

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC

HỘI VẬT LÝ VIỆT NAM
HỘI VẬT LÝ THỪA THIÊN HUẾ

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

Nhiều tác giả

KỈ YẾU HỘI NGHỊ VẬT LÝ MIỀN TRUNG NĂM 2024



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC HUẾ

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY PHAY GỖ CNC (COMERNICAL NUMERIC COMPUTER) 3 TRỤC	29
<i>Khuong Anh Son, Lê Thị Kim Anh, Trần Viết Bôn, Hồ Văn Dũng</i>	
DẠY HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN QUA SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ AR THEO HƯỚNG PHÁT TRIỂN NĂNG LỰC THỰC NGHIỆM CỦA HỌC SINH	41
<i>Lê Thanh Sơn, Nguyễn Văn Tám, Trần Đại Dũng</i>	
NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT HẤP PHỤ KHÍ H_2S CỦA THAN HOẠT TÍNH TỪ VỎ DỪA ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG TRONG ĐẦU LỌC KHÍ SINH HỌC	51
<i>Huỳnh Thị Mai Diễm, Lê Thành Tây, Đỗ Hồng Hạnh Nguyễn Văn Nghĩa, Nguyễn Minh Vương</i>	
HỆ THỐNG BÃI ĐỖ XE Ô TÔ THÔNG MINH Ở CHUNG CƯ	52
<i>Nguyễn Hữu Lập Trường, Đinh Trung Trọng</i>	
II. CÁC BÁO CÁO POSTER	
TIỂU BAN CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU	61
ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG PHÁT HIỆN CHỌN LỌC ION Fe^{3+} CỦA DUNG DỊCH CACBON NANO CHẾ TẠO TỪ QUẢ GẮC	62
<i>Ngô Khoa Quang, Lê Xuân Diễm Ngọc</i>	
TÍNH CHẤT QUANG XÚC TÁC VẬT LIỆU TiO_2 CẤU TRÚC NANO ỐNG BIẾN TÍNH BỀ MẶT BẰNG KIM LOẠI BẠC	69
<i>Nguyễn Ngọc Khoa Trường, Hoàng Nhật Hiếu Nguyễn Minh Vương, Nguyễn Anh Thoa, Nguyễn Văn Nghĩa</i>	
CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT QUANG CỦA VẬT LIỆU NANO COMPOSITE S,N-GQDs PHA TẬP Ag	75
<i>Lê Xuân Hùng, Hồ Văn Tuyền, Nguyễn Thị Thái An</i>	
ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN THUY NHIỆT ĐẾN HIỆU SUẤT LƯỢNG TỪ CỦA DUNG DỊCH CACBON NANO ĐƯỢC CHẾ TẠO TỪ QUẢ GẮC	76
<i>Lê Xuân Diễm Ngọc, Ngô Khoa Quang</i>	
NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ KHẢO SÁT TÍNH CHẤT BẮT GIỮ KHÍ H_2S CỦA VẬT LIỆU Fe_2O_3 CẤU TRÚC NANO ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG TRONG TÍNH LỌC KHÍ BIOGAS	77
<i>Bùi Thanh Trang, Jo De Vrieze, Ewald Janssens, Nguyễn Văn Nghĩa, Hoàng Nhật Hiếu, Lê Thị Thanh Liễu Lê Thị Thảo Viễn, Nguyễn Thị Xuân Huynh, Nguyễn Minh Vương</i>	
TĂNG CƯỜNG KHẢ NĂNG CHUYỂN ĐỔI QUANG NHIỆT BẰNG CÁC MÀNG HẠT NANO TIN NHÚNG SƠN ĐEN VÀ ỨNG DỤNG TRONG PHƠI SẤY ỚT ĐỎ BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	78
<i>Văn Thị Thùy Trang, Phạm Quỳnh Nhi, Nguyễn Thành Trung, Hoàng Thị Hằng Lê Thị Thanh Liễu, Lê Thị Cẩm Nhung, Nguyễn Văn Nghĩa Đỗ Văn Cẩn, Nguyễn Minh Vương, Lê Thị Ngọc Loan</i>	

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG PHÁT HIỆN CHỌN LỌC ION Fe^{3+} CỦA DUNG DỊCH CACBON NANO CHẾ TẠO TỪ QUẢ GẮC

Ngô Khoa Quang, Lê Xuân Diễm Ngọc*

Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: lengoc@husc.edu.vn

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, dung dịch cacbon nano được chế tạo bằng phương pháp thủy nhiệt từ tiền chất ban đầu là quả gấc. Theo đó, chúng tôi sử dụng 5 g phần thịt đỏ tươi bọc quanh hạt gấc, cắt nhỏ, hòa chung với 80 mL nước cất, cho vào bình teflon và thủy nhiệt ở 190°C trong thời gian 12 giờ. Dung dịch sau thủy nhiệt được cho qua giấy lọc và li tâm ở tốc độ 14.000 vòng/phút để loại bỏ các hạt có kích thước lớn. Hạt cacbon nano trong dung dịch chế tạo được có đường kính vào khoảng 3.5 ± 1.1 nm. Khi sử dụng dung dịch cacbon nano làm chất chỉ thị huỳnh quang, chúng tôi nhận thấy đây là vật liệu có khả năng phát hiện ion Fe^{3+} , nồng độ ion Fe^{3+} thấp nhất phát hiện được là $4,7 \mu\text{M}$.

Từ khóa: Hạt cacbon nano, ion kim loại, quả gấc.

1. MỞ ĐẦU

Chấm cacbon nano (carbon dots)- kí hiệu là CDs, được định nghĩa là các hạt cacbon có kích thước nhỏ hơn 10 nm, hiện đang được nghiên cứu rộng rãi và đóng vai trò quan trọng trong lĩnh vực liên quan đến vật liệu huỳnh quang [1]. Hạt cacbon nano có nhiều đặc tính hấp dẫn như tính thân thiện với môi trường, có thể điều chỉnh bước sóng phát quang tùy thuộc vào loại tiền chất sử dụng, hiệu suất phát quang hóa tốt và độc tính thấp [1, 2]. Ngoài ra, các chấm cacbon nano cũng cho thấy khả năng phát hiện chọn lọc và có độ nhạy cao khi ứng dụng trong việc phát hiện một số ion kim loại nặng. Từ đó, việc sử dụng CDs trong việc phát hiện ion kim loại nặng đang trở thành một lĩnh vực nghiên cứu hấp dẫn và có tiềm năng trong các ứng dụng khác nhau [3].

Ion sắt Fe(III) thuộc nhóm các ion kim loại nặng và là nguyên tố quan trọng đối với các quá trình sinh học cũng như cơ thể con người [4]. Nó đóng một vai trò quan trọng trong nhiều quá trình sinh lí, bao gồm vận chuyển oxy trong máu và sản xuất năng lượng cung cấp cho tế bào. Tuy nhiên, lượng Fe^{3+} dư thừa trong môi trường có thể gây ra những vấn đề đáng lo ngại cho sức khỏe con người [3, 5]. Do đó, việc theo dõi nồng độ ion Fe^{3+} trong môi trường và đồng thời cần thực hiện các biện pháp nhằm kiểm tra và kiểm soát lượng ion này thâm nhập vào cơ thể là rất cần thiết. Hiện nay, có khá nhiều các nghiên cứu nhằm tìm hiểu việc sử dụng dung dịch hạt cacbon nano để phát hiện các ion sắt trong nước. Những nghiên cứu cho thấy CDs thường có hiệu quả cao trong việc phát hiện các ion sắt Fe^{3+} ở nồng độ rất thấp. Khi sử dụng dung dịch cacbon để phát hiện ion Fe^{3+} , Wang và cộng sự đã nhận thấy hiện tượng dập tắt huỳnh quang đáng kể của CDs do tương tác giữa các ion Fe^{3+} và nhóm hydroxyl bao quanh hạt cacbon. Có một hiệu ứng thú vị mà nhóm nghiên cứu này phát hiện được đó là việc

tăng lượng hydroxyl trên bề mặt CDs không chỉ giúp tăng cường độ huỳnh quang mà còn có thể tăng giới hạn phát hiện Fe^{3+} . Báo cáo này đã công bố rằng dung dịch cacbon này có thể phát hiện sự có mặt của các ion sắt III trong dung dịch với nồng độ rất thấp, có thể lên tới $0,026 \mu\text{M}$ [6]. Trong một nghiên cứu khác, nhóm nghiên cứu của Huang đã sử dụng dung dịch cacbon có nguồn gốc từ bột đậu cranberry (một loại đậu của Ý) để phát hiện các ion sắt với độ nhạy cao. Phương pháp này có thể giúp các nhà nghiên cứu phát hiện được lượng ion Fe^{3+} có trong nước ngầm và nước máy với nồng độ rất thấp [7]. Gần đây, một nghiên cứu liên quan đến ứng dụng cacbon nano được chế tạo từ cây lục bình cho thấy sự xuất hiện của ion Fe^{3+} làm cường độ phát quang bị suy giảm mạnh, lên đến 70%. Giới hạn phát hiện sự có mặt của ion Fe^{3+} có thể đạt giá trị $0,84 \mu\text{M}$ [8].

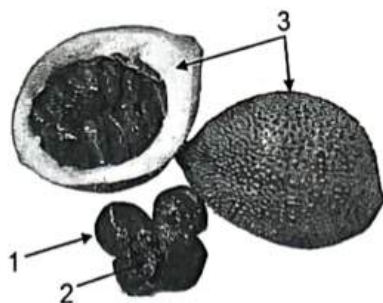
Để tổng hợp dung dịch cacbon nano với chi phí thấp và mang tính bền vững, các nhà khoa học hướng đến việc sử dụng nguồn vật liệu xanh thân thiện với môi trường. Có khá nhiều các báo cáo khoa học đã đề cập đến việc chế tạo thành công cacbon nano từ các tiền chất như bắp cải, nước chuối, đậu cranberry và khoai lang [7, 9-11]. Có nhiều phương pháp khác nhau để chế tạo được dung dịch cacbon nano [1, 7, 12]. Trong đó, phương pháp thủy nhiệt được xem là một phương pháp có nhiều ưu điểm do thiết bị có giá thành thấp và tiết kiệm năng lượng [13, 14]. Sử dụng phương pháp thủy nhiệt, nghiên cứu của chúng tôi nhằm tìm kiếm nguồn tiền chất mới để chế tạo dung dịch hạt cacbon nano và hướng đến việc ứng dụng dung dịch này làm đầu dò phát hiện ion kim loại. Quả gấc có tên khoa học là *Momordica cochinchinensis* Spreng đã được chúng tôi lựa chọn và sử dụng để làm nguyên liệu ban đầu.

Bằng phương pháp thủy nhiệt, CDs chế tạo từ quả gấc cho thấy cường độ phát quang suy giảm mạnh khi có mặt ion Fe^{3+} khi so sánh với các ion kim loại khác. Nghiên cứu chi tiết về độ chọn lọc và độ nhạy của dung dịch cacbon nano chế tạo được, chúng tôi nhận thấy giới hạn phát hiện nhỏ nhất ion Fe^{3+} có trong nước là $4,7 \mu\text{M}$. Kết quả nghiên cứu này sẽ bước đầu cung cấp một số thông tin quan trọng nhằm đánh giá khả năng ứng dụng vật liệu trong việc đo nồng độ Fe^{3+} có trong nước.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Phương pháp chế tạo

CDs được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt. Ban đầu, quả gấc chín có màu đỏ được mua từ chợ địa phương ở thành phố Huế, Việt Nam. Chúng tôi sử dụng 5,0 g phần thịt mềm đỏ, bọc bên ngoài hạt gấc (phần 1 trong Hình 1) cắt nhỏ và trộn với 80 mL nước cất. Toàn bộ hỗn hợp được cho vào bình teflon, đậy kín và cho vào trong bình nung kim loại, cẩn thận đậy kín thật chặt nắp bình kim loại rồi nung nóng ở 190°C trong 12 giờ. Sau quá trình đun nóng, bình thủy nhiệt được lấy ra khỏi lò và để nguội tự nhiên đến nhiệt độ phòng. Dung dịch thu được có màu vàng nâu, được lọc thô qua giấy lọc rồi ly tâm trong 15 phút với tốc độ 14.000 vòng/phút. Để bảo vệ dung dịch khỏi ánh sáng, các ống nghiệm chứa dung dịch cacbon được bọc kín bằng giấy nhôm và bảo quản lạnh ở 4°C .



Hình 1. Hình ảnh các thành phần của quả gấc.

1. Thịt quả gấc, 2. Hạt gấc, 3. Vỏ quả gấc.

2.2. Đánh giá độ nhạy và giới hạn phát hiện ion Fe^{3+} trong dung dịch

Chúng tôi chuẩn bị các dung dịch chứa ion của một số kim loại phổ biến như Ag^+ , Al^{3+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , Pb^{2+} , Sr^{2+} và Zn^{2+} ở nồng độ $2500 \mu\text{M}$ bằng cách hoà tan các muối chứa kim loại trong nước cất hai lần. Sau đó, tạo hỗn hợp dung dịch cacbon-kim loại bằng cách hòa 1 mL dung dịch ion kim loại với 1 mL dung dịch CDs ở nồng độ $0,0025 \text{ mg/mL}$, để hỗn hợp trên ở nhiệt độ phòng trong khoảng 3 phút trước khi thực hiện các phép đo quang học. Sử dụng bức xạ có bước sóng 340 nm làm ánh sáng kích thích để đo phổ phát quang của dung dịch. Giá trị cực đại phát quang của các dung dịch đo được ở khoảng bước sóng 430 nm . Tại đây, F_0 và F được sử dụng để kí hiệu cho cường độ huỳnh quang của dung dịch cacbon nano trước và sau khi thêm ion kim loại. Để đánh giá khả năng phát hiện ion Fe^{3+} có trong dung dịch, chúng tôi tiến hành thí nghiệm tương tự như trên nhưng thay đổi nồng độ ion Fe^{3+} từ $1 \mu\text{M}$ đến $200 \mu\text{M}$ khi đưa vào dung dịch CDs.

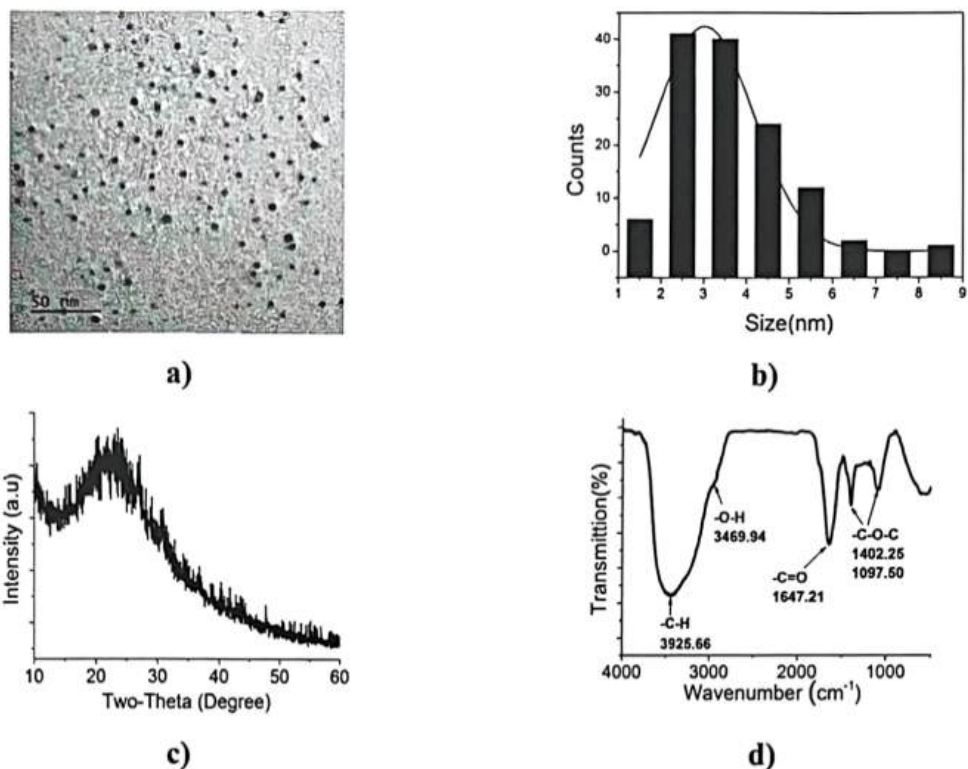
2.3. Thiết bị thí nghiệm

Trước tiên, nhằm đánh giá cấu trúc của sản phẩm dung dịch hạt cacbon nano, chúng tôi đo phổ nhiễu xạ tia X (XRD) trên hệ đo D8 Advance (Đức). Phép đo phổ hấp thụ UV-Vis được thực hiện trên máy GENESYS 10S UV-Vis (Thermo Scientific, Mỹ) và phép đo phổ phát quang được thực hiện trên máy FS5 spectrofluorometer (Edinburgh Instrument, Anh). Phổ hồng ngoại FTIR được phân tích bằng thiết bị FTIR Affinity-1S (Shimadzu, Nhật Bản).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

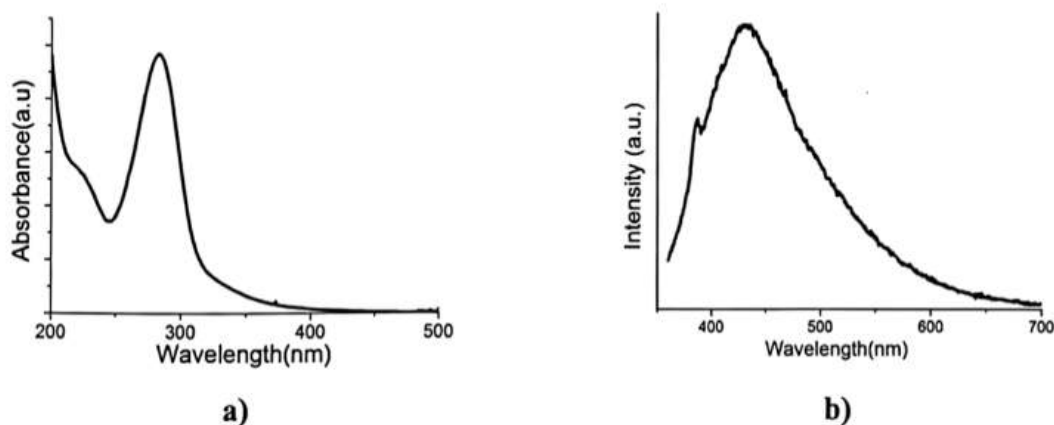
Ảnh TEM trong Hình 2a cho thấy các hạt cacbon có dạng hình cầu có kích thước khá bé, từ $1,7$ đến $8,3 \text{ nm}$ và không có sự kết tụ. Biểu đồ về sự phân bố kích thước hạt cacbon trong dung dịch được hiển thị trong Hình 2b, đường kính trung bình đo được là $3,5 \pm 1,1 \text{ nm}$. Hình 2c là kết quả của phép đo phổ nhiễu xạ tia X đối với dung dịch cacbon nano chế tạo được, đồ thị trên hình cho thấy phổ XRD có dạng đỉnh rộng tương ứng với vị trí góc 2θ ở khoảng 22° . Đỉnh này cho thấy sự hiện diện của họ mặt (002) của vật liệu gốc cacbon và hoàn toàn phù hợp với kết quả từ các nghiên cứu trước đây [15, 16]. Hình 2d trình bày phổ hồng ngoại FTIR của dung dịch hạt cacbon. Phổ hồng ngoại thể hiện các đỉnh riêng biệt tương ứng với các nhóm chức khác nhau, bao gồm các liên kết O-H, C=O, C-H, C-OH. Các dải hấp thụ đặc trưng của liên kết O-H và C=O nằm lần lượt ở số sóng 3469 cm^{-1} và 1647 cm^{-1} , cho thấy sự tồn tại của nhóm chức -COOH [19]. Các đỉnh ở số sóng 2935 cm^{-1} và 1385 cm^{-1} được cho là do dao động kéo giãn và gấp khúc của liên kết C-H [17]. Hơn nữa, đỉnh hấp thụ ở số sóng 1097 cm^{-1} được cho là do dao động kéo giãn của liên kết C-OH [18]. Như vậy, kết quả đo phổ

hồng ngoại đã cho thấy sự xuất hiện của các nhóm chức có trên bề mặt lõi cacbon sau khi thủy nhiệt.



Hình 2. (a) Ảnh TEM; (b) Biểu đồ biểu thị sự phân bố kích thước hạt, (c) Phổ nhiễu xạ tia X, (d) Phổ hồng ngoại của dung dịch hạt cacbon nano.

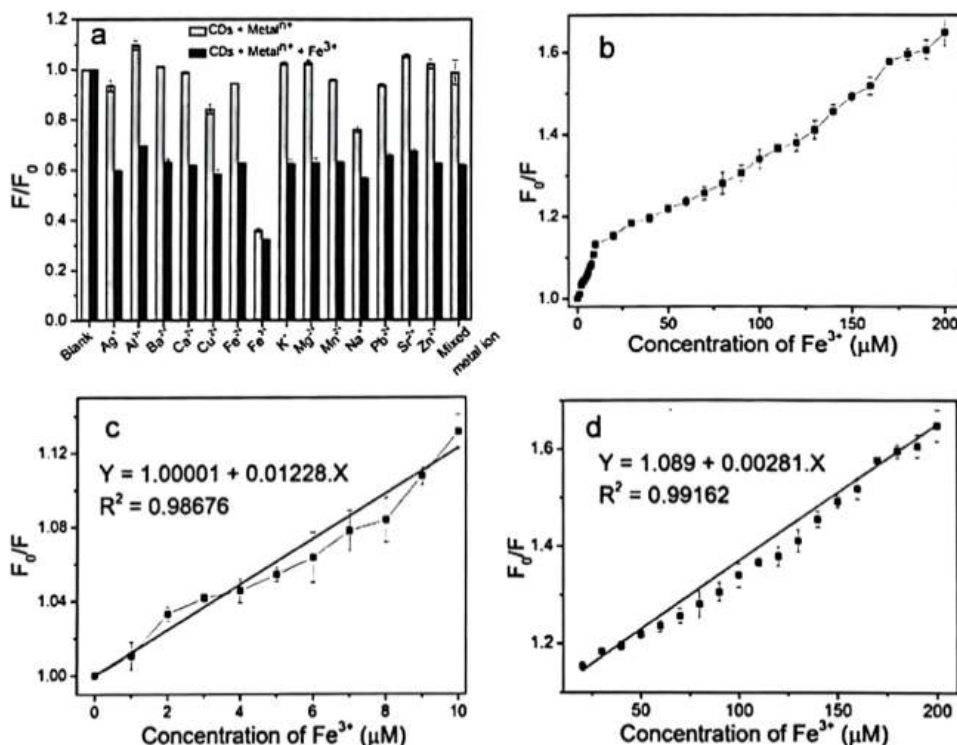
Phổ hấp thụ tử ngoại của dung dịch hạt cacbon nano biểu diễn trên Hình 3a cho thấy có hai đỉnh hấp thụ riêng biệt ở vùng bước sóng bé hơn 400 nm. Trong đó, cực đại hấp thụ ở khoảng bước sóng 230 nm được cho là do chuyển dời $\pi-\pi^*$ của liên kết C=C, và cực đại ở khoảng bước sóng 280 nm được cho là do chuyển dời $n-\pi^*$ của liên kết C=O trong lõi cacbon [7]. Sử dụng bức xạ ở bước sóng 340 nm làm bức xạ kích thích, phổ phát quang thu được ở Hình 3b có dạng dải rộng với một đỉnh phát quang ở khoảng 430 nm. Trong các nghiên cứu đã được báo cáo, các nhóm tác giả cho rằng sự tương tác giữa lõi cacbon và các nhóm chức năng khác nhau trên bề mặt đã dẫn đến sự hình thành các bẫy phát xạ riêng biệt, những bẫy này sẽ bị kích thích ở các bước sóng kích thích cụ thể, dẫn đến sự phát xạ ở các bước sóng khác nhau [19].



Hình 3. (a) Phổ hấp thụ và (b) phổ phát quang của dung dịch cacbon nano.

Nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của CDs trong việc phát hiện chọn lọc ion Fe^{3+} , chúng tôi đã sử dụng dung dịch cacbon nano chế tạo được và trộn lẫn với các ion kim loại khác nhau. Cột màu xám nhạt trong hình 4a thể hiện sự thay đổi tỉ số cường độ phát quang của dung dịch cacbon khi có mặt các ion kim loại Ag^+ , Al^{3+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , Pb^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} và dung dịch cacbon khi không có các ion kim loại trên (F/F_0). Theo đó, sự có mặt của ion Fe^{3+} trong dung dịch cacbon làm cho tỉ số này giảm đi đáng kể, trong khi đó sự có mặt của các ion kim loại khác không ảnh hưởng nhiều đến tỉ số cường độ phát quang. Hơn nữa, để chứng minh sự suy giảm cường độ phát quang là do bởi ion Fe^{3+} thay vì các ion kim loại khác, chúng tôi đã trộn lẫn đồng thời ion Fe^{3+} với ion kim loại khác vào dung dịch cacbon nano. Tỉ số cường độ phát quang F/F_0 của nhóm dung dịch này được biểu thị bằng cột màu đen như trên hình 4a và cho thấy tỉ số này đã suy giảm đáng kể khi có Fe^{3+} .

Hình 4b mô tả sự thay đổi tỉ số cường độ phát quang F_0/F của dung dịch cacbon khi trộn lẫn với ion Fe^{3+} ở các nồng độ thay đổi từ $1\ \mu\text{M}$ đến $200\ \mu\text{M}$. Để làm rõ kết quả đo, chúng tôi tách kết quả ở hình 4b thành hai khoảng nồng độ liên tiếp nhau: $1\text{--}10\ \mu\text{M}$ (Hình 4c) và $10\text{--}200\ \mu\text{M}$ (Hình 4d). Dữ liệu dập tắt huỳnh quang phù hợp tốt với phương trình Stern-Volmer, $\frac{F_0}{F} = 1 + K_{SV}[Q]$, với F_0 và F là cường độ phát quang của dung dịch cacbon nano trước và sau khi thêm ion kim loại, K_{SV} là hằng số dập tắt và Q là nồng độ Fe^{3+} . Hệ số hồi quy tuyến tính (R^2) khi thay đổi nồng độ ion Fe^{3+} trên hai đồ thị hình 4c và 4d lần lượt là 0,987 và 0,992. Kết quả cho thấy sự xuất hiện đồng thời của hai quá trình dập tắt động và dập tắt tĩnh khi ion Fe^{3+} tương tác với CDs (dynamic and static quenching) [23]. Dựa trên kết quả thực nghiệm hình 4c, chúng tôi cũng đã tính toán được giới hạn phát hiện ion Fe^{3+} là $4,7\ \mu\text{M}$.



Hình 4. (a) Cường độ phát quang của dung dịch cacbon nano khi được trộn lẫn với các ion kim loại khác nhau (cột màu xám nhạt) và khi được trộn lẫn với đồng thời ion Fe^{3+} với các ion kim loại khác (cột màu đen). (b) Cường độ phát quang của dung dịch CDs khi nồng độ Fe^{3+} thay đổi từ $1\ \mu\text{M}$ đến $200\ \mu\text{M}$. Sự có mặt của Fe^{3+} gây ra hiện tượng tắt phổ phát quang trong khoảng (c) 1 đến $10\ \mu\text{M}$ và (d) 10 đến $200\ \mu\text{M}$.

4. KẾT LUẬN

Báo cáo này mô tả một phương pháp đơn giản nhằm chế tạo dung dịch hạt cacbon nano từ tiền chất tự nhiên. Theo đó, chúng tôi trực tiếp sử dụng phần thịt đỏ xung quanh hạt gấc làm tiền chất mà không cần phải thụ động bề mặt vật liệu CDs. Hạt cacbon thu được có đường kính trung bình $3,5 \pm 1,1$ nm. Dung dịch hạt cacbon nano có cực đại phát quang ở khoảng bước sóng 430 nm khi kích thích bằng bức xạ 340nm. Nghiên cứu khả năng phát hiện các ion kim loại có trong dung dịch, chúng tôi nhận thấy dung dịch cacbon mà chúng tôi chế tạo được có khả năng phát hiện chọn lọc ion Fe^{3+} với nồng độ là $4,7 \mu\text{M}$. Trong tương lai, chúng tôi sẽ sử dụng dung dịch chế tạo được nhằm mở rộng nghiên cứu về khả năng phát hiện ion Fe^{3+} có trong các mẫu nước thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài khoa học và công nghệ cấp Đại học Huế, mã số DHH2023-01-208.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Kanwal, N. Bibi, S. Hyder, A. Muhammad, H. Ren, J. Liu, Z. Lei, Recent advances in green carbon dots (2015-2022): synthesis, metal ion sensing, and biological applications. Beilstein J. Nanotechnol. 13 (1), 1068-1107 (2022). <https://doi.org/10.3762/bjnano.13.93>
- [2]. L. Đorđević, F. Arcudi, M. Cacioppo, M. Prato, A multifunctional chemical toolbox to engineer carbon dots for biomedical and energy applications. Nat. Nanotechnol. 17 (2), 112-130 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41565-021-01051-7>
- [3]. S. D. T. Landa, N. K. R. Bogireddy, I. Kaur, V. Batra, V. Agarwal, Heavy metal ion detection using green precursor derived carbon dots. iScience 25 (2), 103816 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.103816>
- [4]. A. Shander, M. D. Cappellini, L. T. Goodnough, Iron overload and toxicity: the hidden risk of multiple blood transfusions. Vox Sang. 97 (3), 185-197 (2009). <https://doi.org/10.1111/j.1423-0410.2009.01207.x>
- [5]. D. Witkowska, J. Słowik, K. Chilicka, Heavy metals and human health: Possible exposure pathways and the competition for protein binding sites. Molecules. 26 (19), 6060 (2021). <https://doi.org/10.3390/molecules26196060>
- [6]. Z. Wang, P. Long, Y. Feng, C. Qin, W. Feng, Surface passivation of carbon dots with ethylene glycol and their high-sensitivity to Fe^{3+} . RSC Adv. 7 (5), 2810-2816 (2017). <https://doi.org/10.1039/C6RA25465A>
- [7]. M. Zulfajri, G. Gedda, C. J. Chang, Y. P. Chang, G. G. Huang, Cranberry beans derived carbon dots as a potential fluorescence sensor for selective detection of Fe^{3+} ions in aqueous solution. ACS omega 4 (13), 15382-15392 (2019). <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b01333>
- [8]. P. Zhao, Q. Zhang, J. Cao, C. Qian, J. Ye, S. Xu, Y. Zhang, Y. Li, Facile and Green Synthesis of Highly Fluorescent Carbon Quantum Dots from Water Hyacinth for the Detection of Ferric Iron and Cellular Imaging. Nanomaterials 12 (9), 1528 (2022). <https://doi.org/10.3390/nano12091528>

- [9]. A-M. Alam, B-Y. Park, Z-K. Ghouri, M. Park, H-Y. Kim, Synthesis of carbon quantum dots from cabbage with down-and up-conversion photoluminescence properties: excellent imaging agent for biomedical applications. *Green Chem.* 17 (7), 3791-3797 (2015). <https://doi.org/10.1039/C5GC00686D>
- [10]. B. De, N. Karak, A green and facile approach for the synthesis of water soluble fluorescent carbon dots from banana juice. *RSC Adv.* 3 (22), 8286-8290 (2013). <https://doi.org/10.1039/C3RA00088E>
- [11]. J. Shen, S. Shang, X. Chen, D. Wang, Y. Cai, Facile synthesis of fluorescence carbon dots from sweet potato for Fe³⁺ sensing and cell imaging. *Mater. Sci. Eng. C. Mater. Biol. Appl.* 76, 856-864 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.178>
- [12]. Y. Wang, A. Hu, Carbon quantum dots: synthesis, properties and applications. *J. Mater. Chem. C.* 2 (34), 6921-6939 (2014). <https://doi.org/10.1039/C4TC00988F>
- [13]. Y. Liu, Y. Zhao, Y. Zhang, One-step green synthesized fluorescent carbon nanodots from bamboo leaves for copper (II) ion detection. *Sen. Actuators, B.* 196, 647-652 (2014); <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.02.053>
- [14]. C. Kang, Y. Huang, H. Yang, X. F. Yan, Z. P. Chen, A review of carbon dots produced from biomass wastes. *Nanomaterials* 10 (11), 2316 (2020). <https://doi.org/10.3390/nano10112316>
- [15]. A. Prasannan, T. Imae, One-pot synthesis of fluorescent carbon dots from orange waste peels. *Ind. Eng. Chem. Res.* 52 (44), 15673-15678 (2013). <https://doi.org/10.1021/ie402421s>
- [16]. N. K. Quang, N. N. Hieu, V. V. Q. Bao, V. T. Phuoc, L. Q. Doc, N. M. Tri, C. T. C. Ha, Hydrothermal synthesis of carbon nanodots from waste wine cork and their use in biocompatible fluorescence imaging. *New Carbon Materials* 37 (3), 595-602 (2022). <http://dx.doi.org/10.3762/bxiv.2021.45.v1>
- [17]. K. Qian, H. Guo, G. Chen, C. Ma, B. Xing, Distribution of different surface modified carbon dots in pumpkin seedlings. *Sci. Rep.* 8 (1), 7991 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26167-0>
- [18]. J. Wang, F. Peng, Y. Lu, Y. Zhong, S. Wang, M. Xu, X. Ji, Y. Su, L. Liao, Y. He, Large-scale green synthesis of fluorescent carbon nanodots and their use in optics applications. *Adv. Opt. Mater.* 3 (1), 103-111 (2014). <https://doi.org/10.1002/adom.201400307>
- [19]. A. M. Nima, P. Amritha, V. Lalan, G. Subodh, Green synthesis of blue-fluorescent carbon nanospheres from the pith of tapioca (*Manihot esculenta*) stem for Fe (III) detection. *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* 31, 21767-21778 (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10854-020-04689-6>

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC HUẾ

07 Hà Nội, TP. Huế - Điện thoại: 0234.3834486; Fax: 0234.3819886

<http://huph.hueuni.edu.vn>

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám đốc - Tổng biên tập: Trần Bình Tuyên

Biên tập viên

Trần Dương Hoàng Long

Biên tập kĩ thuật

Tôn Nữ Quỳnh Chi

Trình bày, minh họa

Minh Hoàng

Sửa bản in

Thanh Thúy

Đối tác liên kết xuất bản

Võ Thanh Tùng, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

77 Nguyễn Huệ, thành phố Huế

KỈ YẾU

HỘI NGHỊ VẬT LÝ MIỀN TRUNG NĂM 2024

In 70 bản, khổ 20.5x29.5cm tại Công ty TNHH MTV In và Dịch vụ Thanh Minh, 99 Phan Văn Trường, thành phố Huế. Số xác nhận đăng ký xuất bản: 2940-2024/CXBIPH/1-46/ĐHH. Quyết định xuất bản số: 528/QĐ-NXB cấp ngày 13 tháng 9 năm 2024. In xong và nộp lưu chiểu năm 2024.

ISBN: 978-604-489-397-6