

TỔNG HỢP XANH NANO BẠC TRÊN CHẤM LƯỢNG TỬ CARBON

Lê Thị Hòa¹, Nguyễn Thị Kim Chinh², Nguyễn Thị Thu Hương¹, Trần Thái Hoà¹

¹ Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, Thành phố Huế, Việt Nam,

² Trường Trung Học Phổ Thông Lê Hoàn, Tỉnh Gia Lai, Việt Nam

* Tác giả liên hệ Lê Thị Hòa <lethihoa@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 27-03-2024; Hoàn thành phản biện: 24-07-2024; Ngày chấp nhận đăng: 25-07-2024)

Tóm tắt. Chấm lượng tử carbon (CQDs), tổng hợp từ lá trầu thu tại Thành phố Huế, được sử dụng vừa làm tác nhân khử vừa làm tác nhân bảo vệ để tổng hợp hạt nano bạc (AgNPs). Đây là phương pháp "tổng hợp xanh", thân thiện với môi trường, đơn giản và hiệu quả cao. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành vật liệu tổng hợp đã được khảo sát. Vật liệu CQDs có kích thước chấm lượng tử khoảng 5 nm và vật liệu AgNPs trên CQDs (AgNPs/CQDs) có cực đại hấp thụ UV-Vis nằm trong khoảng bước sóng 400–440 nm, kích thước khoảng 30 nm và có độ ổn định bền trong khoảng 15 ngày lưu trữ.

Từ khóa: nano bạc, chấm lượng tử carbon, lá trầu, AgNPs, CQDs, AgNPs/CQDs

Green synthesis of silver nanoparticles using carbon quantum dots

Le Thi Hoa¹, Nguyen Thi Kim Chinh², Nguyen Thi Thu Huong¹, Tran Thai Hoa¹

¹ University of Science, Hue University, Hue, Viet Nam,

² Le Hoan High School, Gia Lai Province, Vietnam

* Correspondence to Le Thi Hoa <lethihoa@hueuni.edu.vn>

(Received: 27 March 2024; Revised: 24 July 2024; Accepted: 25 July 2024)

Abstract. Carbon quantum dots (CQDs), synthesized from betle leaves collected in Hue City, were used as both a reducing agent and a protective agent to synthesize silver nanoparticles (AgNPs). This is a "green synthesis" method, which is environmentally friendly, simple and highly effective. The factors affecting the formation of composite materials were investigated. The CQDs material has a size of about 5 nm, and the silver material on the CQDs (AgNPs/CQDs) has a UV-Vis absorption peak in the wavelength range of 400–440 nm, a size of about 30 nm and is stable for about 15 days of storage.

Keywords: nano silver, carbon quantum dots, betle, AgNPs, CQDs, AgNPs/CQDs

1 Mở đầu

Bạc ở kích thước nano có khả năng kháng vi khuẩn rất tốt, nên được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau đặc biệt là trong y học [1–3]. Hiện nay, quá trình điều chế hạt nano bạc (AgNPs) có thể sử dụng nhiều phương pháp khác

nhau như vật lý, hóa học hay hóa lý. Tuy nhiên, các phương pháp này khá tốn kém và sử dụng các chất khử như KBH_4 , NaBH_4 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{Na}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, N_2H_4 , $(\text{CH}_2\text{OH})_2$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ [4, 5], và khử có hỗ trợ của vi sóng [6] gây ảnh hưởng không tốt tới môi trường.

Lá trà là dược liệu được sử dụng trong các bài thuốc dân gian Việt Nam, với hoạt tính được lý như kháng khuẩn, kháng viêm, chống oxy hóa mạnh [7–9]. Trong thành phần hóa học của lá trà có nhiều tannin, flavonoid, terpenoid và saponins [10, 11], thích hợp để làm chất khử trong tổng hợp AgNPs, đồng thời cấu trúc của polyphenol cũng có khả năng dùng làm chất ổn định kích thước và bảo vệ AgNPs sau quá trình khử.

Trong nước có công bố của nhóm tác giả [12] về tổng hợp xanh AuNPs từ dược liệu (lá cây trà và cây trứng cá) từ dung dịch AgNO_3 , polyvinylpyrrolidone (PVP), acide ascorbic và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng như nồng độ dịch chiết lá trà, nồng độ AgNO_3 , nhiệt độ và thời gian phản ứng; AgNPs tổng hợp được có kích thước khoảng 20 nm. Trên thế giới đã có các công bố về tổng hợp AgNPs sử dụng dịch chiết lá trà. Nghiên cứu này đã tổng hợp thành công AgNPs với kích thước hạt 3–37 nm và thử hoạt tính kháng khuẩn nhưng chưa khảo sát các thông số tối ưu khi tổng hợp và sự ổn định của AgNPs tạo thành [13].

Các hạt nano carbon huỳnh quang, gọi là chấm lượng tử cacbon (Carbon Quantum Dots – CQDs) với kích thước hạt dưới 10 nm, bao gồm các lõi vô định hình đến tinh thể nano chứa than chì là chủ yếu hoặc carbon lai hóa sp^2 hay carbon lai hóa sp^3 . CQDs chứa một lượng đáng kể nhóm carboxyl trên bề mặt giúp gia tăng khả năng hòa tan trong nước và các nhóm chức thích hợp để khử các ion kim loại (chức năng hoá và thụ động hóa bề mặt đối với các vật liệu cao phân tử, vô cơ hoặc sinh học khác nhau). CQDs có thể được sử dụng vừa làm tác nhân khử vừa làm tác nhân bảo vệ trong điều chế AgNPs [14]. Tuy nhiên, hiện nay trên thế giới và ở Việt Nam vẫn chưa có nghiên cứu một cách hệ thống quá trình “tổng hợp xanh” vật liệu AgNPs sử dụng CQDs vừa làm tác nhân khử vừa làm tác nhân bảo vệ cũng

như khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp.

Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu tổng hợp CQDs từ lá trà để làm tác nhân khử và bảo vệ trong tổng hợp AgNPs và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành vật liệu.

2 Thực nghiệm

– Đối tượng nghiên cứu: lá trà thu hái ở phường Phú Thượng, Thành phố Huế, vào tháng 4 và 5 năm 2023; rửa sạch; sấy khô trong tủ sấy ở 70°C trong 24 giờ; xay nhỏ thành bột.

– Ag_2SO_4 và $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$: Sigma Aldrich.

– Tổng hợp CQDs từ lá trà như sau: Phân tán 0,1 gam bột lá trà vào 50 mL nước cất và cho vào bình autoclave; tiến hành thủy nhiệt trong 16 giờ ở 150°C . Lọc bỏ phần cặn. Dịch lọc được ly tâm với tốc độ 4500 vòng/phút trong vòng 10 phút để loại bỏ phần cặn bên dưới và thu được dung dịch CQDs trong suốt màu vàng nhạt.

– Tổng hợp AgNPs/CQDs: Cho 1 mL dung dịch CQDs vào 5 mL dung dịch Ag_2SO_4 1 mM đã được điều chỉnh pH bằng dung dịch NH_3 25%. Khuấy đều ở nhiệt độ phòng. Sau 15 phút, dung dịch chuyển từ màu vàng nhạt sang màu nâu nhạt, cho thấy AgNPs/CQDs đã hình thành.

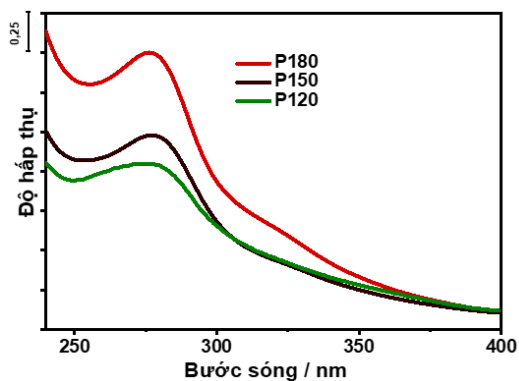
3 Kết quả và thảo luận

3.1 Tổng hợp CQDs

Ảnh hưởng của nhiệt độ

Điều kiện thí nghiệm như sau: 0,1 gam lá trà trong 50 mL nước cất, thời gian thủy nhiệt 10 giờ ở 120°C , 150°C , 180°C . Kết quả được trình bày trên Hình 1. Khi nhiệt độ tăng từ 120°C lên 150°C thì cực đại hấp thụ của dung dịch CQDs cũng tăng theo và độ rộng bán phổ (FWHM) giảm mạnh từ 69,3 (tại 120°C) xuống 18,3 (tại 150°C) và đỉnh hấp thụ trở nên sắc nét hơn. Tuy nhiên, khi nhiệt độ

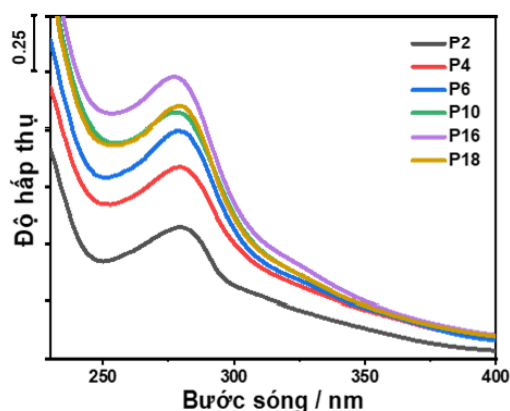
thủy nhiệt là 180 °C thì độ hấp thụ tăng, thể hiện qua giá trị FWHM 55,7. Do đó, 150 °C là nhiệt độ được chọn cho các quá trình tổng hợp CQDs tiếp theo.



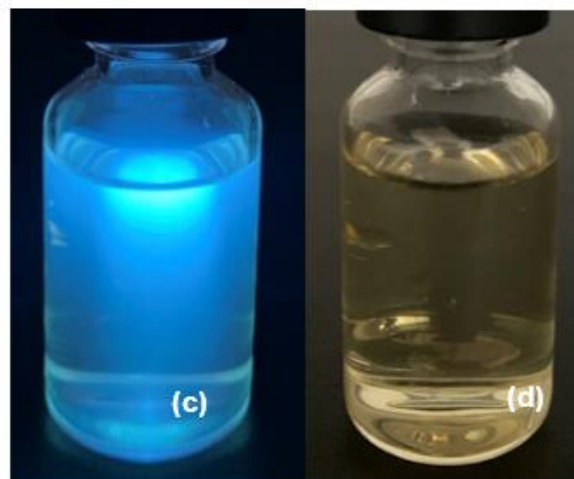
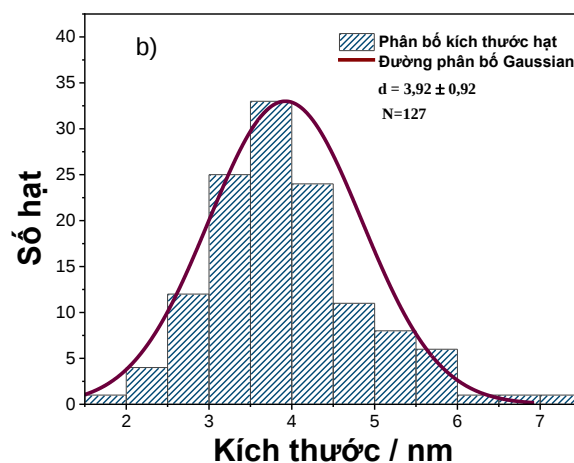
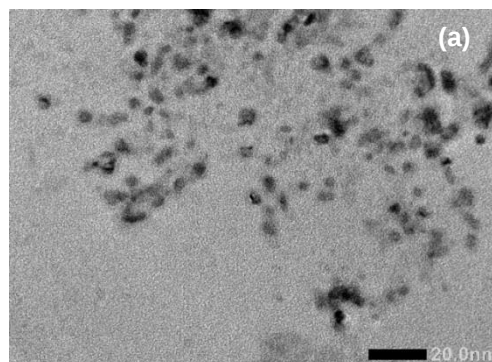
Hình 1. Phổ UV-Vis của các mẫu CQDs tổng hợp ở 120, 150 và 180 °C

Ảnh hưởng của thời gian

Điều kiện thí nghiệm bao gồm: 0,1 gam lá trà trong 50 mL nước cất; nhiệt độ thủy nhiệt 150 °C; thời gian 2, 4, 6, 10, 16 và 18 giờ. Kết quả được trình bày trên Hình 2. Từ hình này có thể xác định FWHM tại các thời điểm 2, 4, 6, 10, 16 và 18 giờ với các giá trị tương ứng là 37,9, 66,1, 56,6, 40,3, 16,1 và 42,7. Có thể thấy rằng FWHM ở tại thời điểm 16 giờ có giá trị bé nhất; đồng thời, đỉnh có cường độ lớn nhất và sắc nét. Chính vì vậy, thời gian thủy nhiệt cho CQDs được chọn là 16 giờ cho các thí nghiệm tiếp theo.



Hình 2. Phổ UV-Vis của các mẫu CQDs tổng hợp trong 2, 4, 6, 10, 16 và 18 giờ

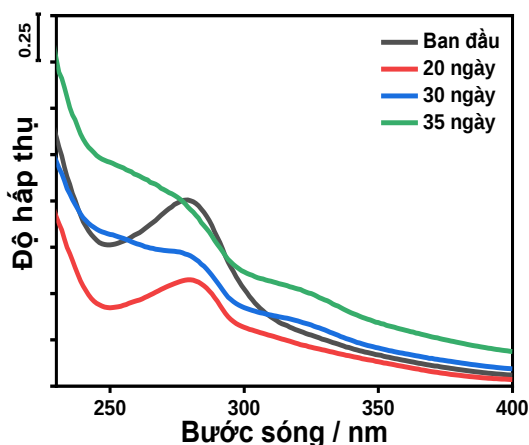


Hình 3. (a) Ảnh TEM của CQDs; (b) Phân bố kích thước hạt (c) CQDs phát huỳnh quang (Chiếu UV); (d) CQDs không phát huỳnh quang (Ánh sáng thường)

Các kết quả thu được ở trên cho thấy vật liệu chấm lượng tử carbon từ lá trà tổng hợp ở điều kiện: 0,1 gam lá trà/50 mL nước; thời gian thủy nhiệt: 16 giờ; nhiệt độ thủy nhiệt: 150 °C là tốt nhất và được xác định các tính chất. Ảnh TEM trên hình 3a và phân bố cỡ hạt trên Hình 3b của

CQDs cho thấy kích thước hạt trung bình là 3–4,8 nm. Vật liệu phát huỳnh quang khi chiếu tia UV (Hình 3c) và không phát huỳnh quang ở ánh sáng thường (Hình 3d), chứng tỏ CQDs tổng hợp trong nghiên cứu này là carbon chấm lượng tử.

Độ bền của CQDs được xác định bằng cách ghi phổ UV-Vis sau các khoảng thời gian khác nhau (Hình 4). Khi thời gian lưu trữ tăng lên 20 ngày thì cực đại hấp thụ chuyển từ bước sóng 270 nm sang 280 nm; sau đó cường độ đỉnh của CQDs giảm dần và đến 35 ngày lưu trữ thì đỉnh biến mất. Trong một khảo sát khác của chúng tôi thì AgNPs/CQDs duy trì độ bền trên 4 tháng khi bổ sung gum arabic vào dung dịch.



Hình 4. Độ bền theo thời gian của CQDs

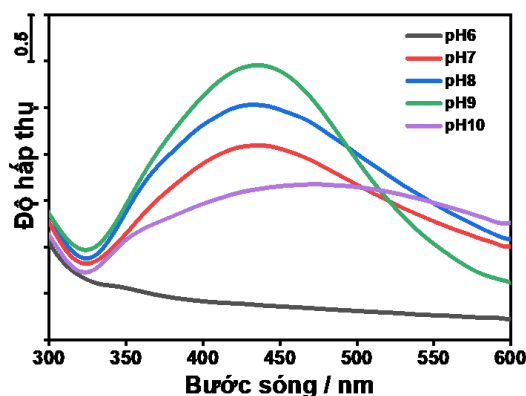
3.2 Tổng hợp AgNPs/CQDs

Ảnh hưởng của pH

Thí nghiệm được cố định cho 1 mL dung dịch CQDs phân bố vào trong 5 mL dung dịch với nồng độ Ag_2SO_4 1 mM. Phản ứng được tiến hành tại nhiệt độ phòng trong 10 phút và tại các giá trị pH 6, 7, 8, 9 và 10 (điều chỉnh bằng dung dịch NH_3 đậm đặc và dung dịch acid lactic). Kết quả được trình bày trên Hình 5.

Khi dung dịch có pH = 6 thì trên phổ không xuất hiện đỉnh hấp thụ nào do phản ứng khử Ag^+ không xảy ra ở môi trường pH này. Khi pH tăng chuyển sang trung tính và môi trường bazơ (7, 8, 9) thì xuất hiện các đỉnh hấp thụ với

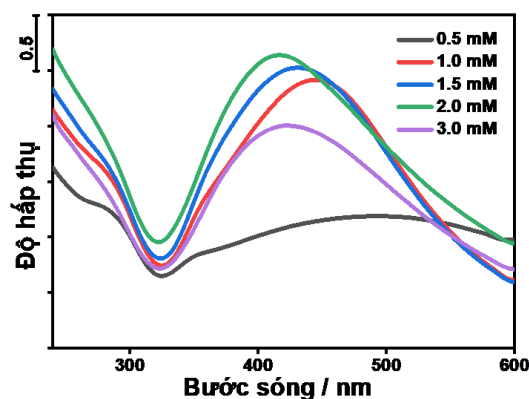
cường độ tăng dần, đặc trưng cho sự có mặt của AgNPs, nghĩa là phản ứng khử Ag^+ đã xảy ra ở các mức độ khác nhau, trong đó tại pH = 9, cường độ đỉnh hấp thụ là cao nhất và hẹp nhất, chứng tỏ AgNPs tạo ra có độ đơn phân tán cao hơn và kích thước hạt bé hơn. Vì thế, giá trị pH = 9 thuận lợi cho quá trình tổng hợp nano bạc trên CQDs điều chế từ lá trà.



Hình 5. Phổ UV-Vis của các mẫu AgNPs/CQDs tổng hợp ở các pH khác nhau

Ảnh hưởng của nồng độ ion Ag^+

Chúng tôi cố định 1 mL dung dịch CQDs, pH = 9, nhiệt độ phòng, thời gian phản ứng 10 phút và tiến hành tổng hợp AgNPs/CQDs ở các nồng độ ion Ag^+ 0,5, 1,0, 1,5, 2 và 3 mM. Kết quả được trình bày trên Hình 6.

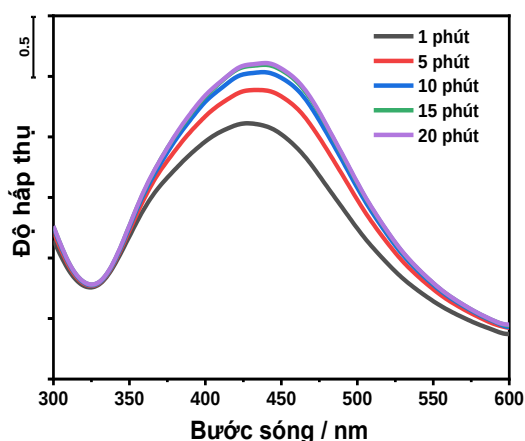


Hình 6. Phổ UV-Vis của các mẫu AgNPs/CQDs tổng hợp ở các nồng độ Ag^+ khác nhau

Khi tăng nồng độ của Ag^+ từ 0,5 đến 2 mM thì cường độ hấp thụ tăng kèm theo sự dịch chuyển bước sóng hấp thụ cực đại từ 465 về 417 nm. Hình dạng các đỉnh cân đối, cho thấy kích thước hạt đồng đều. Tuy nhiên, khi tăng nồng độ của ion Ag^+ lên 3 mM thì cường độ hấp thụ giảm; đỉnh tù hơn và ít cân đối hơn. Điều này cho thấy kích thước của các hạt nano bạc có xu hướng tăng lên, đồng thời có sự dịch chuyển của bước sóng hấp thụ lên 423 nm. Như vậy, khi nồng độ ion $\text{Ag}^+ = 1 \text{ mM}$ thì phổ có đỉnh cân đối, sắc nhọn nên chúng tôi chọn nồng độ Ag^+ là 1 mM cho các nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng của thời gian phản ứng

Thí nghiệm được tiến hành điều kiện cố định: 1 mL dung dịch CQDs, 5 mL dung dịch Ag_2SO_4 1 mM, pH = 9, nhiệt độ phòng và thay đổi thời gian tổng hợp AgNPs/CQDs trong 1, 5, 10, 15 và 20 phút. Kết quả được trình bày trên Hình 7.



Hình 7. Phổ UV-Vis của các mẫu AgNPs/CQDs tại các thời gian khử khác nhau

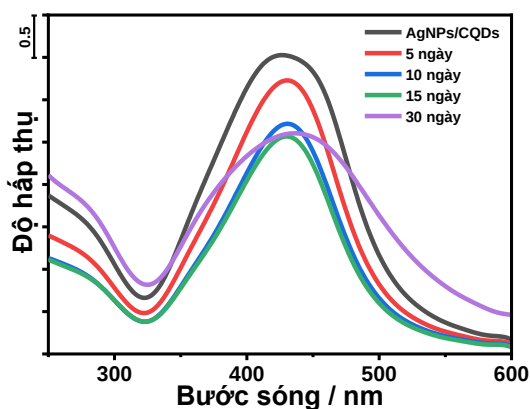
Khi kéo dài thời gian phản ứng thì cực đại hấp thụ tăng lên, do AgNPs được tạo thành tăng. Tuy nhiên, cực đại hấp thụ tăng nhanh trong khoảng thời gian đầu nhưng trở nên chậm hơn sau khoảng 15 phút và hầu như không đổi trong khoảng từ 15 đến 20 phút. Lúc này, các ion Ag^+ trong dung dịch đã được khử hết thành AgNPs.

Từ kết quả khảo sát, chúng tôi chọn thời gian khử 15 phút là thích hợp cho các nghiên cứu tiếp theo.

Từ kết quả khảo sát, chúng tôi chọn được điều kiện tối ưu để tổng hợp mẫu AgNPs/CQDs như sau: 1 mL dung dịch CQDs, 5 mL dung dịch Ag_2SO_4 1 mM, pH = 9, nhiệt độ phòng và thời gian 15 phút.

Đánh giá độ ổn định của hệ AgNPs/CQDs

Chúng tôi bảo quản hệ AgNPs/CQDs ở nhiệt độ phòng, trong bóng tối và tiến hành đo độ hấp thụ UV-Vis của hệ AgNPs/CQDs theo thời gian bảo quản. Kết quả được trình bày trên Hình 8.



Hình 8. Phổ UV-Vis về độ bền theo thời gian bảo quản của AgNPs/CQDs

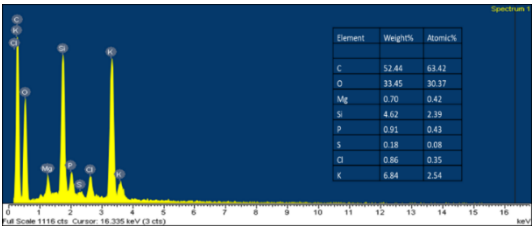
Có thể thấy, trong 15 ngày đầu độ hấp thụ của hệ AgNPs/CQDs giảm dần, nhưng giảm không đáng kể và vẫn giữ được hình dạng đỉnh cân đối, sắc nét, nghĩa là các hạt AgNPs trên CQDs vẫn giữ được độ đơn phân tán cao. Điều này có thể do các nhóm chức trong CQDs đóng vai trò vừa là tác nhân khử vừa là tác nhân bảo vệ các hạt nano Ag khỏi hiện tượng keo tụ. Đến ngày thứ 30 thì phổ UV-Vis trở nên tù và giãn rộng, cho thấy hệ AgNPs trên CQDs đã chuyển sang trạng thái đa phân tán.

3.3 Đặc trưng vật liệu CQDs và AgNPs/CQDs

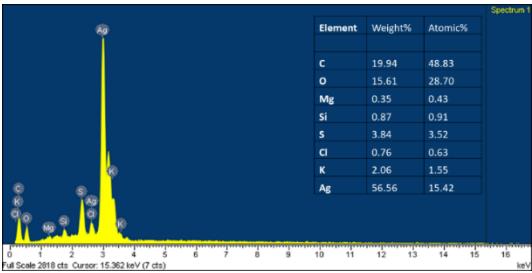
Mẫu CQDs và AgNPs/CQDs tổng hợp ở điều kiện tối ưu trong nghiên cứu này được xác định các tính chất sau.

Phổ tán xạ năng lượng tia X của CQDs trình bày trên Hình 9 cho thấy nguyên tố C chiếm thành phần chủ yếu trong lõi CQDs; tiếp đến là nguyên tố O nằm trong các nhóm chức trên bề mặt của CQDs và một lượng rất nhỏ của một số nguyên tố có trong thành phần khoáng của lá trà được bị lẫn vào CQDs. EDX không hiệu quả với các nguyên tố nhẹ như H nên chúng không xuất hiện trên phổ.

Thành phần nguyên tố của vật liệu AgNPs/CQDs được xác định bằng phổ tán xạ năng lượng tia X (Hình 10). Nguyên tố Ag là thành phần chính; tiếp đến là nguyên tố C và O và một lượng rất nhỏ của một số nguyên tố khoáng trong thành phần CQDs đã phân tích ở trên.



Hình 9. Phổ EDX của CQDs

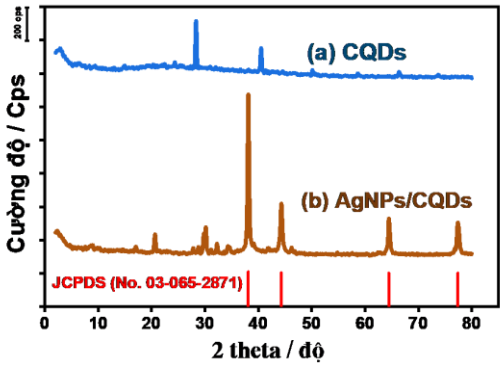


Hình 10. Phổ EDX của AgNPs/CQDs

Thành phần pha của vật liệu được trình bày trên Hình 11.

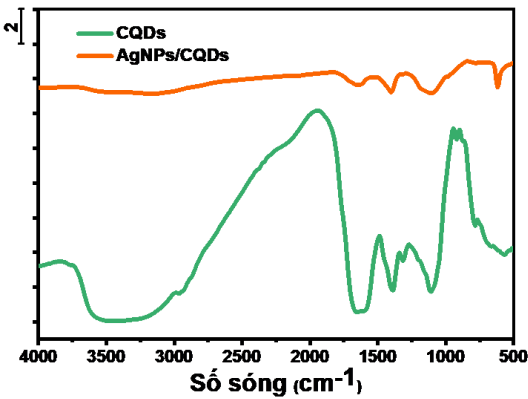
Từ giản đồ XRD của CQDs (a) có thể thấy CQDs chủ yếu có cấu trúc vô định hình (đỉnh nhiễu xạ tù). Một số đỉnh sắc nhọn có lẽ là đỉnh của các

oxit của một số nguyên tố có trong thành phần khoáng của lá trà. Giản đồ XRD của AgNPs/CQDs (b) cho thấy bên cạnh đỉnh tù của CQDs, có các đỉnh sắc nhọn ở các góc 2 theta: 37,96, 44,12, 64,26 và 77,25°, tương ứng với các mặt (111), (200), (220) và (311) của tinh thể fcc của Ag (JCPDS: 03-065-2871) [15, 16]. Điều này cho thấy vật liệu AgNPs/CQDs tổng hợp chứa carbon và nano bạc.



Hình 11. Giản đồ XRD của (a) CQDs và (b) AgNPs/CQDs

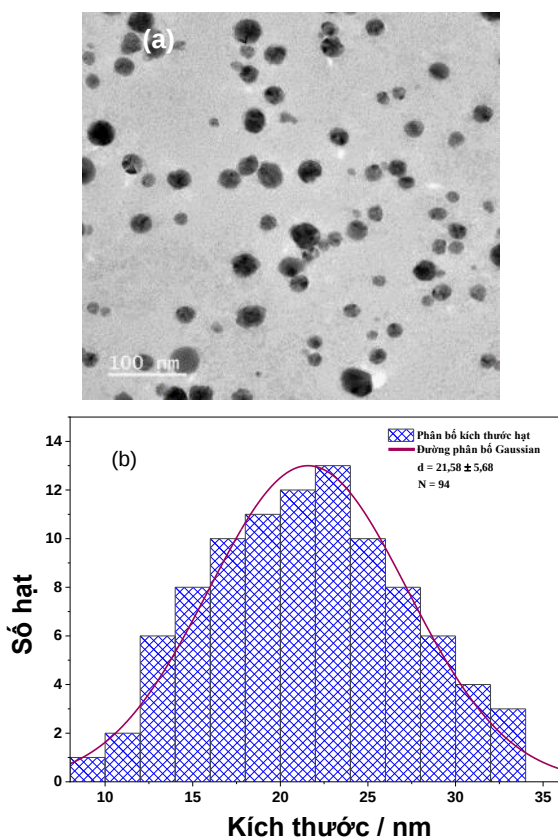
Hình 12 trình bày phổ IR của CQDs và vật liệu AgNPs/CQDs tương ứng với số sóng 4000–500 cm⁻¹. Phổ hồng ngoại của CQDs và vật liệu AgNPs/CQDs có các đỉnh xuất hiện gần như giống nhau của các dải hấp thụ dao động của nhóm C–OH (3300 cm⁻¹), nhóm C=O (1750 cm⁻¹), nhóm amide III (1381 cm⁻¹) và nhóm C–O–C (1250 cm⁻¹). Nguyên nhân là do phần lớn CQDs đóng vai trò là chất bảo vệ nên phổ IR của CQDs và vật liệu AgNPs/CQDs hầu như rất giống nhau [16].



Hình 12. Phổ IR của CQDs và vật liệu AgNPs

Tuy nhiên, cường độ của một số đỉnh đặc trưng trong phổ IR của vật liệu AgNPs/CQDs thấp hơn nhiều so với của CQDs, có thể là do một số nhóm hydroxyl (3300 cm^{-1}) và nhóm C=O (1750 cm^{-1}) của CQDs tham gia phản ứng khử. Sự có mặt của các đỉnh của CQDs trong AgNPs/CQDs chứng tỏ rằng CQDs là một phần không thể tách rời của các hạt AgNPs, tạo nên sự ổn định cho việc hình thành các hạt AgNPs [14].

Như vậy, từ dịch chiết lá trà, chúng tôi đã tổng hợp được dung dịch CQDs với kích thước chấm lượng tử khoảng 3–4,8 nm và sử dụng vật liệu này làm tác nhân khử muối Ag_2SO_4 thành vật liệu AgNPs/CQDs với kích thước 15,9–27,3 nm (Hình 13).



Hình 13. (a) Ảnh TEM; (b) Phân bố kích thước hạt của AgNPs/CQDs

4 Kết luận

Chúng tôi đã tổng hợp được dung dịch CQDs với kích thước khoảng 5 nm từ lá trà và phát huỳnh quang khi chiếu đèn UV. Dung dịch

CQDs này vừa là tác nhân khử vừa là tác nhân bảo vệ để tổng hợp AgNPs bằng phương pháp hóa học xanh. Vật liệu tổng hợp là AgNPs với kích thước 15,9–27,3 nm.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được Đại học Huế hỗ trợ/hỗ trợ một phần theo Chương trình của nhóm nghiên cứu mạnh, mã số NCM.DHH.2022.04.

Tài liệu tham khảo

1. Narayanan KB, Sakthivel N. Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents. *Adv Colloid Interface Sci.* 2011;169(2):59-79.
2. Ahmed S, Ahmad M, Swami BL, Ikram S. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise. *J Adv Res.* 2016;7(1):17-28.
3. Monalisha Rath SSP and NKD. Synthesis of silver nano particles from plant extract and its application in cancer treatment: A review, CSIR-Institute of Minerals and Materials Technology, Environment and Sustainability Department Biosyn. *Int J Plant, Anim Environ Sci.* 2014;4(3):137-45.
4. Pulit J, Banach M, Kowalski Z. Chemical reduction as the main method for obtaining nanosilver. *J Comput Theor Nanosci.* 2013;10(2):276-84.
5. Landage SM, Wasif AI, Dhuppe P. Synthesis of nanosilver using chemical reduction methods. *Int J Adv Res Eng Appl Sci.* 2014;3(5):14-22.
6. Nadagouda MN, Speth TF, Varma RS. Microwave-assisted green synthesis of silver nanostructures. *Acc Chem Res.* 2011;44(7):469-78.
7. Chen YY, Liu TF, Chen CM, Chao PY, Chang TJ. A study of the antioxidative and antimutagenic effects of *Houttuynia cordata* Thunb. using an oxidized frying oil-fed model. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 2003;49(5):327-33.
8. Zakaria ZA, Hassan MH, Aqmar N, Abd Ghani M, SN MZ, Sulaiman MR, et al. Effects of various nonopioid receptor antagonists on the antinociceptive activity of *Muntingia calabura* extracts in mice. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 2007;29(8):515-20.

9. Srinivasan R, Devi KR, Kannappan A, Pandian SK, Ravi AV. Piper betle and its bioactive metabolite phytol mitigates quorum sensing mediated virulence factors and biofilm of nosocomial pathogen *Serratia marcescens* in vitro. *J Ethnopharmacol.* 2016;193:592-603.
10. Trần NMÂ. Tổng hợp xanh Nano bạc từ AgNO₃ và dịch chiết lá diếp cá. *VNU J Sci Nat Sci Technol.* 2016;32(3).
11. Periyamayagam K, Jagadeesan M, Kavimani S, Vetriselvan T. Pharmacognostical and phyto-physicochemical profile of the leaves of Piper betle L. var Pachaikodi (Piperaceae)—valuable assessment of its quality. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2012;2(2):S506-10.
12. Nguyễn TLH. Tổng hợp xanh nano vàng bằng dịch chiết vỏ trái thơm và ứng dụng làm xúc tác cho phản ứng xử lý 4-nitrophenol. *J Sci Technol - IUH.* 2021;49(01):79-84.
13. Praba PS, Jeyasundari J, Jacob YBA. Synthesis of silver nano particles using Piper betle and its antibacterial activity. *Eur Chem Bull.* 2014;3(10):1014-6.
14. Lim SY, Shen W, Gao Z. Carbon quantum dots and their applications. *Chem Soc Rev.* 2015;44(1):362-81.
15. Asif M, Yasmin R, Asif R, Ambreen A, Mustafa M, Umbreen S. Green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs), structural characterization, and their antibacterial potential. *Dose-Response.* 2022;20(2):15593258221088708.
16. Ruiz-Robles MA, Solis-Pomar F, Gutiérrez-Lazos CD, Fundora-Cruz A, Mayoral Á, Pérez-Tijerina E. Synthesis and characterization of polymer/silica/QDs fluorescent nanocomposites with potential application as printing toner. *Mater Res Express.* 2018;6(2):25314.