

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XỬ LÝ PHẨM MÀU CỦA VẬT LIỆU NANO BẠC TỔNG HỢP TỪ DỊCH CHIẾT LÁ BẠC HÀ

INVESTIGATION OF ABILITY TO DEGRADATION OF DYES USING SILVER NANOPARTICLES

Lại Thị Hoan^{1,*}, Trần Thúy Nga¹,
Hồ Phương Hiền², Lò Seo Di²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2024.221>

TÓM TẮT

Tổng hợp xanh nano bạc sử dụng dịch chiết xuất từ lá bạc hà là đối tượng nghiên cứu trong bài báo này, quá trình tổng hợp và sản phẩm thu được thân thiện với môi trường. Dung dịch chiết từ lá bạc hà là chất khử trong quá trình phản ứng với dung dịch AgNO₃ tạo bạc nano. Phương pháp thực hiện đơn giản và thân thiện đã tạo được các hạt bạc cấu trúc hình cầu, có kích thước nano được phân bố đồng đều, có độ đồng nhất cao. Khả năng xử lý phẩm màu với thuốc nhuộm hoạt tính Reactive Blue 19 (RB19) và Methylene Blue (MB) cho thấy, hạt bạc nano tổng hợp được có khả năng quang xúc tác tương đối tốt. Sau 240 phút dưới điều kiện ánh sáng mặt trời, hiệu quả loại bỏ đối với chất màu RB19 và MB lần lượt là khoảng 50,2% và 91,3%.

Từ khóa: Xúc tác, thuốc nhuộm hoạt tính RB19, thuốc nhuộm MB, nano bạc, lá bạc hà.

ABSTRACT

The "green" method of using plant extracts to synthesize silver nanoparticles is currently receiving special attention from researchers due to the synthesis process and product being environmentally-friendly and non-hazardous. In this study, mint leaf extract was used as a reducing agent in AgNO₃ solution to prepare nano silver solution. Through this inexpensive and simple method, silver nanoparticles were synthesized. The photocatalytic activities of the synthesized silver nanoparticles were investigated by degrading Reactive Blue 19 (RB19) and methylene blue (MB) solutions under sunlight within 240 min irradiation. The percentage degradation of RB19 and MB dye solutions was 50.2, and 91.3%, respectively.

Keywords: Reactive blue 19, methylene blue, silver nanoparticles, mint leaf.

¹Trường Đại học Giao thông vận tải

²Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

*Email: laithihoan@utc.edu.vn

Ngày nhận bài: 04/5/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/6/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2024

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ nano đã và đang tác động tích cực đến đời sống con người, được phát triển từ thế kỉ trước [1]. Vật liệu nano giúp cho bề mặt vật liệu tiếp xúc nhiều hơn với môi trường bên ngoài làm tính chất của vật liệu rất khác so với tính chất của vật liệu thông thường [2].

Hạt nano bạc kim loại (AgNPs) có: hoạt tính xúc tác, khả năng kháng khuẩn, hoạt tính quang điện, tổng hợp không quá phức tạp, giá thành không cao, được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như y học, nông nghiệp, dược phẩm, mỹ phẩm, đồ chứa thức ăn, dụng cụ y khoa, xử lý nước... [3]. Hạt nano bạc được tổng hợp bằng nhiều cách khác nhau như: phương pháp vật lý và hóa học [4, 5], phân hủy nhiệt [6], sol-gel hay khử hóa học [7]. Các phương pháp đã nêu có nhược điểm: tiêu tốn năng lượng, chi phí cao, độc hại và không thân thiện với môi trường. Việc sử dụng các phương pháp tổng hợp xanh, phương pháp tổng hợp sinh học (là phương pháp tổng hợp trên cơ sở các nguyên liệu có sẵn trong tự nhiên, thân thiện với con người và môi trường) ngày càng được quan tâm, nghiên cứu và phát triển [8-13]. Chất khử được dùng trong tổng hợp xanh là dịch chiết từ lá bạc hà, có vai trò khử ion kim loại thành các hạt nano kim loại. Các polyphenol, flavonoid... có trong dịch chiết vừa là tác nhân khử vừa giúp ổn định ion bạc về dạng bạc nano.

2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất (đều có độ tinh khiết 99,0%)

Hóa chất	Công thức phân tử	Xuất xứ
Silver nitrate 0,1M	AgNO ₃	Germany
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	Trung Quốc
Reactive Blue 19 (RB19)	C ₂₂ H ₁₆ O ₁₁ N ₂ S ₃ Na ₂	Trung Quốc
Methylene Blue (MB)	C ₁₆ H ₁₈ N ₃ SCl	Germany
Sodium hydroxide	NaOH	Trung Quốc
Nitric acid	HNO ₃	Trung Quốc

Để tiến hành nghiên cứu, lá bạc hà được thu hoạch ở Hoài Đức, Hà Nội vào đầu năm 2023. Lá được chọn có màu xanh, tươi, không bị sâu bệnh, được rửa sạch bằng nước cất và sấy khô ở 60°C trong 12 giờ. Lá khô được nghiền mịn và bảo quản trong lọ thủy tinh kín trước khi chiết.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phổ hấp thụ phân tử UV-Vis của dung dịch bạc nano được xác định bằng máy quang phổ Biochrom S60 (Anh). Phổ FT-IR của các mẫu được ghi lại bằng máy quang phổ FT-IR Prestige-21 (Shimadzu, Nhật Bản) trong dải số sóng 4000 - 400cm⁻¹. Bạc nano được phân tích hình thái bề mặt bằng

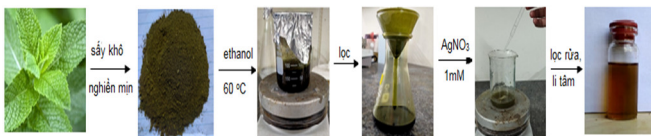
phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM) và phân tích cấu trúc bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD).

2.3. Dịch chiết từ lá bạc hà

Dịch chiết lá bạc hà được chuẩn bị theo quy trình như mô tả trong hình 1. Lá bạc hà được rửa sạch và sấy khô ở 60°C trong 12 giờ. Nghiền mịn 5 g lá khô, đun và khuấy liên tục trong 30 mL ethanol, nhiệt độ khoảng 50 - 60°C trong thời gian 2 giờ. Lọc thu được dịch chiết lá bạc hà và được bảo quản trong tủ lạnh ở khoảng 10°C. Dung dịch lá bạc hà loãng được chuẩn bị từ dịch chiết lá bạc hà đặc, bằng cách pha loãng 20 lần với nước cất [14].

2.4. Tổng hợp bạc nano với dịch chiết từ lá bạc hà

Dung dịch bạc nitrate AgNO₃ nồng độ 1mM được thêm vào cốc dung tích 100mL đã chứa sẵn dịch chiết lá bạc hà loãng rồi tiến hành phản ứng ở nhiệt độ phòng và trong bóng tối. Sau 30 phút phản ứng, mẫu được lọc rửa ly tâm (6.000 vòng/phút, trong thời gian 30 phút) để loại bỏ các chất phản ứng còn dư được dung dịch nano bạc (AgNPs) (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ quy trình tạo nano bạc với dịch chiết lá bạc hà

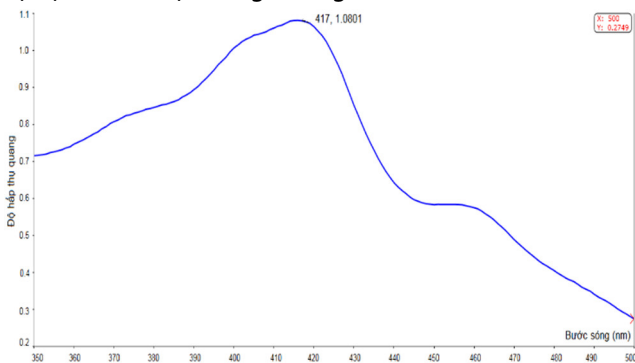
2.5. Khảo sát hoạt tính xúc tác quang của bạc nano với thuốc thử RB19 và MB

Sản phẩm bạc nano được tạo ra từ quy trình tổng hợp với tỉ lệ tối ưu giữa dung dịch AgNO₃ và dịch lá bạc hà sẽ được sử dụng để bước đầu khảo sát khả năng xử lý thuốc nhuộm RB19 và MB. Dung dịch thu được đem li tâm với tốc độ 6000 vòng/phút trong 30 phút rồi đo độ hấp thụ quang tại bước sóng λ = 590nm đối với RB19 và tại bước sóng λ = 663nm đối với MB.

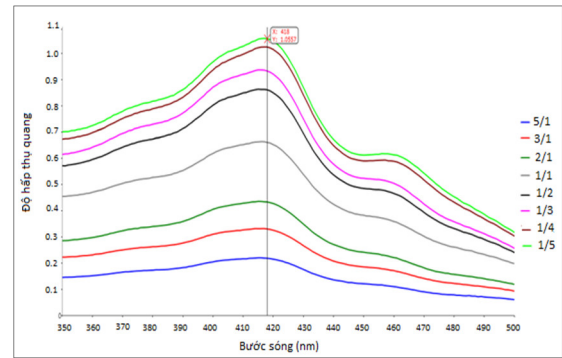
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ thể tích giữa dịch chiết lá bạc hà và dung dịch AgNO₃ đến sự hình thành nano bạc AgNPs

Dịch chiết lá bạc hà làm thay đổi màu của dung dịch AgNO₃ 1 mM từ trong suốt sang màu nâu đen chứng tỏ nano bạc đã được hình thành. Từ phổ UV-Vis của dung dịch nano bạc cho thấy đã có sự xuất hiện pic ứng với bước sóng cực đại tại 417nm đặc trưng của Ag (hình 2).



(a)



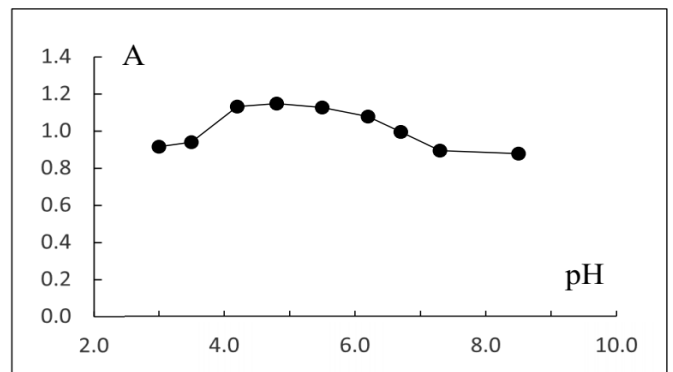
(b)

Hình 2. Phổ hấp thụ phân tử UV-Vis của dung dịch nano bạc (a) và (b) với các tỉ lệ phản ứng giữa dịch chiết/dung dịch bạc khác nhau

Tỉ lệ thể tích giữa dịch chiết lá bạc hà và dung dịch AgNO₃ 1 mM thay đổi từ 5/1; 3/1; 2/1; 1/1; 1/2; 1/3; 1/4; 1/5 [15, 16]. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ thể tích giữa dịch chiết lá bạc hà và dung dịch AgNO₃ đến phổ hấp thụ UV-Vis của AgNPs tạo thành (hình 2b) cho thấy, khi thay đổi tỉ lệ thể tích dịch chiết và dung dịch bạc nitrate từ tỉ lệ 5/1 đến 1/4 thì cực đại hấp thụ không thay đổi nhưng độ hấp thụ quang tăng nhanh và tăng chậm dần tại tỉ lệ thể tích là 1/5. Vì vậy, tỉ lệ thể tích dịch chiết lá bạc hà và dung dịch AgNO₃ là 1/5 được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của pH dung dịch đến sự hình thành nano bạc AgNPs

Ảnh hưởng của pH của dung dịch đến sự hình thành bạc nano được khảo sát với các giá trị pH lần lượt là 3,0; 3,5; 4,2; 4,8; 5,5; 6,2; 6,7; 7,3; 8,5. pH của dung dịch được điều chỉnh tới giá trị mong muốn bằng dung dịch NaOH và HNO₃.



Hình 3. Ảnh hưởng của pH dung dịch đến sự hình thành nano bạc AgNPs

Kết quả cho thấy, khi tăng giá trị pH của dung dịch, cực đại hấp thụ ở bước sóng 417nm tăng và đạt cực đại trong khoảng pH từ 4,2 đến 6,2. Tiếp tục tăng giá trị pH thì cường độ hấp thụ lại có xu hướng giảm dần. Do vậy, pH dung dịch trong khoảng từ 4,2 đến 6,2 được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng của thời gian đến sự hình thành nano bạc AgNPs

Ảnh hưởng của thời gian của dung dịch đến sự hình thành bạc nano được khảo sát lần lượt là 10; 30; 60; 120; 210; 240; 270 phút.

Từ bảng 1 cho thấy thời gian của phản ứng tạo thành nano bạc diễn ra nhanh.

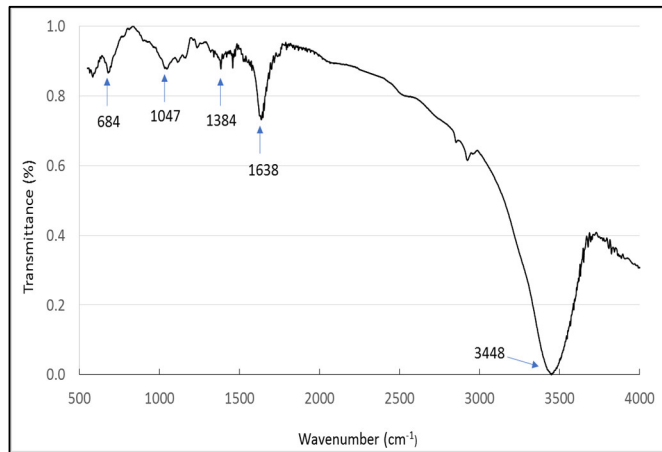
Bảng 1. Ảnh hưởng thời gian phản ứng đến sự hình thành nano bạc AgNPs

Thời gian phản ứng (phút)	10	30	60	120	210	240	270
Độ hấp thụ tại 417nm	1,0386	1,0461	1,0433	1,0499	1,0304	1,0237	1,0138

Sau thời gian phản ứng 10 phút, độ hấp thụ quang của dung dịch nano bạc tại bước sóng 417nm là 1,0386; sau 30 phút là 1,0461 và giá trị này không thay đổi nhiều sau 270 phút phản ứng là 1,0138. Do vậy, 30 phút là thời gian được lựa chọn để thực hiện phản ứng tổng hợp bạc nano.

3.4. Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR)

Phổ FT-IR được sử dụng để xác định các nhóm chức hóa học có mặt trong sản phẩm.

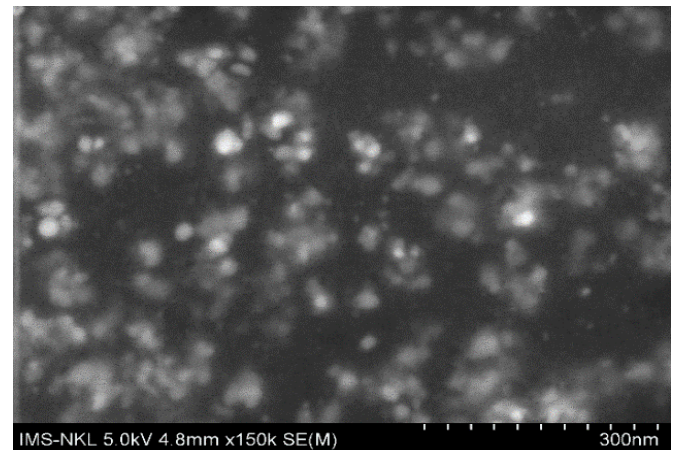
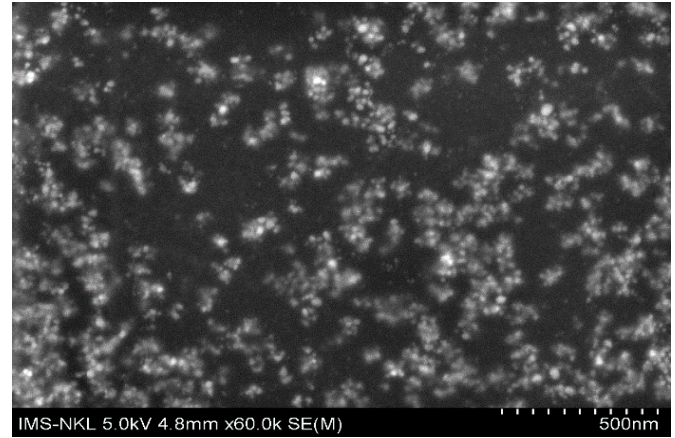


Hình 4. Phổ FT-IR của vật liệu bạc nano tổng hợp theo tỉ lệ thể tích dịch lá bạc hà loãng/AgNO₃ = 1/5

Phổ FT-IR của vật liệu bạc nano tổng hợp theo tỉ lệ thể tích dịch lá bạc hà loãng/AgNO₃ = 1/5 được thể hiện trong hình 4. Dải hấp thụ mạnh ở 3448cm⁻¹ là dao động hóa trị của liên kết O-H. Đỉnh hấp thụ ở 1638cm⁻¹ là đặc trưng của liên kết C=O. Các dải hấp thụ lần lượt ở 1384cm⁻¹, 1047cm⁻¹ cho thấy sự xuất hiện của các liên kết C-H, C-N có trong phenol và amin béo. Các nhóm chức đặc trưng của liên kết O-H, C=O, C-H, C-N trên phổ FT-IR chứng tỏ rằng các hợp chất polyphenol, axit hữu cơ và các amin béo trong dịch chiết lá bạc hà là các chất ổn định trong quá trình tổng hợp. Dải hấp thụ ở 684cm⁻¹ liên quan đến dao động của liên kết Ag với các nhóm chức trong các hợp chất hữu cơ. Như vậy, có thể khẳng định rằng các thành phần hoá học của lá bạc hà trong đó các chất phytochemical (polyphenol, flavonoid) [17] trong dịch chiết là đóng vai trò là tác nhân khử, ổn định ion bạc thành các hạt nano.

3.5. Kết quả phân tích hiển vi điện tử quét (SEM)

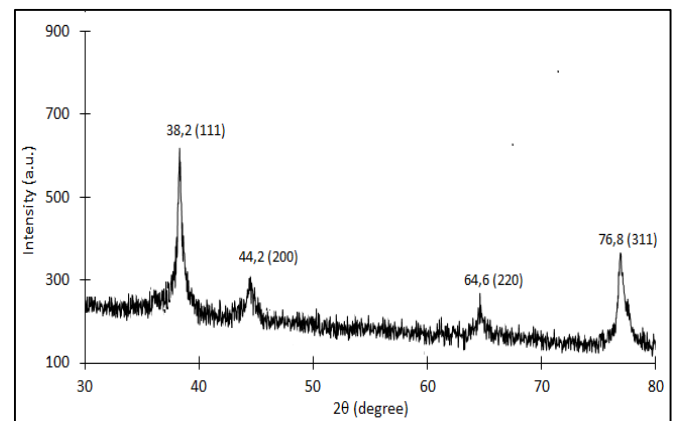
Hình thái vật liệu bạc nano tạo thành được nghiên cứu phương pháp hiển vi điện tử quét. Kết quả trên hình 5 cho thấy các hạt bạc có kích thước nano, dạng hình cầu, phân bố đều, có độ đồng nhất cao.



Hình 5. Ảnh SEM của vật liệu bạc nano tổng hợp theo tỉ lệ thể tích dịch lá bạc hà loãng/AgNO₃ = 1/5

3.6. Kết quả giải đồ nhiễu xạ tia X

Cấu trúc của vật liệu bạc nano được nghiên cứu bằng giải đồ nhiễu xạ tia X (XRD) thể hiện trên hình 6.

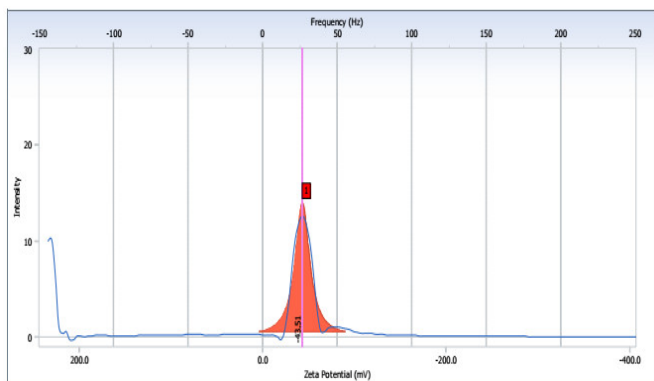


Hình 6. Giải đồ XRD của vật liệu bạc nano tổng hợp theo tỉ lệ thể tích dịch lá bạc hà loãng/AgNO₃ = 1/5

Nhiễu xạ tia X xác định cấu trúc tinh thể của mẫu AgNPs có 4 pic với các giá trị 2θ lần lượt là 38,2°; 44,2°; 64,6° và 76,8° [18], tương ứng với các hằng số mạng lần lượt là (110); (200); (220); (311) và là hằng số mạng của tinh thể Ag. Điều đó chứng tỏ trong mẫu tổng hợp từ dung dịch AgNO₃ và dịch chiết lá bạc hà đã hình thành tinh thể Ag với mạng tinh thể lập phương tâm mặt (FCC).

3.7. Thế Zeta

Điện thế zeta là thế xuất hiện giữa bề mặt của AgNPs và pha lỏng xung quanh và là một thước đo quan trọng cho sự ổn định của hệ. Các giá trị vượt quá thế zeta = ±30mV thường được coi là đạt yêu cầu về độ bền của hệ [19]. Điện thế zeta của hệ phân tán AgNPs tại pH khoảng 5,0 có giá trị cao nhất ở -43,51mV chứng tỏ rằng AgNPs tổng hợp được có tính ổn định ở mức tốt (hình 7).



Hình 7. Kết quả đo mẫu zeta của bạc nano tổng hợp xanh bằng dịch chiết lá bạc hà

3.8. Khả năng xử lý thuốc nhuộm RB19 và MB

Dung dịch RB19: lấy 0,050g chất màu RB19, định mức trong bình dung tích 1000mL, thu được dung dịch RB 19 với nồng độ 50mg/L.

Dung dịch MB: lấy 0,050g chất màu MB, định mức trong bình dung tích 1000mL, thu được dung dịch MB với nồng độ 50mg/L. Từ dung dịch MB 50mg/L, pha loãng thành dung dịch MB có nồng độ 10mg/L.

Trộn 5ml dung dịch bạc nano AgNPs (được tổng hợp từ dịch chiết lá bạc hà với tỉ lệ dịch chiết/dung dịch bạc nitrate 1mM là 5/1, điều chỉnh đến pH = 5,0 sau 30 phút phản ứng) với 10mL dung dịch thuốc nhuộm hoạt tính RB19 nồng độ 50mg/L (tương tự với MB nồng độ 10mg/L). Thực hiện phản ứng dưới điều kiện chiếu ánh sáng mặt trời, các dung dịch RB19 (tương tự với MB) sau 120; 150; 180; 240 phút được tiến hành đo độ hấp thụ quang của dung dịch tại bước sóng đặc trưng của thuốc nhuộm RB19 là 590nm (bảng 2) và MB là 663nm (bảng 3).

Bảng 2. Nồng độ RB19 còn lại và hiệu suất xử lý RB19 bằng bạc nano sau khoảng thời gian xử lý khác nhau

t (phút)	Abs tại 590nm	C _{RB19} (mg/L)	H (%)
0	0,4345	30,8	-
120	0,2649	18,8	39,0
150	0,2545	18,0	41,3
180	0,2493	17,7	42,6
240	0,2163	15,3	50,2

Kết quả cho thấy, dung dịch bạc nano thu được có khả năng xúc tác quang khá tốt. Sau 240 phút xử lý dưới điều kiện có chiếu sáng mặt trời, hiệu suất xử lý RB19 bằng dung dịch bạc nano là 50,2%.

Bảng 3. Nồng độ MB còn lại và hiệu suất xử lý MB bằng bạc nano sau khoảng thời gian xử lý khác nhau

t (phút)	Abs tại 663nm	C _{MB} (mg/L)	H (%)
0	1,419	6,81	-
120	0,221	1,06	84,4
150	0,191	0,92	86,5
180	0,129	0,62	90,9
240	0,122	0,59	91,3

Khi tăng dần thời gian xử lý thì độ hấp thụ quang MB tại bước sóng 663nm giảm dần. Khi thời gian xử lý là 120 phút độ hấp thụ giảm từ 1,419 xuống còn 0,221. Khi tiếp tục tăng thời gian thời gian xử lý đến 4 giờ thì độ hấp thụ tiếp tục giảm mạnh còn 0,122, tương ứng với hiệu suất xử lý là 91,3%. Kết quả cho thấy rằng hiệu quả xử lý của bạc nano đối với thuốc nhuộm MB cao hơn so với thuốc nhuộm RB19. Điều này có thể giải thích bởi thế zeta của bạc nano có giá trị âm trong khoảng khoảng pH trung tính sẽ dễ dàng hấp phụ các gốc cation của thuốc nhuộm, từ đó giúp vật liệu này dễ dàng xử lý tốt các thuốc nhuộm cation như methylene blue (MB).

4. KẾT LUẬN

Đã tổng hợp thành công vật liệu bạc nano bằng phương pháp tổng hợp xanh với dịch chiết lá bạc hà. Bạc nano hình thành có dạng hình cầu, kích thước nano. Giá trị pH dung dịch có nhiều ảnh hưởng đến sự hình thành bạc nano từ dịch chiết lá bạc hà và nghiên cứu cho thấy khoảng pH tối ưu cho quá trình tổng hợp này là từ 4,2 đến 6,2.

Các hạt bạc nano tạo thành từ quá trình tổng hợp xanh với dịch chiết lá bạc hà có khả năng xử lý khá tốt các phẩm màu trong nước. Sau 4 giờ xử lý dưới điều kiện ánh sáng mặt trời, hiệu quả loại bỏ đối với chất màu RB19 và MB lần lượt là khoảng 50,2% và 91,3%. Vật liệu nano bạc xử lý các chất màu thuộc nhóm thuốc nhuộm cation như MB tốt hơn so với chất màu thuộc nhóm anion như RB19. Hiệu quả loại bỏ màu tăng đạt giá trị cao nhất với tỉ lệ thể tích dịch chiết/dung dịch bạc nitrate 1mM là 1/5.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P.N. Sudha, et al., "Nanomaterials history, classification, unique properties, production and market," *Emerging Applications of Nanoparticles and Architecture Nanostructures*, 341-384, 2018. DOI: 10.1016/B978-0-323-51254-1.00012-9.
- [2]. Murty BS, et al., "Unique properties of nanomaterials," *Textb. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. d, 29-65, 2013.
- [3]. Nelson JK, "Overview of nanodielectrics: insulating materials of the future," in *Proceedings of Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing Expo*, Nashville EEIC, 2007.
- [4]. Vo Thi Quy Vinh, et al., A mini review on silver nanoparticles: From synthesis to applications," *DTU Journal of Science & Technology*, 01 (32), 30-39, 2009.
- [5]. Huber D. L., "Synthesis, properties, applications of iron nanoparticles," *Small*, 482-501, 2005.

- [6]. Hufschmid R., "Synthesis of phase-pure and monodisperse iron oxide nano particles by thermal decomposition," *Nanoscale*, 11142-11154, 2015.
- [7]. Parashar M., Shukla V. K., Singh R. M., "Metal oxides nanoparticles via sol-gel method: a review on synthesis, characterization and applications," *Journal of Material Science: materials in Electronics*, 3729-3749, 2020.
- [8]. Thi N. H. P., et al., "Green synthesis of an Ag nanoparticle-decorated graphene nanoplatelet nanocomposite by using *Cleistocalyx operculatus* leaf extract for antibacterial applications," *Nano-structures & Nano-Objects*, 100810, 2022.
- [9]. Hoang Duc Thuan, Ngo Van Cuong, Le Thi Thu Hong, Tran Thach Thao, Nguyen Thi Nhu Quynh, Cao Van Du, "Green synthesis of silver nanoparticles using herbal extract (piper betle, *mentingia calabura*)", *Journal of Science of Lac Hong University*, 12, 079-084, 2021.
- [10]. Khieu Thi Tam, Nguyen Thi Kim Ngan, "Green synthesis of silver nanoparticles using citrus maximapeel extract for photocatalytic degradation of methylene blue, and rhodamine B under sunlight," *TNU Journal of Science and Technology*, 227, 08, 410-416, 2022.
- [11]. Dang Tan Hiep, et al., "Synthesized silver nanoparticles using peel extract of purple passion fruit and application in the detection of Pb^{2+} , Zn^{2+} ions in aqueous medium," *Journal of Science technology and Food Processing*, 20 (1), p. 96-106, 2020.
- [12]. Ping Y, Jun Z., Tieling X., Guoqiang C., Ran T., Kwang-Ho C., "Green synthesis of silver nanoparticles using grape seed extract and their application for reductive catalysis of Direct Orange 26" *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 58, 74-79, 2018.
- [13]. Rautela A., Rani J., Debnath M., "Green synthesis of silver nanoparticles from *Tectona grandis* seeds extract: characterization and mechanism of antimicrobial action on different micro-organisms," *Journal of Analytical Science and Technology*, 10, 5, 2019.
- [14]. Tran Thuy Nga, "Synthesis of nano silver green from mint leaf extract and initial investigation into photocatalytic ability," *Transport Journal*, 736, 108-111, 2023.
- [15]. Tran Bao Tram, et al., "Evaluation of the chemical components and some bioactive compounds of the peppermint essential oil (*Mentha arvensis* L.) cultivated in Vietnam," *Vietnam Journal of Science and Technology*, 63(7), 26-30, 2001.
- [16]. Fahmy H. M., et al., "Coated silver nanoparticles: Synthesis, cytotoxicity, and optical properties," *RSC advances*, 9, 35, 20118-20136, 2019.
- [17]. Schmidt E., et al., "Chemical composition, olfactory evaluation and antioxidant effects of essential oil from *Mentha x piperita*," *Natural Product Communications*, 4 (8): 1107-1112, 2009.
- [18]. Abou El-Nour K. M., et al., "Synthesis and applications of silver nanoparticles," *Arabian journal of chemistry*, 3, 3, 135-140, 2010.
- [19]. Badri Bhattarai, et al., "Chemistry and Structure of Silver Molecular Nanoparticles," *American Chemical Society*, 51(12), 3104-3113, 2018.

AUTHORS INFORMATION

Lai Thi Hoan¹, Tran Thuy Nga¹, Ho Phuong Hien², Lu Seo Di²

¹University of Transport and Communications, Vietnam

²Hanoi National University of Education, Vietnam