anh Thu, Hoang Thuy Duong, Nguyen Ngoc Quynh Anh, Pham Tien Dung, Nguyen Dong Thuc, Dang Thi Nhu Quynh, Phan Thi Kim Ngan and Nguyen Huu Tuyen

Affiliation(s): Research Laboratories of Saigon Hi-Tech Park, Viet Nam

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng và tối ưu hóa quy trình chiết xuất carrageenan từ rong sụn *Kappaphycus alvarezii* bằng phương pháp chiết có hỗ trợ siêu âm (UAE). Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu và dung môi (1:50, 1:100, 1:120 w/v), nhiệt độ chiết (40–80°C) và thời gian chiết (30, 45, 60 phút) được đánh giá thông qua hiệu suất thu nhận và phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR). Kết quả cho thấy hiệu suất cao nhất (59,74 ± 8,15%) đạt được ở điều kiện 60°C, 30 phút với tỷ lệ 1:100 (w/v). Phân tích FTIR xác nhận đặc trưng cấu trúc của carrageenan, chứng minh rằng quy trình UAE tối ưu là phương pháp hiệu quả và phù hợp để thu nhận carrageenan với hiệu suất cao.

Từ khóa: Carrageenan, *Kappaphycus alvarezii*, phương pháp chiết siêu âm

ABSTRACT

This study aimed to develop and optimize a sustainable process for extracting carrageenan from the red seaweed *Kappaphycus alvarezii* using ultrasonic-assisted extraction (UAE). The effects of seaweed-to-solvent ratio (1:50, 1:100, 1:120 w/v), extraction temperature (40–80°C), and extraction time (30, 45, 60 min) were evaluated in terms of yield and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectra. The highest yield of carrageenan (59.74 ± 8.15%) was achieved under UAE conditions of 60°C, 30 min, and a ratio of 1:100 (w/v). Besides, FTIR spectrum results confirmed the structure of carrageenan, and the ultrasonic-assisted method with optimal conditions was suitable for high-yield carrageenan extraction.

Keywords: Carrageenan, *Kappaphycus alvarezii*, ultrasonic-assisted extraction

1. GIỚI THIỆU

Carrageenan là một polysaccharide sulfate có trọng lượng phân tử cao, chiếm thành phần chính trong thành tế bào và cụ thể là chất nền ngoại bào

của rong biển đỏ, đặc biệt là từ hai chi *Eucheuma* và *Kappaphycus* - nguồn cung cấp hơn 90% sản lượng carrageenan toàn cầu, trong đó *Kappaphycus alvarezii* là nguồn cung cấp chủ yếu κ-carrageenan, một trong ba loại carrageenan thương mại chính

(Rupert et al., 2022). Về cấu trúc, carrageenan là polymer mạch thẳng gồm D-galactose và 3,6-anhydrogalactose liên kết luân phiên bằng liên kết glycosidic α -(1,3) và β -(1,4) (Mendes et al., 2024). Carrageenan được ứng dụng phổ biến trong nhiều ngành công nghiệp, đặc biệt là thực phẩm với các sản phẩm từ sữa và thịt nhờ khả năng liên kết tốt với protein. Ba loại carrageenan chính là λ (lambda), κ (kappa), ι (iota), trong đó κ - carrageenan từ rong sụn có giá trị cao nhờ khả năng tạo ra cấu trúc gel cứng và giòn (Necas & Bartosikova, 2013).

Carrageenan thường được chiết bằng phương pháp truyền thống như chiết nước nóng và có xử lý kiềm, tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là thời gian chiết xuất dài, nhiệt độ cao và sử dụng hóa chất (Necas & Bartosikova, 2013). Thời gian gần đây, một trong những phương pháp chiết được xem là một giải pháp công nghệ xanh trong việc ứng dụng phương pháp chiết xuất có hỗ trợ bằng siêu âm (ultrasound-assisted extraction - UAE) để thu nhận carrageenan. So với phương pháp truyền thống dùng nước nóng và kiềm, phương pháp chiết có hỗ trợ bằng siêu âm vượt trội hơn hẳn khi rút ngắn đáng kể thời gian chiết xuất từ vài giờ xuống chỉ còn khoảng 30-50 phút (Murdiningsih & Hasan, 2017). Nhiều nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng quá trình chiết xuất được hỗ trợ bằng siêu âm giúp tăng hiệu quả chiết xuất, các chất chuyển hóa thứ cấp thực vật đạt được năng suất cao hơn, giảm thời gian xử lý, thân thiện với môi trường vì phương pháp này tiết kiệm được dung môi và năng lượng (Abubakar & Haque, 2020). Phương pháp này sử dụng năng lượng sóng siêu âm trong quá trình chiết, sóng siêu âm gây hiện tượng xâm thực, tạo ra bọt khí làm tăng tốc độ hòa tan và khuếch tán của chất tan cũng như truyền nhiệt, giúp cải thiện hiệu suất chiết, được áp dụng để chiết xuất các hợp chất chịu nhiệt và không ổn định, thường được sử dụng trong việc khai thác nhiều loại sản phẩm tự nhiên (Kumar et al., 2021). Nghiên cứu này tập trung vào khảo sát các điều kiện chiết về tỉ lệ *K. alvarezii* và dung môi, thời gian và nhiệt độ siêu âm để nâng cao hiệu suất thu nhận carrageenan từ *K. alvarezii*.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Rong sụn khô (*Kappaphycus alvarezii*) được cung cấp bởi Trung tâm Thông tin Ứng dụng Tiên bộ Khoa học và Công nghệ Ninh Thuận, Việt Nam. Nguồn nguyên liệu được đánh giá về cảm quan theo tiêu chuẩn TCVN 10371:2014 về rong sụn.

Calcium chloride 99,5% (CaCl_2) (Xilong Scientific Co, Ltd), Sodium hydroxide 99,5 % (NaOH) (Xilong Scientific Co, Ltd), Hydrochloric acid 38% (HCl) (Xilong Scientific Co, Ltd).

2.2. Khảo sát ảnh hưởng tỉ lệ *K. alvarezii* và dung môi trong ly trích

Quá trình ly trích carrageenan từ *K. alvarezii* được thực hiện theo Nguyen et al. (2020) có sửa đổi, 10 g *K. alvarezii* khô được cân và cắt thành từng miếng nhỏ khoảng 1-2 cm và rửa sạch dưới vòi nước chảy. Dung môi là nước được sử dụng để tiến hành thí nghiệm. Cho *K. alvarezii* vào cốc, ngâm trong 2 giờ theo tỉ lệ nước và *K. alvarezii* như Bảng 1 cho đến khi rong nở đều thì đặt cốc vào bể siêu âm Elmasonic S180H (37 kHz, Đức) và siêu âm trong 30 phút ở 60°C. Sau quá trình siêu âm, dịch chiết *K. alvarezii* ở trạng thái nóng trên sẽ được lọc qua vải lọc với kích thước lỗ 100 mesh. Dung dịch CaCl_2 1% được sử dụng để tủa phần dịch chiết sau khi lọc với tỉ lệ 1:1 và để yên ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Phần kết tủa được rửa lại với nước 3 lần với nước lạnh 4°C, sau đó đông khô ở -51°C trong buồng chân không đến khối lượng không đổi và xay thành bột mịn đồng nhất. Các thí nghiệm được lặp lại ba lần. Mẫu bột carrageenan thu nhận được ở mỗi thí nghiệm thức chiết được đánh giá hiệu suất thu nhận carrageenan và quang phổ hồng ngoại biến đổi (FTIR - Fourier Transform Infrared Spectroscopy) để xác định nhóm chức hóa học có trong mỗi thí nghiệm thức.

Bảng 1. Tỉ lệ thành phần các thí nghiệm thức khảo sát

Tỷ lệ	<i>K. alvarezii</i> (g)	Nước cất (mL)
1:50	10	500
1:100	10	1000
1:120	10	1200

2.3. Khảo sát sự ảnh hưởng nhiệt độ ly trích

Từ tỉ lệ *K. alvarezii* và nước đã được chọn ra từ khảo sát 2.2, thực hiện các thí nghiệm thức ly trích để khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ ở 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C với quy trình thực hiện và đánh giá các chỉ tiêu như mục 2.2 trước đó.

2.4. Khảo sát ảnh hưởng thời gian ly trích

Từ tỉ lệ ly trích và nhiệt độ siêu âm được chọn ở khảo sát 2.2 và 2.3, tiến hành khảo sát thời gian ly trích theo các mốc 30 phút, 45 phút và 60 phút. Quy trình ly trích được thực hiện và đánh giá như thử nghiệm mục 2.3.

2.5. Phương pháp đánh giá và phân tích

2.5.1. Đánh giá hiệu suất thu nhận carrageenan

Hiệu suất thu nhận là tỉ lệ phần trăm về khối lượng carrageenan thu được so với khối lượng *K. alvarezii* khô ban đầu và được tính bằng công thức:

$$H (\%) = P/AS \times 100 \%$$

Trong đó: H là hiệu suất thu hồi carrageenan thô (%), P là lượng carrageenan thô được ly trích (g), AS là lượng nguyên liệu *K. alvarezii* khô được sử dụng để chiết (g)

2.5.2. Phương pháp phân tích FTIR

FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) là kĩ thuật quang phổ hấp thụ hồng ngoại sử dụng nguyên lý biến đổi Fourier để xác định thành phần hóa học và cấu trúc phân tử của vật liệu. Các mẫu carrageenan được đông khô ở -51 °C trong điều kiện chân không và phân tích bằng FTIR N/MIR Frontier của Perkinelmer tại Viện Khoa học Vật liệu Ứng dụng, thành phố Hồ Chí Minh.

2.6. Xử lý số liệu

Thí nghiệm tiến hành lặp lại 3 lần và số liệu kết quả trung bình của các lần thí nghiệm, sự khác biệt giữa các số liệu thống kê bằng phần mềm Excel 365 và phần mềm SPSS Statistics 20.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

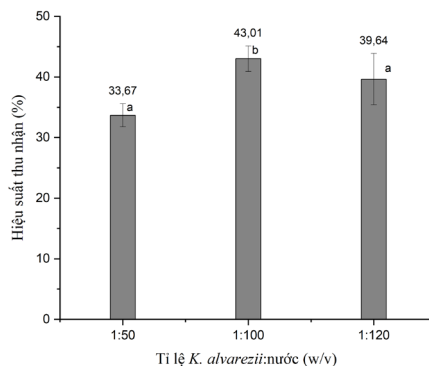
Nguồn nguyên liệu được đánh giá về cảm quan tại Viện Khoa học Vật liệu Ứng dụng, thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả đánh giá cảm quan nguồn nguyên liệu rong sụn *K. alvarezii* (theo TCVN 10371:2014) cho thấy rong sụn có màu nâu tự nhiên, mùi đặc trưng, không có mùi lạ, không lẫn tạp chất cơ học và thân rong khô, nguyên vẹn. Độ ẩm được xác định là 6,79%. Các chỉ tiêu này đều phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn, phù hợp để thực hiện các thí nghiệm tiếp theo.

3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ *K. alvarezii*:dung môi đến hiệu suất thu nhận của carrageenan

Trong thí nghiệm này, nước được sử dụng là dung môi chính để tách chiết carrageenan từ rong sụn có sự tham gia của sóng siêu âm với thời gian chiết là 30 phút và nhiệt độ là 60°C.

Kết quả được thể hiện ở Hình 1 cho thấy có sự thay đổi về hiệu suất carrageenan thu nhận được ($p < 0,05$) khi thay đổi lượng nước dùng trong quá trình chiết từ 50 lần lên 100 lần. Với tỉ lệ *K. alvarezii*:nước là 1:50, hiệu suất thu nhận đạt $33,67 \pm 1,90 \%$. Giá trị này tăng lên khi tỉ lệ nước

tăng lên 100 lần, với giá trị hiệu suất đạt được cao nhất là $43,01 \pm 2,11\%$. Khi tiếp tục tăng lượng nước lên gấp 120 lần, hiệu suất thu nhận carrageenan giảm còn $39,64 \pm 4,24\%$. Việc tăng lượng nước trong quá trình chiết tách carrageenan từ *K. alvarezii* giúp nâng cao hiệu suất chiết tách do hai yếu tố chính. Thứ nhất, lượng nước lớn giúp duy trì sự chênh lệch nồng độ cao giữa mô rong và dung dịch, từ đó thúc đẩy quá trình khuếch tán carrageenan. Thứ hai, dung dịch chiết có độ nhớt thấp hơn khi pha loãng, giúp cải thiện sự đối lưu và khuếch tán đối lưu trong hệ, từ đó tăng tốc độ ly trích và cải thiện hiệu quả chiết xuất. Bên cạnh đó, sóng siêu âm trong quá trình chiết cũng hỗ trợ giải phóng carrageenan nhanh hơn (Nurmiah et al., 2017). Tuy nhiên, lượng nước tăng cao có thể gây giảm hiệu suất thu nhận do dung môi quá loãng, dẫn đến giảm hiệu quả thu giữ chất tan do tỷ lệ phân tán lớn gây nên hiệu suất chuyển khối giảm, nồng độ sản phẩm trong dung dịch thấp và mất sản phẩm khi lọc và thu hồi (Li et al., 2025).

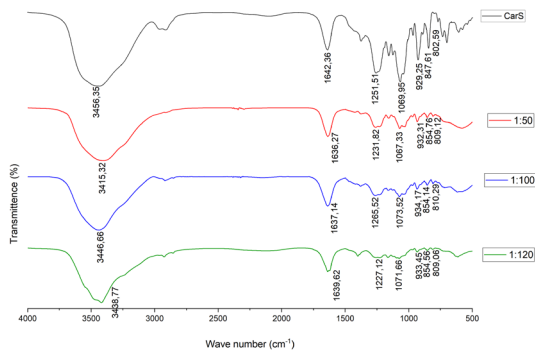


Hình 1. Ảnh hưởng của tỉ lệ nước đến hiệu suất thu nhận carrageenan

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha = 0,05$

Theo Hình 2, phổ FTIR thể hiện cấu trúc hóa học của carrageenan được chiết xuất từ rong sụn ở các tỉ lệ dung môi nước khác nhau là 1:50, 1:100 và 1:120. Kết quả cho thấy ở cả ba mẫu đều xuất hiện các dải hấp thụ đặc trưng của carrageenan. Đỉnh hấp thụ đặc trưng được quan sát tại các vùng $840-870 \text{ cm}^{-1}$ và $800-805 \text{ cm}^{-1}$, tương ứng với 3,6-anhydrogalactose-4-sulfate và 3,6-anhydrogalactose-2-sulfate. Sự xuất hiện của các đỉnh này trong cả ba mẫu là bằng chứng rõ ràng cho thấy sự hiện diện của κ -carrageenan và ι -carrageenan, phù hợp với tiêu chuẩn FAO (2014). Tuy nhiên, sự xuất hiện yếu hoặc không rõ ràng của đỉnh khoảng 805 cm^{-1} (liên quan đến nhóm sulfate ester tại vị trí C2 của gốc anhydro-D-galactose (DA2S điển hình cho ι -carrageenan) ở cả ba mẫu

carrageenan cho thấy ι-carrageenan trong mẫu có thể thấp, điều này có thể giải thích do ảnh hưởng của quá trình siêu âm dẫn đến sự phân cắt một số nhóm sulfate khỏi chuỗi trong cấu trúc của ι-carrageenan, tương tự như trong nghiên cứu của Tecson (2021) đã cho thấy việc giảm cường độ của đỉnh đặc trưng 843 cm⁻¹ cho cấu trúc của κ-carrageenan bị ảnh hưởng bởi siêu âm (Tecson et al., 2021; Mendes et al., 2024). Ngoài ra, sự dịch chuyển đỉnh từ vùng 800-805 cm⁻¹ lên khoảng 809 cm⁻¹ có thể là do sự biến đổi tự nhiên và tính không đồng nhất vốn có trong cấu trúc hóa học của carrageenan (Vandanjon et al., 2023).



Hình 2. Phổ FTIR của carrageenan thu được với tỉ lệ nước ly trích khác nhau

Phân tích cấu trúc FTIR được sử dụng để xác định sự hiện diện của các nhóm chức hóa học của các phân tử có trong mẫu thu được, trong đó tính tương đồng của các nhóm chức tồn tại giữa mẫu phân tích so với tiêu chuẩn cơ sở của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO, 2014).

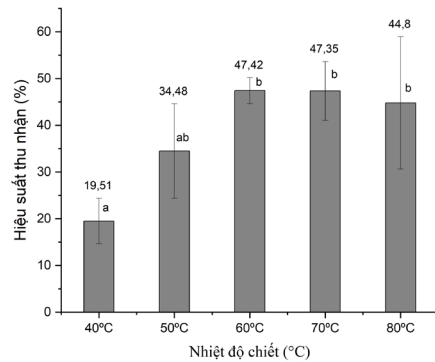
Với hiệu suất thu nhận đạt được cao hơn và kết quả FTIR đặc trưng cho carrageenan, tỉ lệ 1:100 được chọn để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất thu nhận carrageenan

Thí nghiệm được thực hiện tương tự thí nghiệm 3.1 với tỉ lệ 1:100 và các mức nhiệt độ từ 40°C đến 80°C.

Theo Hình 3, kết quả về ảnh hưởng của nhiệt độ được thể hiện rõ qua sự thay đổi về hiệu suất thu nhận của carrageenan. Khi tăng nhiệt độ khảo sát từ 40°C lên đến 80°C thì hiệu suất thu nhận carrageenan thay đổi ($p < 0,05$) từ $19,51 \pm 4,88\%$ (ở 40°C) đến $44,8 \pm 14,17\%$ (ở 80°C), mức hiệu suất đạt giá trị cao nhất ở 60°C là $47,42 \pm 2,79\%$. Tại hai mức nhiệt độ là 40°C và 50°C, hiệu suất thu nhận carrageenan ghi nhận khá thấp với giá trị lần lượt là

$19,51 \pm 4,88\%$ và $34,48 \pm 10,11\%$. Trong khoảng nhiệt độ từ 60°C đến 80°C, giá trị hiệu suất ghi nhận sự thay đổi không đáng kể.

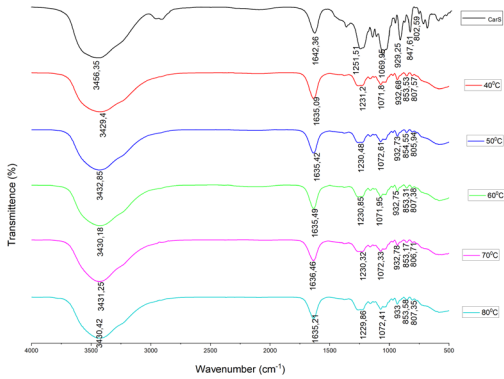


Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất thu nhận carrageenan. Các chữ cái khác nhau trên cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha = 0,05$

Một số nghiên cứu cho thấy nhiệt độ chiết càng cao thì hiệu suất thu nhận carrageenan càng tăng lên (Webber et al., 2012). Nhiệt độ chiết xuất càng cao thì hiệu ứng gia nhiệt càng lớn, do đó tối đa hóa tính thấm của thành tế bào. Tính thấm tăng lên đóng vai trò trong việc đẩy nhanh quá trình phản ứng, tăng tốc độ khuếch tán các hợp chất qua thành tế bào từ /đó tăng sản lượng chiết xuất và chất lỏng từ bên trong tế bào ra ngoài dung môi (Jiang et al., 2022). Tuy nhiên, nhiệt độ quá cao có thể làm các liên kết glycosidic trong chuỗi polysaccharide bị thủy phân một phần, dẫn đến đứt gãy mạch polymer. Sự đứt gãy mạch polymer của carrageenan làm giảm đáng kể khả năng kết tủa với CaCl₂. Các đoạn mạch nhỏ hơn vẫn mang nhóm sulfate và tạo cầu ion với Ca²⁺ nhưng không đủ chiều dài để hình thành cấu trúc ba chiều, do đó phần carrageenan bị cắt ngắn vẫn ở lại trong pha lỏng, làm giảm hiệu suất khi kết tủa bằng CaCl₂ (Álvarez-Viñas et al., 2023).

Đối với các polysaccharide như carrageenan, FTIR được sử dụng để xác định các nhóm chức năng đặc trưng. Theo Hình 4, phổ FTIR của carrageenan thu nhận từ *K. alvarezii* tại 5 mức nhiệt độ 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C trong quá trình chiết xuất đều cho thấy các đỉnh đặc trưng cho các nhóm chức năng khác nhau theo FAO (2014). Sự dịch chuyển nhỏ quan sát trong mẫu khảo sát có thể được giải thích và nằm trong biên độ biến thiên thường gặp đối với các polysaccharide tự nhiên phức tạp. Kết quả này cũng cho thấy tác động của nhiệt độ không làm thay đổi bản chất các nhóm chức hóa học chủ

ýêu của carrageenan như nhóm sulfate ester (~1230 cm^{-1}), liên kết C–O–C glycosidic (~932 cm^{-1}) hay dao động O–H (~3430 cm^{-1})



Hình 4. Phổ FTIR của carrageenan thu được với nhiệt độ ly trích khác nhau

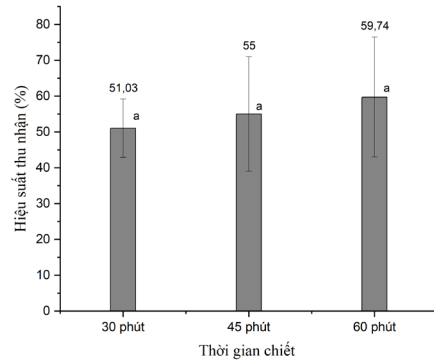
Dựa theo kết quả về hiệu suất thu nhận và phổ FTIR của mẫu carrageenan thu được, nhiệt độ chiết 60°C được chọn để tiếp tục thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng của thời gian chiết đến hiệu suất thu nhận carrageenan

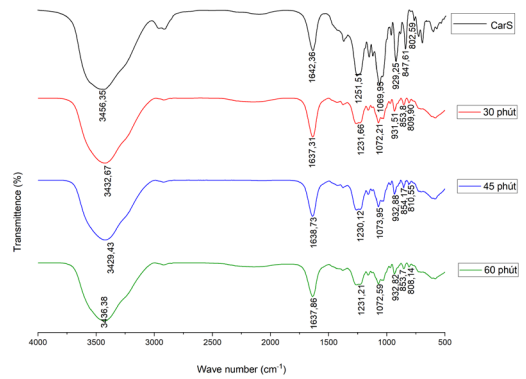
Thí nghiệm được thực hiện tương tự thí nghiệm 3.2 với tỉ lệ 1:100, nhiệt độ chiết 60°C và khảo sát với các mốc thời gian 30 phút, 45 phút, 60 phút.

Kết quả của khảo sát ảnh hưởng của thời gian chiết đến hiệu suất thu nhận carrageenan với sự hỗ trợ của bể siêu âm điều nhiệt ở 60°C và tỉ lệ *K. alvarezii*:nước là 1:100 được thể hiện ở Hình 5. Các mốc thời gian được khảo sát lần lượt là 30 phút, 45 phút và 60 phút. Với thời gian chiết 30 phút, hiệu suất thu nhận carrageenan thấp nhất ghi nhận là 51,03±8,15%, và tăng dần đến 55±15,98% với 45 phút và đạt cao nhất ở khoảng thời gian 60 phút với hiệu suất thu nhận 59,74±16,77%. Kết quả cho thấy hiệu suất thu nhận tăng nhẹ theo thời gian, tuy nhiên độ biến động giữa các mẫu tương đối cao, sự khác biệt trong hiệu suất thu nhận chưa rõ rệt ($p>0,05$) nên chưa thể khẳng định rõ ràng ảnh hưởng của thời gian chiết trong điều kiện khảo sát hiện tại. Từ kết quả trên có thể thấy rằng thời gian chiết rong sụn không ảnh hưởng quá nhiều đến hiệu suất thu nhận carrageenan. Cơ chế của siêu âm có liên quan đến việc sử dụng sóng siêu âm vào trong môi trường chiết, làm thành tế bào bị vỡ và giải phóng các hợp chất (Carreira-Casais et al., 2021). Tùy theo từng loại rong mà thời gian chiết xuất carrageenan thì khác nhau và trong cùng một loài rong nhưng nguồn thu nhận ở những vùng có địa lý khác nhau cũng không giống nhau. Ví dụ như trong nghiên cứu của

Murdiningsih and Hasan (2017), các tác giả đã tiến hành chiết rong *E. cotonii* bằng phương pháp siêu âm với công suất siêu âm 40 kHz cho hiệu suất thu nhận carrageenan cao nhất ở 40 phút đạt 65,79%. Cùng là loài *K. alvarezii* nhưng trong nghiên cứu tại Indonesia của nhóm tác giả Mahyati and Azis (2019) cho rằng hiệu suất carrageenan đạt 44,46% khi chiết bằng siêu âm ở 30 phút .



Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất thu nhận carrageenan. Các chữ cái khác nhau trên cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha = 0,05$



Hình 6. Phổ FTIR của carrageenan thu được với thời gian ly trích khác nhau

Kết quả phổ FTIR của carrageenan với các thời gian chiết khác nhau được thể hiện trong Hình 6. Tương tự ở những khảo sát trước, dải dao động chính thể hiện các liên kết đặc trưng cho carrageenan đều được ghi nhận ở cả ba thời gian chiết khảo sát. Các đỉnh xuất hiện tại vùng 928-933 cm^{-1} đặc trưng cho sự hiện diện của 3,6-anhydrogalactose, một đặc trưng cho κ -carrageenan và ι -carrageenan theo FAO (2014). Tuy nhiên, trong các nghiệm thức vẫn có sự khác biệt về cường độ đỉnh đại diện cho dao động -OH ở mẫu 45 phút (3429,43 cm^{-1}) trên phổ được thấy rằng thấp hơn và

di dịch về số sóng thấp hơn so với mẫu 30 phút ($3432,67\text{ cm}^{-1}$) và 60 phút ($3436,38\text{ cm}^{-1}$), điều này có thể phản ánh sự khác biệt về hàm lượng ẩm hoặc mức độ liên kết hydro.

Dựa trên những kết quả thu được, thời gian không ảnh hưởng quá nhiều đến hiệu suất và cấu trúc của carrageenan thu được, nên mốc thời gian có thể được lựa chọn để tối ưu quá trình ly trích là 30 phút.

4. KẾT LUẬN

Carrageenan thu được từ phương pháp chiết với sự hỗ trợ của sóng siêu âm đạt được hiệu suất thu nhận có giá trị cao nhất sau 30 phút với tỉ lệ rong sụn và nước là 1:100 ở nhiệt độ 60°C . Phân tích phổ

FTIR xác nhận sản phẩm từ *Kappaphycus alvarezii* có thể tồn tại dưới dạng κ -carrageenan hoặc ι -carrageenan, cho thấy tính phù hợp của kỹ thuật siêu âm trong quy trình ly trích. Để hướng tới ứng dụng bền vững, việc khảo sát và tối ưu thêm các thông số chiết xuất là cần thiết nhằm vừa đảm bảo yếu tố thân thiện với môi trường vừa nâng cao chất lượng carrageenan phục vụ cho những mục đích chuyên biệt.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ kinh phí từ chương trình Khoa học và Công nghệ cấp Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh. Đề tài mã số: 93/2024/HĐ-QKHCN ngày 23/12/2024. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abubakar, A., & Haque, M. (2020). Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences*, 12(1), 1.
https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_175_19
- Álvarez-Viñas, M., Rivas, S., Torres, M. D., & Domínguez, H. (2023). Microwave-Assisted Extraction of Carrageenan from *Sarcopeltis skottsbergii*. *Marine Drugs*, 21(2), 83.
<https://doi.org/10.3390/md21020083>
- Carreira-Casais, A., Otero, P., Garcia-Perez, P., Garcia-Oliveira, P., Pereira, A. G., Carpena, M., Soria-Lopez, A., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Benefits and Drawbacks of Ultrasound-Assisted Extraction for the Recovery of Bioactive Compounds from Marine Algae. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9153.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18179153>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). *Carrageenan*. In *FAO JECFA Monographs 16*. FAO.
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa_additives/docs/monograph16/additive-117-m16.pdf
- Jiang, F., Liu, Y., Xiao, Q., Chen, F., Weng, H., Chen, J., Zhang, Y., & Xiao, A. (2022). Eco-Friendly Extraction, Structure, and Gel Properties of ι -Carrageenan Extracted Using $\text{Ca}(\text{OH})_2$. *Marine Drugs*, 20(7), 419.
<https://doi.org/10.3390/md20070419>
- Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105325.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
- Li, Q., Li, Z., Hu, C., Wang, C., Yang, F., & Ding, X. (2025). An Efficient Extraction, Characterization and Antioxidant Study of Polysaccharides from *Peucedani Decursivi Radix*. *Plants*, 14(14), 2188.
<https://doi.org/10.3390/plants14142188>
- Mahyati, & Azis, A. (2019). Optimization of temperature and time in carrageenan extraction of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) using ultrasonic wave extraction methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 370(1), 012076.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/370/1/012076>
- Mendes, M., Cotas, J., Gutiérrez, I. B., Gonçalves, A. M. M., Critchley, A. T., Hinaloc, L. A. R., Roleda, M. Y., & Pereira, L. (2024). Advanced Extraction Techniques and Physicochemical Properties of Carrageenan from a Novel *Kappaphycus alvarezii* Cultivar. *Marine Drugs*, 22(11), 491.
<https://doi.org/10.3390/md22110491>
- Murdiningsih, H., & Hasan, B. (2017). Carrageenan extraction from seaweed *Eucheuma cottonii* type by ultrasonic waves. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 2, 25–30.
- Necas, J., & Bartosikova, L. (2013). Carrageenan: a review. *Veterinární Medicína*, 58(4), 187–205.
<https://doi.org/10.17221/6758-VETMED>
- Nurmiah, S., Syarif, R., Sukarno, Peranginangin, R. Nurtama, B., & Jaswir, I. (2017). Production of refined carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* on pilot plant scale: optimization of water extraction using Response Surface

- Methodology. In *International Food Research Journal*, 24, 522-528
- Rupert, R., Rodrigues, K. F., Thien, V. Y., & Yong, W. T. L. (2022). Carrageenan From *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae): Metabolism, Structure, Production, and Application. *Frontiers in Plant Science*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.859635>
- Tecson, M. G., Abad, L. V., Ebajo, V. D., Jr., & Camacho, D. H. (2021). Ultrasound-assisted depolymerization of kappa-carrageenan and characterization of degradation product. *Ultrasonics sonochemistry*, 73, 105540.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105540>
- Nguyen, T. M. H., Truong, T. H. V., & Hoang, T. N. N. (2020). Study on applications of carrageenan obtained from *Kappaphycus alvarezii* alga to minimize dry matter loss during preservation of frozen shrimp. *Journal of Science Technology and Food*, 20(2), 103–111.
- Vandanjon, L., Burlot, A.-S., Zamanileha, E. F., Douzenel, P., Ravelonandro, P. H., Bourgougnon, N., & Bedoux, G. (2023). The Use of FTIR Spectroscopy as a Tool for the Seasonal Variation Analysis and for the Quality Control of Polysaccharides from Seaweeds. *Marine Drugs*, 21(9), 482.
<https://doi.org/10.3390/md21090482>
- Webber, V., Carvalho, S., Ogliari, P., Hayashi, L., & Luiz, M. B. P. (2012). Optimization of the extraction of carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* using response surface methodology. *Food Science and Technology (Campinas)*, 32(4), 812-818.
<https://doi.org/10.1590/S010120612012005000111>