

GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING *CITRUS MAXIMA* PEEL EXTRACT FOR PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE, AND RHODAMINE B UNDER SUNLIGHT

Khieu Thi Tam*, Nguyen Thi Kim Ngan*

TNU - University of Sciences

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 22/4/2022 Revised: 26/5/2022 Published: 27/5/2022	Green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) has been extensively studied by using a variety of plant extracts for applications in catalysis, biomedical and biosensors. In this paper, the AgNPs were successfully synthesized via an easy and eco-friendly technique using peel extract of <i>Citrus maxima</i> as reducing, capping, and stabilizing agents for the first time. The formation, structure and morphology of biosynthesized AgNPs were characterized using Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis), X-ray diffraction (XRD), and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. The photocatalytic activities of the synthesized AgNPs were investigated by degrading the methylene blue (MB), and Rhodamine B (RhB) dye solutions under sunlight in the presence of 10 mg AgNPs photocatalyst within 120 min irradiation. The percentage degradation of MB, and RhB dye solutions was found to be 84.68, and 77.84%, respectively. These results confirmed that the <i>Citrus maxima</i> could be a lowcost, nontoxic and eco-friendly natural resource for the synthesis of AgNPs, which might be useful for efficient adaptable photodegradation of organic dyes in industrial wastewater.
KEYWORDS Silver nanoparticles <i>Citrus maxima</i> peel Photocatalytic Methylene blue Rhodamine	

TỔNG HỢP XANH NANO BẠC SỬ DỤNG DỊCH CHIẾT VỎ BƯỞI ĐỂ PHÂN HỦY QUANG XÚC TÁC XANH METHYLENE VÀ RHODAMINE B DƯỚI ÁNH SÁNG MẶT TRỜI

Khiếu Thị Tâm*, Nguyễn Thị Kim Ngân*

Trường Đại học Khoa học – ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 22/4/2022 Ngày hoàn thiện: 26/5/2022 Ngày đăng: 27/5/2022	Tổng hợp xanh các hạt nano bạc (AgNPs) đã được nghiên cứu rộng rãi bằng cách sử dụng dịch chiết thực vật để ứng dụng trong xúc tác, y sinh và cảm biến sinh học. Trong bài báo này, lần đầu tiên AgNPs được tổng hợp thành công một cách dễ dàng và thân thiện với môi trường bằng cách sử dụng dịch chiết từ vỏ bưởi làm chất khử, chất làm bền. Sự hình thành, cấu trúc và hình thái của AgNPs được đặc trưng bằng phổ hấp thụ quang (UV-Vis), nhiễu xạ tia X (XRD) và phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR). Khả năng quang xúc tác của AgNPs được khảo sát bằng cách phân hủy thuốc nhuộm xanh methylene (MB) và Rhodamine B (RhB) dưới ánh sáng mặt trời với 10 mg AgNPs trong vòng 120 phút. Hiệu quả phân hủy thuốc nhuộm MB và RhB lần lượt là 84,68 và 77,84%. Kết quả này khẳng định vỏ bưởi có thể là nguồn tài nguyên thiên nhiên thân thiện với môi trường, không độc hại và có chi phí thấp để tổng hợp AgNPs, hữu ích để phân hủy quang xúc tác thuốc nhuộm hữu cơ trong nước thải công nghiệp.
TỪ KHÓA Nano bạc Vỏ bưởi Xúc tác quang Methylene blue Rhodamine B	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5896>

* Corresponding author. Email: tamkt@tnus.edu.vn; nganntk@tnus.edu.vn

1. Giới thiệu

Ngày nay, công nghệ nano đóng một vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực như y dược, quang hóa, điện hóa, hóa học do các hạt nano có kích thước nhỏ hơn 100 nm, mang tính chất vật lý và hóa học đặc trưng. Trong đó, hạt nano bạc (AgNPs) thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu do các đặc tính độc đáo như tính dẫn điện, dẫn nhiệt tốt, tính năng xúc tác hiệu quả và hoạt tính sinh học cao [1], [2]. Các hạt AgNPs có thể tổng hợp bằng các phương pháp vật lý và hóa học, tuy nhiên các phương pháp này chi phí cao, độc hại và không thân thiện với môi trường [3], [4]. Để khắc phục những vấn đề này, các phương pháp tổng hợp AgNPs xanh được thực hiện bằng nhiều nguồn khác nhau như vi sinh vật và dịch chiết thực vật. Việt Nam được đánh giá là 1 trong 25 quốc gia có sự đa dạng sinh học cao với 13.766 loài thực vật. Thành phần hoá học của các loài thực vật rất đa dạng và phong phú như alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid... Đây là nhóm các hợp chất đóng vai trò như chất khử và chất làm bền trong quá trình tổng hợp các hạt nano kim loại [2], [5]. Chính vì vậy, phương pháp tổng hợp xanh các hạt nano kim loại, đặc biệt là AgNPs từ dịch chiết thực vật được quan tâm rất nhiều trong thời gian gần đây.

Nước thải dệt nhuộm là một trong những tác nhân chính gây ô nhiễm môi trường, gây ảnh hưởng đến sức khỏe của con người. Các chất ô nhiễm chủ yếu có trong nước thải dệt nhuộm là các hợp chất hữu cơ khó phân hủy, các chất hoạt động bề mặt, các hợp chất halogen hữu cơ và thuốc nhuộm. Ngành dệt nhuộm sử dụng rất nhiều nhóm thuốc nhuộm như methylene blue (MB), Rhodamine B, không chỉ gây màu cho nước thải, mà còn là tác nhân ô nhiễm cho con người và môi trường [6]. Những chất thải nguy hại này gây ra các bệnh ngoài da, bệnh mắt, bệnh thận cho con người. Do đó, nhiều phương pháp xử lý nước đã được sử dụng để xử lý nước thải dệt nhuộm như phương pháp hóa học và vật lý. Tuy nhiên, các phương pháp này có khả năng hấp phụ, phân hủy sinh học thấp, chi phí cao; do đó cần phát triển một phương pháp xử lý rẻ tiền, thân thiện với môi trường và tận dụng được nguồn nguyên liệu sẵn có. Gần đây, việc sử dụng các hạt nano để loại bỏ các thuốc nhuộm nguy hại khỏi nước thải đã trở nên quan trọng vì chúng có diện tích bề mặt lớn, tính chất hấp phụ cao, ít cản trở sự khuếch tán và cho thấy tốc độ cân bằng nhanh hơn [4], [7]. Đặc biệt, các hạt AgNPs có kích thước và hình dạng thích hợp, có tỷ lệ diện tích bề mặt trên thể tích cao cho phép chúng hoạt động như chất xúc tác tuyệt vời trong quá trình phân hủy thuốc nhuộm [8]. Ngoài ra, AgNPs có đặc tính kháng khuẩn và kháng nấm tạo điều kiện thuận lợi cho các ứng dụng của chúng trong xử lý nước thải. Vì vậy, vai trò của AgNPs trong việc loại bỏ thuốc nhuộm đã được một số nhà khoa học nghiên cứu.

Cây bưởi (*Citrus maxima*) là một loại cây ăn quả phổ biến ở Châu Á, với nhiều công dụng như chữa cảm lạnh, hỗ trợ tiêu hóa, giải độc, chữa đầy bụng [9]-[11]. Thành phần hoá học của vỏ bưởi đa dạng với nhiều lớp chất gồm flavonoid, coumarin và terpenoid, trong đó naringin là một flavonoid glycoside có hàm lượng cao nhất [12], [13]. Dịch chiết của vỏ bưởi thể hiện nhiều hoạt tính như hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hoá, chống ung thư. Từ dịch chiết vỏ bưởi, nano sắt [14], nano vàng [15] và nano bạc [16] đã được tổng hợp thành công; tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào ứng dụng các vật liệu này để xử lý thuốc nhuộm. Do đó, việc tận dụng nguồn nguyên liệu này trong tổng hợp AgNPs để ứng dụng trong xử lý thuốc nhuộm là việc làm rất cần thiết nhằm tạo ra vật liệu rẻ tiền, thân thiện môi trường và hiệu quả. Trong nghiên cứu này, nano bạc được tổng hợp sử dụng dịch chiết từ vỏ bưởi và đánh giá sự phân hủy quang xúc tác MB và RhB của AgNPs trong dung dịch nước dưới bức xạ ánh sáng mặt trời. Bên cạnh đó, cấu trúc và hình thái của AgNPs cũng đã được nghiên cứu.

2. Thực nghiệm

2.1. Vật liệu

Các hoá chất được sử dụng gồm AgNO_3 , NaOH, MB, RhB và HCl của hãng Merck với độ tinh khiết phân tích > 99%. Vỏ bưởi được thu thập tại Thái Nguyên vào tháng 10 năm 2021.

2.2. Điều chế dịch chiết vỏ bưởi

Vỏ bưởi được rửa sạch bằng nước cất 2 lần, sấy khô đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 50°C, sau đó đem nghiền nhỏ. 10g bột vỏ bưởi cho vào trong 100 mL nước cất 2 lần, siêu âm trong thời gian 2 giờ. Dịch chiết được lọc bằng giấy lọc Whatman số 1 và được bảo quản ở 4°C được dùng để tổng hợp AgNPs.

2.3. Tổng hợp nano bạc (AgNPs)

AgNPs được tổng hợp theo sơ đồ như hình 1. Lấy 2 mL dịch chiết nhỏ từ từ vào 25 mL AgNO₃ 1 mM, dung dịch phản ứng được khuấy với tốc độ 800 rpm trong thời gian 30 phút ở nhiệt độ 40°C. pH của dung dịch phản ứng được điều chỉnh bằng NaOH 0,1 M. Ag⁺ được khử về Ag⁰ được nhận biết bằng sự thay đổi màu từ màu vàng nhạt sang màu nâu. Sau 30 phút phản ứng, màu của dung dịch phản ứng chuyển thành màu nâu đậm. Hạt nano bạc sau đó được tách bằng cách ly tâm với tốc độ 13000 vòng/phút trong thời gian 10 phút ở nhiệt độ 10°C. Tạp chất được loại bỏ bằng ethanol. AgNPs được sấy ở nhiệt độ 60°C, sau đó nghiền mịn để đánh giá tính chất của vật liệu và phân hủy MB và RhB.



Hình 1. Sơ đồ tổng hợp AgNPs

2.4. Phương pháp đánh giá tính chất của vật liệu

Đặc trưng của các hạt nano bạc được đánh giá bằng các kỹ thuật gồm phổ UV-Vis (UH5300, Hitachi, Japan) ở bước sóng 300–800 nm, nhiễu xạ tia X (D2-Phaser, Bruker, Japan) đo ở góc 2θ từ 20-80 độ, phổ FTIR (Perkin Elmer Spectrum Two) đo ở vùng bước sóng 4000-400 cm⁻¹, kính hiển vi điện tử quét (SEM) (Hitachi S-4800).

2.5. Đánh giá hoạt tính quang xúc tác

Khả năng quang xúc tác của AgNPs được nghiên cứu bằng cách thực hiện sự phân hủy MB, RhB dưới ánh sáng mặt trời. 10 mg AgNPs được phân tán lần lượt trong 100 mL dung dịch MB và RhB tương ứng có nồng độ 10 mg/mL và siêu âm hỗn hợp trong 15 phút. Hỗn hợp dung dịch được khuấy trong bóng tối trong 30 phút để cân bằng quá trình giải hấp thụ. Hỗn hợp dung dịch được chiếu xạ bằng ánh sáng mặt trời trong thời gian 120 phút và ly tâm ở tốc độ 13.000 vòng/phút trong 10 phút. Tốc độ phân hủy MB và RhB được xác định bằng cách đo độ hấp thụ bằng máy quang phổ UV – Vis ở bước sóng tương ứng là 664 và 554 nm. Hiệu suất phân hủy quang xúc tác được đánh giá bằng công thức sau:

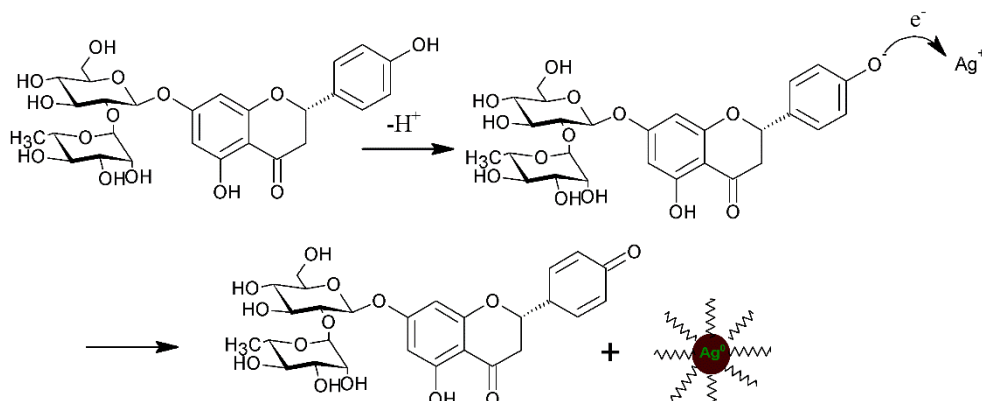
$$\% H = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100 \% \quad (1)$$

Trong đó, A₀ là độ hấp thụ ban đầu của MB, RhB khi không có AgNPs và A là độ hấp thụ của MB, RhB khi có AgNPs (phân hủy quang).

3. Kết quả và bàn luận

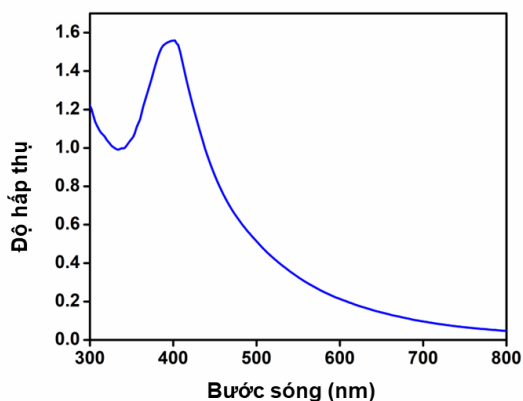
3.1. Tổng hợp nano bạc (AgNPs)

Kết quả tổng hợp AgNPs sử dụng dịch chiết vỏ bưởi cho thấy, khi nhỏ dịch chiết vào dung dịch AgNO_3 thì thấy hỗn hợp phản ứng chuyển từ màu vàng nhạt sang màu nâu đậm. Sự thay đổi màu sắc của dung dịch phản ứng cho phép dự đoán AgNPs đã được tạo ra. Cơ chế hình thành AgNPs từ dịch chiết vỏ bưởi được đề nghị ở hình 2. Naringin là thành phần hoá học chính được tìm thấy trong vỏ bưởi, do đó naringin trong dịch chiết chịu trách nhiệm chính khử Ag^+ về Ag^0 . Cơ chế hình thành AgNPs từ dịch chiết vỏ bưởi như sau: đầu tiên, naringin chuyển từ dạng enol thành dạng keto đồng thời giải phóng hydrogen nguyên tử, sau đó hydrogen nguyên tử khử Ag^+ thành Ag^0 . Đồng thời, naringin cùng với các thành phần hoá học khác có trong dịch chiết có tác dụng làm bền các hạt nano bạc và ngăn chúng kết tụ lại.

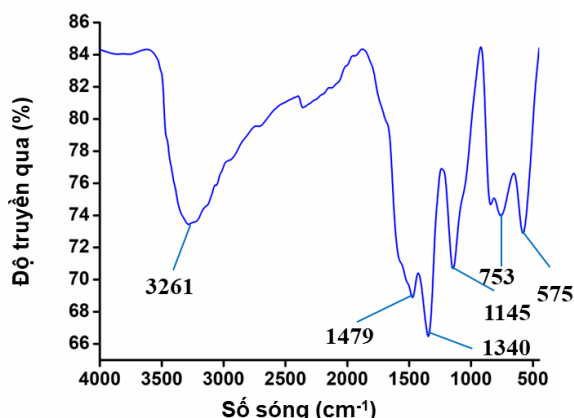


Hình 2. Cơ chế đề nghị tổng hợp AgNPs

Để xác định sự hình thành của AgNPs, hỗn hợp dung dịch sau phản ứng được tiến hành đo phổ UV-Vis. Hình 3 là phổ UV-Vis của AgNPs tổng hợp được. Kết quả phân tích phổ UV-Vis cho thấy xuất hiện 1 đỉnh cộng hưởng plasmon bề mặt (SPR) đặc trưng cho nguyên tố Ag, vị trí SPR của hạt nano bạc tại bước sóng 404 nm. Vị trí và hình dạng của phổ hấp thụ plasmon của cấu trúc nano bạc phụ thuộc rất nhiều vào kích thước và hình dạng hạt. Kết quả đo phổ UV-Vis cho thấy chỉ có một vị trí SPR duy nhất trong quang phổ hấp thụ, chứng tỏ hạt nano bạc thu được có dạng hình cầu; trong khi các hạt dị hướng có thể tạo ra hai hoặc nhiều đỉnh SPR phụ thuộc vào hình dạng của các hạt [17].



Hình 3. Phổ UV-Vis của AgNPs

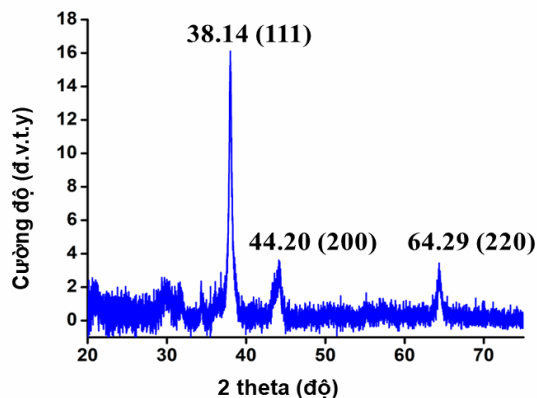


Hình 4. Phổ FTIR của AgNPs

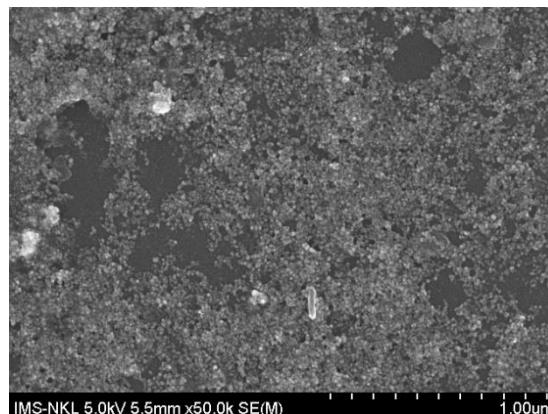
Sự có mặt của các liên kết có trong thành phần của AgNPs được đánh giá bằng phổ FTIR. Phổ FTIR của AgNPs (hình 4) cho thấy có một đỉnh hấp thụ rộng ở bước sóng 3261 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hóa trị của liên kết O-H. Ngoài ra, trên phổ FTIR còn xuất hiện đỉnh hấp thụ ở bước sóng 1479 cm^{-1} đặc trưng cho các dao động của liên kết C=C vòng thơm, đỉnh hấp thụ ở

bước sóng 1370 cm^{-1} đặc trưng cho dao động biến dạng của liên kết C-O và đỉnh hấp thụ ở 575 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hoá trị của liên kết Ag với các nhóm chức của hợp chất hữu cơ. Kết quả này phù hợp với công bố về thành phần hoá học của vỏ bưởi, trong đó flavonoid là thành phần chủ yếu đóng vai trò là tác nhân làm bền trong tổng hợp nano bạc.

Phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X của hạt nano Ag chế tạo được (hình 5) để đánh giá mức độ tinh thể hóa cũng như cấu trúc pha của các hạt AgNPs cho thấy, mẫu vật liệu tổng hợp đặc trưng cho tinh thể Ag hình cầu với cấu trúc lập phương tâm mặt (fcc) như trong bạc khối gồm các peak điển hình tại các vị trí $2\theta = 38,14^\circ$; $44,20^\circ$ và $64,29^\circ$ tương ứng với mặt phẳng tinh thể (111), (200) và (220).



Hình 5. Giản đồ XRD của AgNPs



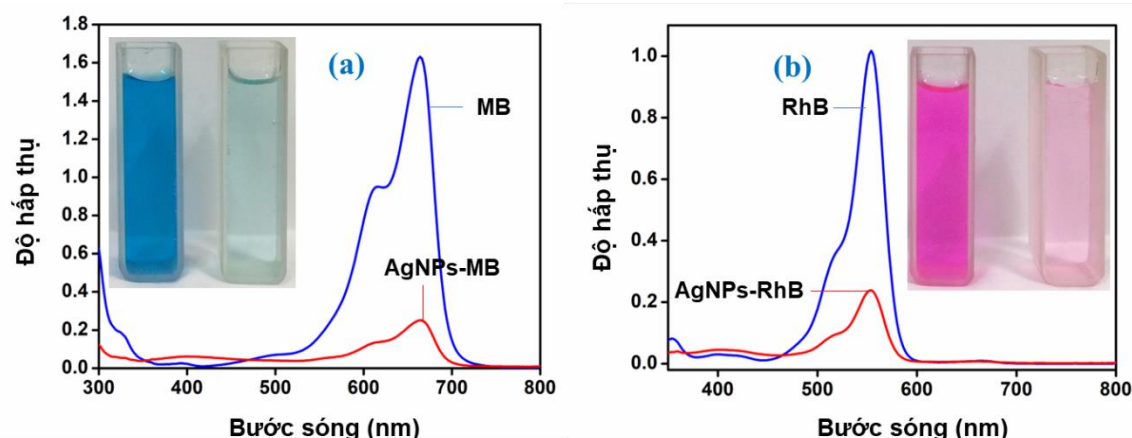
Hình 6. Ảnh SEM của AgNPs

Hình thái của AgNPs được đặc trưng bằng kỹ thuật SEM. Hình 6 cho thấy các hạt nano bạc thu được đa phần có dạng hình cầu, tập hợp thành các đám nano và có độ đồng nhất cao.

Như vậy, phân tích dữ liệu của phổ FTIR, XRD, UV-VIS, SEM và quan sát sự thay đổi màu sắc của dung dịch trước và sau phản ứng có thể kết luận AgNPs được hình thành, tinh thể Ag có dạng hình cầu với cấu trúc lập phương tâm mặt và có độ đồng nhất cao. Kết quả giống với các kết quả công bố trước đây [2], [14].

3.2. Đánh giá hoạt tính quang xúc tác của AgNPs

Khả năng quang xúc tác của AgNPs được đánh giá qua phản ứng quang phân huỷ MB và RhB dưới ánh sáng mặt trời được thể hiện ở hình 7a và hình 7b. Kết quả cho thấy màu sắc của dung dịch MB và RhB thay đổi trước và sau khi phân huỷ. Màu của dung dịch MB thay đổi từ màu xanh đậm sang màu xanh nhạt tương ứng với cường độ hấp thụ MB giảm mạnh sau thời gian 120 phút ở bước sóng 664 nm và màu sắc của dung dịch RhB trước và sau khi phân huỷ thay đổi từ màu hồng đậm sang màu hồng, ứng với cường độ hấp thụ MB giảm mạnh sau thời gian 120 phút ở bước sóng 554 nm. Khả năng phân huỷ MB và RhB bằng xúc tác quang AgNPs đạt hiệu suất tương ứng là 84,68% và 77,84% với khối lượng AgNPs là 10 mg, 100 mL dung dịch thuốc nhuộm 10 ppm trong thời gian 120 phút. Như vậy, khả năng phân huỷ quang xúc tác của AgNPs tổng hợp được đối với MB cao hơn RhB. Hơn nữa, khi so sánh sự phân huỷ MB và RhB của AgNPs tổng hợp được với các kết quả công bố trước đây cho thấy AgNPs tổng hợp từ dịch chiết vỏ bưởi thể hiện hiệu quả quang xúc tác phân huỷ MB cao hơn so với các chất xúc tác tương tự được công bố [18], [19]. Điều này có thể do thành phần hoá học của dịch chiết vỏ bưởi không những có tác dụng ngăn chặn sự kết tụ của các hạt nano trong quá trình phân huỷ thuốc nhuộm mà còn cải thiện sự hấp thụ ánh sáng UV và ức chế sự tổ hợp của các cặp lỗ trống điện tử được tạo ra trong quá trình quang xúc tác. Kết quả này cho thấy AgNPs được tổng hợp từ dịch chiết vỏ bưởi có thể sử dụng là xúc tác quang cho quá trình phân huỷ MB và RhB. Đây là vật liệu rẻ tiền, thân thiện với môi trường cho hiệu quả phân huỷ thuốc nhuộm đáng kể.



Hình 7. Phổ UV-Vis và màu sắc của dung dịch thuốc nhuộm trước và sau phân hủy a) MB; b) RhB

4. Kết luận

Tóm lại, các hạt nano bạc (AgNPs) được tổng hợp thành công sử dụng dịch chiết vỏ bưởi làm chất khử, chất làm bền một cách đơn giản và thân thiện với môi trường. Các hạt bạc Ag có dạng hình cầu với cấu trúc lập phương tâm mặt và có độ đồng nhất cao. Hiệu quả quang xúc tác của AgNPs phân hủy thuốc nhuộm MB và RhB dưới ánh sáng mặt trời với 10 mg AgNPs trong vòng 120 phút lần lượt là 84,68 và 77,84%. Kết quả mở ra tiềm ứng dụng AgNPs tổng hợp từ dịch chiết vỏ bưởi để xử lý thuốc nhuộm hữu cơ trong nước thải công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] M. Rafique *et al.*, "A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications," *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, vol. 45, no. 7, pp. 1272-1291, 2017.
- [2] C. Vanlalveni *et al.*, "Green synthesis of silver nanoparticles using plant extracts and their antimicrobial activities: A review of recent literature," *RSC Advances*, vol. 11, no. 5, pp. 2804-2837, 2021.
- [3] S. Mohammadlinejad, H. Almasi, and M. Esmaili, "Simultaneous green synthesis and in-situ impregnation of silver nanoparticles into organic nanofibers by *Lythrum salicaria* extract: Morphological, thermal, antimicrobial and release properties," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 105, pp. 110-115, 2019.
- [4] R. Rajkumar, G. Ezhumalai, and M. Gnanadesigan, "A green approach for the synthesis of silver nanoparticles by *Chlorella vulgaris* and its application in photocatalytic dye degradation activity," *Environmental Technology & Innovation*, vol. 21, 2021, doi: 10.1016/j.eti.2020.101282.
- [5] L. Castillo-Henríquez *et al.*, "Green synthesis of gold and silver nanoparticles from plant extracts and their possible applications as antimicrobial agents in the agricultural area," *Nanomaterials*, vol. 10, no. 9, p. 1763, 2020.
- [6] R. D. Saini, "Textile organic dyes: polluting effects and elimination methods from textile waste water," *Int J Chem Eng Res*, vol. 9, no. 1, pp. 121-136, 2017.
- [7] S. Rajendrachari *et al.*, "Photocatalytic degradation of Rhodamine B (RhB) dye in waste water and enzymatic inhibition study using cauliflower shaped ZnO nanoparticles synthesized by a novel One-pot green synthesis method," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 14, no. 6, 2021, doi: 10.1016/j.arabjc.2021.103180.
- [8] M. Vanaja *et al.*, "Degradation of methylene blue using biologically synthesized silver nanoparticles," *Bioinorganic chemistry and applications*, vol. 2014, pp. 1-8, 2014, doi:10.1155/2014/742346.
- [9] D.T.T. Ly *et al.*, "Research on conditions for extracting naringin from *Citrus grandis* peel," *Can Tho University of Journal*, vol. 57, pp. 183-188, 2021.
- [10] I. Fidrianny, E. Sari, and K. Ruslan, "Phytochemical content and antioxidant activities in different organs of pomelo (*Citrus maxima* [Burm.] Merr.) using 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl and phosphomolybdenum assays," *Asian J. Pharm. Clin. Res*, vol. 9, p. 185-190, 2016.

-
- [11] G. Liu, "Chemical compositions, α -glucosidase and α -amylase inhibitory activities of crude polysaccharides from the endodermis of shaddock (*Citrus maxima*)," *Archives of Biological Sciences*, vol. 64, no. 1, pp. 71-76, 2012.
- [12] P. N. Ani, and H. C. Abel, "Nutrient, phytochemical, and antinutrient composition of *Citrus maxima* fruit juice and peel extract," *Food Science & Nutrition*, vol. 6, no. 3, pp. 653-658, 2018.
- [13] F. Kanaze *et al.*, "Thermal analysis study of flavonoid solid dispersions having enhanced solubility," *Journal of thermal analysis and calorimetry*, vol. 83, no. 2, pp. 283-290, 2006.
- [14] Y. Wei *et al.*, "Green synthesis of Fe nanoparticles using *Citrus maxima* peels aqueous extracts," *Materials Letters*, vol. 185, pp. 384-386, 2016.
- [15] C.-G. Yuan *et al.*, "Green synthesis of gold nanoparticles using *Citrus maxima* peel extract and their catalytic/antibacterial activities," *IET nanobiotechnology*, vol. 11, no. 5, pp. 523-530, 2017.
- [16] K. A. Ali *et al.*, "Biosynthesis of silver nanoparticle from pomelo (*Citrus Maxima*) and their antibacterial activity against *acidovorax oryzae* RS-2," *Materials Research Express*, vol. 7, no. 1, p. 015097, 2020, doi: 10.1088/2053-1591/ab6c5e.
- [17] J. P. Novak and D. L. Feldheim, "Assembly of phenylacetylene-bridged silver and gold nanoparticle arrays," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 122, no. 16, pp. 3979-3980, 2000.
- [18] M. Aravind *et al.*, "Critical green routing synthesis of silver NPs using jasmine flower extract for biological activities and photocatalytical degradation of methylene blue," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, no. 1, p. 104877, 2021, doi: 10.1016/j.jece.2020.104877.
- [19] M. A. Ebrahimzadeh *et al.*, "Green and facile synthesis of Ag nanoparticles using *Crataegus pentagyna* fruit extract (CP-AgNPs) for organic pollution dyes degradation and antibacterial application," *Bioorganic chemistry*, vol. 94, p. 103425, 2020, doi:10.1016/j.bioorg.2019.103425.