STUDY ON STRUCTURAL CHARACTERIZATION AND PROPERTIES OF RUTIN-LOADED CARRAGEENAN SYSTEM FABRICATED BY SOLUTION METHOD

Vu Quoc Manh[1] Ha Ngoc Thao Nhi[2] Vu Thi Thu Huong[3]
Le Minh Duc[4] Vu Thi Hoang Anh[5] Ngo Ha Linh[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6]Thanh Do University
Email: *vqmanh@thanhdouni.edu.vn[1]; hnhi201104@gmail.com[2]; vuthihuong042004@gmail.com[3]; lminhduc39@gmail.com[4]; vuthihoanganh244@gmail.com[5]; linhng1201@gmail.com.vn[6]*
Received: 1/12/2025; Reviewed: 8/6/2026; Revised: 13/6/2026; Accepted: 16/10/2026
DOI: *https://doi.org/10.58902/nckhpt.e-v2i2.336*

Abstract: *Rutin is a natural flavonoid with strong antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, neuroprotective, and vasoprotective activities; however, its poor water solubility, low stability, and limited oral bioavailability significantly restrict its pharmaceutical applications. In this study, rutin-loaded carrageenan (CaR) composite materials were successfully prepared using a solution-based method with varying rutin contents. The structural, morphological, and thermal characteristics of the obtained composites were analyzed using FTIR spectroscopy, FESEM imaging, and differential thermogravimetric (dTG) analysis. FTIR results confirmed the presence of physical interactions, mainly hydrogen bonding and van der Waals forces, between carrageenan and rutin without altering their chemical structures. FESEM images revealed that rutin crystals were effectively dispersed within the polymer matrix, with particle sizes reduced from 200–400 nm (pure rutin) to approximately 50–100 nm in the CaR composites. Thermal analysis showed a significant decrease in the melting point of rutin in the composites, indicating its transition to a more amorphous state. These findings demonstrate that carrageenan effectively enhances the dispersibility and physicochemical behavior of rutin, providing a promising approach to improve its solubility and potential bioavailability for future pharmaceutical applications.*

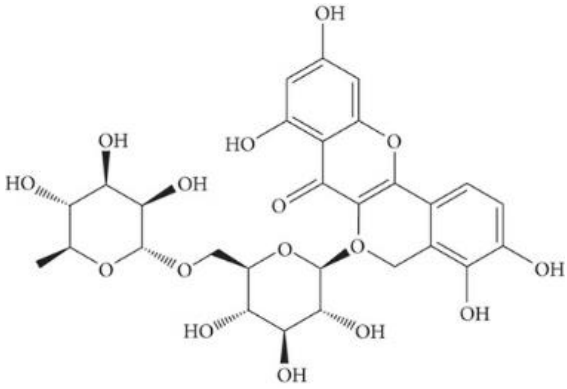
Keywords: *Solubility enhancement; Carrageenan; Thermal analysis; Rutin; Nanocomposite.*

1. Đặt vấn đề

Trên thế giới, tỷ lệ người mắc các bệnh mạn tính không lây như tim mạch, tiểu đường, viêm nhiễm, ung thư và rối loạn chuyển hóa ngày càng gia tăng. Theo thống kê của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), các bệnh mạn tính chiếm khoảng 74% tổng số ca tử vong toàn cầu (Satari et al., 2021).

Rutin là một hợp chất thuộc nhóm flavonoid glycoside tự nhiên có nhiều trong các loại thực vật điển hình như: hoa hòe, kiều mạch, cam quýt, táo và một số loài thực vật khác (Enogieru et al., 2018). Rutin (Ru) có khả năng chống oxy hóa, giúp trung hòa các gốc tự do và bảo vệ tế bào khỏi stress oxy hóa (Aditya Ganeshpurkar & Saluja, 2016). Ngoài ra rutin còn có tác dụng chống viêm chống ung thư, bảo vệ thần kinh, kháng khuẩn và tăng cường tính bền vững của mao mạch máu góp phần trong điều trị bệnh tim mạch và tăng huyết áp (Gullón et al., 2017). Rutin cũng cho thấy tiềm năng hỗ trợ trong phòng ngừa biến chứng của tiểu đường và các bệnh thoái hóa thần kinh (Enogieru et al., 2018). Nhờ vào hoạt tính sinh học đa dạng,rutin có tiềm năng ứng dụng trong dược phẩm và thực phẩm chức năng (Prasad & Prasad, 2019). Tuy nhiên, rutin tồn tại nhược điểm là tan kém trong nước (~12 mg/100 mL nước), dễ bị phân hủy dưới ánh sáng, nhiệt độ sinh khả dụng qua đường uống thấp do hấp thu kém và chuyển hóa nhanh, từ đó hạn chế hiệu quả ứng dụng trực tiếp (Janbaz et al., 2002). Do đó, bệnh nhân phải dùng thuốc nhiều lần trong ngày để duy trì nồng độ hiệu quả trong cơ thể, điều này không những làm tăng nguy cơ gặp tác dụng phụ mà còn dẫn đến lãng phí dược chất. Nghiên cứu tập trung vào quy trình chế tạo hạt nano rutin và khảo sát các đặc trưng tính chất của sản phẩm thu được.

Hình 1. Cấu trúc rutin



2. Tổng quan về tình hình nghiên cứu

Trong những năm gần đây, nhiều hướng tiếp cận khác nhau đã được triển khai nhằm cải thiện độ tan, độ ổn định và sinh khả dụng của rutin thông qua công nghệ nano.

Tinh thể nano rutin được chế tạo nhằm giảm kích thước tiểu phân rutin xuống kích thước nano giúp tăng diện tích bề mặt tiếp xúc và cải thiện độ hòa tan mà không cần đến chất mang. Mauludin và cộng sự (2009) đã áp dụng phương pháp đông khô để chế tạo tinh thể nano rutin với kích thước trung bình 721 nm, sau đó bào chế thành dạng viên nén bằng kỹ thuật nén trực tiếp; kết quả cho thấy tốc độ và mức độ hòa tan của viên nén chứa tinh thể nano vượt trội rõ rệt so với viên nén vi tinh thể và sản phẩm thương mại (hòa tan hoàn toàn sau 30 phút so với 71% và 55%) (Mauludin et al., 2009), qua đó gợi ý khả năng cải thiện sinh khả dụng đường uống.

Nano rutin được chế tạo trên nền chất mang polymer/lipid để bao gói rutin nhằm kiểm soát giải phóng và tăng độ ổn định. Các hạt nano lipid rắn mang rutin được chế tạo trên nền polymer (Eudragit L100) và lipoid (glycerol monostearate/lecithin đậu nành) đạt hiệu suất mang rutin đến 97,85%; nghiên cứu dược động học in vivo cho thấy sinh khả dụng đường uống tăng 3,2–4,7 lần so với dạng bào chế không chứa rutin, đồng thời cải thiện hoạt tính chống tăng huyết áp (Kumar et al., 2018).

Zhang và Han (2018) lại khai thác hệ hạt nano zein-caseinat natri để mang rutin, tập trung vào hoạt tính chống oxy hóa hơn là hiệu quả giải phóng thuốc, với khả năng dọn gốc tự do DPPH và ABTS lần lượt đạt 52,7% và 71,2%.

Li và cộng sự đã kết hợp lực cắt tốc độ cao và đồng nhất hóa áp suất cao để tạo tinh thể nano dạng que (~400 nm), sau đó phối chế thành gel (NC-gel); nghiên cứu in vivo chứng minh hiệu quả ngăn ngừa lão hóa da và tổn thương do tia UV, đồng thời thể hiện hoạt tính bắt tự do mạnh qua thử nghiệm DPPH (Li et al., 2021). Tinh thể nano rutin (RN) được chế tạo bằng phương pháp siêu âm, có dạng hình cầu với kích thước trung bình 75 ± 0,16 nm. Trong khi rutin tự do không gây độc tế bào trên dòng tế bào ung thư biểu mô vảy đầu và cổ ở nồng độ 2000 µM, còn RN thể hiện tác dụng gây độc rõ rệt với IC_{50} khoảng 27,34–30,51 µM, cao gấp 100 lần so với rutin. Kết quả cho thấy RN có tác dụng chống ung thư vượt trội hơn hẳn rutin tự do (Bohlouli et al., 2021).

Hassan và Soliman (2022) sử dụng kỹ thuật phân tán trong nền hydrogel kết hợp chất ổn định hydroxypropyl beta-cyclodextrin (HP-β-CD) để tạo tinh thể nano kích thước 270–500 nm, kết quả thu được độ tan và tốc độ hòa tan tăng lần lượt 102–202 lần và 2,3–6,7 lần, đồng thời lượng thuốc thấm qua da cao gấp 2,5 lần so với hydrogel rutin tự do – cho thấy tiềm năng ứng dụng qua đường da chứ không chỉ đường uống (Hassan & Soliman, 2022).

Ở một hướng khác, Surendran và Palei (2022) sử dụng phương pháp gel hóa ion để tạo hạt nano chitosan-alginate chứa rutin, công thức tối ưu (RCANP4, tỷ lệ rutin:alginate:chitosan = 1,24:5:2) cho kích thước hạt 168,4 nm, thế zeta -24,7 mV, hiệu suất giữ thuốc 91,23% và tỷ lệ giải phóng in vitro đạt 88,89% sau 24 giờ.

Có thể thấy, các nghiên cứu hiện có chủ yếu tập trung giảm kích thước hạt bằng kỹ thuật vật lý (siêu âm, đồng nhất áp suất cao, đông khô) để tạo tinh thể nano không mang, hoặc sử dụng chất mang polymer/lipid tổng hợp để bao gói rutin nhằm kiểm soát giải phóng. Tuy nhiên, phần lớn các hệ mang được sử dụng (Eudragit, HP-β-CD, zein-caseinat) đều có nguồn gốc tổng hợp hoặc bán tổng hợp, trong khi các nghiên cứu khai thác vật liệu mang có nguồn gốc tự nhiên, thân thiện sinh học còn khá hạn chế. Do vậy, nghiên cứu lựa chọn carrageenan - polymer tự nhiên để chế tạo hạt nano rutin và đánh giá một số tính chất của sản phẩm thu được.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Hóa chất, thiết bị và dụng cụ

Rutin ($C_{27}H_{30}O_{16}$) dạng bột (98%), Mw:

610,52 g/mol của Trung Quốc; Carrageenan dạng bột của hãng Aladdin – Trung Quốc; Các hóa chất khác: ethanol, potassium chloride được cung cấp bởi hãng Xilong, Trung Quốc.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

3.2.1. Phương pháp phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR)

Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) của vật liệu tổ hợp CaR được ghi bằng thiết bị phổ hồng ngoại biến đổi Fourier Nexus 670 (Hoa Kỳ) tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các mẫu được đo phổ ở vùng phổ từ 400 cm^{-1} đến 4000 cm^{-1} với độ phân giải 8 cm^{-1}, với 32 lần quét.

3.2.2. Phương pháp hiển vi điện tử quét trường phát xạ (FESEM)

Hình thái, cấu trúc của vật liệu tổ hợp CaR được quan sát và ghi ảnh trên thiết bị hiển vi điện tử quét trường phát xạ (FESEM) (FESEM S 4800, Hitachi, Nhật Bản) trong môi trường khí trơ tại Viện Vệ sinh dịch tễ Trung Ương. Trước khi tiến hành, mẫu được phủ 1 lớp platin mỏng để không bị tích điện trên bề mặt mẫu.

3.2.3. Phương pháp nhiệt lượng trường (dTG)

Nghiên cứu đặc trưng tính chất nhiệt bằng phương pháp phân tích nhiệt khối lượng, được hiển thị trên máy Labsys TGA 1600 (Setaram, Pháp) tại khoa Hóa học – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

3.3. Chế tạo vật liệu tổ hợp carrageenan mang rutin

Khuấy 0,5 gam Carr trong 100 mL H_2O ở 80^oC trong 30 phút, sau đó khuấy ở nhiệt độ phòng 30 phút đồng thời thêm lượng KCl tương đương 1% khối lượng Carr thu được dung dịch **X**. Một lượng rutin tương ứng được hòa tan trong 10 mL ethanol thu được dung dịch **B.** Dung dịch **B** được nhỏ từ từ vào dung dịch **X** (tốc độ 30 giọt/phút) đồng thời khuấy đồng hóa 5 phút, tốc độ 20.000 vòng/phút. Dung dịch, tiếp tục được khuấy từ trong vòng 2 giờ (tốc độ 400 vòng/phút). Dung dịch thu được đổ ra đĩa petri, đem đóng đá và tiến hành đông khô. Bột thu được chất rắn có màu vàng nhạt, được nghiền mịn bằng cối mã não thu được bột màu vàng nhạt. Mẫu thu được ký hiệu chung CaR, thành phần và ký hiệu các mẫu được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần và ký hiệu mẫu vật liệu tổ hợp CaR

Mẫu	m_{Carr} (g)	m_{KCl} (g)	m_{Ru} (g)
CaR3	0,5	0,005	0,015
CaR5	0,5	0,005	0,025
CaR7	0,5	0,005	0,035
CaR10	0,5	0,005	0,05
CaR15	0,5	0,005	0,075

Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

4. Kết quả nghiên cứu

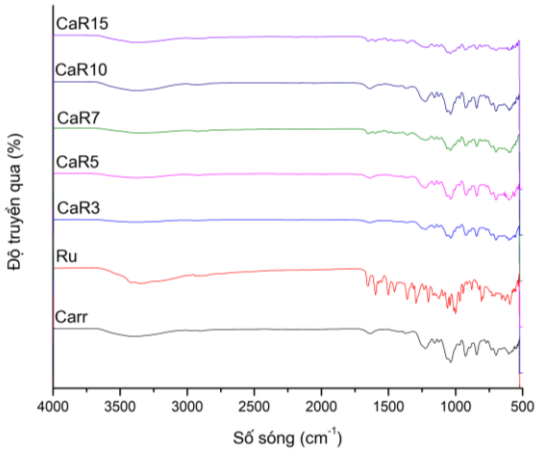
4.1. Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR)

Phổ FT-IR của Carr, Rutin được trình bày trong Hình 2. Quan sát trên phổ FT-IR của Rutin thấy xuất hiện ở 3342 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hóa trị của nhóm –OH, dao động hóa trị của nhóm -C=O có số sóng là 1652 cm^{-1}; dao động biến dạng nhóm CH xuất hiện ở 1361 cm^{-1}; nhóm -C-O có dao động hóa trị ở 1041 cm^{-1} và 1294 cm^{-1}.

Phổ IR của Carr cho thấy nhóm -OH có dao động hóa trị tại 3383cm^{-1}; peak nhọn ở 1634 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hoá trị của nhóm -C=O; nhóm -C-O có dao động hóa trị ở 1036 cm^{-1} và peak nhọn ở 843 cm^{-1} là dao động hoá trị của nhóm -S=O.

Phổ FT-IR của các tổ hợp vật liệu CaR trên Hình 2 xuất hiện đầy đủ các tín hiệu đặc trưng của Carr và Ru. Tuy nhiên có một sự thay đổi nhỏ các peak của các nhóm đặc trưng nhưng không đáng kể. Điều này là do Carr và Ru đã có tương tác với nhau bằng tương tác lưỡng cực và liên kết hydrogen giữa nhóm -OH với nhau và với C=O của các thành phần. Vị trí hấp thụ của nhóm carbonyl (C=O) dao động trong khoảng 1634–1653 cm^{-1}, biểu hiện sự dịch chuyển nhẹ so với mẫu chuẩn. Sự thay đổi này cho thấy khả năng hình thành liên kết hydrogen giữa nhóm C=O của Car và nhóm hydroxyl (-OH) của rutin, từ đó làm thay đổi môi trường hóa học xung quanh liên kết C=O. Ngược lại, các dải hấp thụ đặc trưng của nhóm C–O không thay đổi đáng kể, cho thấy giữa Car và rutin chủ yếu tồn tại các tương tác yếu van der Waals. Nhóm S=O không dịch chuyển đáng kể, chứng tỏ sự hiện diện ổn định của Carr trong các tổ hợp vật liệu.

Hình 2. Phổ FTIR của Carr, Ru và CaR



Nguồn: Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

Bảng 2. Số sóng của các nhóm chức đặc trưng của Carr, rutin và các mẫu CaR

	Carr	Rutin	CaR3	CaR5	CaR7	CaR10	CaR15
ν_{OH}	3383	3342	3399	3393	3399	3387	3369
$\nu_{C=O}$	1634	1652	1638	1635	1653	1639	1651
δ_{CH}	1373	1361	1372	1375	1358	1373	1362
ν_{C-O}	1036	1294 1041	1040	1040	1040	1040	1040
$\nu_{S=O}$	843	-	844	844	844	844	844

Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

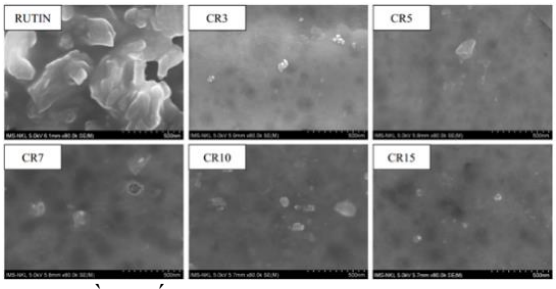
4.2. Hình thái cấu trúc của vật liệu tổ hợp CaR

Ảnh FESEM cho thấy sự khác biệt rõ rệt về hình thái giữa rutin tinh khiết và rutin trong các tổ hợp CaR. Rutin tinh khiết có kích thước khá lớn dao động từ 200 nm – 400 nm, hình dạng không đều. Khi được phân tán vào nền carrageenan, rutin có kích thước nhỏ hơn đáng kể giảm xuống khoảng từ 50 nm – 100 nm, phân bố đồng đều trên bề mặt polymer phụ thuộc vào hàm lượng rutin trong từng mẫu.

Mẫu CaR3 có bề mặt mịn, hạt rutin nhỏ và phân bố đồng đều. Mẫu CaR5 bề mặt mịn nhưng mật độ hạt cao hơn. Ở mẫu CaR7 bắt đầu xuất hiện các cụm hạt nhỏ, cho thấy sự phân tán kém đồng đều. Mẫu CaR10 có nhiều hạt hơn và kích thước lớn hơn, nhưng vẫn phân bố khá đều. Đáng chú ý với mẫu CaR15 có số lượng hạt nhiều hơn và kích thước nhỏ nhất, cho thấy khả năng phân tán rutin mạnh nhất.

Liên kết hydrogen đóng vai trò chủ đạo giúp rutin phân tán hiệu quả vào nền carrageenan, bên cạnh sự hỗ trợ của các tương tác van der Waals và hiện tượng lồng ghép vào mạng lưới polymer. Những tương tác này không chỉ giúp rutin phân bố đồng đều và giảm kích thước hạt, mà còn góp phần duy trì trạng thái vô định hình - yếu tố then chốt trong việc cải thiện khả năng giải phóng và sinh khả dụng.

Hình 3. Ảnh FESEM của rutin và các tổ hợp CaR



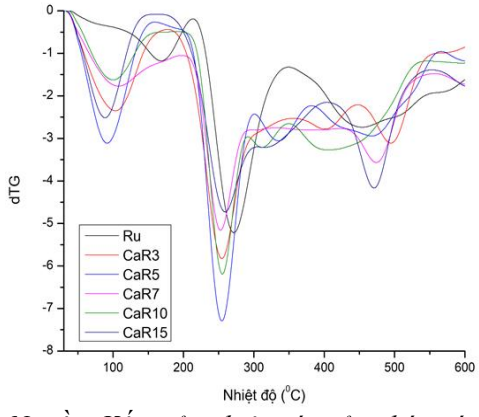
Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

Liên kết hydrogen đóng vai trò chủ đạo giúp rutin phân tán hiệu quả vào nền carrageenan, bên cạnh sự hỗ trợ của các tương tác van der Waals và hiện tượng lồng ghép vào mạng lưới polymer. Những tương tác này không chỉ giúp rutin phân bố đồng đều và giảm kích thước hạt, mà còn góp phần duy trì trạng thái vô định hình - yếu tố then chốt trong việc cải thiện khả năng giải phóng và sinh khả dụng.

4.3. Tính chất nhiệt của vật liệu tổ hợp CaR

Quan sát trên giản đồ nhiệt (hình 4) cho thấy rutin tinh khiết có đỉnh thu nhiệt tại 169,06 °C, tương ứng với điểm nóng chảy đặc trưng của hợp chất này. Ngoài ra, một đỉnh rõ rệt xuất hiện tại 271,51 °C được xác định là điểm phân hủy của rutin. Khi rutin được mang bởi Carr, nhiệt độ nóng chảy của rutin trong các mẫu CaR giảm đáng kể, dao động trong khoảng từ 88,58 °C (CaR15) đến 107,79 °C (CaR7). Sự suy giảm này do rutin được phân tán đồng đều trong nền polymer, tồn tại chủ yếu ở trạng thái vô định hình và với kích thước hạt rất nhỏ, từ đó làm giảm năng lượng cần thiết để phá vỡ cấu trúc tinh thể, dẫn đến hạ thấp nhiệt độ nóng chảy. Các giá trị nhiệt độ nóng chảy của rutin và các mẫu CaR được trình bày trong bảng 3. Đáng chú ý, mẫu CaR15 thể hiện nhiệt độ nóng chảy thấp nhất, cho thấy rutin trong mẫu này có kích thước hạt nhỏ nhất và mức độ phân tán cao nhất trong nền polymer, điều này cũng phù hợp với kết quả từ ảnh SEM.

Hình 4. Giản đồ dTG Ru và CaR



Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

Bảng 3. Nhiệt độ nóng chảy Ru và Ru trong các hạt CaR

STT	Kí hiệu mẫu	t_{nc} (°C)
1	Ru	169,06
2	CaR3	104,09
3	CaR5	91,10
4	CaR7	107,79
5	CaR10	97,77
6	CaR15	88,58

Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

5. Bàn luận

Như vậy khi thay đổi tỉ lệ hàm lượng Ru, số sóng trong tổ hợp vật liệu CaR không thay đổi nhiều. Điều này cho thấy giữa rutin và các thành phần trong mẫu CaR chủ yếu là sự hình thành các tương tác vật lý và không làm thay đổi cấu trúc hóa học của các thành phần và của rutin, từ đó không làm thay đổi các tính chất vốn có của các thành phần đặc biệt là các tác dụng dược lý của rutin trong vật liệu tổ hợp. Hạt rutin được cải thiện về kích thước cũng như nhiệt độ nóng chảy, phản ánh sự chuyển đổi một phần sang trạng thái vô định hình. Đây là những yếu tố có tiềm năng góp phần cải thiện được độ tan của rutin trong nước. Tuy nhiên, việc bổ sung thêm phân tích XRD để xác nhận mức độ chuyển sang trạng thái vô định hình của rutin, phép đo DSC để làm rõ nhiệt độ chuyển thủy tinh của rutin; cũng như đánh giá hiệu quả cải thiện sinh khả dụng của CaR bằng các nghiên cứu như: độ hòa tan in vitro, tốc độ giải phóng rutin trong các môi trường pH khác nhau,… sẽ tiếp tục được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

6. Kết luận

Vật liệu tổ hợp carrageenan–rutin (CaR) đã được chế tạo thành công bằng phương pháp dung dịch với các hàm lượng rutin khác nhau. Kết quả phân tích FTIR cho thấy giữa carrageenan và rutin chỉ xuất hiện các tương tác vật lý chủ yếu là liên kết hydro và tương tác van der Waals mà không làm biến đổi cấu trúc hóa học của các thành phần. kích thước hạt rutin giảm mạnh từ 200 – 400 nm xuống còn khoảng 50 – 100 nm và được phân bố đồng đều trong nền polymer. Điểm nóng chảy của rutin trong tổ hợp CaR giảm đáng kể, phản ánh khả năng chuyển đổi của rutin sang trạng thái vô định hình và mức độ phân tán cao hơn. Những kết quả này cho thấy carrageenan đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện khả năng phân tán, giảm kích thước hạt rutin, đồng thời thúc đẩy sự chuyển đổi sang trạng thái vô định hình – những yếu tố có tiềm năng đóng góp vào việc cải thiện độ tan và sinh khả dụng của hoạt chất. Tuy nhiên, để khẳng định đầy đủ về khả năng nâng cao sinh khả dụng, trong thời gian tới, nhóm tác giả sẽ tiến hành các phân tích XRD và DSC nhằm làm rõ trạng thái tinh thể của rutin trong hệ vật liệu; cũng như đánh giá độ hòa tan; khả năng giải phóng rutin từ hệ CaR nhằm kiểm chứng toàn diện hơn tiềm năng ứng dụng dược phẩm của hệ vật liệu này.

Tuyên bố về GenAI và Quyền tác giả: Trong quá trình chuẩn bị bản thảo, nhóm tác giả có sử dụng công cụ GenAI (ChatGPT) để hỗ trợ tra cứu tài liệu và hiệu đính ngôn ngữ. Nhóm tác giả đã kiểm tra, xác minh toàn bộ nội dung và chịu trách nhiệm hoàn toàn về nội dung bài báo.

Tuyên bố về xung đột lợi ích: Nhóm tác giả tuyên bố không có bất kỳ xung đột lợi ích nào liên quan đến việc công bố bài báo.

Tài liệu tham khảo

Aditya Ganeshpurkar, & Saluja, A. K. (2016). The Pharmacological Potential of Rutin. *Saudi Pharm J.*, *25*(2), 149–164. https://doi.org/10.1016/j.jsps.2016.04.025.

Bohlouli, S., Gharehbagh, F. J., Abdolahinia, E. D., Kouhsoltani, M., Ebrahimi, G., Roshangar, L., Imani, A., Sharifi, S., & Dizaj, S. M. (2021). Preparation, Characterization and Evaluation of Rutin Nanocrystals as an Anticancer Agent against Head and Neck Squamous Cell Carcinoma Cell Line. *Journal of Nanomaterials*. https://doi.org/10.1155/2021/9980451.

Enogieru, A. B., Haylett, W., Hiss, D. C., Bardien, S., & Ekpo, O. E. (2018). Rutin as a Potent Antioxidant: Implications for Neurodegenerative Disorders. *Oxid Med Cell Longev*. https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/6241017.

Gullón, B., Lú-Chau, T. A., Moreira, M. T., Lema, J. M., & Eibes, G. (2017). Rutin: A review on extraction, identification and purification methods, biological activities and approaches to enhance its bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*, *67*, 220–235. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.008.

Hassan, A. S., & Soliman, G. M. (2022). Rutin Nanocrystals with Enhanced Anti-Inflammatory Activity: Preparation and Ex Vivo/In Vivo Evaluation in an Inflammatory Rat Model. *Pharmaceutics*, *14*(12), 2727. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14122727.

Janbaz, K. H., Saeed, S. A., & Gilani, A. H. (2002). Protective effect of rutin on paracetamol- and CCl4- induced hepatotoxicity in rodents. *Fitoterapia*, *73*(7–8), 557–563. https://doi.org/10.1016/s0367-326x(02)00217-4.

Kumar, V., Chaudhary, H., & Kamboj, A. (2018). Development and evaluation of isradipine via rutin-loaded coated solid–lipid nanoparticles. *Interventional Medicine and Applied Science*, *10*(4), 236–246. https://doi.org/10.1556/1646.10.2018.45.

Li, J., Ni, W., Aisha, M., Zhang, J., & Sun, M. (2021). A rutin nanocrystal gel as an effective dermal delivery system for enhanced anti-photoaging application. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, *47*(3), 429–439. https://doi.org/10.1080/03639045.2021.1890113.

Mauludin, R., Müller, R. H., & Keck, C. M. (2009). Development of an oral rutin nanocrystal formulation. *International Journal of Pharmaceutics*, *370*(1), 202–209. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2008.11.029

Prasad, R., & Prasad, S. B. (2019). A review on the chemistry and biological properties of Rutin, a promising nutraceutical agent. *Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *5*(S1), 1–20. https://ajpp.in/uploaded/p344.pdf

Satari, A., Ghasemi, S., Habtemariam, S., Asgharian, S., & Lorigooini, Z. (2021). Rutin: A Flavonoid as an Effective Sensitizer for Anticancer Therapy; Insights into Multifaceted Mechanisms and Applicability for Combination Therapy. *Evid Based Complement Alternat Med.*, *2021*. https://doi.org/10.1155/2021/9913179.

Surendran, V., & Palei, N. N. (2022). Formulation and Characterization of Rutin Loaded Chitosan-alginate Nanoparticles: Antidiabetic and Cytotoxicity Studies. *Current Drug Delivery*, *19*(3), 379–394. https://doi.org/10.2174/1567201818666211005090656.

Zhang, S., & Han, Y. (2018). Preparation, characterisation and antioxidant activities of rutin-loaded zein-sodium caseinate nanoparticles. *PloS One*, *13*(3), e0194951. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194951

NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT CỦA HỆ CARRAGEENAN MANG RUTIN CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP DUNG DỊCH

Vũ Quốc Mạnh[1] Hà Ngọc Thảo Nhi[2] Vũ Thị Thu Hường[3]
Lê Minh Đức[4] Vũ Thị Hoàng Anh[5] Ngô Hà Linh[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6]Trường Đại học Thành Đô
Email: *vqmanh@thanhdouni.edu.vn[1]; hnhi201104@gmail.com[2]; vuthihuong042004@gmail.com[3]; lminhduc39@gmail.com[4]; vuthihoanganh244@gmail.com[5]; linhng1201@gmail.com.vn[6]*
Ngày nhận bài: 1/12/2025; Ngày phản biện: 8/6/2026; Ngày tác giả sửa: 13/6/2026;
Ngày duyệt đăng: 16/10/2026
DOI: *https://doi.org/10.58902/nckhpt.e-v2i2.336*

Tóm tắt: *Rutin là một flavonoid tự nhiên có các hoạt tính sinh học quan trọng như chống oxy hóa, chống viêm, chống ung thư, bảo vệ thần kinh và tăng cường độ bền vững của mao mạch. Tuy nhiên, rutin có độ tan trong nước thấp, dễ phân hủy và sinh khả dụng kém, làm hạn chế hiệu quả ứng dụng trong dược phẩm. Trong nghiên cứu này, vật liệu tổ hợp carrageenan mang rutin (CaR) với các hàm lượng rutin khác nhau đã được chế tạo bằng phương pháp dung dịch. Các đặc trưng cấu trúc, hình thái và tính chất nhiệt của mẫu được đánh giá bằng phổ FTIR, ảnh FESEM và phân tích nhiệt dTG. Kết quả FTIR cho thấy sự xuất hiện của các tương tác vật lý, chủ yếu là liên kết hydro và tương tác van der Waals giữa carrageenan và rutin mà không làm thay đổi cấu trúc hóa học của chúng. Ảnh FESEM chứng minh kích thước hạt rutin giảm đáng kể từ 200–400 nm (rutin tinh khiết) xuống còn 50–100 nm và phân bố đồng đều trong nền polymer. Phân tích nhiệt cho thấy điểm nóng chảy của rutin trong các mẫu CaR giảm mạnh, phản ánh sự phân tán tốt hơn. Những kết quả này cho thấy carrageenan giúp cải thiện sự phân tán, kích thước hạt và đặc trưng lý hóa của rutin, qua đó góp phần nâng cao độ tan và tiềm năng ứng dụng của rutin trong các hệ dẫn thuốc.*

Từ khóa: *Cải thiện độ tan; Carrageenan; Phân tích nhiệt; Rutin; Vật liệu tổ hợp.*