

CHARACTERIZATION AND HAIR DYEING APPLICATION OF GREEN SYNTHESIS SILVER NANOPARTICLES USING *CRATOXYLUM PRUNIFLORUM* (KURZ) KURZ EXTRACT

Luu Tran Duc Luong, Nguyen Phu Binh, Luong Van Luyen, Ngo Tuan Vinh*

Viet Bac Highlands High School

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 14/02/2025	This study focuses on the green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) from the leaf extract of <i>Cratoxylum pruniflorum</i> and their application in hair dyeing. The aim is to analyze the physical properties of AgNPs and their potential use in hair dyeing. AgNPs were synthesized through the reduction of Ag^+ from an $AgNO_3$ solution using the leaf extract of <i>C. pruniflorum</i> . Several analytical techniques, including UV-Vis spectroscopy, X-ray diffraction, Fourier-transform infrared spectroscopy, transmission electron microscopy, and scanning electron microscopy, were employed to characterize the AgNPs. UV-Vis analysis revealed a characteristic absorption peak at 437 nm, confirming the presence of AgNPs. X-ray diffraction patterns showed a face-centered cubic structure of the nanoparticles. Fourier-transform infrared spectroscopy analysis indicated that functional groups such as O-H, C=O, C-H, and C-O from the extract played a role in the reduction and stabilization of the nanoparticles. Transmission electron microscopy, and scanning electron microscopy images revealed spherical AgNPs with sizes ranging from 5 to 40 nm and a uniform size distribution. The application of the AgNPs solution in hair dyeing resulted in a uniform black color that remained stable even after 20-30 washes. Sensitivity tests on Swiss white mice showed no signs of inflammation or skin irritation, confirming the safety of the product. These findings suggest that silver nanoparticles from <i>C. pruniflorum</i> leaf extract have promising potential for use in safe and effective hair dye products.
Revised: 11/3/2025	
Published: 11/3/2025	
KEYWORDS	
<i>Cratoxylum pruniflorum</i>	
X-ray diffraction	
Scanning electron microscopy	
Transmission electron microscopy	
Silver nanoparticle	

XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH VÀ ỨNG DỤNG TRONG NHUỘM TÓC CỦA NANO BẠC TỔNG HỢP XANH SỬ DỤNG DỊCH CHIẾT TỪ CÂY THÀNH NGÀNH (*CRATOXYLUM PRUNIFLORUM* (KURZ) KURZ)

Luu Trần Đức Lương, Nguyễn Phú Bình, Lương Văn Luyện, Ngô Tuấn Vinh*

Trường Phổ thông Vùng cao Việt Bắc

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 14/02/2025	Nghiên cứu này tập trung vào việc tổng hợp nano bạc sinh học từ dịch chiết cây Thành ngành (<i>Cratoxylum pruniflorum</i>) và ứng dụng của chúng trong nhuộm tóc bạc. Mục tiêu của nghiên cứu là phân tích các đặc tính vật lý của nano bạc và khả năng ứng dụng trong nhuộm tóc. Nano bạc được tổng hợp thông qua phản ứng khử Ag^+ từ dung dịch $AgNO_3$ bằng dịch chiết cây <i>C. pruniflorum</i> . Các phương pháp phân tích bao gồm quang phổ UV-Vis, phổ nhiễu xạ tia X, phổ hồng ngoại biến đổi Fourier, kính hiển vi điện tử truyền qua và kính hiển vi điện tử quét được sử dụng để đánh giá các đặc tính của nano bạc. Kết quả quang phổ UV-Vis chỉ ra đỉnh hấp thụ tại 437 nm, đặc trưng cho nano bạc. Phổ nhiễu xạ tia X xác nhận cấu trúc lập phương tâm mặt của nano bạc. Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier cho thấy các nhóm O-H, C=O, C-H và C-O từ dịch chiết tham gia vào quá trình khử và ổn định hạt nano. Hình ảnh chụp kính hiển vi điện tử truyền qua và hiển vi điện tử quét chỉ ra các hạt nano bạc hình cầu, kích thước từ 5-40 nm với phân bố kích thước đồng đều. Khả năng nhuộm tóc bạc bằng dung dịch nano bạc cho thấy màu đen đồng nhất và không bị phai sau 20-30 lần gội. Thử nghiệm mẫn cảm trên da chuột nhắt trắng Swiss không phát hiện viêm nhiễm hay kích ứng, chứng minh tính an toàn của sản phẩm. Những kết quả này mở ra triển vọng ứng dụng nano bạc từ dịch chiết cây Thành ngành trong các sản phẩm nhuộm tóc an toàn.
Ngày hoàn thiện: 11/3/2025	
Ngày đăng: 11/3/2025	
TỪ KHÓA	
Thành ngành	
Phổ nhiễu xạ tia X	
Hiển vi điện tử quét	
Hiển vi điện tử truyền qua	
Nano bạc	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.12055>

* Corresponding author. Email: ngotuanvinhvc@gmail.com

1. Giới thiệu

Nano bạc (AgNPs) là một dạng vật liệu nano được nghiên cứu và ứng dụng phổ biến do có hoạt tính sinh học mạnh, điển hình là hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa [1]. Tổng hợp xanh nano bạc sử dụng dịch chiết thực vật hoặc từ các nhóm sinh vật khác đã được quan tâm bởi sự thân thiện với môi trường, giảm thiểu việc sử dụng hóa chất độc hại, đồng thời có thể tận dụng các hợp chất sinh học có trong thực vật để tăng cường tính năng của nano bạc [2]. Cây Thành ngạnh (*Cratogeomys pruniflorum* (Kurz) Kurz) là một loài thực vật được sử dụng trong y học cổ truyền nhờ vào các hợp chất sinh học có hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hóa, kháng ung thư và tạo màu tự nhiên [3] - [5]. Các thành phần flavonoid, tannin và polyphenol trong cây có khả năng gắn kết với sợi tóc, giúp tạo màu bền và an toàn hơn so với các phẩm nhuộm tổng hợp. Ứng dụng nano bạc trong nhuộm tóc mang lại nhiều lợi ích như khả năng cố định màu sắc tốt, kháng khuẩn cho da đầu và hạn chế tác động của hóa chất nhuộm tóc truyền thống [6]. Nano bạc có thể tạo liên kết với protein của sợi tóc, giúp tăng độ bền màu và giảm thiểu ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe người sử dụng. Mặc dù, nano bạc đã được nghiên cứu rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, ứng dụng của nano bạc tổng hợp xanh từ dịch chiết thực vật trong nhuộm tóc vẫn chưa được nghiên cứu sâu. Đặc biệt, chưa có nhiều công trình nghiên cứu về việc sử dụng dịch chiết từ cây Thành ngạnh trong việc tổng hợp nano bạc nhằm ứng dụng trong công nghệ nhuộm tóc an toàn. Trước thực trạng nhuộm tóc bằng hóa chất tổng hợp có thể gây kích ứng và ảnh hưởng đến sức khỏe, việc tìm kiếm phương pháp nhuộm tóc an toàn, thân thiện với môi trường là rất quan trọng [7], [8]. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào việc tổng hợp và xác định đặc tính của nano bạc sử dụng dịch chiết từ cây Thành ngạnh, đồng thời đánh giá tiềm năng ứng dụng của chúng trong nhuộm tóc, góp phần phát triển một phương pháp nhuộm tóc tự nhiên, hiệu quả và an toàn.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu dịch chiết cây Thành ngạnh

Mẫu thân cây Thành ngạnh 3 năm tuổi được thu vào tháng tư, tại huyện Sìn Hồ, tỉnh Lai Châu. Mẫu được băm nhỏ và sấy khô ở nhiệt độ 40 °C trong 72 giờ. Dịch chiết được thu bằng cách đun sôi mẫu khô thân trong nước khử ion với tỷ lệ 100 gram/1000 ml nước trong 30 phút. Dịch được lọc qua giấy lọc Whatmann (Cytiva, Trung Quốc) đường Φ 220 mm.

2.2. Phương pháp tổng hợp

Tổng hợp nano bạc như đã mô tả trong nghiên cứu trước với một số thay đổi [9]. Chuẩn bị dung dịch muối AgNO_3 nồng độ 5 mM (Sigma, Aldrich), khuấy đều bằng con từ để tăng cường các phản ứng hóa học. Chuyển 90 ml dung dịch AgNO_3 5 mM sang cốc đong 100 ml và đặt lên máy khuấy từ với tốc độ 600 vòng/phút. Bổ sung dịch chiết vào dung dịch AgNO_3 5 mM theo tỷ lệ 1:100 (v/v), sau đó tiếp tục khuấy trong 20 phút. Quan sát sự thay đổi màu sắc, kết quả cho thấy màu sắc từ nhạt sang đậm dần theo thời gian, trong đó cứ 5 phút được chụp ảnh một lần về sự thay đổi màu sắc dung dịch. Dung dịch được để nguội ở nhiệt độ phòng và tiến hành đo phổ Multiscan sky (250 - 800 nm).

2.3. Phương pháp nghiên cứu cấu trúc, hình thái và tính chất lý hóa của phức hệ nano bạc - Thành ngạnh

Phân tích đặc điểm lý hóa, hình thái cấu trúc hạt được thực hiện như đã mô tả trước đây [9].

- *Phân tích phổ tán xạ tia X (XRD)*: Mẫu được làm mịn và đồng nhất. Chiếu tia X vào mẫu, tạo ra các đỉnh tán xạ đặc trưng. Thu thập dữ liệu về góc tán xạ và cường độ từ các đỉnh phản xạ. Phân tích phổ XRD để xác định cấu trúc tinh thể, kích thước hạt và loại pha.

- *Phân tích phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR)*: Phân tích phổ FTIR giúp xác định các nhóm chức và cấu trúc hóa học của hạt nano. Mẫu hạt nano được chuẩn bị và đặt vào máy FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy). Tia hồng ngoại được chiếu vào mẫu và các phản xạ hoặc hấp thụ hồng ngoại từ mẫu được đo. Dữ liệu thu được chuyển đổi qua phép biến đổi Fourier.

- *Chụp ảnh kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM)*: Mẫu nano được làm mỏng dưới 100 nm, sau đó đặt lên lưới TEM. Tia electron được truyền qua mẫu để tạo ra hình ảnh chi tiết cấu trúc bên trong hạt nano. Phương pháp này cung cấp độ phân giải rất cao và thích hợp để quan sát cấu trúc nội tại của hạt nano, bao gồm kích thước và hình dạng.

- *Chụp ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM)*: Mẫu hạt nano được đặt trên đế mẫu và chùm electron quét qua bề mặt mẫu. Electron phản xạ từ mẫu được thu thập để tạo hình ảnh. SEM có độ phân giải thấp hơn TEM, nhưng hiệu quả trong việc nghiên cứu bề mặt, hình dạng và phân bố của hạt nano.

2.4. Đánh giá hiệu quả nhuộm tóc

Tóc bạc được thu thập từ những người cho tóc. Tiêu chuẩn là sợi tóc có màu trắng đồng đều, độ dài từ 20 - 30 cm. Các mẫu tóc khi thử nghiệm thì phải có nguồn gốc từ cùng một người để tạo ra sự đồng nhất. Đặt sợi búi tóc có ½ chìm trong dung dịch nhuộm, ½ còn lại không nhuộm để đối chiếu (đối chứng). Thời gian nhuộm là 60 phút. Mẫu tóc trước và sau khi nhuộm xong được chụp ảnh để đánh giá hiệu quả nhuộm tóc.

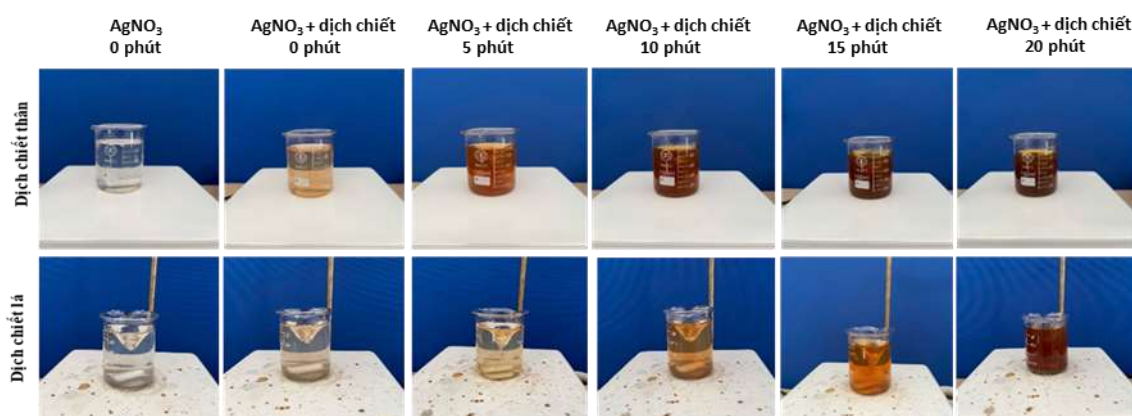
Đánh giá khả năng bền màu được thực hiện bằng cách ngâm sợi tóc sau khi nhuộm trong dung dịch nước gội đầu Clear (Unilever, Anh) được bán trên thị trường đã được pha loãng tỷ lệ 1:100 (v/v) mỗi lần 3 phút, sau đó xả lại bằng nước máy. Số lần xử lý với dầu gội từ 20 – 30 lần. Phân tích sự thay đổi mức độ sáng màu (hoặc ngược lại là độ sẫm màu của tóc sau khi nhuộm) bằng phần mềm phân tích ảnh chuyên dụng ImagJ (National Institutes of Health, USA) theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Phân tích thống kê so sánh sự thay đổi mức độ sáng màu của tóc được thực hiện bằng các kiểm định Anova, kiểm định Mann-Whitney test khi so sánh sự khác biệt giữa tóc chưa nhuộm với tóc đã nhuộm và tóc sau khi gội. Phần mềm thống kê được sử dụng là GraphPad Prism 10.1 (GraphPad Software, Inc. San Diego, California, USA).

2.5. Thử nghiệm mức độ nhạy cảm với da trên chuột

Chuột nhắt trắng Swiss 8 tuần tuổi được chia làm 2 lô, mỗi lô 3 con. Ở lô đối chứng, vùng da được xử lý với bông tẩm nước cất. Ở lô thử nghiệm thì vùng da được tẩm bằng bông chứa dung dịch nhuộm tóc. Thời gian tẩm là 15 phút. Tiếp theo, lau sạch bằng bông và quan sát sự thay đổi của da trong 48 giờ.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của dịch chiết thân, lá lên phản ứng tổng hợp nano bạc



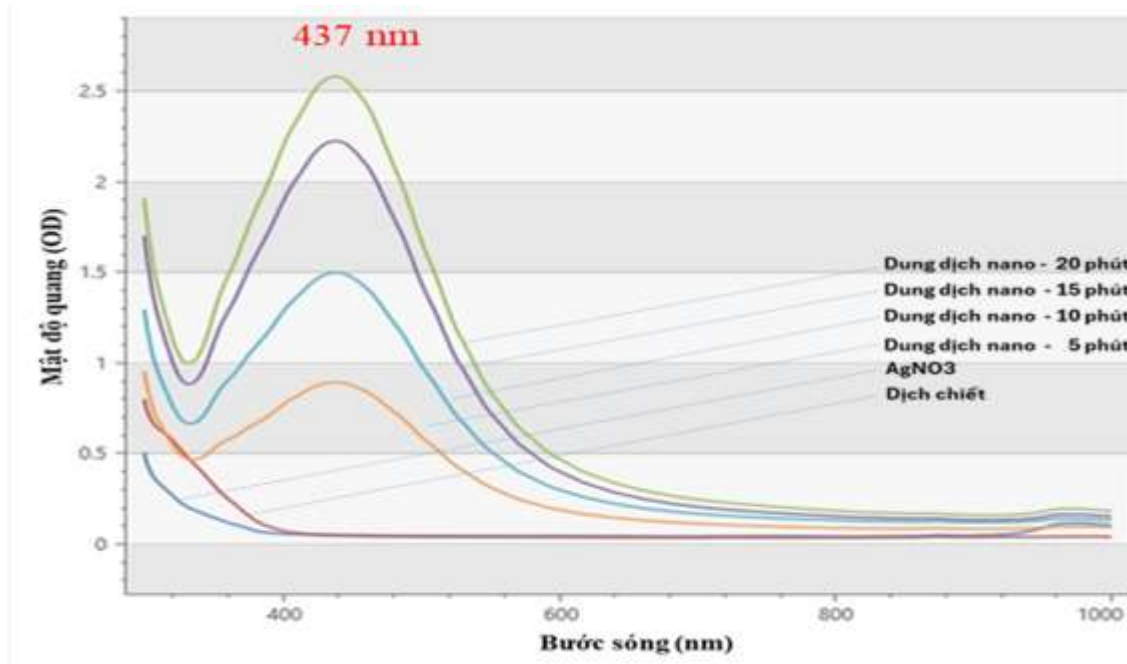
Hình 1. Hình ảnh so sánh phản ứng tổng hợp nano bạc sử dụng dịch chiết từ thân và dịch chiết từ lá của cây Thành ngạnh

Phản ứng tổng hợp nano trước tiên được quan sát bởi sự chuyển đổi từ dung dịch muối bạc không màu dần sang màu vàng nhạt và nâu đậm. Mức độ màu sắc cho phép đánh giá ban đầu

nhưng rất quan trọng đối với hiệu quả của quá trình tổng hợp [10]. Phản ứng tổng hợp nano bạc sử dụng dịch chiết lá cũng được tiến hành để so sánh với dịch chiết thân, với tỷ lệ dịch chiết/dung dịch AgNO_3 là như nhau 1:100 (v/v). Kết quả được trình bày trong Hình 1 cho thấy dịch chiết từ lá cũng chỉ ra đặc trưng của phản ứng tạo nano bạc là sự chuyển màu dung dịch sang vàng, nâu nhạt và nâu đậm. Tuy nhiên, độ đậm màu của dung dịch từ lá yếu hơn so với dịch chiết từ thân ở tất cả các mốc thời gian 5, 10, 15 và 20 phút. Như vậy, đánh giá ban đầu cho thấy dịch chiết từ thân cây Thành ngạnh có khả năng khử ion bạc thành dạng nano bạc mạnh hơn so với dịch chiết từ lá. Do đó, dịch chiết từ thân được sử dụng để tổng hợp nano bạc cho các phân tích tiếp theo.

3.2. Phổ hấp thụ UV-Vis của nano bạc được tổng hợp

Quan sát phổ UV-vis (Hình 2) cho thấy dung dịch AgNO_3 trước khi bổ sung dịch chiết không cho đỉnh hấp thụ cực đại trong vùng 350 - 800 nm.



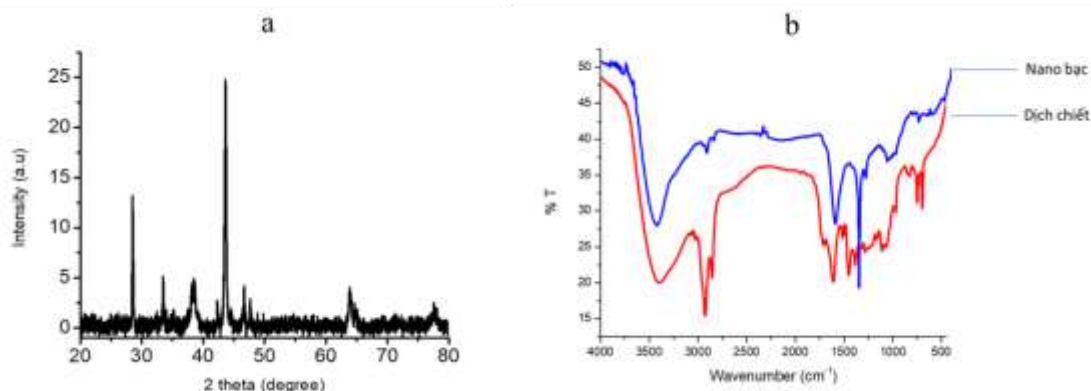
Hình 2. Phổ hấp thụ UV-vis của dung dịch nano bạc được tổng hợp ở 60°C theo thời gian

Tuy nhiên, các đỉnh hấp thụ cực đại ở bước sóng khoảng 420 - 450 nm được quan sát ở các mẫu đo sau khi đã bổ sung dịch chiết ở các mốc thời gian đo 5, 10, 15 và 20 phút. Mức độ hấp thụ (chỉ số OD) tăng dần từ 5 phút đến 20 phút. Tất cả các đỉnh đều tương ứng với bước sóng 437 nm nằm trong khoảng hấp thụ mạnh đặc trưng của nano bạc từ 400 - 500 nm. Kết quả này cho phép kết luận sơ bộ rằng, phản ứng tổng hợp phức hệ nano bạc - dịch chiết Thành ngạnh đã xảy ra và nó tương đồng với nhiều báo cáo về tổng hợp nano bạc bằng phương pháp sinh học đã được báo cáo [11]. Sự thay đổi màu sắc của dung dịch phản ứng được giải thích bởi sự tương tác giữa các hạt AgNPs tạo thành sẽ gây cộng hưởng plasmon bề mặt dẫn đến sự thay đổi màu sắc của dung dịch, đồng thời hấp thụ bước sóng cực đại trong vùng đó. Số lượng và vị trí của dãy plasmon phụ thuộc chủ yếu vào kích thước và hình thái của hạt AgNPs. Trong đó, đỉnh hấp thụ tại vị trí khoảng 437 nm ứng với đỉnh cộng hưởng plasmon của hạt nano bạc dạng hình cầu. Như vậy, đã xảy ra phản ứng tổng hợp phức hệ nano bạc AgNO_3 từ dịch chiết cây Thành ngạnh.

3.3. Kết quả phân tích phổ nhiễu xạ tia X

Dung dịch nano bạc sau khi tổng hợp được tiến hành phân tích phổ nhiễu xạ tia X (Hình 3a). Kết quả thu được cho thấy, mẫu thể hiện rõ ràng các đỉnh nhiễu xạ chính tại góc (2θ): 38,20; 44,280; 64,20 và 77,10 tương ứng với các mặt phẳng (111), (200), (220) và (311). Bằng cách so

sánh với Trung tâm quốc tế về dữ liệu nhiễu xạ JCPDS (International Center for Diffraction Data) hồ sơ số 01-087-0597, mẫu AgNPs tổng hợp nhờ dịch chiết cây Thành ngạnh cho thấy có cấu trúc lập phương tâm mặt (FCC). Các kết quả tương tự đã được quan sát bởi một nghiên cứu gần đây [12]. Các mặt phẳng nhiễu xạ với cường độ mạnh hơn, cho thấy bạc là thành phần chính trong quá trình sinh tổng hợp. Tuy nhiên, bên cạnh đó, hình ảnh phổ cũng cho thấy các đỉnh nhiễu xạ 28,2 và 34,5 ứng với Ag_2O cũng tồn tại trong dung dịch được tổng hợp. Như vậy, kết quả cho thấy dịch chiết cây Thành ngạnh đã khử thành công Ag^+ trong muối AgNO_3 thành dạng nano bạc.



Hình 3. (a) Phổ nhiễu xạ tia X của nano bạc và (b) phổ hồng ngoại biến đổi Fourier của dung dịch nano và dịch chiết Thành ngạnh

3.4. Kết quả phân tích phổ hồng ngoại biến đổi Fourier

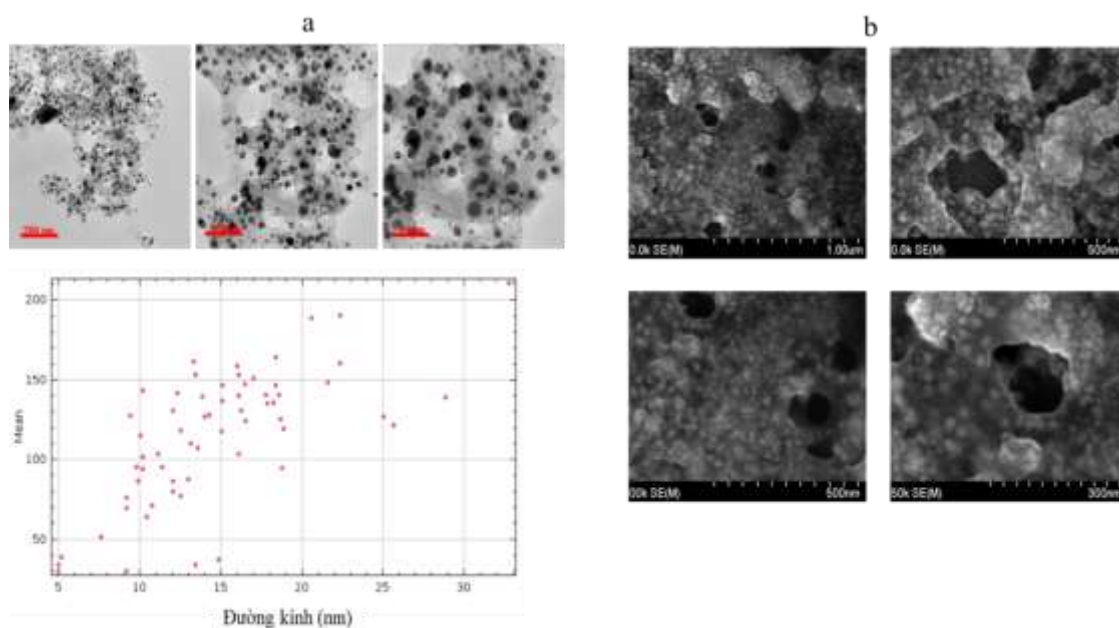
Phân tích phổ FTIR có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu hạt nano tổng hợp xanh, giúp xác định sự hình thành và ổn định của hạt nano. FTIR xác định các nhóm chức từ chất sinh học tham gia vào quá trình khử và ổn định, như O-H, C=O, N-H, đồng thời phân tích sự gắn kết giữa chúng với bề mặt hạt. Sự thay đổi cường độ hoặc vị trí đỉnh trong phổ FTIR trước và sau tổng hợp cung cấp thông tin về cơ chế phản ứng.

Kết quả phân tích phổ FTIR (Hình 3b) cho thấy có sự xuất hiện đỉnh hấp thụ ở các vị trí 3450 cm⁻¹ ứng với liên kết O-H có trong các hợp chất phenol, vị trí 2800 và 2900 cm⁻¹ ứng với các liên kết C-H (Alkane), vị trí 1600 cm⁻¹ ứng với các liên kết C=C (Alkene), vị trí 1300 cm⁻¹ ứng với liên kết C-O (ester). Nhóm O-H và C=C từ phenol và polyphenol đóng vai trò chính trong việc khử ion kim loại, trong khi C-H và C-O từ alkane hoặc ester có thể hỗ trợ ổn định hạt nano [13]. Những liên kết chứng tỏ các hợp chất hữu cơ có mặt trong dịch chiết của cây Thành ngạnh đã gắn kết lên bề mặt của hạt nano. Các hợp chất sinh học này được chiết xuất từ nguồn gốc tự nhiên, minh chứng cho phương pháp tổng hợp xanh thân thiện với môi trường.

3.5. Hình ảnh chụp bằng kính hiển vi điện tử truyền qua và kính hiển vi điện tử quét

Chụp ảnh TEM giúp xác định hình dạng, kích thước và cấu trúc tinh thể của hạt nano với độ phân giải cao. TEM còn cung cấp thông tin về tính ổn định của hạt theo thời gian và có thể phát hiện sự thay đổi trong cấu trúc hạt khi tiếp xúc với môi trường. Hình ảnh hiển vi điện tử truyền qua Hình 4a cho thấy, các hạt nano được tổng hợp có dạng hình cầu với kích thước khác nhau. Đường kính hạt dao động từ 5 - 40 nm với tỷ lệ lớn hạt có đường kính trung bình từ 15 - 20 nm. Như vậy có thể thấy rằng, dịch chiết của cây Thành ngạnh đã khử các ion bạc thành dạng nano và sự phân bố của hạt là khá đồng đều.

Chụp ảnh SEM cũng giúp xác định hình dạng, cấu trúc bề mặt của hạt nano với độ phân giải cao. Phương pháp này cũng cho phép xác định sự kết tụ hoặc hình dạng không đều của hạt, điều này ảnh hưởng đến tính ổn định và hiệu quả của hạt nano. Kết quả chỉ ra trong Hình 4b cho thấy, các nano có dạng hình cầu và thường liên kết với nhau thành cụm. Hình ảnh SEM cũng thể hiện sự kết dính giữa các hạt nano với các hợp chất hữu cơ có trong dịch chiết.

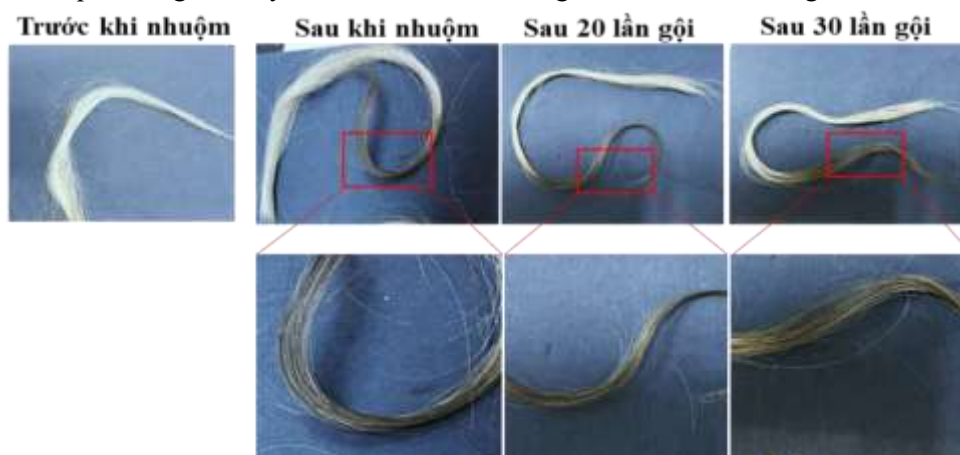


Hình 4. Hình ảnh hạt nano bạc chụp bằng kính hiển vi điện tử truyền qua TEM (a) và kính hiển vi điện tử quét SEM (b)

3.6. Kết quả thử nghiệm trên mẫu tóc bạc

Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát khả năng nhuộm tóc bạc bằng dung dịch nano bạc tổng hợp từ dịch chiết cây Thành ngạnh và đánh giá độ bền màu sau khi xử lý với dầu gội. Dung dịch nhuộm chứa hạt nano bạc được tiến hành nhuộm trực tiếp lên mẫu tóc bạc, thời gian nhuộm là 60 phút. Kết quả cho thấy, sau khi nhuộm, tóc bạc đã được nhuộm thành màu đen đồng đều, không có dấu hiệu bị phai hay mất màu ngay sau khi xử lý.

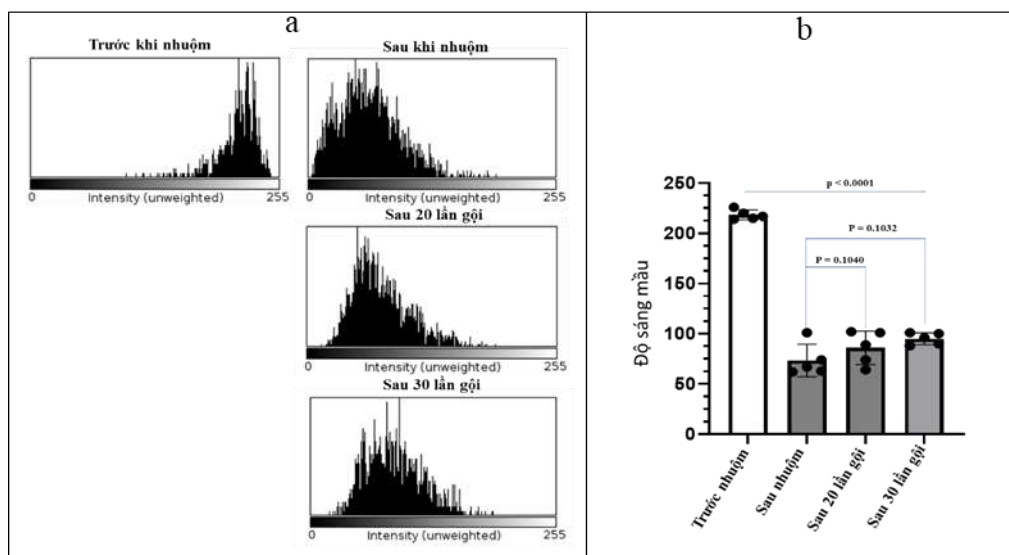
Thử nghiệm tiếp theo được tiến hành với việc xử lý mẫu tóc bằng dầu gội. Kết quả phân tích hình ảnh trực quan (Hình 5) chỉ ra rằng, mẫu tóc sau khi nhuộm thì nửa được nhuộm đã chuyển sang màu xám đen so với nửa còn lại không được nhuộm. Các mẫu tóc sau 20 lần xử lý với dầu gội chưa quan sát thấy rõ sự nhạt màu của tóc so với mẫu tóc nhuộm ban đầu. Ở lần gội thứ 30 màu tóc cảm quan sáng hơn tuy nhiên sự khác biệt cũng chưa thực sự rõ ràng.



Hình 5. Hình ảnh tóc được nhuộm với dung dịch nhuộm tóc nano sinh học

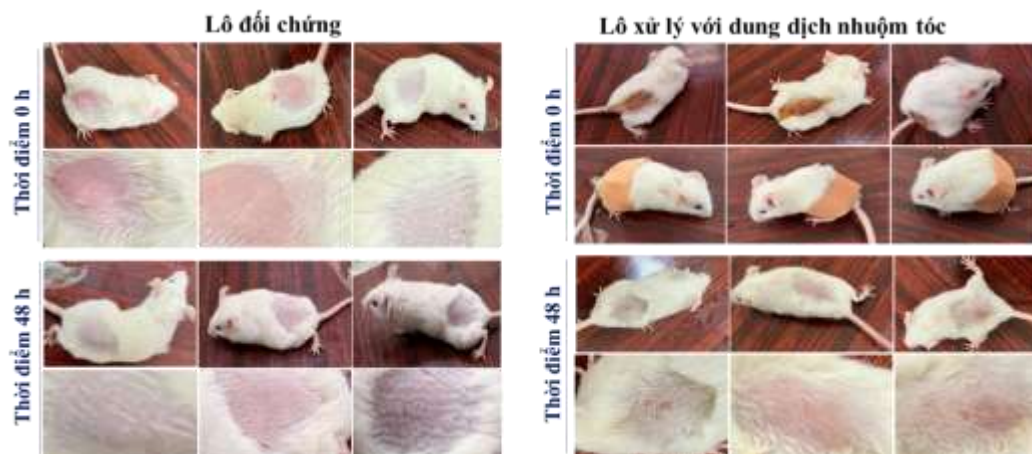
Để đánh giá chính xác mức độ thay đổi độ sáng màu (hoặc độ sẫm màu) của tóc trước và sau khi nhuộm, cũng như sau 20 và 30 lần gội so với trước khi nhuộm, phần mềm phân tích ảnh

chuyên dụng ImagJ đã được sử dụng. Sự thay đổi này được đánh giá dựa trên đơn vị đo là pixel. Độ sáng màu (intensity) được xác định từ 0 - 255, giá trị càng cao thì độ sáng màu càng lớn, giá trị càng thấp thì độ tối màu càng cao. Kết quả được trình bày trong Hình 6 cho thấy, mẫu tóc ban đầu có độ sáng màu trung bình là $218,4 \pm 4,8$; sau khi nhuộm giảm xuống rõ rệt còn $73,4 \pm 16,1$ ($p < 0,0001$). Điều này cũng có nghĩa là tóc đã chuyển sang màu nâu đen sau khi nhuộm. Sau 20 lần gội độ sáng của tóc tăng lên không đáng kể là $86 \pm 16,7$ và sau 30 lần gội là $95 \pm 5,8$ so với trước khi gội, với giá trị p lần lượt là 0,1040 và 0,1023 ($p > 0,05$).



Hình 6. Mức độ thay đổi độ sáng màu của tóc trước và sau khi nhuộm được phân tích bằng phần mềm ImagJ (a) và biểu đồ phân tích sự thay đổi về độ sáng màu của tóc (b)

3.7. Kết quả thử nghiệm mẫn cảm trên da chuột



Hình 7. Hình ảnh thử nghiệm sự mẫn cảm của da chuột nhắt Swiss với dung dịch nhuộm tóc

Thử nghiệm nhạy cảm của dung dịch hạt nano bạc từ dịch chiết cây Thành ngạnh trên da chuột nhắt trắng Swiss được thực hiện để đánh giá mức độ an toàn và phản ứng của da. Dung dịch nhuộm tóc nano bạc Thành ngạnh được bôi trực tiếp lên vùng da của chuột nhắt và quan sát các phản ứng trong vòng 48 giờ (Hình 7). Kết quả cho thấy không có dấu hiệu viêm nhiễm, mẩn đỏ hay kích ứng sau khi bôi dung dịch, cho thấy sự an toàn của sản phẩm khi tiếp xúc với da. Các chỉ số về tổn thương da như viêm hay loét không được ghi nhận. Ngoài ra, không có phản ứng bất thường nào đối với các chỉ số sinh lý của chuột, như nhiệt độ cơ thể và hoạt động di chuyển.

Kết quả này bước đầu cho phép khẳng định rằng, dung dịch hạt nano bạc từ dịch chiết cây Thành ngạnh không gây tác động tiêu cực hay nguy hại cho da chuột nhắt trắng, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong các sản phẩm nhuộm tóc an toàn cho người.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tổng hợp thành công nano bạc từ cây Thành ngạnh, trong đó dịch chiết từ thân có khả năng khử ion bạc mạnh hơn lá. Phân tích XRD đã chỉ ra sự hiện diện của nano bạc, trong khi đó FTIR cho thấy các liên kết hữu cơ trên bề mặt hạt nano. Hình ảnh TEM và SEM cho thấy hạt nano có kích thước 10 - 20 nm, dạng hình cầu và liên kết với các hợp chất hữu cơ. Dung dịch nano bạc thu được có khả năng nhuộm tóc bạc thành màu đen hoặc nâu sậm trong 60 phút và giữ màu ổn định sau 30 lần gội. Thử nghiệm trên da chuột nhắt trắng Swiss cho thấy sản phẩm an toàn, không gây kích ứng. Kết quả nghiên cứu này khẳng định tiềm năng ứng dụng dung dịch nano bạc tổng hợp từ dịch chiết cây Thành ngạnh trong việc phát triển chế phẩm nhuộm tóc thương mại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/REFERENCES

- [1] K. Khaldoun, S. Khizar, S. Saidi-Besbes, N. Zine, A. Errachid, and A. Elaissari, "Synthesis of silver nanoparticles as an antimicrobial mediator," *J. Umm Al-Qura Univ. Appl. Sci.*, Jun. 2024, doi: 10.1007/s43994-024-00159-5.
- [2] M. Fahim, A. Shahzaib, N. Nishat, A. Jahan, T. A. Bhat, and A. Inam, "Green synthesis of silver nanoparticles: A comprehensive review of methods, influencing factors, and applications," *JCIS Open*, vol. 16, Dec. 2024, Art. no. 100125, doi: 10.1016/j.jciso.2024.100125.
- [3] P. Ngamsurach and P. Praipipat, "Modified Alginate Beads with Ethanol Extraction of *Cratogeomys formosus* and *Polygonum odoratum* for Antibacterial Activities," *ACS Omega*, vol. 6, no. 47, pp. 32215–32230, Nov. 2021, doi: 10.1021/acsomega.1c05056.
- [4] A. Raksat, S. Laphookhieo, S. Cheenpracha, T. Ritthiwigrom, and W. Maneerat, "Antibacterial Compounds from the Roots of *Cratogeomys formosus* spp. *pruniflorum*," *Natural Product Communications*, vol. 9, no. 10, Oct. 2014, Art. no. 1934578X1400901020, doi: 10.1177/1934578X1400901020.
- [5] M. S. Khalil *et al.*, "Fabrication of Silver Nanoparticles from *Ziziphus nummularia* Fruit Extract: Effect on Hair Growth Rate and Activity against Selected Bacterial and Fungal Strains," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2022, no. 1, Jan. 2022, Art. no. 3164951, doi: 10.1155/2022/3164951.
- [6] Y. Tang, Z. Zhang, S. Yang, G. J. Smith, and L. Liu, "Diatomite encapsulated AgNPs as novel hair dye cosmetics: Preparation, performance, and toxicity," *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 200, Apr. 2021, Art. no. 111599, doi: 10.1016/j.colsurfb.2021.111599.
- [7] L. He, F. Michailidou, H. L. Gahlon, and W. Zeng, "Hair Dye Ingredients and Potential Health Risks from Exposure to Hair Dyeing," *Chem. Res. Toxicol.*, vol. 35, no. 6, pp. 901–915, Jun. 2022, doi: 10.1021/acs.chemrestox.1c00427.
- [8] C. Battistella, N. C. McCallum, K. Gnanasekaran, X. Zhou, V. Caponetti, M. Montalti, and N. C. Gianneschi, "Mimicking Natural Human Hair Pigmentation with Synthetic Melanin," *ACS Cent. Sci.*, vol. 6, no. 7, pp. 1179–1188, Jul. 2020, doi: 10.1021/acscentsci.0c00068.
- [9] T. T. H. Le, T. H. Ngo, T. H. Nguyen, V. H. Hoang, V. H. Nguyen, and P. H. Nguyen, "Anti-cancer activity of green synthesized silver nanoparticles using *Ardisia gigantifolia* leaf extract against gastric cancer cells," *Biochemical and Biophysical Research Communications*, vol. 661, pp. 99–107, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.bbrc.2023.04.037.
- [10] S. Jaast and A. Grewal, "Green synthesis of silver nanoparticles, characterization and evaluation of their photocatalytic dye degradation activity," *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 4, 2021, Art. no. 100195, doi: 10.1016/j.crgsc.2021.100195.
- [11] I. -M. Chung, I. Park, K. Seung-Hyun, M. Thiruvengadam, and G. Rajakumar, "Plant-Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles: Their Characteristic Properties and Therapeutic Applications," *Nanoscale Res Lett*, vol. 11, no. 1, Dec. 2016, Art. no. 40, doi: 10.1186/s11671-016-1257-4.
- [12] A. G. Femi-Adepoju, A. O. Dada, K. O. Otun, A. O. Adepoju, and O. P. Fatoba, "Green synthesis of silver nanoparticles using terrestrial fern (*Gleichenia Pectinata* (Willd.) C. Presl.): characterization and antimicrobial studies," *Heliyon*, vol. 5, no. 4, Apr. 2019, Art. no. e01543, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01543.
- [13] P. Wongsu, P. Phatikulrungsun, and S. Prathumthong, "FT-IR characteristics, phenolic profiles and inhibitory potential against digestive enzymes of 25 herbal infusions," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, Apr. 2022, Art. no. 6631, doi: 10.1038/s41598-022-10669-z.