

Bài báo nghiên cứu

**ẢNH HƯỞNG CỦA ION KIM LOẠI ĐẾN PHỔ PHÁT QUANG
CỦA HẠT CACBON NANO TỔNG HỢP TỪ QUẢ BẦU**

**Lê Vũ Trường Sơn^{1*}, Trần Thị Nguyên Thảo¹, Đoàn Văn Dương¹,
Cao Nữ Thùy Linh², Đặng Ngọc Toàn^{3,4}, Lê Vũ Thái Sơn⁵, Ngô Khoa Quang^{6*}**

¹Trường Đại học Sư phạm – Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

²Viện Nghiên cứu và Đào tạo Việt Anh – Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

³Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Việt Nam

⁴Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ cao, Trường Đại học Duy Tân, Việt Nam

⁵Khoa Y – Dược, Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

⁶Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Lê Vũ Trường Sơn – Email: lvtsn_kl@ued.udn.vn;

Ngô Khoa Quang – Email: nkquang@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 22-12-2023; ngày nhận bài sửa: 15-02-2024; ngày duyệt đăng: 20-02-2024

TÓM TẮT

Thời gian gần đây, việc tổng hợp, xác định đặc điểm và ứng dụng của hạt cacbon nano (CNPs) đang nhận được sự quan tâm của nhiều nhóm nghiên cứu trên thế giới. Có khá nhiều công bố liên quan đến việc sử dụng CNPs để phát hiện các ion kim loại đã được xuất bản. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả chế tạo thành công vật liệu CNPs từ quả bầu bằng phương pháp thủy nhiệt. Kết quả phân tích cho thấy CNPs có đường kính trung bình khoảng 39 nm. Chúng tôi đã sử dụng vật liệu chế tạo được để thăm dò khả năng phát hiện chọn lọc ion Fe^{3+} trên cơ sở hiệu ứng dập tắt huỳnh quang. Dựa vào số liệu thực nghiệm giới hạn phát hiện thấp nhất có giá trị là 18,34 μM . Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp thêm các thông tin quan trọng cho quá trình cải tiến vật liệu nhằm tăng cường độ nhạy trong các ứng dụng liên quan đến lĩnh vực cảm biến.

Từ khóa: vật liệu phát quang; hạt cacbon nano; thủy nhiệt; ion kim loại

1. Giới thiệu

Cùng với quá trình công nghiệp hóa, sự phát triển của các nhà máy đã dẫn đến những tác động xấu đối với môi trường sống của con người. Trong đó, hoạt động xả nước thải công nghiệp chưa qua xử lý hoặc xử lý chưa triệt để vào môi trường đã làm nguồn nước bị ô nhiễm khá trầm trọng. Đặc biệt, sự xuất hiện của các ion kim loại nặng với hàm lượng lớn đã trở thành một vấn đề đáng báo động vì những tác động có hại của nó đối với môi trường và sức khỏe con người (Boobalan et al., 2020). Có thể kể đến như ion kim loại Hg^{2+} , Cu^{2+} và Fe^{3+} .

Cite this article as: Le Vu Truong Son, Tran Thi Nguyen Thao, Doan Van Duong, Cao Nu Thuy Linh, Dang Ngoc Toan, Le Vu Thai Son, & Ngo Khoa Quang (2024). The effects of metal ions on the photoluminescence spectrum of gourd-based carbon nanoparticles. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 21(2), 187-198.

Như chúng ta đã biết, Hg^{2+} là ion có khả năng gây độc tính mạnh và ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người (Rice et al., 2014). Ion Cu^{2+} tồn tại ở các mô trong cơ thể con người và đóng một vai trò trong việc tạo ra các tế bào hồng cầu và duy trì các tế bào thần kinh và hệ thống miễn dịch nhưng ở nồng độ cao có thể gây ra các bệnh như Alzheimer, Wilson và Parkinson (Lee et al., 2016). Ion Fe^{3+} cũng là một trong các yếu tố thiết yếu cho rất nhiều quá trình sinh học diễn ra ở bên trong cơ thể người (Zhang et al., 2023). Sắt chính là thành phần chính cấu trúc nên hemoglobin, chịu trách nhiệm vận chuyển oxy từ phổi đến các bộ phận còn lại của cơ thể (Abbaspour et al., 2014). Bên cạnh đó sắt cũng đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình sản xuất hormone và chuyển hóa một số axit amin bên trong (Abbaspour et al., 2014). Tuy nhiên, hiện nay dư lượng lớn Fe^{3+} trong môi trường đang gây ra những mối đe dọa đáng ngại đối với sức khỏe của con người. Đặc biệt, khi bị nhiễm Fe^{3+} ở nồng độ cao có thể gây ra tổn thương thận, gan và một số cơ quan khác trong cơ thể (Tang et al., 2018). Vì vậy, việc kiểm soát và đánh giá nồng độ Fe^{3+} đang trở thành một vấn đề được nhiều người quan tâm gần đây (Fajal et al., 2020; Farahani & Safarifard, 2019; Gupta et al., 2020; Zulfajri et al., 2019). Có khá nhiều các công bố đã thử nghiệm thành công việc ứng dụng hạt cacbon nano (CNPs) để phát hiện Fe^{3+} có trong nước (Du et al., 2023; Duffy et al., 2019; Gupta et al., 2020; Hoan et al., 2019; Ye et al., 2022; Zulfajri et al., 2019). Đặc biệt, việc lựa chọn các nguồn nguyên liệu tự nhiên để chế tạo cacbon nano đang được khá nhiều nhóm nghiên cứu trên thế giới quan tâm (Duffy et al., 2019; Gupta et al., 2020; Hoan et al., 2019; Zulfajri et al., 2019). Có thể kể ra như nhóm nghiên cứu của Gupta cùng đồng nghiệp đã ứng dụng thành công CNPs được chế tạo từ quả dứa (*Ananas comosus* fruit) để phát hiện ion Fe^{3+} với giới hạn phát hiện là $9,55 \mu\text{M}$ (Gupta et al., 2020). Quả đậu việt quất (Cranberry Beans) đã được Zulfajri và cộng sự sử dụng làm tiền chất để tổng hợp CNPs và sử dụng để phát hiện Fe^{3+} với giới hạn phát hiện là $0,03 \mu\text{M}$ (Zulfajri et al., 2019). Ngoài ra, nhân hạt chà là (date kernel) cũng được nhóm Amin sử dụng làm nguồn tiền chất tổng hợp CNPs để phát hiện ion Fe^{3+} với giới hạn phát hiện là $0,04 \mu\text{M}$ (Amin et al., 2018). Những kết quả đó đã cho thấy tiềm năng ứng dụng của vật liệu cacbon có nguồn gốc từ tự nhiên trong việc phát hiện chọn lọc Fe^{3+} có trong nước.

Tuy nhiên, việc tìm kiếm thêm các nguồn nguyên liệu mới có nguồn gốc từ tự nhiên vẫn đang là chủ đề được khá nhiều nhóm nghiên cứu quan tâm do bởi tính chất lí hóa của CNPs phụ thuộc mạnh vào nguồn nguyên liệu cũng như điều kiện chế tạo (Duffy et al., 2019; Gupta et al., 2020; Hoan et al., 2019; Ngo, 2021; Ngo & Le, 2022, 2022; Zulfajri et al., 2019). Theo tìm hiểu của nhóm nghiên cứu, hiện nay việc ứng dụng CNPs được chế tạo từ quả bầu nhằm phát hiện ion kim loại có trong nước vẫn còn để ngỏ. Vì vậy, trong bài báo này chúng tôi tập trung trình bày các kết quả chính liên quan quy trình chế tạo CNPs từ quả bầu. Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu cũng đã đánh giá tính khả thi của vật liệu CNPs chế tạo được trong việc phát hiện chọn lọc ion kim loại dựa trên hiệu ứng dập tắt cường độ phát

quang. Kết quả nghiên cứu vì vậy sẽ cung cấp thêm những thông tin quan trọng cho việc phát triển vật liệu nano quang học ứng dụng trong lĩnh vực cảm biến.

2. Thực nghiệm

2.1. Vật liệu và hóa chất

Quả bầu được rửa sạch, thái nhỏ và sấy khô trước khi cho vào bình thủy nhiệt. Nước cất hai lần được sử dụng làm dung môi và để pha loãng các muối kim loại. Các muối $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ZnCl_2 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, AgNO_3 , HgCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, KCl , $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NaCl , CaCl_2 được mua từ Công ty hóa chất Xilong Scientific Co., Ltd. Trung Quốc và có độ tinh khiết trên 95%.

2.2. Quy trình chế tạo mẫu bằng phương pháp thủy nhiệt

Vật liệu phát quang CNPs được tổng hợp từ quả bầu bằng phương pháp thủy nhiệt. Quy trình tổng hợp được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1. Rửa sạch quả bầu bằng nước cất hai lần, gọt vỏ, bỏ phần ruột và thái mỏng.

Bước 2. Sấy khô bầu ở nhiệt độ 50°C trong 48 giờ.

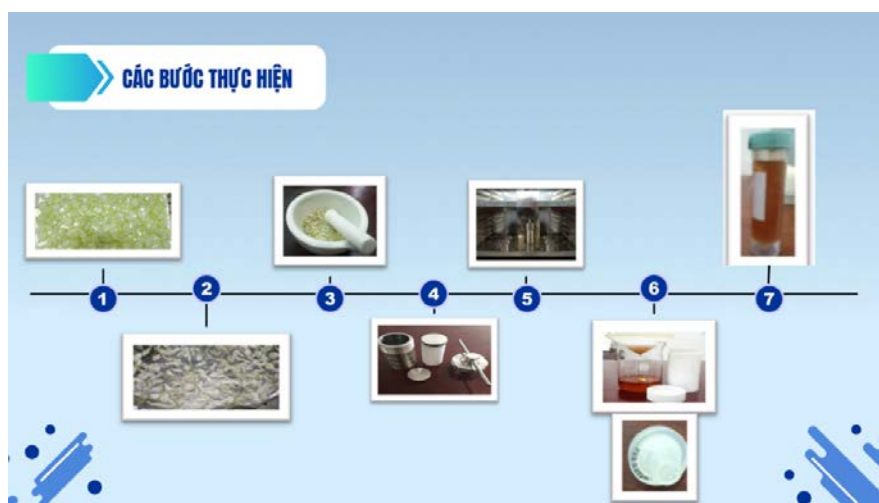
Bước 3. Nghiền mẫu bầu đã sấy khô thành bột.

Bước 4. Cho 4 g bầu đã xử lý cùng với 80 ml dung môi nước cất hai lần vào ống Teflon. Đặt ống Teflon vào bên trong bình thủy nhiệt.

Bước 5. Đặt bình thủy nhiệt vào tủ sấy và tiến hành thủy nhiệt ở 220°C trong thời gian 12 giờ.

Bước 6. Để nguội dung dịch đến nhiệt độ phòng. Sau đó, dùng giấy lọc để thực hiện lọc thô (lọc cạn) rồi tiếp tục dùng màng lọc (syringe) $0,22\text{ }\mu\text{m}$ để loại bỏ các hạt có kích thước lớn còn lại trong dung dịch.

Bước 7. Mang dung dịch đã được lọc đi ly tâm ở tốc độ 14000 vòng/phút trong 30 phút. Cuối cùng, thu được thành phẩm CNPs có màu nâu và bảo quản ở nhiệt độ phòng để sử dụng.



Hình 1. Quy trình tổng hợp CNPs từ quả bầu bằng phương pháp thủy nhiệt

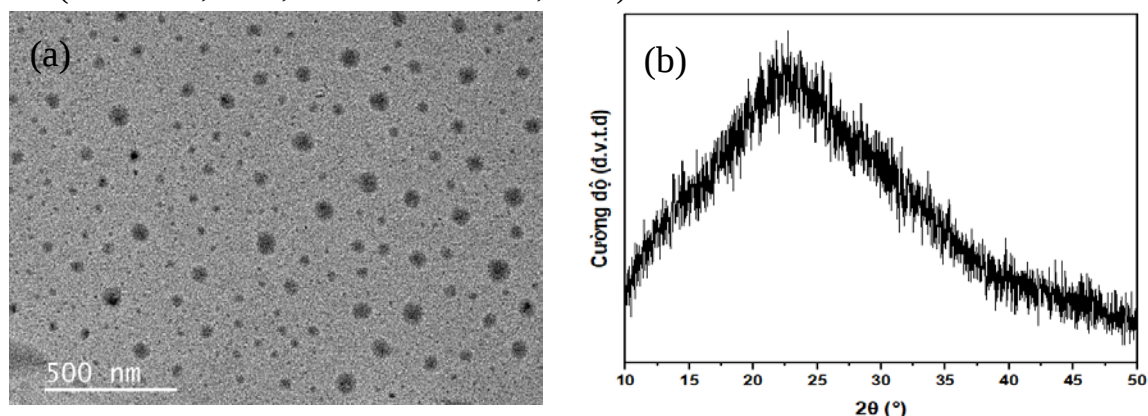
2.3. Quy trình chế tạo mẫu bằng phương pháp thủy nhiệt

Chúng tôi sử dụng tủ sấy MEMMERT UNB 500 để sấy bầu và tổng hợp CNPs bằng phương pháp thủy nhiệt. Kích thước của CNPs được xác định dựa trên ảnh chụp trên kính hiển vi điện tử truyền qua JEOL Jem-1010 của hãng JEOL – Nhật Bản với điện áp gia tốc là 80 kV. Cấu trúc của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp nhiễu xạ tia X trên máy nhiễu xạ D8-Advance Eco của hãng Bruker – Đức sử dụng nguồn phát Cu-K α ($\lambda = 1,54056$ Å). Phổ phát quang thu được từ máy FL3-22 của hãng Horiba.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hình thái và cấu trúc của hạt cacbon nano

Kích thước và hình thái của CNPs được phân tích dựa trên kết quả ảnh chụp trên kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM). Kết quả ảnh TEM cho thấy CNPs thu được có độ phân tán đồng đều, không có sự kết tụ và kích thước hạt nằm trong khoảng từ vài chục đến dưới 100 nm dựa trên thanh định cỡ có giá trị 500 nm được thể hiện ở Hình 2a. Kết quả cho thấy đã chế tạo thành công vật liệu có kích thước nano. Giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD) của CNPs được trình bày ở Hình 2b. Trên giản đồ XRD có một đỉnh rộng ở $2\theta \approx 22^\circ$. Điều này cho thấy vật liệu tổng hợp được là vật liệu cacbon có cấu trúc vô định hình (Hara et al., 2004). Kết quả này tương ứng với giản đồ XRD của CNPs được tổng hợp từ bã đậu nành, vỏ chuối chín (Hara et al., 2004; Vikneswaran et al., 2014).

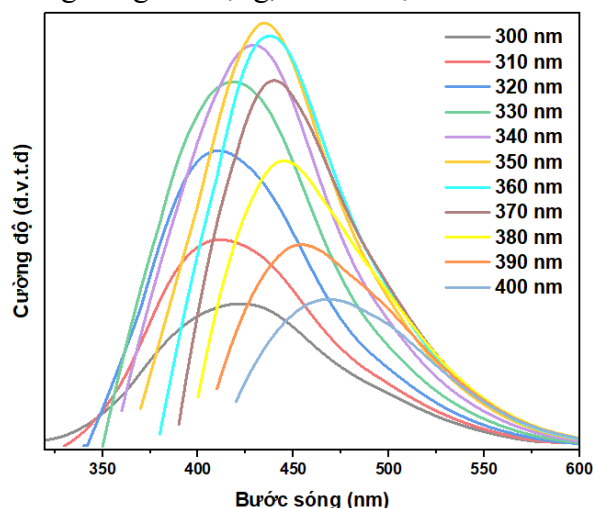


Hình 2. (a) Ảnh TEM của CNPs với thanh định cỡ 500 nm
(b) Giản đồ nhiễu xạ tia X của CNPs

3.2. Phổ phát quang của hạt cacbon nano

Phổ phát quang của CNPs khi được kích thích ở các bước sóng khác nhau từ 300 nm đến 400 nm với bước nhảy là 10 nm được thể hiện ở Hình 3. Dựa trên kết quả thể hiện ở Hình 3 cho thấy, phổ phát quang có dạng dải rộng và khi chúng ta thay đổi bước sóng kích thích từ 300 nm đến 400 nm kéo theo đỉnh phổ phát quang của CNPs cũng thay đổi từ 410 nm (ánh sáng xanh dương) đến 470 nm (ánh sáng xanh lá). Khi được kích thích ở bước sóng 350 nm CNPs cho cường độ phát quang mạnh nhất và cực đại phát quang ở bước sóng khoảng 426 nm. Hiện nay, cơ chế vật lý giải thích cho hiện tượng này vẫn đang còn có nhiều quan điểm khác nhau: như sự lai hóa trạng thái bề mặt giữa lõi cacbon và các nhóm chức

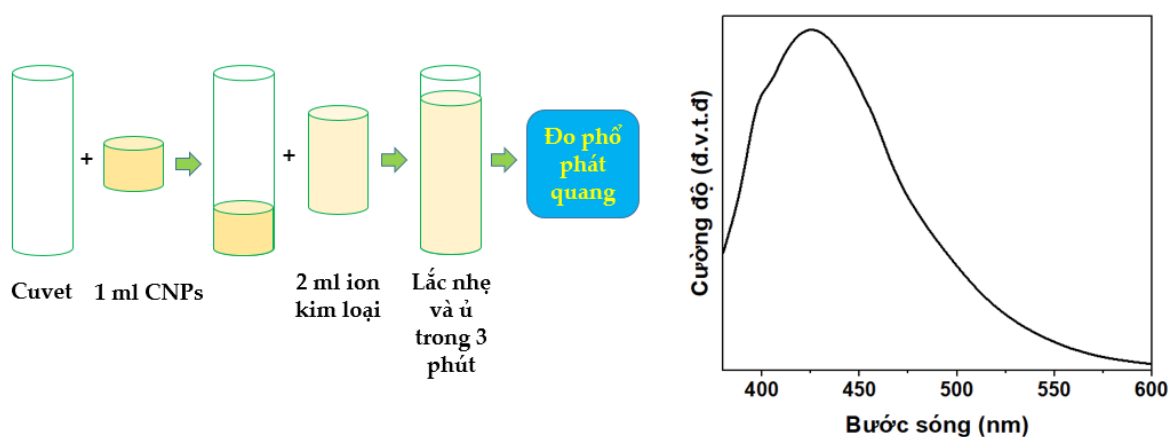
hay do kích thước hạt CNPs phân bố rộng (Ding et al., 2020; Sahu et al., 2012). Dựa vào ảnh TEM như mô tả trong Hình 1a, chúng tôi bước đầu nhận định, với nguồn tiền chất là quả bầu, sự phụ thuộc vào bước sóng kích thích của CNPs có thể được gây ra do bởi sự phân bố kích thước hạt nằm trong vùng khá rộng, từ vài chục đến 100 nm.



Hình 3. Phổ phát quang của CNPs khi được kích thích ở các bước sóng khác nhau

3.3. Ảnh hưởng của ion kim loại đến phổ phát quang

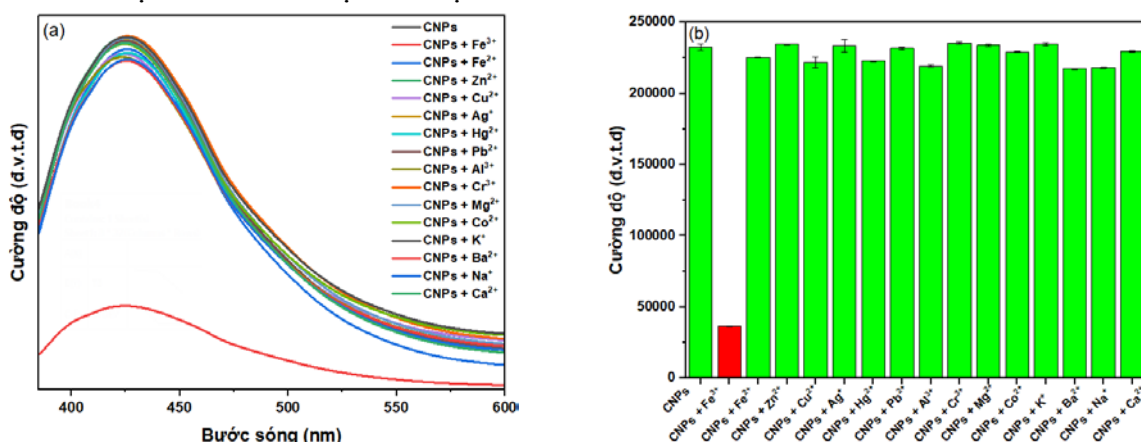
Phổ phát quang của CNPs với sự tồn tại của các ion kim loại khác nhau: Fe^{3+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Mg^{2+} , Co^{2+} , K^+ , Ba^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} đã được thực hiện để đánh giá sự ảnh hưởng của ion kim loại đến phổ phát quang của CNPs. Quy trình được thực hiện như sau, nhóm nghiên cứu tiến hành cho 1 ml dung dịch CNPs và 2 ml dung dịch các ion kim loại khác nhau có nồng độ 2700 μM vào cuvet và tiến hành ủ trong 3 phút trước khi đo phổ phát quang (Hình 4) (Zulfajri et al., 2019).



Hình 4. Quy trình đo phổ phát quang của dung dịch CNPs chứa ion kim loại

Phổ phát quang của các mẫu được đo với bước sóng kích thích 350 nm ($\lambda_{\text{ex}} = 350 \text{ nm}$) và trong cùng một điều kiện được thể hiện trên Hình 5a. Kết quả cho thấy các ion kim loại không ảnh hưởng đến hình dạng phổ phát quang mà chỉ ảnh hưởng đến cường độ phát quang

của CNPs. Sự thay đổi cường độ phát quang tại đỉnh phát quang ở 426 nm khi có mặt các ion kim loại khác nhau được thể hiện trên Hình 5b.



Hình 5. (a) Phổ phát quang của dung dịch CNPs khi có và không có mặt các ion kim loại ($\lambda_{ex} = 350$ nm). (b) Cường độ phát quang tại vị trí bước sóng 426 nm của CNPs khi có và không có mặt các ion kim loại

Từ Hình 5b cho thấy chỉ có ion Fe³⁺ là gây ra sự dập tắt cường độ phát quang của CNPs mạnh và đáng kể. Trong khi các ion kim loại khác làm thay đổi không đáng kể, hoặc không thay đổi cường độ phát quang của CNPs và một số ion Fe²⁺, Cu²⁺, Hg²⁺, Al³⁺, Co²⁺, Ba²⁺, Na⁺ làm giảm nhẹ cường độ phát quang của CNPs. Mặc dù nhiều giả thuyết khác nhau đã được đưa ra nhưng cơ chế chính xác của hiện tượng dập tắt cường độ phát quang của CNPs khi có mặt ion kim loại vẫn đang là một trong những vấn đề còn nhiều tranh luận trong các công bố gần đây. Phần lớn các nghiên cứu chỉ ra rằng, tương tác giữa ion và các nhóm chức xung quanh CNPs đã dẫn đến quá trình dập tắt động (dynamic quenching) (Feng & Qian, 2018; Tang et al., 2018; Venkateswarlu et al., 2018; Zulfajri et al., 2019).

3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng ion Fe³⁺ đến phổ phát quang

Để nghiên cứu chi tiết hơn về sự ảnh hưởng của ion kim loại đến phổ phát quang của vật liệu CNPs, nhóm nghiên cứu tiến hành đo phổ phát quang của dung dịch CNPs chứa ion Fe³⁺ ở các nồng độ khác nhau. Nồng độ ion Fe³⁺ có các giá trị lần lượt là 20 μ M – 90 μ M (với bước nhảy 10 μ M), 150 μ M, 200 μ M, 250 μ M, 300 μ M. Kết quả thực nghiệm được thể hiện trên Hình 6a. Quan sát hình vẽ ta thấy, hình dạng phổ và vị trí đỉnh phát quang của vật liệu CNPs không thay đổi khi tương tác với ion Fe³⁺ ở các nồng độ khác nhau. Cụ thể, nồng độ ion Fe³⁺ có trong dung dịch CNPs tăng thì cường độ phát quang của dung dịch CNPs giảm. Thêm vào đó, nhằm làm rõ mối quan hệ tuyến tính giữa nồng độ Fe³⁺ thêm vào (từ 20 μ M đến 300 μ M) và sự dập tắt cường độ phát quang của CNPs chúng tôi đã làm khớp giá trị thực nghiệm theo phương trình Stern-Volmer (Du et al., 2023).

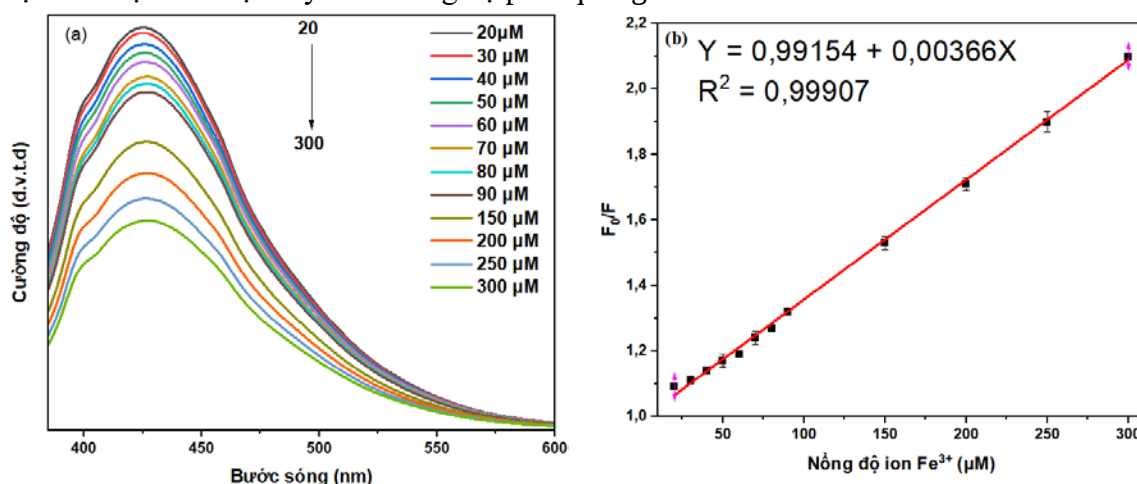
$$F_0/F = 1 + K_{sv}C_q$$

Trong đó, K_{sv} là hệ số dập tắt, C_q là nồng độ của ion kim loại đưa vào dung dịch, F_0 là cường độ phát quang cực đại của dung dịch không chứa ion kim loại, F là cường độ phát quang cực đại của dung dịch chứa ion kim loại. Trong nghiên cứu này, F và F_0 là giá trị tín hiệu cường độ phát quang thu được tại vị trí có bước sóng 426 nm (khi được kích thích ở bước sóng 350 nm) ứng với trường hợp có và không có sự xuất hiện của ion Fe^{3+} . Kết quả tính toán thu được phương trình $Y = 0,99154 + 0,00366X$ ($Y = a + bX$) với hệ số hồi quy tuyến tính $R^2 = 0,99907$ (Hình 6b), trong đó độ dốc của phương trình cho chúng ta giá trị K_{sv} (Du et al., 2023).

Dựa trên kết quả phương trình tuyến tính thu được, chúng tôi cũng bước đầu định lượng chỉ số giới hạn phát hiện – LOD. LOD được định nghĩa là “nồng độ ion kim loại thấp nhất mà cảm biến phát hiện được” (Isaac et al., 2018). Nói cách khác giá trị LOD càng nhỏ thì khả năng phát hiện ion kim loại của vật liệu càng tốt. Giới hạn phát hiện xác định dựa trên công thức sau (Junaid et al., 2022):

$$LOD = \frac{3\sigma}{b}$$

Trong đó, σ là độ lệch chuẩn và b là độ dốc của đường chuẩn (Junaid et al., 2022). Giới hạn phát hiện của ion Fe^{3+} được tính toán có giá trị là $LOD = 18,34 \mu M$. So sánh với các công bố trước đây về việc sử dụng CNPs có nguồn gốc từ thực vật để phát hiện ion kim loại kết quả thu được có giá trị khá lớn (Amin et al., 2018; Aslandaş et al., 2015; Gupta et al., 2020; Zulfajri et al., 2019). Trên thực tế, mẫu CNPs được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt thường phụ thuộc mạnh vào nguồn tiền chất ban đầu cũng như điều kiện thực nghiệm. Vì vậy, thường có sự sai khác lớn về giới hạn phát hiện ion giữa các công bố. Tuy nhiên, kết quả bước đầu cho thấy CNPs có thể được sử dụng làm cảm biến phát hiện ion kim loại Fe^{3+} dựa trên sự thay đổi cường độ phát quang.

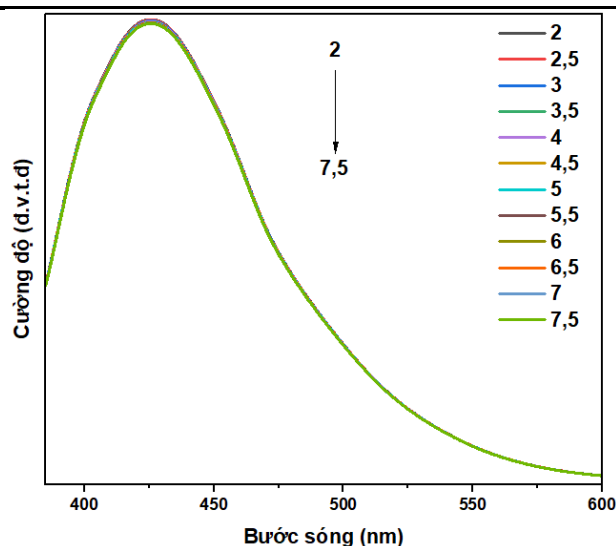


Hình 6. (a) Phổ phát quang của dung dịch CNPs chứa ion Fe^{3+} ứng với các giá trị nồng độ khác nhau ($\lambda_{ex} = 350$ nm). (b) Các giá trị nồng độ của ion Fe^{3+} trong khoảng 20 μM đến 300 μM được biểu diễn theo phương trình Stern-Volmer dựa vào tỷ số F_0/F ($\lambda_{ex} = 350$ nm)

3.5. Ảnh hưởng của độ pH

Bảng 1. Bảng giá trị độ pH của dung dịch CNPs và dung dịch CNPs khi thêm các ion kim loại khác nhau (nồng độ 2700 μM)

	Giá trị độ pH		Giá trị độ pH		Giá trị độ pH		Giá trị độ pH
CNPs	7,24	CNPs – Cu^{2+}	5,41	CNPs – Al^{3+}	4,82	CNPs – K^{+}	5,73
CNPs – Fe^{3+}	2,96	CNPs – Ag^{+}	5,67	CNPs – Cr^{3+}	3,64	CNPs – Ba^{2+}	5,17
CNPs – Fe^{2+}	3,23	CNPs – Hg^{2+}	4,93	CNPs – Mg^{2+}	5,17	CNPs – Na^{+}	4,83
CNPs – Zn^{2+}	5,17	CNPs – Pb^{2+}	4,38	CNPs – Co^{2+}	5,39	CNPs – Ca^{2+}	5,26



Hình 7. Phổ phát quang của dung dịch CNPs ở các giá trị pH khác nhau được kích thích ở bước sóng 350 nm

Khi cho các ion kim loại vào dung dịch CNPs đã làm thay đổi giá trị độ pH của dung dịch CNPs và dữ liệu đo đạc được trình bày ở Bảng 1. Để có dữ liệu đánh giá về sự ảnh hưởng của độ pH đến phổ phát quang của dung dịch CNPs, nhóm nghiên cứu tiến hành thay đổi giá trị độ pH của dung dịch CNPs bằng cách thêm một lượng rất nhỏ dung dịch HCl (<0,1% thể tích dung dịch CNPs) có nồng độ 0,1 M vào dung dịch CNPs. Phổ phát quang của dung dịch CNPs ở các giá trị pH khác nhau được thể hiện trên Hình 7 với bước sóng kích thích 350 nm. Cường độ phát quang của dung dịch CNPs ở các giá trị pH khác nhau thay đổi không nhiều. Từ kết quả trên cho thấy sự thay đổi cường độ phát quang của dung dịch CNPs khi thêm các ion kim loại vào không phải do sự thay đổi độ pH.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã chế tạo thành công vật liệu CNPs từ quả bầu. Nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành khảo sát khá chi tiết các tính chất hóa lý của vật liệu. Bước đầu thăm dò khả năng ứng dụng sản phẩm chế tạo trong việc phát hiện chọn lọc ion cho thấy, cường độ huỳnh quang của CNPs có sự suy giảm đáng kể khi có mặt ion Fe^{3+} so với các ion kim loại khác. Hàm lượng ion Fe^{3+} tối thiểu có thể phát hiện được dựa trên kết quả tính toán là 18,34 μM . Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp thêm các thông tin quan trọng cho quá trình cải tiến vật liệu nhằm tăng cường độ nhạy trong các ứng dụng liên quan đến lĩnh vực cảm biến.

- ❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.
- ❖ **Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học Trường Đại học Sư phạm – Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số T2023-TN-10.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Sciences : The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 19(2), 164-174.
- Amin, N., Afkhami, A., Hosseinzadeh, L., & Madrakian, T. (2018). Green and cost-effective synthesis of carbon dots from date kernel and their application as a novel switchable fluorescence probe for sensitive assay of Zoledronic acid drug in human serum and cellular imaging. *Analytica Chimica Acta*, 1030, 183-193. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.05.014>
- Aslandaş, A. M., Balcı, N., Arık, M., Şakiroğlu, H., Onganer, Y., & Meral, K. (2015). Liquid nitrogen-assisted synthesis of fluorescent carbon dots from Blueberry and their performance in Fe^{3+} detection. *Applied Surface Science*, 356, 747-752. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.08.147>
- Boobalan, T., Sethupathi, M., Sengottuvelan, N., Kumar, P., Balaji, P., Gulyás, B., Padmanabhan, P., Selvan, S. T., & Arun, A. (2020). Mushroom-Derived Carbon Dots for Toxic Metal Ion Detection and as Antibacterial and Anticancer Agents. *ACS Applied Nano Materials*, 3(6), 5910-5919. <https://doi.org/10.1021/acsanm.0c01058>
- Ding, H., Li, X.-H., Chen, X.-B., Wei, J.-S., Li, X.-B., & Xiong, H.-M. (2020). Surface states of carbon dots and their influences on luminescence. *Journal of Applied Physics*, 127, Article 231101. <https://doi.org/10.1063/1.5143819>
- Du, Y., Li, Y., Liu, Y., Liu, N., Cheng, Y., Shi, Q., Liu, X., Tao, Z., Guo, Y., Zhang, J., Askaria, N., & Li, H. (2023). Stalk-derived carbon dots as nanosensors for Fe^{3+} ions detection and biological cell imaging. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2023.1187632>

- Duffy, J., Urbas, A., Niemitz, M., Lipka, K., & Marginean, I. (2019). Differentiation of fentanyl analogues by low-field NMR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 1049, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.12.014>
- Fajal, S., Samanta, P., Dutta, S., & Ghosh, S. K. (2020). Selective and sensitive recognition of Fe³⁺ ion by a Lewis basic functionalized chemically stable metal-organic framework (MOF). *Inorganica Chimica Acta*, 502, Article 119359. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2019.119359>
- Farahani, Y. D., & Safarifard, V. (2019). A luminescent metal-organic framework with pre-designed functionalized ligands as an efficient fluorescence sensing for Fe³⁺ ions. *Journal of Solid State Chemistry*, 270, 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2018.12.005>
- Feng, H., & Qian, Z. (2018). Functional Carbon Quantum Dots: A Versatile Platform for Chemosensing and Biosensing. *The Chemical Record*, 18(5), 491-505. <https://doi.org/10.1002/tcr.201700055>
- Gupta, D. A., Desai, M. L., Malek, N. I., & Kailasa, S. K. (2020). Fluorescence detection of Fe³⁺ ion using ultra-small fluorescent carbon dots derived from pineapple (*Ananas comosus*): Development of miniaturized analytical method. *Journal of Molecular Structure*, 1216, Article 128343. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128343>
- Hara, M., Yoshida, T., Takagaki, A., Takata, T., Kondo, J. N., Hayashi, S., & Domen, K. (2004). A carbon material as a strong protonic acid. *Angewandte Chemie (International Ed. in English)*, 43(22), 2955-2958. <https://doi.org/10.1002/anie.200453947>
- Hoan, B. T., Tam, P. D., & Pham, V.-H. (2019). Green Synthesis of Highly Luminescent Carbon Quantum Dots from Lemon Juice. *Journal of Nanotechnology*, 2019, Article 2852816. <https://doi.org/10.1155/2019/2852816>
- Isaac, I. O., Munir, I., al-Rashida, M., Ali, S. A., Shafiq, Z., Islam, M., Ludwig, R., Ayub, K., Khan, K. M., & Hameed, A. (2018). Novel acridine-based thiosemicarbazones as 'turn-on' chemosensors for selective recognition of fluoride anion: A spectroscopic and theoretical study. *Royal Society Open Science*, 5(7), Article 180646. <https://doi.org/10.1098/rsos.180646>
- Junaid, H. M., Batool, M., Harun, F. W., Akhter, M. S., & Shabbir, N. (2022). Naked Eye Chemosensing of Anions by Schiff Bases. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 52(3), 463-480. <https://doi.org/10.1080/10408347.2020.1806703>
- Lee, S. Y., Bok, K. H., Kim, J. A., Kim, S. Y., & Kim, C. (2016). Simultaneous detection of Cu²⁺ and Cr³⁺ by a simple Schiff-base colorimetric chemosensor bearing NBD (7-nitrobenzo-2-oxa-1,3-diazolyl) and julolidine moieties. *Tetrahedron*, 72(35), 5563-5570. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2016.07.051>
- Ngo, K. Q. (2021). Xác định hiệu suất lượng tử của dung dịch cacbon nano chế tạo từ nút bần. [Quantum yield measurement of the carbon nanodots synthesized from wine cork]. *Hue University Journal of Science: Natural Science*, 19(1).
- Ngo, K. Q., & Le, V. T. S. (2022). Sensitive detection of Fe³⁺ ions and cell imaging of carbon nanodots derived from canistel (*Pouteria campechiana*). *MRS Advances*, 7(13), 278-283. <https://doi.org/10.1557/s43580-022-00267-6>

- Rice, K. M., Walker, E. M., Wu, M., Gillette, C., & Blough, E. R. (2014). Environmental Mercury and Its Toxic Effects. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 47(2), 74-83. <https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74>
- Sahu, S., Behera, B., Maiti, T. K., & Mohapatra, S. (2012). Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: Application as excellent bio-imaging agents. *Chemical Communications*, 48(70), 8835-8837. <https://doi.org/10.1039/C2CC33796G>
- Tang, X., Wang, Y., Han, J., Ni, L., Wang, L., Li, L., Zhang, H., Li, C., Li, J., & Li, H. (2018). A relay identification fluorescence probe for Fe³⁺ and phosphate anion and its applications. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 191, 172-179. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.10.018>
- Venkateswarlu, S., Viswanath, B., Reddy, A. S., & Yoon, M. (2018). Fungus-derived photoluminescent carbon nanodots for ultrasensitive detection of Hg²⁺ ions and photoinduced bactericidal activity. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 258, 172-183. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.11.044>
- Vikneswaran, R., T subramaniam, R., & Yahya, R. (2014). Green synthesized carbon nanodots as a fluorescent probe for selective and sensitive detection of iron(III) ions. *Materials Letters*, 136, 179-182. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.08.063>
- Ye, S., Zhang, M., Guo, J., Song, J., Zeng, P., Qu, J., Chen, Y., & Li, H. (2022). Facile Synthesis of Green Fluorescent Carbon Dots and Their Application to Fe³⁺ Detection in Aqueous Solutions. *Nanomaterials*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/nano12091487>
- Zhang, Y., Xie, M., Ma, G., Chen, H., Li, D., Guan, L., Zhang, X., Wu, J., & Huang, S. (2023). Fluorescent Determination of Ferric Ion in vitro with Carbon Quantum Dots Prepared by L-Arginine and Citric Acid. *Analytical Letters*, 0(0), 1-13. <https://doi.org/10.1080/00032719.2023.2250032>
- Zulfajri, M., Gedda, G., Chang, C.-J., Chang, Y.-P., & Huang, G. G. (2019). Cranberry Beans Derived Carbon Dots as a Potential Fluorescence Sensor for Selective Detection of Fe³⁺ Ions in Aqueous Solution. *ACS Omega*, 4(13), 15382-15392. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b01333>

**THE EFFECTS OF METAL IONS ON THE PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM
OF GOURD-BASED CARBON NANOPARTICLES**

***Le Vu Truong Son^{1*}, Tran Thi Nguyen Thao¹, Doan Van Duong¹,
Cao Nu Thuy Linh², Dang Ngoc Toan^{3,4}, Le Vu Thai Son⁵, Ngo Khoa Quang^{6*}***

¹University of Education – The University of Danang, Vietnam

²VN-UK Institute for Research & Executive Education, The University of Danang, Vietnam

³Faculty of Natural Sciences, Duy Tan University, Vietnam

⁴Institute of Research and Development, Duy Tan University, Vietnam

⁵School of Medicine and Pharmacy, The University of Da Nang, Vietnam

⁶University of Sciences, Hue University, Vietnam

*Corresponding author: Le Vu Truong Son – Email: lvtson_kl@ued.udn.vn

Ngo Khoa Quang – Email: nkquang@hueuni.edu.vn

Received: December 22, 2023; Revised: February 15, 2024; Accepted: February 20, 2024

ABSTRACT

Recently, the synthesis, characterization, and application of carbon nanoparticles (CNPs) have received attention from researchers globally in terms –of a number of publications related to the application of CNPs to detect metal ions. In this study, we report the results of successfully synthesizing CNPs from gourds using the hydrothermal method. The results show that CNPs have an average diameter of about 39 nm. We use the fabricated material to explore the ability to selectively detect Fe^{3+} ions depending on the fluorescence quenching effect. Based on experimental data, the lowest detection limit is 18.34 μM . Thus, the results will provide additional important information for the process of improving materials to increase sensitivity in applications regarding the sensor field.

Keywords: carbon nanoparticles; heavy metal ions; hydrothermal; luminescence materials