

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ TÍNH CHẤT QUANG HỌC CỦA DUNG DỊCH CACBON NANO CHẾ TẠO TỪ LÁ ỔI KHI THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ VÀ THỜI GIAN NUNG Ứ

Lê Xuân Diễm Ngọc^{1*}, Ngô Khoa Quang¹, Trần Thị Xuân Phương²

¹Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

²Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

*Email: lexuandiemngoc@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 22/4/2025; ngày hoàn thành phản biện: 4/5/2025; ngày duyệt đăng: 21/6/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian nung thiêu kết đến một số tính chất quang của dung dịch hạt cacbon nano được chế tạo từ lá của cây ổi theo phương pháp thủy nhiệt. Theo đó, chúng tôi sử dụng 5,0 g phần phiến lá, cắt nhỏ, cho vào bình teflon rồi hòa chung với 80 mL nước cất và thủy nhiệt ở hai mức nhiệt độ là 170°C và 190°C trong thời gian nung ủ thay đổi từ 9 giờ đến 18 giờ. Phổ hồng ngoại, phổ hấp thụ UV-Vis, phổ phát quang của dung dịch cacbon này cũng được khảo sát nhằm xác định nhiệt độ và thời gian nung tối ưu. Hiệu suất lượng tử được xác định bằng phương pháp so sánh và sử dụng dung dịch Quinine sunfate làm dung dịch đối chứng. Hiệu suất lượng tử này dao động trong khoảng từ 1,38% đến 2,46% và đạt cực đại khi nung ở 190°C với thời gian ủ nhiệt là 15 giờ.

Từ khóa: lá ổi, hạt cacbon nano, hiệu suất lượng tử, tiền chất tự nhiên.

1. MỞ ĐẦU

Vật liệu cacbon nano đã được phát hiện năm 2004 trong quá trình Xu và các cộng sự tách chiết các ống cacbon nano ra khỏi muội than bằng phương pháp điện di trên gel. Sau đó, nhóm tác giả đã tách được các hạt cacbon có đường kính nhỏ hơn 10 nm dưới dạng hạt riêng biệt hay còn gọi là chấm cacbon (CDs) [1]. Mặc dù trước đây, họ vật liệu phát quang nano có nhiều ưu điểm so với họ vật liệu phát quang truyền thống như: tính ổn định cao hơn, cường độ huỳnh quang tăng lên, quá trình tẩy quang chậm... nhưng nó vẫn còn tồn tại một số nhược điểm, đặc biệt là họ vật liệu này vẫn chứa một số kim loại nặng, gây ảnh hưởng không tốt đến sức khỏe và do đó bị hạn chế ứng dụng trong lĩnh vực y sinh [2, 3]. Từ khi họ vật liệu cacbon nano ra đời, nó đã cho

thấy nhiều ưu điểm như: tính ổn định quang học cao; khả năng tương thích sinh học tốt, độc tính thấp; độ hòa tan trong nước tốt; độ nhạy và tính chọn lọc cao đối với chất phân tích; có khả năng thay đổi bước sóng của bức xạ huỳnh quang khi thay đổi bước sóng kích thích nên nhanh chóng trở thành một vật liệu tiềm năng thu hút sự chú ý của nhiều nhóm nghiên cứu trên thế giới và được ứng dụng trong các lĩnh vực như quang xúc tác, quang điện tử, hình ảnh sinh học và cảm biến [4].

Hạt cacbon nano có cấu trúc bao gồm lớp lõi là khối cầu cacbon lai hóa sp^2/sp^3 ở dạng vô định hình hoặc tinh thể, bao bọc bên ngoài là các nhóm chức như carboxyl, hydroxyl, carboxylic acid và các nhóm chức chứa N [5]. Vật liệu cacbon nano được chế tạo bằng nhiều phương pháp khác nhau và được chia thành hai hướng chính, đó là dưới-lên (bottom-up) hoặc trên-xuống (top-down). Với cách chế tạo vật liệu theo phương pháp trên-xuống, các cấu trúc cacbon ở kích thước lớn được cắt hoặc oxy hóa thành các hạt có đường kính ở kích thước nano. Ngược lại, theo phương pháp chế tạo vật liệu theo kiểu dưới-lên sẽ sử dụng một số các phản ứng hóa học để các phân tử ở kích thước nhỏ kết hợp lại, hình thành các hạt cacbon nano. Ngày nay, các nhà khoa học có xu hướng lựa chọn những phương pháp chế tạo vật liệu có quy trình đơn giản, thân thiện với môi trường, nguồn nguyên liệu dễ tìm và thành phẩm chế tạo có những tính chất quang học tốt. Bên cạnh đó, người ta cũng thấy rằng, nếu sử dụng các phương pháp gia nhiệt, vật liệu hạt cacbon chế tạo được có dạng hình cầu với đường kính bé hơn 10 nm, trên bề mặt lõi cacbon có nhiều liên kết ONH-COONH nên dễ phân tán trong nước [4].

Một đặc tính quang học thú vị của dung dịch cacbon nano là phổ phát quang thay đổi khi thay đổi bước sóng của bức xạ kích thích. Người ta cho rằng phổ phát quang của vật liệu phụ thuộc vào hiệu ứng lượng tử do kích thước của hạt nano quyết định [6, 7]. Bên cạnh đó, hiệu suất lượng tử (Quantum yield-QY) là một đặc tính nội tại của chất huỳnh quang và được xác định bằng tỉ số của số photon bị hấp thụ với số photon phát ra trong quá trình phát quang [8, 9]. Hiệu suất lượng tử có thể xác định gián tiếp bằng cách so sánh với hiệu suất lượng tử của một chất phát quang mà ta đã biết. Phương pháp này được thực hiện bằng cách xác định hệ số góc của đường chuẩn mô tả mối liên hệ giữa độ hấp thụ và diện tích dưới đường cong phổ phát quang của dung dịch khi pha loãng dung dịch ở các nồng độ khác nhau [9].

Có rất nhiều báo cáo về việc sử dụng các tiền chất tự nhiên như nước cam, chanh, ớt chuông, bắp cải... để chế tạo cacbon nano. Tuy nhiên, với mong muốn sử dụng nguồn nguyên liệu phổ biến ở địa phương, giàu chất chống oxy hóa, có khả năng kháng khuẩn và tiêu diệt nấm bệnh, chúng tôi đã lựa chọn lá ổi làm tiền chất. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian nung ủ đến một số tính chất quang và hiệu suất lượng tử của dung dịch cacbon nano từ lá ổi cũng được khảo sát nhằm tìm ra được nhiệt độ và thời gian nung ủ tối ưu, hướng đến khả năng ứng dụng dung dịch này trong canh tác cây trồng.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu

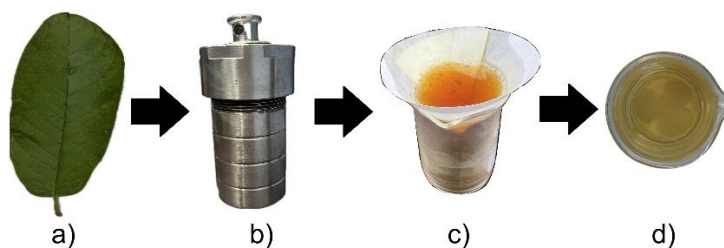
Lá ổi (có tên khoa học *Psidium guajava*) được mua ở vườn trồng tại địa phương, chọn lá bánh tẻ, không già không non, rửa sạch và cắt nhỏ cỡ 5 mm x 5 mm.

Quinine sulfate (AnalaR NORMAPUR) của thương hiệu VWR- Châu Âu. Axit sunfuric (H_2SO_4) 95-98% của Trung Quốc.

Nước cất hai lần được sử dụng trong toàn bộ các thí nghiệm.

2.2. Phương pháp chế tạo

Trong một số nghiên cứu trước đây về chế tạo vật liệu hạt cacbon nano từ tiền chất tự nhiên mà chúng tôi đã thực hiện, nhiệt độ nung thiêu kết được sử dụng là 220°C. Với mong muốn hạ thấp nhiệt độ nung, chúng tôi đã lựa chọn các mức nhiệt độ dưới 200°C, đồng thời kéo dài thời gian ủ nhiệt sao cho nồng độ hạt cacbon nano tạo ra không thay đổi nhiều so với chế độ nung cũ. Vì vậy, chúng tôi đã tiến hành chế tạo dung dịch hạt cacbon từ lá ổi với các bước thực nghiệm được mô tả như sau: lá ổi cắt nhỏ cỡ 5 mm x 5 mm, cân lấy 5,0 g và cho vào bình teflon, thêm 80 mL nước cất hai lần vào bình rồi đậy kín nắp, bình teflon được gia cố bằng bình thép bên ngoài và nung thủy nhiệt ở nhiệt độ 170°C trong thời gian thay đổi lần lượt là 12 giờ, 15 giờ, 18 giờ và ở nhiệt độ 190°C trong thời gian thay đổi lần lượt là 9 giờ, 12 giờ, 15 giờ. Dung dịch sau khi thủy nhiệt có màu vàng nâu, mùi thơm nhẹ sau đó được đưa qua giấy lọc và li tâm ở tốc độ 14000 vòng/phút trong 15 phút để loại bỏ các hạt có kích thước lớn. Dung dịch cacbon được bọc bằng giấy kim loại nhằm tránh ánh sáng và bảo quản lạnh ở 4°C để sử dụng cho các phép đo tiếp theo.



Hình 1. Quy trình chế tạo vật liệu C-dots từ phần phiến lá ổi: (a) lá ổi; (b) bình thép nung thủy nhiệt; (c) lọc dung dịch C-dots; (d) dung dịch C-dots dưới ánh sáng tự nhiên.

2.3. Xác định tính chất quang của dung dịch cacbon nano

Để đánh giá hình thái học và xác định kích thước của các hạt cacbon tạo thành trong dung dịch cacbon, chúng tôi quan sát trên kính hiển vi điện tử truyền qua JEOL JEM-1010 (JEOL, Nhật Bản) ở điện áp gia tốc 80 kV, sau đó thực hiện đo đường kính hạt dựa vào phần mềm ImagineJ và tính toán đường kính trung bình của các hạt cacbon nano dựa vào phần mềm Origin.

Phổ hồng ngoại FTIR được phân tích bằng thiết bị FTIR Affinity-1S (Shimadzu, Nhật Bản). Phép đo phổ hấp thụ được chúng tôi 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). Hiệu suất lượng tử của dung dịch cacbon nano được tính toán dựa vào biểu thức [9]:

$$QY = QY_R \left(\frac{m}{m_R} \right) \left(\frac{n^2}{n_R^2} \right) \quad (1)$$

Trong đó, QY: hiệu suất lượng tử của dung dịch; m : hệ số góc của đường chuẩn mô tả mối liên hệ giữa độ hấp thụ và diện tích dưới đường cong phổ phát quang của dung dịch; n : chiết suất dung dịch. Chỉ số dưới R ứng với giá trị của dung dịch chuẩn. Quinine sulfate khi pha loãng trong dung dịch axit H_2SO_4 nồng độ 0,1M thì tạo thành dung dịch Quinine sulfate có chiết suất $n_R = 1,33$ và hiệu suất lượng tử $QY_R = 0,54$. Tương tự, dung dịch cacbon nano pha loãng trong nước cất 2 lần có chiết suất $n = 1,33$ xấp xỉ chiết suất của dung dịch Quinine sulfate nên công thức (1) được rút gọn [10]. Cũng vì vậy, chúng tôi lựa chọn dung dịch Quinine sulfate để làm dung dịch chuẩn trong nghiên cứu này. Các bước tiến hành xác định hiệu suất lượng tử được mô tả như sau: đo phổ hấp thụ của hai loại dung dịch sau khi pha loãng ở nhiều nồng độ khác nhau, nồng độ pha loãng của hai dung dịch được xác định sao cho độ hấp thụ có giá trị nhỏ hơn 0,1 tại bước sóng 340nm [9]. Sử dụng bước sóng 340 nm làm bức xạ kích thích để đo phổ phát quang của hai loại dung dịch trên và từ đó tính diện tích dưới đường cong phổ phát quang trong vùng bước sóng 360 đến 700 nm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

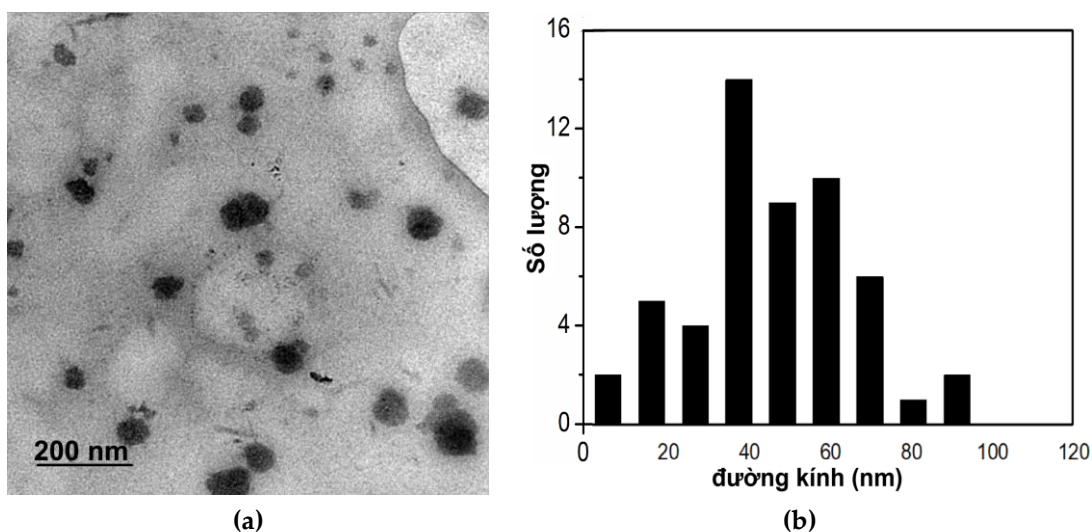
Từ tiền chất tự nhiên ban đầu là lá ổi, cùng với nhiệt độ nung là 170°C và 190°C chúng tôi thay đổi thời gian nung lần lượt từ 9 đến 18 giờ, các mẫu dung dịch hạt cacbon thu được được ký hiệu và liệt kê ở bảng sau:

Bảng 1. Ký hiệu mẫu và chế độ nung của dung dịch hạt cacbon nano chế tạo từ lá cây ổi.

Ký hiệu mẫu	Nhiệt độ	Thời gian
OI170-12	170°C	12 giờ
OI170-15	170°C	15 giờ
OI170-18	170°C	18 giờ
OI190-09	190°C	09 giờ
OI190-12	190°C	12 giờ
OI190-15	190°C	15 giờ

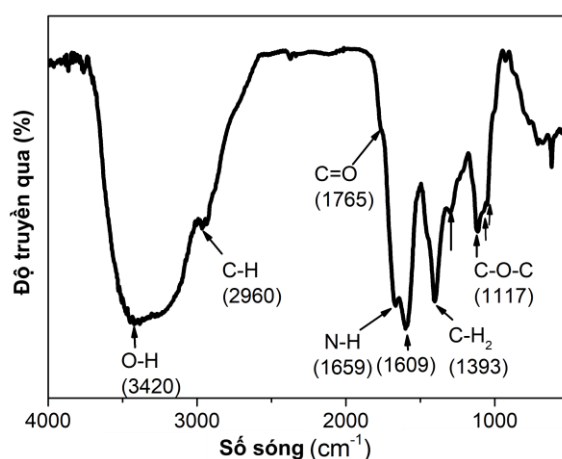
3.1. Ảnh TEM của dung dịch

Kết quả chụp ảnh dung dịch cacbon nano của OI190-15 bằng kính hiển vi điện tử truyền qua (transmission electron microscopy – TEM) ở hình 2a cho thấy các hạt có kích thước khá bé, phân bố rời rạc. Chúng tôi sử dụng phần mềm ImagineJ để khảo sát sự phân bố kích thước hạt bằng cách đo đường kính các hạt, lập biểu đồ thống kê như hình 2b. Nhận thấy, các hạt cacbon chế tạo từ lá ổi có kích thước thay đổi khá nhiều, hạt nhỏ nhất có đường kính 5,85 nm và hạt lớn nhất có đường kính 119,28 nm, trong đó, đường kính trung bình là 46,86 nm. Kết quả này tương đương với một số nghiên cứu tương tự đã công bố [11-13].



Hình 2. (a) Ảnh TEM của dung dịch cacbon chế tạo từ lá ổi OI190-15 với thanh định cỡ là 200 nm; (b) biểu đồ phân bố kích thước hạt.

3.2. Phổ hồng ngoại

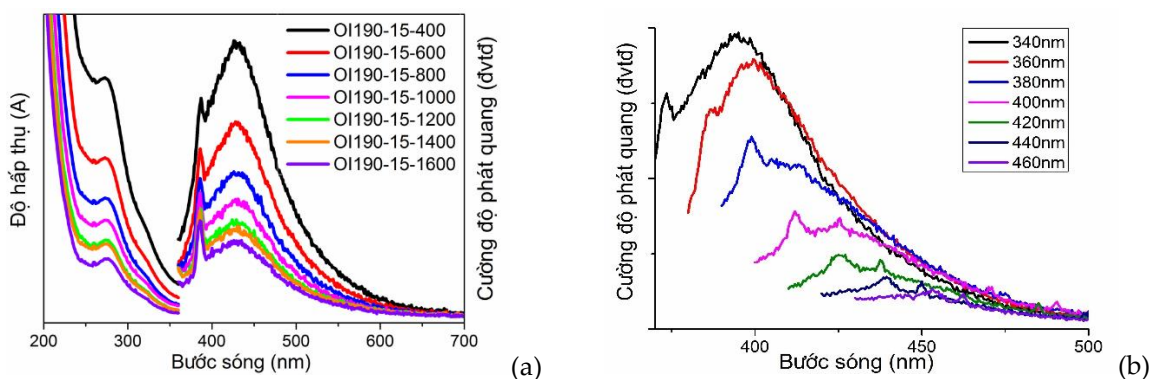


Hình 3. Phổ hồng ngoại của dung dịch hạt cacbon nano OI190-15..

Phép đo phổ hồng ngoại được thực hiện nhằm dự đoán một cách định tính các nhóm chức xuất hiện trên bề mặt lõi cacbon. Hình 3 cho thấy có một dải hấp thụ rộng đặc trưng của nhóm chức O-H trong vùng số sóng 3420 cm^{-1} , dải hấp thụ của nhóm chức C-H ở vùng số sóng 2960 cm^{-1} , C=O ở vùng số sóng 1765 cm^{-1} và N-H ở vùng số sóng 1659 cm^{-1} [14-16]. Đỉnh hấp thụ hồng ngoại ở vùng số sóng 1393 cm^{-1} đặc trưng cho liên kết $\alpha\text{-CH}_2\text{-}$ [15]. Một vài đỉnh trong khoảng số sóng từ 1300 cm^{-1} đến 1000 cm^{-1} (1300 cm^{-1} ; 1240 cm^{-1} ; 1071 cm^{-1} và 1049 cm^{-1}) được cho là kết quả của các dao động kéo dãn bất đối xứng của nhóm chức C-O-C [17]. Các kết quả trên cho thấy, các nhóm chức như hydroxyl, carbonyl/ carboxyl, amino đã được đưa vào bề mặt của C-dot trong phản ứng nhiệt.

3.3. Phổ hấp thụ và phát quang

Để tìm hiểu về tính chất quang của dung dịch hạt cacbon nano chế tạo từ lá ổi, chúng tôi tiến hành khảo sát phổ hấp thụ UV-Vis và phổ phát quang (PL) của vật liệu. Phổ hấp thụ của dung dịch cacbon nano ở phía bên trái hình 4a cho thấy có một đỉnh hấp thụ mạnh ở vùng bước sóng bé hơn 400 nm , đó là cực đại hấp thụ ở bước sóng 280 nm được cho là do chuyển dời $\pi-\pi^*$ của liên kết C=C trong lõi cacbon [18]. Đồng thời, khi dùng bức xạ kích thích ở bước sóng 340 nm , phổ phát quang thu được ở bên phải hình 4a có dạng dải rộng với một đỉnh phát quang ở khoảng 430 nm .



Hình 4. (a) Phổ hấp thụ (phía trái hình vẽ) và phổ phát quang (phía phải hình vẽ) và (b) phổ phát quang khi thay đổi bức xạ kích thích của dung dịch cacbon nano được chế tạo từ lá ổi nung ở nhiệt độ 190°C trong 15 giờ (OI190-15) ở các giá trị nồng độ khác nhau.

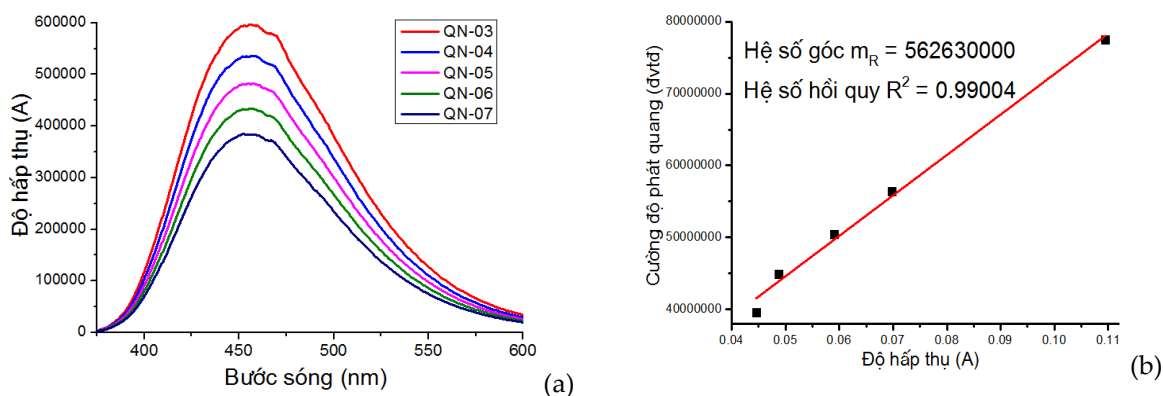
Đồng thời, tiến hành thay đổi bước sóng kích thích từ 340 nm đến 460 nm (bước dịch chuyển là 20 nm), phổ phát quang của mẫu vật liệu ở hình 4b cho thấy cực đại phổ phát quang thay đổi từ 395 nm đến 455 nm . Như vậy, vị trí đỉnh phát quang phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích và có xu hướng dịch chuyển về phía bước sóng dài khi tăng bước sóng của ánh sáng kích thích.

Cơ chế để giải thích cho quá trình trên hiện vẫn chưa được làm rõ nhưng các nhà khoa học cho rằng nguyên nhân có thể do một trong số 4 cơ chế sau: (1)- cơ chế về tác dụng giam giữ lượng tử, (2) – cơ chế trạng thái bề mặt, (3) - cơ chế trạng thái phân

tử và (4) - cơ chế về tác dụng của bức xạ liên kết chéo đã được tăng cường (CEE-crosslink enhanced emission)[19].

3.4. Hiệu suất lượng tử

Hình 5a mô tả kết quả đo phổ phát quang và hình 5b là đồ thị thể hiện hệ số góc về mối liên hệ giữa độ hấp thụ và diện tích dưới đường cong phổ phát quang của dung dịch Quinine sulfate (QN). Thực hiện phép đo phổ hấp thụ và phát quang cho tất cả các dung dịch cacbon nano chế tạo từ lá ổi tương tự như phép đo cho mẫu vật liệu OI190-15 ở hình 4a. Sau khi xử lý số liệu bằng phần mềm OriginPro 8.5, chúng tôi thu được dữ liệu về mối liên hệ giữa độ hấp thụ và diện tích dưới đường cong phổ phát quang của các dung dịch cacbon đó. Theo đó, bảng thống kê số liệu về hệ số góc và kết quả tính toán hiệu suất lượng tử (quy đổi thành %) theo công thức (1) được liệt kê ở trong bảng 2.



Hình 5. (a) Phổ hấp thụ (phía trái hình vẽ) và phổ phát quang (phía phải hình vẽ) và (b) Đường chuẩn mô tả mối liên hệ giữa độ hấp thụ và diện tích dưới đường cong phổ phát quang của dung dịch Quinine sulfate ở các giá trị nồng độ khác nhau.

Bảng 2. Số liệu về hệ số góc và tính toán hiệu suất lượng tử của dung dịch Quinine sulfate và cacbon nano chế tạo từ lá ổi.

Ký hiệu	Hệ số góc	Hiệu suất lượng tử (%)	Ký hiệu	Hệ số góc	Hiệu suất lượng tử (%)
QN	562630000				
OI170-12	18395800	1,69	OI190-09	21114800	1,95
OI170-15	19577100	1,80	OI190-12	22564200	2,08
OI170-18	14976700	1,38	OI190-15	26712900	2,46

Dựa vào số liệu ở bảng 2, có thể thấy hiệu suất lượng tử của dung dịch cacbon nano có nguồn gốc từ lá ổi có sự thay đổi theo nhiệt độ và thời gian nung thiêu kết;

trong đó, hiệu suất lượng tử của dung dịch khi nung ủ ở nhiệt độ 190°C cao hơn so với khi nung ủ ở nhiệt độ 170°C. Giá trị hiệu suất lượng tử này thay đổi từ 1,38% đến 2,46% và đạt cực đại ứng với nhiệt độ nung thiêu kết là 190°C và thời gian ủ là 15 giờ.

Một số các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng việc kéo dài thời gian xử lý thủy nhiệt có thể thúc đẩy quá trình hình thành cấu trúc ổn định của hạt cacbon nano, từ đó làm tăng cường độ phát quang của vật liệu [20]. Tuy nhiên, sự kéo dài này cũng đồng thời làm tăng mật độ hạt, kéo theo hiện tượng dập tắt phát quang [21]. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy xu hướng tương tự, đồng nhất với báo cáo về việc khảo sát ảnh hưởng của thời gian thủy nhiệt đến tính chất quang của vật liệu CNPs tổng hợp từ quả chanh của nhóm tác giả Bùi Thị Hoàn [22].

4. KẾT LUẬN

Dung dịch hạt cacbon nano được chế tạo bằng phương pháp thủy nhiệt từ tiền chất là lá ổi và ở các điều kiện nhiệt độ, thời gian nung ủ khác nhau. Nhiệt độ nung ủ được lựa chọn ở hai mức là 170°C và 190°C và thời gian nung ủ thay đổi từ 9 giờ đến 18 giờ. Hạt cacbon thu được có đường kính trung bình là 46,86 nm. Dung dịch hạt cacbon nano có cực đại phát quang ở khoảng bước sóng 430 nm khi kích thích bằng bức xạ 340 nm. Hiệu suất lượng tử của dung dịch cacbon nano chế tạo từ lá ổi thay đổi từ 1,38% đến 2,46%, trong đó, hiệu suất lượng tử đạt cực đại khi lá ổi được nung ủ ở 190°C trong 15 giờ. Trong tương lai nhóm nghiên cứu tiếp tục khảo sát khả năng phát hiện có chọn lọc một loại ion kim loại có trong nước của dung dịch cacbon nano này, đồng thời ứng dụng dung dịch chế tạo được vào trong quá trình canh tác cây trồng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài khoa học và Công nghệ cấp Bộ mã số B2024-DHH-09.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. X. Xu, R. Ray, Y. Gu, H. J. Ploehn, L. Gearheart, K. Raker and W. A. Scrivens (2004), Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments, *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 126, No. 40, pp. 12736-12737.
- [2]. S. C. Ray, A. Saha, N. R. Jana, R. Sarkar (2009). Fluorescent carbon nanoparticles: synthesis, characterization, and bioimaging application, *J. Phys. Chem. C*, Vol. 113, No. 43, pp. 18546–18551.
- [3]. B. De, N. Karak (2013). A green and facile approach for the synthesis of water-soluble fluorescent carbon dots from banana juice, *RSC Adv.*, Vol. 3, No. 22, pp. 8286–8290.
- [4]. J. Zuo, T. Jiang, X. Zhao, X. Xiong, S. Xiao, and Z. Zhu (2015). Preparation and application of fluorescent carbon dots, *J. Nanomater.*, Vol. 2015, 787862.
- [5]. S. Y. Lim, W. Shen, Z. Gao (2015). Carbon quantum dots and their applications. *Chem. Soc. Rev.*, Vol. 44, pp. 362-381.
- [6]. Y. Wang and A. Hu (2014), Carbon quantum dots: Synthesis, properties and applications, *J. Mater. Chem. C* 2(34), 6921–6939.
- [7]. H. Sutanto, I. Alkian, N. Romanda, I. W. L. Lewa, I. Marhaendrajaya, P. Triadyaksa (2020), High green-emission carbon dots and its optical properties: Microwave power effect, *Cite as: AIP Advances*, Vol. 10, 055008.
- [8]. A. M. Brouwer (2011). Standards for photoluminescence quantum yield measurements in solution (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, Vol. 83, No. 12, pp. 2213-2228.
- [9]. M. W. Allen (2010). Measurement of Fluorescence Quantum Yields, *Thermo Fisher Scientific*, Technical Note: 52019.
- [10]. W. Meng, X. Bai, B. Wang, Z. Liu, S. Lu and B. Yang (2019). Biomass-derived carbon dots and their applications, *Energy Environ. Mater.*, Vol. 2, pp. 172-192.
- [11]. S. Sahu, B. Behera, T. K. Maitib and S. Mohapatra (2012). Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: application as excellent bio-imaging agents, *Chem. Commun.*, Vol. 48, pp. 8835-8837.
- [12]. Y. Liu, Yanan Liu, M. Park, S. J. Park, Y. Zhang, M. R. Akanda, B. Y. Park, H. Y. Kim (2017). Green synthesis of fluorescent carbon dots from carrot juice for in vitro cellular imaging, *Carbon Letters*, Vol. 21, pp. 61-67.
- [13]. H. Sutanto, I. Alkian, N. Romanda, I. W. L. Lewa, I. Marhaendrajaya, and P. Triadyaksa (2020). High green-emission carbon dots and its optical properties: Microwave power effect, *AIP Advances*, Vol. 10.
- [14]. J. Wei, X. Zhang, Y. Sheng, J. Shen, P. Huang, S. Guo, J. Pan, B. Liu, B. Feng (2014). Simple one-step synthesis of water-soluble fluorescent carbon dots from waste paper, *New J Chem*, Vol. 38, pp. 906-909.
- [15]. J. Xu, Y. Zhou, S. Liu, M. Dong, C. B. Huag (2014). Low-cost synthesis of carbon nanodots from natural products used as a fluorescent probe for the detection of ferrum(III) ions in lake water, *Analytical Methods*, Vol. 6, pp. 2086-2090.

- [16]. S. Sahu, B. Behera, T. Maiti and S. Mohapatra (2012). Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: application as excellent bio-imaging agents, *Chem. Commun.*, Vol.48, pp. 8835–8837.
- [17]. M. Chen, W. Wang and X. Wu (2014). One-pot green synthesis of water-soluble carbon nanodots with multicolor photoluminescence from polyethylene glycol, *J Mater Chem B*, Vol.2, pp. 3937-3945.
- [18]. M. Zulfajri, G. Gedda, C.J. Chang, Y.P. Chang, G.G. Huang (2019). Cranberry beans derived carbon dots as a potential fuorescence sensor for selective detection of Fe³⁺ ions in aqueous solution. *ACS Omega*, Vol. 4, No. 13, pp. 15382–15392.
- [19]. S. Li, L. Li, H. Tu, H. Zhang, D. S.Silvester, C. E.Banks, G. Zou, H. Hou, X. Ji (2021). The development of carbon dots: From the perspective of materials chemistry. *Materials Today*, Vol. 51, pp. 188-207.
- [20]. Lê V. T. S., Trần T. N. T., Diệp T. T. T., Lê T. M. T., Châu B. T., Phạm T. T. U., Trần H. V., Trịnh N. Đ., Phan L., Cao N. T. L., Đặng N. T., Ngô K. Q. (2023). Effects of hydrothermal conditions on optical properties of gourd-based carbon nanoparticles. *HCMUE Journal of Science*, Vol. 20, No. 12.
- [21]. M. Zulfajri, G. Gedda, C. J. Chang, Y. P. Chang, G. G. Huang (2019). Cranberry beans derived carbon dots as a potential fluorescence sensor for selective detection of Fe³⁺ ions in aqueous solution. *ACS omega*, Vol. 4, No. 13, pp. 15382-15392.
- [22]. B. T. Hoan, P. D. Tam, V. H. Pham (2019). Green synthesis of highly luminescent carbon quantum dots from lemon juice. *Journal of Nanotechnology*, Vol 2019, No. 1.

**EFFECT OF SINTERING TEMPERATURE AND TIME
ON SOME OPTICAL PROPERTIES OF CARBON NANODOTS
PREPARED FROM GUAVA (*Psidium guajava*) LEAVES**

Le Xuan Diem Ngoc^{1*}, Ngo Khoa Quang¹, Tran Thi Xuan Phuong²

¹University of Sciences, Hue University

² University of Agriculture and Forestry, Hue University

*Email: lexuandiemngoc@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

This study presents the effects of sintering temperature and time on some optical properties of carbon nanodots prepared from guava (*Psidium guajava*) leaves by hydrothermal method. A 5.0g sample was mixed with 80 mL distilled water and fabricated at 170°C and 190°C for varying durations, from 9 hours to 18 hours. The FTIR, UV-Vis and fluorescence spectrum of this solution were also investigated to determine the optimal calcination temperature and time. Quantum yield was determined by comparative method, using Quinine sulfate as a control solution. This quantum yield ranged from 1.38% to 2.46% and reached the highest value when annealed at 190°C for 15 hours.

Keywords: guava leaves, carbon nano, quantum yield, natural precursors.



Lê Xuân Diễm Ngọc sinh ngày 06/12/1984 tại Thành phố Huế. Bà tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Vật lý học tại trường Đại học Khoa học, ĐH Huế năm 2007, tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Quang học năm 2009 tại trường Đại học Khoa học, ĐHH Huế. Bà công tác tại Khoa Vật lý trường Đại học Khoa học, ĐH Huế từ năm 2009.

Lĩnh vực nghiên cứu: Quang học, Khoa học vật liệu, Vật liệu nano.



Ngô Khoa Quang sinh ngày 16/09/1984 tại Thành phố Huế. Năm 2006, ông tốt nghiệp Cử nhân ngành Vật lý tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2009, ông tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Quang học tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2014, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Khoa học Vật liệu tại Viện khoa học và Công nghệ tiên tiến Nhật Bản (JAIST). Từ năm 2007 đến nay, ông giảng dạy tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu carbon nano, Cộng hưởng plasmon bề mặt, và các hoạt động thực hành STEM.



Trần Thị Xuân Phương sinh ngày 01/10/1984 tại Thành phố Huế. Năm 2006, Bà tốt nghiệp kỹ sư Nông học chuyên ngành Bảo vệ thực vật tại Trường Đại học Nông lâm, Đại học Huế. Năm 2009, bà tốt nghiệp thạc sĩ nông nghiệp chuyên ngành Trồng trọt tại Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Năm 2017, bà tốt nghiệp tiến sĩ nông nghiệp chuyên ngành Khoa học cây trồng tại Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Từ năm 2006 đến nay, bà công tác tại khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Nghiên cứu sản xuất chế phẩm sinh học trong cải tạo đất, phòng trừ bệnh hại cây trồng và xử lý phế phụ phẩm nông nghiệp. Nghiên cứu nông nghiệp an toàn, nông nghiệp hữu cơ.