

Nghiên cứu tổng hợp nano bạc bằng hóa học xanh sử dụng dịch chiết vỏ quả măng cụt (*Garcinia mangostana* L.) ứng dụng kháng khuẩn

Nguyễn Trần Hưng Yên, Ninh Thị Như Hà và Võ Mộng Thắm*

¹Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng

TÓM TẮT

Mục tiêu: Tổng hợp hạt nano bạc (AgNPs) bằng phương pháp hóa học xanh sử dụng dịch chiết vỏ quả măng cụt (*Garcinia mangostana* L.), đánh giá tính chất hóa lý và khả năng kháng khuẩn của dung dịch AgNPs. **Đối tượng và phương pháp nghiên cứu:** Trong nghiên cứu này, AgNPs được tổng hợp bằng phương pháp khử sử dụng các chất khử tự nhiên trong dịch chiết từ nguồn phế phẩm vỏ quả măng cụt. Khả năng phản ứng tổng hợp AgNPs của dịch chiết được đánh giá bằng phổ UV-Vis. Kích thước và hình thái của AgNPs được đánh giá bằng phương pháp DLS. Cấu trúc hóa học của AgNPs được chứng minh bằng phổ EDX. Khả năng kháng khuẩn được đánh giá bằng phương pháp đo vòng kháng khuẩn. **Kết quả nghiên cứu:** Tổng hợp thành công dung dịch AgNPs từ dịch chiết vỏ quả măng cụt và muối AgNO₃ với nồng độ lần lượt là 2.5% và 0.2 M, thời gian phản ứng 30 phút, nhiệt độ phản ứng 95°C. Kết quả DLS cho thấy hạt AgNPs có kích thước động học khoảng 49.0 nm và tương đối đồng đều với độ đa phân tán PI = 0.324. Kết quả phổ EDX đã chứng minh cấu trúc hóa học của AgNPs. Dung dịch AgNPs có khả năng kháng khuẩn trên dòng *Pseudomonas aeruginosa*. **Kết luận:** Nghiên cứu đã tổng hợp, đánh giá tính chất hóa lý, và khả năng kháng khuẩn của dung dịch AgNPs sử dụng dịch chiết tận dụng từ nguồn phế phẩm vỏ quả măng cụt nhằm ứng dụng trong các sản phẩm bảo vệ sức khỏe.

Từ khóa: Nano bạc, vỏ măng cụt, *Garcinia mangostana* L., dịch chiết, kháng khuẩn

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vi khuẩn gram âm là một trong những tác nhân chính gây nhiễm trùng bệnh viện, gây tăng tỷ lệ tử vong và chi phí điều trị [1, 2]. Trong số các vi khuẩn gram âm, *Pseudomonas aeruginosa* có liên quan đến sự gia tăng mạnh mẽ của các bệnh như nhiễm trùng huyết, viêm phổi, nhiễm trùng đường tiết niệu và tiêu hóa, đặc biệt là nhiễm trùng cơ hội ở bệnh nhân ung thư [3, 4]. Trong khi đó, việc sử dụng quá nhiều và không hợp lý các thuốc kháng sinh có thể dẫn đến sự xuất hiện các dòng vi khuẩn kháng kháng sinh gây khó khăn cho quá trình điều trị. Do đó, việc tìm ra một phương pháp thay thế kháng sinh tiêu diệt vi khuẩn *Pseudomonas aeruginosa* là vấn đề cấp bách và cần thiết.

Trước thực trạng này, nano bạc được xem là phương pháp khả thi thay thế kháng sinh tiêu diệt vi khuẩn vì khả năng giải quyết hiện tượng kháng thuốc ở vi khuẩn, đồng thời nano bạc không độc hại và an toàn [5]. Bên cạnh đó, quá trình bào chế

nano bạc đơn giản và sử dụng nguồn nguyên liệu thân thiện với môi trường như vỏ quả măng cụt (*Garcinia mangostana*, L.) [6]. Vỏ quả măng cụt giàu polyphenol, là chất khử quan trọng giúp hình thành nano bạc. Đồng thời, vỏ quả măng cụt còn có tác dụng chống viêm, chống oxy hoá. Chính vì vậy, đề tài “Nghiên cứu tổng hợp nano bạc bằng hóa học xanh sử dụng dịch chiết vỏ quả măng cụt (*Garcinia mangostana*, L.) ứng dụng kháng khuẩn” được thực hiện nhằm tận dụng nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú và đầy tiềm năng của Việt Nam, đồng thời tạo tiền đề mở rộng cho các nghiên cứu bào chế các sản phẩm kháng khuẩn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

* Đối tượng nghiên cứu: hạt nano bạc tổng hợp từ dung dịch muối bạc và dịch chiết vỏ quả măng cụt.

Tác giả liên hệ: Võ Mộng Thắm

Email: thamvm@hiu.vn

* Địa điểm và thời gian nghiên cứu: nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm Hóa học-Hóa Dược-Hóa hữu cơ, Khoa Dược, Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng từ tháng 10/2023 đến tháng 04/2024.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hóa chất, thiết bị:

Nguyên liệu: quả măng cụt (*Garcinia mangostana* L., Clusiaceae) được thu hái vào tháng 06/2023 tại Bình Dương, bóc lấy phần vỏ quả, sấy khô, xay nhuyễn và rây qua rây 0.5 mm. Bảo quản bột vỏ măng cụt trong túi hút chân không, nhiệt độ 15°C, tránh ánh sáng trực tiếp.

Hóa chất: bạc nitrat (AgNO_3) có độ tinh khiết 99.8%.

Thiết bị: máy quang phổ UV-Vis Shimadzu V630, bếp khuấy từ gia nhiệt và các dụng cụ thủy tinh khác.

Chủng vi khuẩn: *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC BAA-1744).

Phương pháp chuẩn bị dịch chiết

Cân chính xác 20 g bột vỏ quả măng cụt vào becher, làm ẩm, thêm 500 mL dung môi nước khử ion, chiết bằng phương pháp đun nóng có hỗ trợ siêu âm. Dịch chiết được lọc qua giấy lọc với kích thước lỗ lọc 0.45 μm vào bình định mức 500 mL và định mức đến vạch thu được dịch chiết gốc. Bảo quản dịch chiết ở nhiệt độ 8°C trong suốt quá trình nghiên cứu.

Tổng hợp nano bạc

Dịch chiết dược liệu và dung dịch AgNO_3 (tỷ lệ 10:1) được cho vào cốc thủy tinh 100 mL, khuấy trên bếp khuấy từ gia nhiệt với tốc độ 500 vòng/phút trong các khoảng thời gian khảo sát. Tối ưu hoá quá trình tổng hợp nano bạc thông qua các thí nghiệm khảo sát: nồng độ dịch chiết dược liệu, nồng độ dung dịch bạc nitrat, nhiệt độ phản ứng và thời gian phản ứng.

Đánh giá tính chất của nano bạc

Tính chất quang học của nano bạc được đánh giá bằng quang phổ tử ngoại-khả kiến (Ultraviolet-visible spectroscopy - UV-Vis). Kích thước và hình thái của nano bạc được đánh giá bằng phương pháp tán xạ ánh sáng động học (Dynamic light scattering - DLS) và kính hiển vi điện tử truyền qua (Transmission electron microscopy - TEM). Thành phần hóa học của nano bạc được chứng minh bằng phổ tán sắc năng lượng tia X (Energy-

dispersive X-ray spectroscopy - EDX).

Phương pháp đánh giá hoạt tính kháng khuẩn

Các chủng vi khuẩn được hoạt hóa trong môi trường TSA trong 24 giờ.

Lấy 3 - 5 khóm vi khuẩn cấy vào môi trường canh thang dinh dưỡng cho thử nghiệm kháng sinh tiêu chuẩn 2, ủ ở 37°C trong 6 giờ. Sử dụng vi khuẩn này pha một huyền濁 vi khuẩn có mật độ vi khuẩn vào khoảng 5×10^8 CFU/mL.

Chuẩn bị hộp thạch chứa vi khuẩn thử nghiệm: Trãi dịch vi sinh vật thử nghiệm có mật độ đạt 5×10^8 CFU/mL trên bề mặt hộp thạch MHA (Mueller Hinton Agar) có độ dày 4 mm, để khô mặt thạch, sau đó đục lỗ có đường kính 6 mm.

Nhỏ 100 μL dung dịch nano bạc vào lỗ trên hộp thạch, đặt trong tủ lạnh 2 giờ để dịch từ các giếng khuếch tán ra môi trường. Sau đó ủ ở 37°C trong 14 - 18 giờ, quan sát vòng kháng khuẩn. Hoạt tính kháng vi sinh vật được xác định dựa vào kích thước vòng kháng khuẩn.

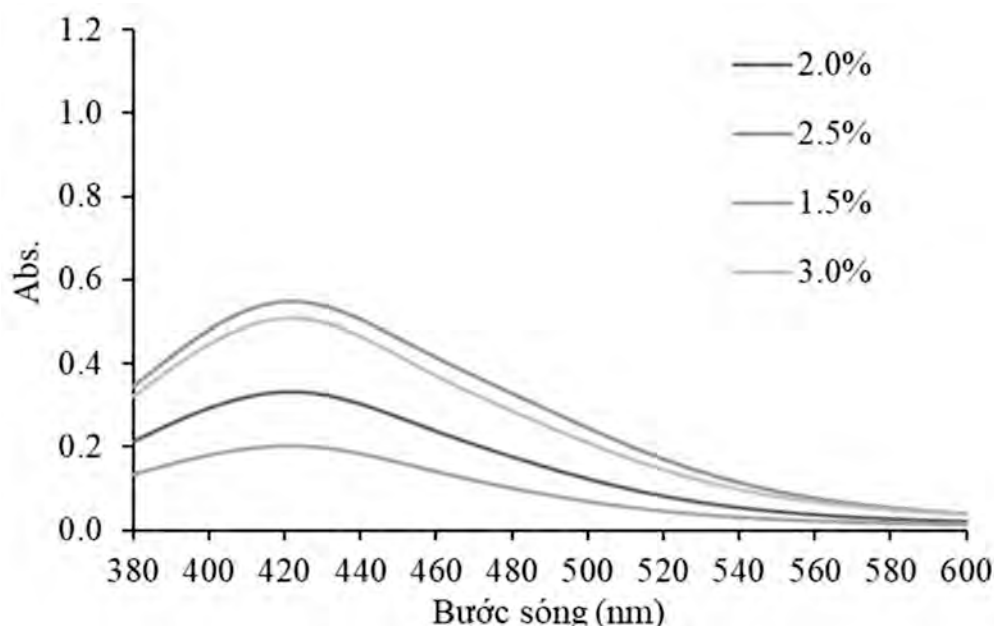
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát điều kiện tổng hợp nano bạc

Khảo sát nồng độ dịch chiết

Điều kiện phản ứng ban đầu được cố định ở nhiệt độ 80 °C, thời gian 30 phút với nồng độ dịch chiết lần lượt là 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%. Dịch chiết được trộn với 2 mL AgNO_3 0.2 M, hỗn hợp được khuấy trên bếp khuấy từ tốc độ 500 vòng/phút. Kết quả phổ UV-vis của các mẫu nano bạc tạo thành được thể hiện ở Hình 1. Kết quả phổ UV-Vis cho thấy đỉnh hấp thụ cực đại xuất hiện tại các vị trí từ 420 - 430 nm, nằm trong vùng đặc trưng của nano bạc từ 400 - 450 nm do hiện tượng cộng hưởng plasmon bề mặt (Surface Plasmon Resonance - SPR) [7-9].

Khi nồng độ dịch chiết tăng từ 1.5 - 2.5% thì độ hấp thụ tăng và bước sóng của đỉnh hấp thụ cực đại không thay đổi, chứng tỏ số lượng các hạt nano bạc tạo ra nhiều hơn [10]. Tuy nhiên, khi tăng nồng độ dịch chiết đến 3.0% thì độ hấp thụ giảm đi và xuất hiện một số hạt màu đen, điều này là do lượng hạt nano bạc tạo ra nhiều và kết tụ với nhau, hình thành các hạt có kích thước lớn hơn và tách ra khỏi dung dịch. Từ các kết quả trên, nồng độ dịch chiết được chọn cho các thí nghiệm sau là 2.5%.

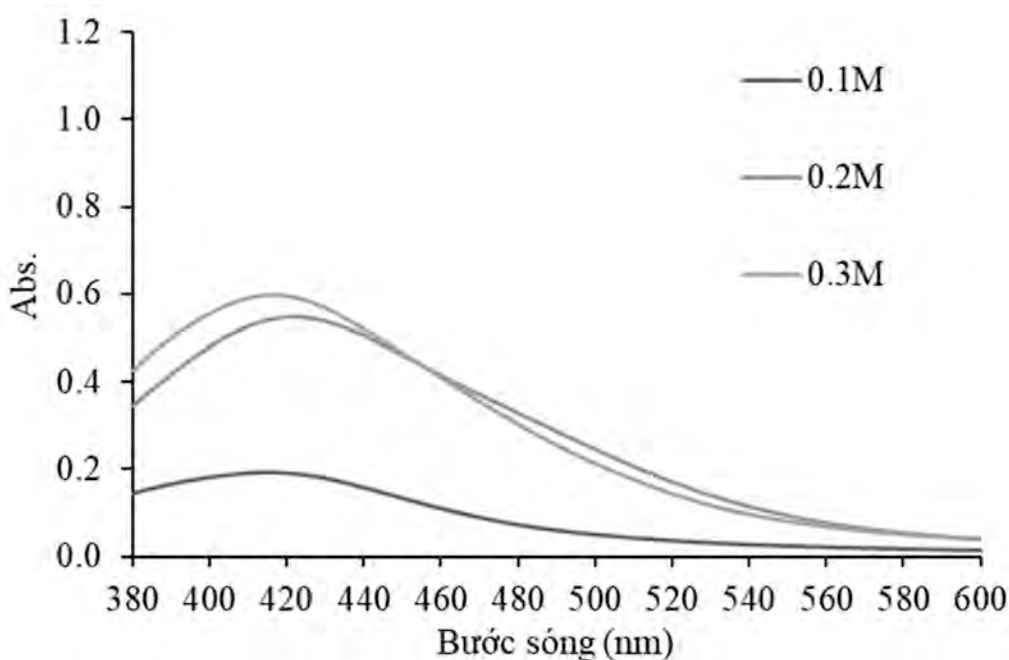


Hình 1. Phổ UV- Vis của mẫu nano bạc tổng hợp ở các nồng độ dịch chiết

Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch bạc nitrat

Thí nghiệm ảnh hưởng nồng độ dung dịch bạc nitrat được khảo sát lần lượt là 0.1M, 0.2M, 0.3M, 0,4M. Trộn 2 mL dung dịch AgNO₃ với 20 mL dịch chiết nồng độ 2.5%, hỗn hợp được khuấy trên bếp khuấy từ tốc độ 500 vòng/phút. Kết quả phổ UV-Vis của các mẫu nano bạc tạo thành thể hiện ở Hình 2. Kết quả phổ UV-Vis cho thấy đỉnh hấp thụ cực đại tại các vị trí từ 420 - 430 nm, nằm trong vùng đặc trưng của nano bạc. Khi nồng độ dung dịch AgNO₃ tăng từ 0.1M - 0.3M thì độ hấp thụ

tăng, đỉnh hấp thụ cực đại không thay đổi do số lượng các hạt nano bạc tạo ra nhiều hơn. Tuy nhiên, khi tăng nồng độ AgNO₃ đến 0.4M thì dung dịch xuất hiện tủa màu đen. Mặt khác trong quá trình bảo quản, mẫu có nồng độ AgNO₃ 0.3M trở nên đục và xuất hiện tủa đen. Điều này là do khi nồng độ nano bạc quá cao dẫn đến hạt nano bạc tạo ra nhiều và khả năng kết tụ với nhau càng cao, hình thành các hạt kích thước lớn tách ra khỏi dung dịch. Vì vậy, nồng độ AgNO₃ được chọn cho các thí nghiệm sau là 0.2M.

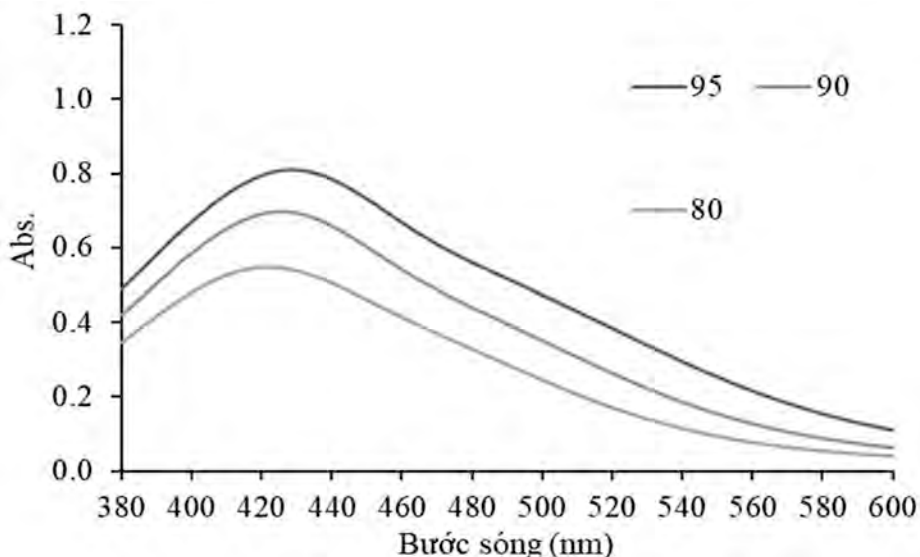


Hình 2. Phổ UV- Vis của mẫu nano bạc ở các nồng độ bạc nitrat

Ảnh hưởng của nhiệt độ

Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ lên quá trình hình thành hạt nano bạc được tiến hành ở các nhiệt độ khác nhau: 80°C, 90°C, 95°C. Trộn 2 mL dung dịch AgNO_3 với 20 mL dịch chiết, hỗn hợp được khuấy trên bếp khuấy từ tốc độ 500 vòng/phút trong thời gian 30 phút ở các nhiệt độ khảo sát. Kết quả phổ UV - Vis của các mẫu nano bạc tạo thành thể hiện ở

Hình 3. Kết quả phân tích UV - Vis cho thấy khi tăng nhiệt độ phản ứng, cường độ đỉnh hấp thụ tăng, đồng thời bước sóng hấp thụ có sự dịch chuyển nhỏ nhẹ, điều này là do khi nhiệt độ tăng thì tốc độ phản ứng tăng, dẫn đến nồng độ nano bạc tăng. Tuy nhiên, 95°C đã gần nhiệt độ sôi của hỗn hợp nên được chọn làm điều kiện cho các thí nghiệm sau mà không tiếp tục tăng nhiệt.

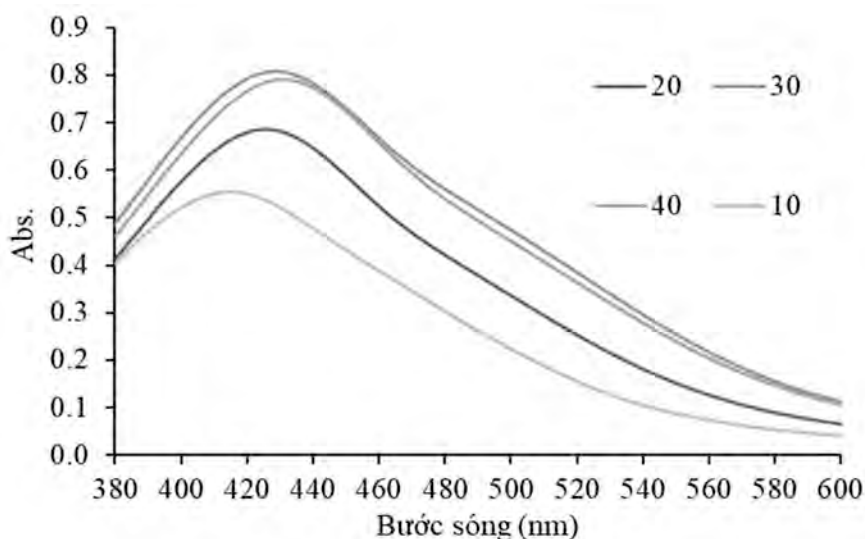


Hình 3. Phổ UV- Vis của mẫu nano bạc ở các nhiệt độ khác nhau

Ảnh hưởng của thời gian phản ứng

Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng lên sự hình thành nano bạc được tiến hành ở các khoảng thời gian khác nhau 10, 20, 30 và 40 phút. Trộn 2 mL dung dịch AgNO_3 với 20 mL dịch chiết, hỗn hợp được khuấy trên bếp khuấy từ tốc độ 500 vòng/phút ở 95 °C trong các khoảng thời gian khác nhau. Kết quả phổ UV - Vis của các mẫu nano bạc tạo thành được thể hiện trong Hình 4. Kết quả phổ

UV - Vis cho thấy khi tăng thời gian phản ứng từ 10 phút đến 30 phút thì độ hấp thụ tăng và vị trí các đỉnh hấp thụ cực đại có sự dịch chuyển nhỏ nhẹ từ 418 nm đến 432 nm, ở thời gian 30 phút cho đỉnh hấp thụ cực đại, tương ứng với lượng nano bạc tạo ra nhiều nhất. Khi tăng thời gian phản ứng đến 40 phút thì đỉnh hấp thụ cực đại thay đổi không đáng kể. Do đó 30 phút được chọn là thời gian tối ưu để thực hiện phản ứng tổng hợp nano bạc.



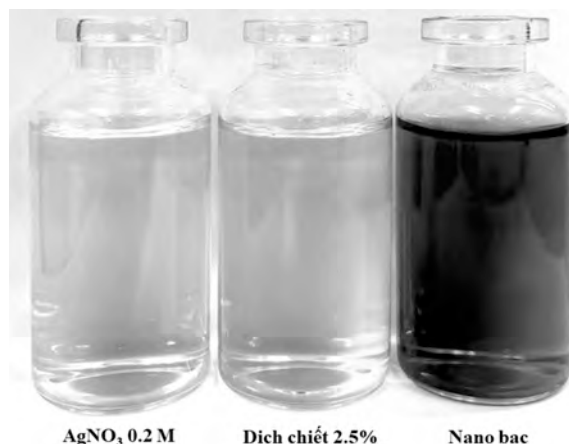
Hình 4. Phổ UV- Vis của mẫu nano bạc tổng hợp ở các khoảng thời gian khác nhau

3.2. Đánh giá tính chất của nano bạc

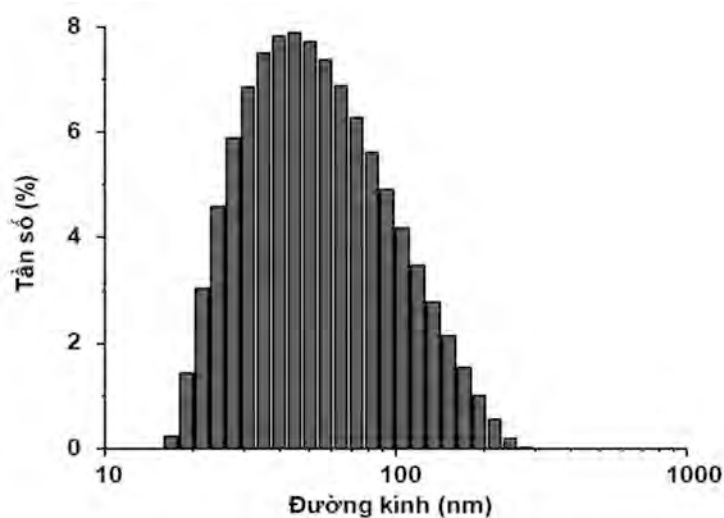
Tính chất hóa lý của dung dịch nano bạc được đánh giá trên mẫu nano bạc tổng hợp ở điều kiện thích hợp nhất đã khảo sát ở phần trên: nồng độ dung dịch $\text{AgNO}_3 = 0.2\text{M}$, nồng độ dịch chiết vỏ măng cụt 2.5%, nhiệt độ phản ứng 95°C , thời gian phản ứng 30 phút.

Cảm quan

Từ dung dịch tác chất là AgNO_3 không màu và dịch chiết vỏ măng cụt có màu vàng nhạt, sản phẩm thu được là dung dịch nano bạc có màu vàng nâu sẫm, trong suốt. Cảm quan của dung dịch nano bạc thu được phù hợp với dung dịch nano bạc dạng cầu đã được báo cáo trước đây [11].



Hình 5. Cảm quan dung dịch nano bạc và các tác chất AgNO_3 và dung dịch



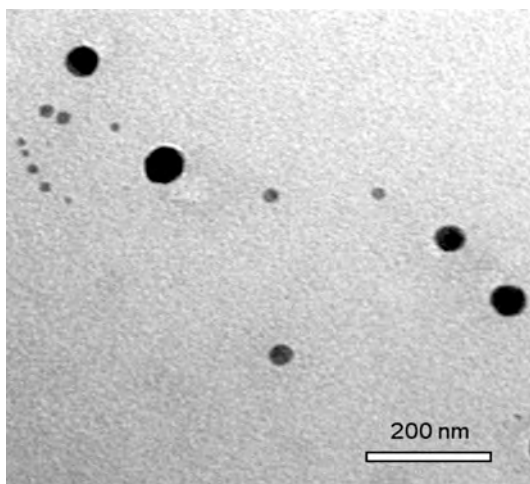
Hình 6. Phân bố kích thước hạt của nano bạc đo bằng DLS

Kích thước hạt

Kết quả DLS được thể hiện trong Hình 6, cho thấy hạt nano bạc tổng hợp được có kích thước trung bình khoảng 49 nm và tương đối đồng đều với độ đa phân tán $\text{PDI} = 0.324$.

Ảnh TEM cho thấy hạt nano bạc có dạng hình cầu,

do đó có khả năng hấp thụ bức xạ trong vùng 400 - 450 nm do hiệu ứng SPR, phù hợp với tín hiệu hấp thụ cực đại trên phổ UV-Vis (Hình 7). Từ ảnh TEM có thể thấy hạt nano bạc có kích thước khoảng 10 - 60 nm, kết quả này phù hợp với kết quả đo được bằng phương pháp DLS.

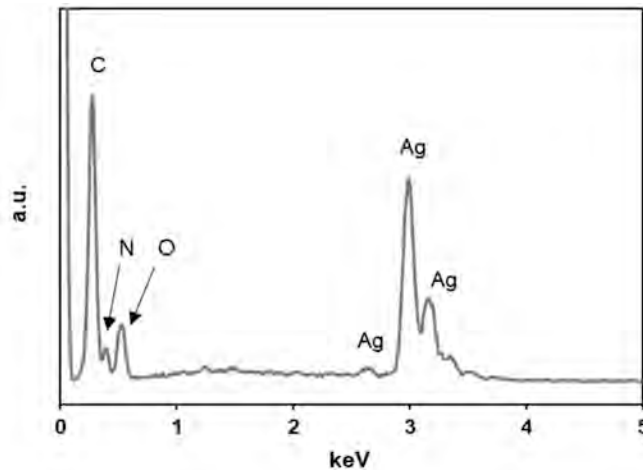


Hình 7. Ảnh TEM của hạt nano bạc tổng hợp bằng dịch chiết vỏ măng cụt

Thành phần hóa học

Kết quả EDX của hạt nano bạc được thể hiện trong Hình 8. Các nguyên tử của mẫu khi gặp chùm electron bắn phá sẽ bị mất một vài electron, các electron lớp ngoài sẽ thế chỗ electron bị mất, đồng thời giải phóng năng lượng dưới dạng bức xạ tia X. Các nguyên tố khác nhau sẽ giải phóng bức xạ có năng lượng đặc trưng cho mỗi nguyên tố, do đó dựa vào mức năng lượng của bức xạ giải phóng có thể suy ra thành phần nguyên tố của mẫu. Có thể thấy trên phổ EDX có các tín hiệu

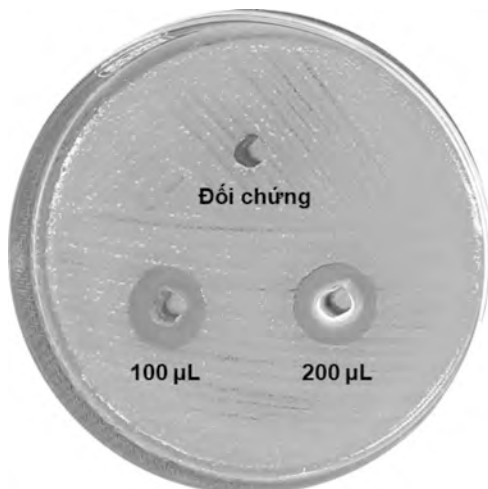
mạnh của nano bạc ở khoảng 2.5 - 3.5 keV, đặt biệt là tín hiệu tại 3 keV của Ag. Bên cạnh tín hiệu của Ag, các hợp chất hữu cơ trong dịch chiết hấp phụ trên bề mặt hạt nano bạc cũng có tín hiệu trên phổ EDX, ví dụ tín hiệu của C tại 0.3 keV, tín hiệu của N tại 0.4 keV, tín hiệu của O tại 0.5 keV. Dựa vào phổ EDX cũng có thể tính toán được tỉ lệ nguyên tố trên bề mặt của hạt, ví dụ nguyên tố Ag chiếm 33.71%, nguyên tố C chiếm 21.06%, nguyên tố O chiếm 11.68%, nguyên tố N chiếm 33.55% về mặt khối lượng [8, 12, 13].



Hình 8. Kết quả EDX của hạt nano bạc tổng hợp bằng dịch chiết vỏ măng cụt

3.3. Hoạt tính kháng khuẩn

Hoạt tính kháng khuẩn *Pseudomonas aeruginosa* của dung dịch nano bạc tổng hợp từ dịch chiết vỏ măng cụt được thể hiện trong Hình 9. Đường kính vòng kháng khuẩn khi thử nghiệm với 100 μ L dung dịch nano bạc là 16.5 mm, khi tăng lượng dung dịch nano bạc lên 200 μ L đường kính vòng kháng khuẩn có sự tăng nhẹ đến 17.3 mm.



Hình 9. Kết quả kháng khuẩn *Pseudomonas aeruginosa* của dung dịch nano bạc với thể tích thử nghiệm khác nhau

4. BÀN LUẬN

Kết quả phổ UV - Vis của dung dịch nano bạc cho thấy đỉnh hấp thụ cực đại xuất hiện tại các vị trí từ 420 - 430 nm, nằm trong vùng đặc trưng của nano bạc từ 400 - 450 nm do hiện tượng cộng hưởng plasmon bề mặt (Surface Plasmon Resonance - SPR) [7-9]. Nano bạc cho tín hiệu cộng hưởng plasmon bề mặt rất mạnh, với bước sóng của bức xạ được hấp thụ phụ thuộc rất lớn vào tính chất bề mặt của hạt nano như kích thước, hình dạng hạt. Nhiều nghiên cứu cho thấy các hạt nano bạc dạng cầu sẽ chỉ cho 1 đỉnh hấp thụ với vị trí phụ thuộc vào kích thước hạt, độ rộng đỉnh hấp thụ phụ thuộc vào độ đa phân tán, và cường độ đỉnh phụ thuộc vào nồng độ hạt nano trong dung dịch. Bước sóng hấp thụ cực đại trong vùng 400 - 450 nm chứng tỏ hạt nano bạc có dạng cầu, được củng cố bằng kết quả TEM và DLS [14]. Kết quả khảo sát các điều kiện phản ứng tổng hợp nano bạc cho thấy các điều kiện như nồng độ AgNO_3 , nồng độ dịch chiết, nhiệt độ, và thời gian phản ứng đều ảnh hưởng đến hàm lượng nano bạc tổng hợp được. Nhìn chung việc tăng nồng độ tác chất, tăng nhiệt độ và thời gian phản ứng có thể làm tăng lượng nano bạc thu được, tuy nhiên đến ngưỡng

nhất định thì việc gia tăng các điều kiện này có thể gây kết tụ [15]. Kết quả phân tích EDX đã chứng minh bản chất hóa học của hạt nano bạc, ngoài ra các tín hiệu của nguyên tố C, N, O còn cho biết sự hấp phụ của các hợp chất hữu cơ trong dịch chiết lên bề mặt hạt nano bạc, giúp bảo vệ hạt không bị kết tụ [8, 12, 13]. Đánh giá về mặt cảm quan cho thấy dung dịch nano bạc không xuất hiện kết tụ sau 2 tuần bảo quản ở điều kiện thường.

Kết quả thử nghiệm khả năng kháng khuẩn cho thấy dung dịch nano bạc tổng hợp từ dịch chiết vỏ măng cụt có khả năng kháng khuẩn *Pseudomonas aeruginosa* với đường kính vòng kháng khuẩn tăng khi tăng lượng dung dịch sử dụng, kết quả này phù hợp với các công bố trước đây [10].

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, hạt nano bạc đã được tổng

hợp thành công từ dung dịch AgNO_3 và dịch chiết vỏ măng cụt với các điều kiện đã được khảo sát như: nồng độ dung dịch $\text{AgNO}_3 = 0,2\text{M}$, nồng độ dịch chiết vỏ măng cụt 2.5%, nhiệt độ phản ứng 95°C , thời gian phản ứng 30 phút. Sự tổng hợp thành công của hạt nano bạc đã được chứng minh bằng sự đổi màu của dung dịch phản ứng, sự xuất hiện của tín hiệu hấp thụ SPR tại bước sóng 420 - 450 nm trên phổ UV-Vis. Ảnh TEM và kết quả DLS cho thấy hạt nano bạc có dạng hình cầu, tương đối đồng đều với kích thước trung bình khoảng 49 nm, độ đa phân tán $\text{PDI} = 0.324$. Thành phần hóa học của nano bạc đã được chứng minh bằng phổ EDX với 33.71% khối lượng là Ag, còn lại là các nguyên tố C, N, O. Dung dịch nano bạc đã được chứng minh có khả năng kháng khuẩn *Pseudomonas aeruginosa* với đường kính vòng kháng khuẩn 17.3 mm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Gorbach, S.L., J.G. Bartlett, and N.R. Blacklow. *Infectious diseases*. Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
- [2] Mandell, G.L., J.E. Bennett, R. Dolin, and D.A. Schwartz. "Principles and practice of infectious disease," *Archives of Pathology Laboratory Medicine*, vol. 121, no. 8, pp. 908, 1997.
- [3] Mena, K.D. and C.P. Gerba. "Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water," *Reviews of environmental contamination toxicology*, vol. 201, pp. 71-115, 2009.
- [4] Radzig, M., et al. "Antibacterial effects of silver nanoparticles on gram-negative bacteria: influence on the growth and biofilms formation, mechanisms of action," *Colloids Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 102, pp. 300-306, 2013.
- [5] Rizzello, L. and P.P. Pompa. "Nanosilver-based antibacterial drugs and devices: mechanisms, methodological drawbacks, and guidelines," *Chemical Society Reviews*, vol. 43, no. 5, pp. 1501-1518, 2014.
- [6] Franci, G., et al. "Silver nanoparticles as potential antibacterial agents," *Molecules*, vol. 20, no. 5, pp. 8856-8874, 2015.
- [7] Mulvaney, P. "Surface plasmon spectroscopy of nanosized metal particles," *Langmuir*, vol. 12, no. 3, pp. 788-800, 1996.
- [8] Khan, M., et al. "Green synthesis of silver nanoparticles mediated by *Pulicaria glutinosa* extract," *International journal of nanomedicine*, pp. 1507-1516, 2013.
- [9] Sultana, N., et al. "Bio-nanoparticle assembly: A potent on-site biolarvicidal agent against mosquito vectors," *RSC advances*, vol. 10, no. 16, pp. 9356-9368, 2020.
- [10] Rani, P., et al. "Highly stable AgNPs prepared via a novel green approach for catalytic and photocatalytic removal of biological and non-biological pollutants," *Environment International*, vol. 143, pp. 105924, 2020.
- [11] Kharat, S.N. and V.D. Mendhulkar. "Synthesis, characterization and studies on antioxidant activity of silver nanoparticles using *Elephantopus scaber* leaf extract," *Materials Science Engineering: C*, vol. 62, pp. 719-724, 2016.
- [12] Panda, M.K., N.K. Dhal, M. Kumar, P.M.

Mishra, and R.K. Behera. "Green synthesis of silver nanoparticles and its potential effect on phytopathogens," *Materials Today: Proceedings*, vol. 35, pp. 233-238, 2021.

[13] Owaid, M.N., et al. "Mycosynthesis of silver nanoparticles by *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* and its inhibitory effects against *Candida* sp," *Materials Letters*, vol. 153, pp. 186-190, 2015.

[14] Sun, Y. and Y. Xia. "Gold and silver nanoparticles: a class of chromophores with colors tunable in the range from 400 to 750 nm," *Analyst*, vol. 128, no. 6, pp. 686-691, 2003.

[15] Ahmed, S., M. Ahmad, B.L. Swami, and S. Ikram. "Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract," *Journal of radiation research applied sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 1-7, 2016.

Green synthesis of silver nanoparticles from extract of waste-resourced mangosteen peel (*Garcinia mangostana* L.) For antibacterial application

Nguyen Tran Hung Yen, Ninh Thi Nhu Ha and Vo Mong Tham

ABSTRACT

*Objective: Synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) by green chemistry using mangosteen peel extract (Garcinia mangostana L.), then characterize physicochemical properties and evaluate antibiotics activity of the AgNPs. Materials and method: In this study, AgNPs were synthesized by reductive reaction using botanicals in the extract of waste-resourced mangosteen peels. The reaction efficiency was evaluated by UV-Vis. The particle size of the AgNPs was measured by DLS. The chemical structure of AgNPs was demonstrated by EDX. The antibacterial activity was evaluated by zone of inhibition test. Results: The AgNPs were successfully synthesized from mangosteen peel extract and AgNO₃ with the concentration of 2.5% and 0.2 M, respectively, stirring for 30 minutes, under temperature of 95 °C The DLS results show that AgNPs have dynamic particle size of 49.0 nm with PI = 0.324. The EDX results demonstrate the chemical structure of AgNPs. The AgNPs have antibacterial activity when testing on *Pseudomonas aeruginosa*. Conclusion: The AgNPs were synthesized via green chemistry using waste-resourced mangosteen peel extract. The physicochemical properties and antibacterial activity of the AgNPs were evaluated for antibiotic applications.*

Keywords: Silver nanoparticles, mangosteen peel, *Garcinia mangostana* L., extract, antibacterial

Received: 27/03/2024

Revised: 29/04/2024

Accepted for publication: 02/05/2024