

## TỔNG HỢP POLYMER NANO CARBON TỪ THỰC PHẨM VÀ ỨNG DỤNG CỦA NÓ TRONG PHÁT HIỆN ION Pb (II)

Đặng Thị Thu Huyền<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Quỳnh<sup>1,2</sup>, Lê Thị Hằng<sup>1</sup>,  
Lê Quang Trung<sup>1</sup>, Đỗ Thị Thu Hòa<sup>1</sup>, Phạm Thị Hải Yến<sup>1</sup>, Mai Xuân Dũng<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Đại học Sư phạm Hà Nội 2,

<sup>2</sup>Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

### TÓM TẮT

Polymer điểm xuyên hạt nanocarbon (CPDs: carbon polymer dots) là một trong ba cấu trúc của chấm lượng tử carbon (CQDs: carbon quantum dots), đang được nghiên cứu ở các khía cạnh khác nhau từ tổng hợp đến triển khai ứng dụng do CQDs có khả năng phát xạ huỳnh quang tốt và thân thiện với môi trường. CPDs thường được tổng hợp bằng cách dehydrate hóa các polyamide tự nhiên thường đòi hỏi điều kiện nhiệt độ và áp suất cao, thời gian xử lý lâu. Trong bài báo này, chúng tôi tổng hợp CPDs sử dụng thực phẩm giàu protein và acid là sữa đậu tương và nước chanh bằng phương pháp nhiệt vi sóng với dung môi glycerol. Cấu trúc của CPDs được nghiên cứu bằng kính hiển vi điện tử truyền qua TEM. Tính chất quang được nghiên cứu bằng phổ hấp thụ UV-vis và phổ phát xạ huỳnh quang PL. Kết cho thấy, CPDs có thể hình thành ở áp suất thường sau 5-7 phút phản ứng. CPDs có phổ phát xạ dạng đám, với hai trung tâm phát xạ ở 405 nm và 520 nm. Hiệu suất phát xạ huỳnh quang của CPDs thu được từ nước chanh, đậu tương và hỗn hợp của chúng lần lượt là 17%; 31% và 36%. Tín hiệu huỳnh quang của CPDs giảm đáng kể khi có mặt ion Pb(II) ở nồng độ khoảng  $10^{-8}$  M cho thấy có thể ứng dụng CPDs làm vật liệu phát hiện ion Pb(II).

**Từ khóa:** chấm lượng tử carbon, hạt nanocarbon, huỳnh quang, thực phẩm, protein.

### GIỚI THIỆU

Kể từ lần đầu được phát hiện năm 2004 khi Xiaoyou Xu và các cộng sự làm sạch ống nanocarbon [1], chấm lượng tử carbon với kích thước cỡ nanomet và có khả năng phát xạ huỳnh quang đã thu hút sự chú ý của các nhà khoa học. Những nghiên cứu về tổng hợp sau đó cho thấy CQDs có thể được tổng hợp bằng nhiều phương pháp khác nhau, sử dụng đa dạng các nguồn nguyên liệu từ than chì, phân tử hữu cơ đơn giản đến các polymer tự nhiên có trong thực phẩm [2,3]. Dựa vào cấu trúc CQDs gồm có ba loại chính bao gồm chấm lượng tử đơn lớp graphene (GQDs: graphene carbon quantum dots), hạt nano carbon (CNDs: carbon nanodots) và polymer điểm xuyên hạt nanocarbon (CPDs: carbon polymer dots) [2]. GQDs bao gồm một vài lớp C sp<sup>2</sup> đa vòng liên hợp có các nhóm chức phân cực ở rìa cạnh của hệ liên hợp. GQDs chủ yếu được tổng hợp bằng các phương pháp điện hóa hoặc laser phân hủy than chì. CNDs có dạng hình cầu gồm hai phần lõi và vỏ;

trong đó lõi gồm có các lớp C sp<sup>2</sup> liên hợp có kích thước khác nhau và chồng xếp lên nhau; phần vỏ có các nhóm chức phân cực giúp CNDs tan tốt trong nước. CPDs gồm có các nhóm C sp<sup>2</sup> liên hợp kết nối với nhau thông qua các mạch hydrocarbon no [2].

CPDs và CNDs được tổng hợp chủ yếu từ các tiền chất là các hợp chất hữu cơ đơn giản hoặc từ các polymer, oligomer. Tiền chất thường được sử dụng là hỗn hợp của acid và amine hữu cơ; acid được sử dụng chủ yếu là citric acid (CA). Trong quá trình thủy nhiệt, acid và amine phản ứng với nhau tạo thành các polyamide trước khi xảy ra quá trình dehydrate hóa tạo thành các cấu trúc đầu carbon [4]. Dựa vào cơ chế này, thay vì sử dụng các hóa chất hữu cơ, người ta có thể sử dụng trực tiếp các polyamide có nguồn gốc tự nhiên như tóc [5], sữa [6] và nhiều nguồn sinh học khác [7] để tổng hợp CPDs.

Trong các nguồn thực phẩm tự nhiên, đậu tương có hàm lượng protein cao, chiếm từ 38 đến 41% khối lượng khô [8]. Bên cạnh đó, nước chanh là nước hoa quả có hàm lượng citric acid cao nhất, với hàm lượng dao động trong khoảng từ 39 đến 48 g/L [9]. Do đó, có

\* Email: xdmai@hpu2.edu.vn

thể xem đậu tương và nước chanh là nguồn polyamide và acid citric dồi dào, thân thiện với con người, có thể được sử dụng để tổng hợp CPDs. Quá trình dehydrate hóa tạo thành hệ C sp<sup>2</sup> thường đòi hỏi nhiệt độ cao (180 – 260°C), áp suất cao dưới điều kiện thủy nhiệt và thời gian phản ứng kéo dài từ 2 đến 12 tiếng. Mặc dù quá trình thủy nhiệt có nhiều ưu điểm như thân thiện với môi trường, không sử dụng dung môi nhưng lại đòi hỏi bình phản ứng chịu áp suất cao, thời gian phản ứng kéo dài và lượng chất tổng hợp được nhỏ. Thay vì thủy nhiệt, người ta có thể sử dụng vi sóng để cung cấp năng lượng cho phản ứng. Thời gian phản ứng có thể giảm từ vài tiếng đến dưới 10 phút [10]. Trong trường hợp sử dụng dung môi nước, hệ thống phản ứng vi sóng đòi hỏi bình phản ứng chịu áp suất cao kèm theo thiết bị kiểm soát điều kiện phản ứng và an toàn chặt chẽ. Mặc dù vậy, chưa có nhiều nghiên cứu sử dụng các dung môi có nhiệt độ sôi cao, thân thiện với môi trường như glycerol (nhiệt độ sôi bằng 290°C) để tổng hợp CPDs ở áp suất thường. Trong nghiên cứu này, chúng tôi nghiên cứu tổng hợp CPDs từ đậu tương và nước chanh sử dụng dung môi glycerol, cấp nhiệt bằng lò vi sóng. Kết quả cho thấy, CPDs hình thành dưới 10 phút phản ứng, sản phẩm thu được tan tốt trong nước và có khả năng phát xạ huỳnh quang cao với hiệu suất lượng tử có thể đạt trên 30%.

#### THỰC NGHIỆM

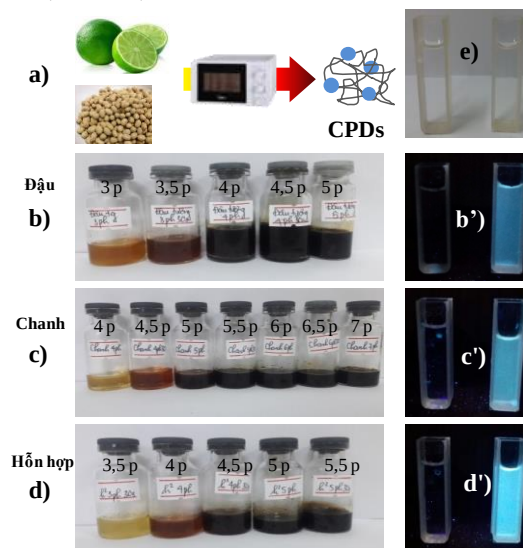
Nước chanh được vắt từ quả chanh (*Citrus aurantifolia*). Dịch đậu tương được chuẩn bị bằng cách ninh hạt đậu tương (*glycine max*) với nước trong 12 giờ. Ly tâm dịch thu được với tốc độ 6000 vòng/phút trong 5 phút để loại bỏ cặn rắn. Dịch nước chanh, dịch đậu tương hoặc hỗn hợp của chúng được trộn với glycerol (99%, Aladdin Chemicals) theo tỷ lệ thể tích 1:1 trong lọ vial 20 ml. Hỗn hợp sau đó được đặt vào lò vi sóng Goldsun (model: MWO-G20SA, hoạt động ở tần số 2450MHz, công suất 1200W) và tiến hành cấp nhiệt ở chế độ 80% công suất tối đa. Để làm sạch CPDs, hỗn hợp sản phẩm thu được được hòa tan vào nước và cho vào túi lọc dialysis có kích thước lỗ 2000 Da và đặt trong bình nước

cát hai lần. Nước bên ngoài được thay thường xuyên cho đến khi màu của nước bên ngoài túi lọc hoàn toàn trong suốt.

Cấu trúc của CPDs được phân tích bằng kính hiển vi điện tử truyền qua TEM trên máy JEM 2100 (JEOL, Nhật bản) với thế phát 200 kV sử dụng sợi đốt LaB6. Tính chất hấp thụ của CPDs được đo trên máy quang phổ hấp thụ Shimadzu UV-2450 ở chế độ đo độ hấp thụ hai chùm tia trong dung môi nước. Tính chất phát xạ quang học của CPDs được nghiên cứu trên hệ thống quang phổ huỳnh quang Horiba; nguồn kích thích gồm đèn Xe kết hợp bộ tán sắc; hệ thống cảm biến gồm CCD kết hợp bộ tán sắc.

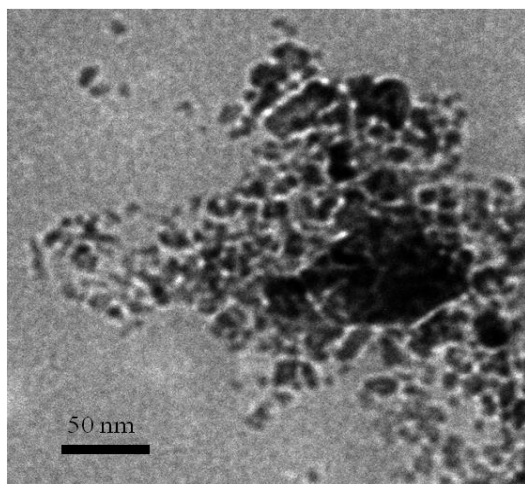
#### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 1a mô tả vắn tắt quy trình tổng hợp CPDs từ đậu tương hoặc nước chanh, hai nguồn nguyên liệu giàu protein và citric acid. Hình 1b, c, và d, là ảnh chụp hỗn hợp thu được sau các khoảng thời gian phản ứng khác nhau. Hình 1e là ảnh chụp dung dịch CPDs (bên phải) so với nước cất (bên trái) dưới ánh sáng trắng; các hình 1b', c', d' là ảnh chụp dung dịch CPDs thu được từ b, c, d dưới đèn UV (365 nm).



**Hình 1. a)** Sơ đồ tổng hợp CPDs; **Ảnh chụp dung dịch hỗn hợp phản ứng từ đậu tương (b), nước chanh (c) và hỗn hợp đậu tương - chanh (d) sau các thời gian vi sóng khác nhau; p là viết tắt của phút. e)** ảnh chụp dung dịch CPDs (bên phải) và nước cất (bên trái) dưới ánh sáng trắng. **b', c' và d')** là ảnh chụp dung dịch CPDs (bên phải) thu được từ **b** (5p), **c** (7p) và **d** (5,5p) dưới đèn UV (365 nm) so với nước cất (trái).

Có thể thấy trên hình 1 là khi tăng thời gian xử lý nhiệt vi sóng, màu của hỗn hợp phản ứng chuyển từ không màu đến vàng nhạt, nâu đậm rồi cuối cùng chuyển sang đen. Sự chuyển màu này có nghĩa là giải hấp thụ ánh sáng của hỗn hợp phản ứng mở rộng từ vùng sóng ngắn đến toàn bộ vùng nhìn thấy. Đây là dấu hiệu cho thấy sự hình thành và phát triển của hệ C sp<sup>2</sup> liên hợp. Bằng cách đo phổ hấp thụ của hỗn hợp theo thời gian phản ứng khác nhau, chúng tôi xác định thời gian phản ứng tối ưu - là thời gian phản ứng tối thiểu cần thiết để độ hấp thụ đạt cực đại ổn định - lần lượt là 5 phút, 7 phút và 5,5 phút cho đậu tương, nước chanh và hỗn hợp đậu tương - chanh (tỷ lệ 1:1 về khối lượng khô). Sản phẩm CPDs thu được tan tốt trong nước (hình e) và chỉ cần ở nồng độ thấp (dung dịch gần như không màu) có thể phát xạ huỳnh quang tốt dưới đèn UV (365 nm) như nhìn thấy trên hình 1 b', c', d'.



**Hình 2.** Ảnh TEM của mẫu CPDs tổng hợp từ hỗn hợp đậu tương - chanh sau 5,5 phút phản ứng

Hình 2 là ảnh TEM của mẫu CPDs thu được từ hỗn hợp nguyên liệu dịch đậu tương và nước chanh với tỷ lệ khối lượng rắn 1:1. CPDs thu được gồm phần C sp<sup>2</sup> có màu đen trên ảnh TEM với kích thước dao động từ 4 đến 12 nm. Bên rìa cạnh các chấm màu đen có phần màu xám có thể là các mạch hydrocarbon no. Trên ảnh TEM chúng tôi

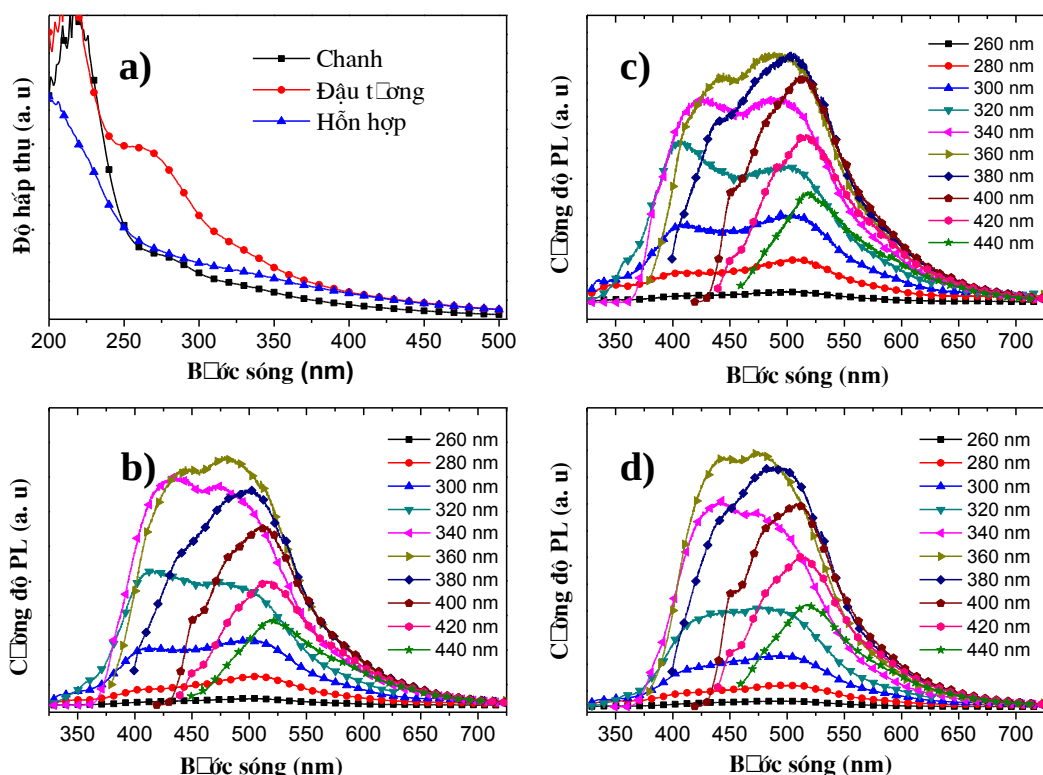
nhận thấy sản phẩm thu được bao gồm hỗn hợp hai dạng cấu trúc: 1) các hạt C sp<sup>2</sup> màu đen riêng biệt nằm độc lập với nhau và 2) các hạt C sp<sup>2</sup> kết nối với nhau qua phần hydrocarbon no màu xám. Do đó, sản phẩm thu được có cấu trúc polymer điểm xuyên hạt nano carbon CPDs.

Tính chất hấp thụ và phát xạ huỳnh quang PL của CPDs được tổng hợp trên hình 3. Phổ hấp thụ của CPDs có vùng hấp thụ ở khoảng 225 nm với một vai hấp thụ ở khoảng 275 nm tương ứng với sự chuyển dịch điện tử  $\pi \rightarrow \pi^*$  của hệ liên hợp C sp<sup>2</sup> và  $n \rightarrow \pi^*$  từ các orbital không liên kết của nhóm phân cực như -C=O, -COOH, -OH, hay -NH- lên orbital  $\pi^*$  của hệ C sp<sup>2</sup> [11]. Ngoài ra, các CPDs đều có giải hấp thụ với độ hấp thụ giảm dần kéo dài đến vùng nhìn thấy; đây là đặc trưng hấp thụ của cấu trúc C sp<sup>2</sup> liên hợp [11].

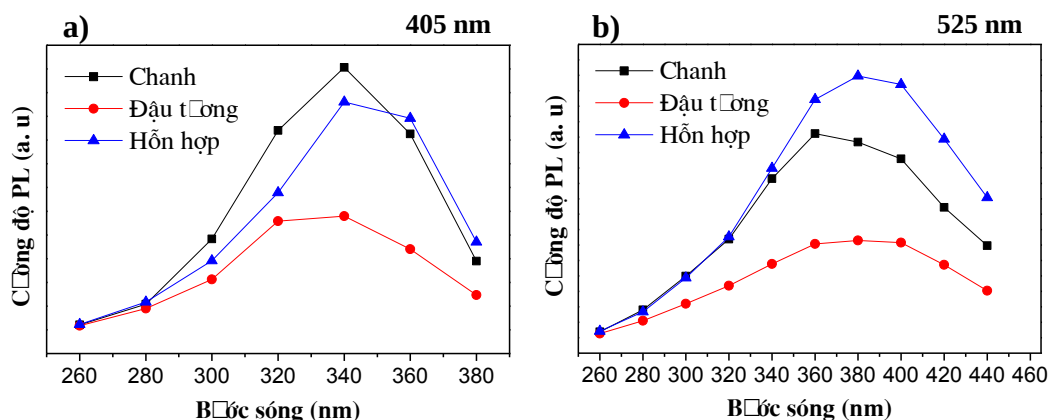
Phổ phát xạ PL của CPDs với các bước sóng kích thích khác nhau đều có dạng phổ đám, trải rộng từ khoảng 375 đến 650 nm. Tích phân cường độ phát xạ trên toàn miền phát xạ đạt cực đại ở bước sóng kích thích 360 nm. Để tính hiệu suất phát quang, chúng tôi đo phổ phát xạ của dung dịch nước của CPDs và dung dịch quinine sulfate trong H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M ở cùng điều kiện đo. Các dung dịch này được chuẩn bị sao cho độ hấp thụ quang ở bước sóng 360 nm xấp xỉ bằng 0,1 đơn vị. Hiệu suất phát xạ sau đó được tính theo công thức:

$$\phi = 55 \times \frac{a_r}{a_s} \times \frac{A_s}{A_r} \times \left( \frac{n_s}{n_r} \right)^2$$

Trong đó,  $a$ ,  $A$ ,  $n$  là độ hấp thụ quang ở bước sóng 360 nm, tích phân cường độ phát xạ PL và chiết suất của dung môi của mẫu nghiên cứu ( $s$ ) và mẫu so sánh ( $r$ ). 55 là hiệu suất phát xạ huỳnh quang của quinine sulfate; chiết suất  $n_s = n_r$ . Hiệu suất phát xạ lượng tử tính được với CPDs thu được từ nước chanh, đậu tương và hỗn hợp đậu tương - chanh lần lượt là 17, 31 và 36%.



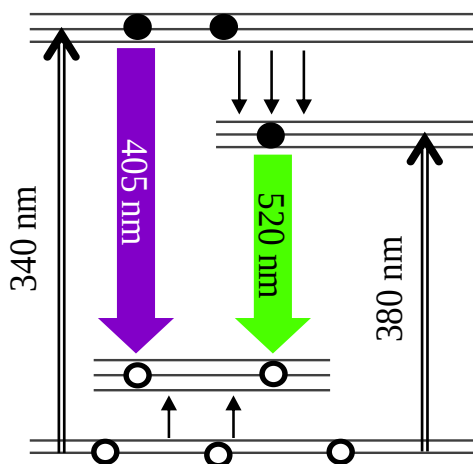
**Hình 3.** Tính chất quang học của CPDs. **a)** phổ hấp thụ UV-Vis của dung dịch CPDs trong nước; phổ phát xạ huỳnh quang PL tương ứng với các bước sóng kích thích khác nhau của dung dịch CPDs thu được từ **b)** nước chanh, **c)** đậu tương và **d)** hỗn hợp đậu tương - chanh tỷ lệ khối lượng 1:1.



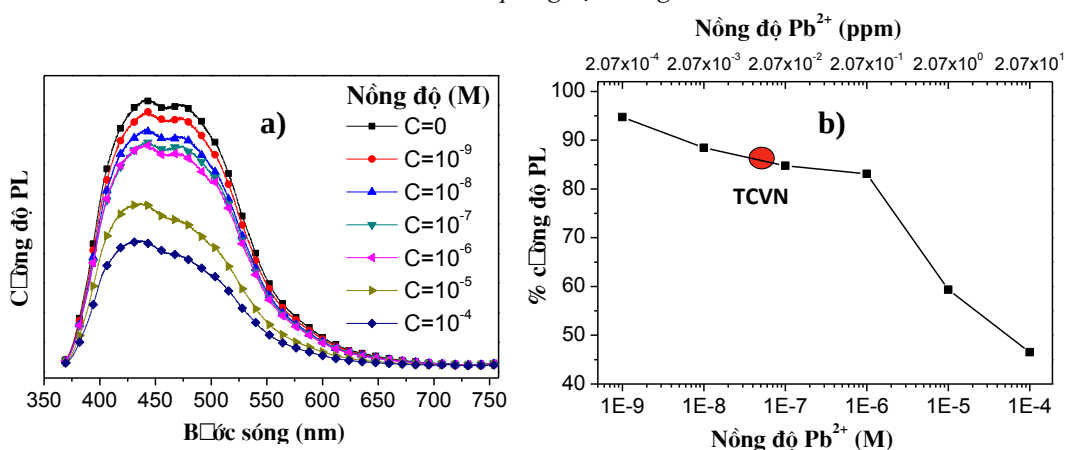
**Hình 4.** Phổ kích thích huỳnh quang PLE của các mẫu CPDs với hai tâm phát xạ **a)** 405 nm và **b)** 525 nm.

Phổ PL có thể phân tích thành hai vùng phát xạ Gaussian định xứ tại 405 và 520 nm; cường độ tương đối của hai vùng này thay đổi theo bước sóng kích thích như trình bày trên phổ PLE trên hình 4. Bước sóng kích thích tối ưu cho tâm phát xạ 405 nm là 340 nm trong khi bước sóng kích thích tối đa cho tâm phát xạ 520 nm là 380 nm. Từ tính chất huỳnh quang của CPDs thu được trên hình 3 và 4, chúng tôi đề xuất cơ chế quang học trên CPDs như hình 5. Dựa trên tính toán lượng tử DFT (density functional theory), chúng tôi nhận thấy khi cấu trúc của CPDs gồm hai thành phần là hệ  $C_{sp^2}$  liên hợp (PAH: polycyclic aromatic hydrocarbon) và nhóm chức quang học F (fluorophore) thì tính chất quang của CPDs phụ thuộc vào kích thước của hệ liên hợp PAH, cấu tạo của nhóm F và đặc biệt là liên kết giữa PAH và F. Khi F liên kết trực tiếp với PAH orbital

phân tử sẽ trở nên không định xứ, làm giảm đáng kể hiệu năng lượng LUMO-HOMO đồng thời làm tăng độ hấp thụ của CPDs ở vùng sóng dài [12]. Chúng tôi đề xuất rằng sự tồn tại của hai tâm phát xạ ở 405 và 520 nm là do sự có mặt đồng thời nhiều dạng liên kết giữa PAH và F. Tuy nhiên, cấu trúc cụ thể của CPDs cần được tiếp tục nghiên cứu thêm để làm sáng tỏ liên kết giữa PAH và F.



Hình 5. Cơ chế quang học trong CPDs.



Hình 6. Ảnh hưởng của ion Pb(II) đến cường độ huỳnh quang. **a)** Phổ phát xạ PL của CPDs trong dung dịch Pb(II) có nồng độ (M) khác nhau; **b)** Ảnh hưởng của nồng độ Pb(II) đến tích phân cường độ PL so với mẫu trắng

Cuối cùng, để đánh giá tiềm năng ứng dụng của CPDs trong việc phát hiện ion kim loại nặng, chúng tôi đã tiến hành đo phổ PL của dung dịch CPDs trong sự có mặt của ion Pb(II) với nồng độ khác nhau. Các chế độ đo PL bao gồm bước sóng kích thích, khe sáng kích thích và khe sáng phát hiện đến detector, thời gian tích phân cường độ được giữ cố định ở 340 nm, 5 nm và 3 ms. Kết quả được trình bày trong hình 6. Có thể thấy trên hình 6a là cấu trúc phổ PL không thay đổi ngoại trừ cường độ phát xạ giảm dần khi tăng nồng

độ ion Pb(II). So với mẫu trắng (không có ion Pb(II)), cường độ PL giảm chậm từ 95% xuống 83% khi tăng nồng độ Pb(II) từ  $10^{-9}$  M (tương ứng  $2,07 \times 10^{-4}$  ppm) lên  $10^{-6}$  M (0,21 ppm). Khi tăng nồng độ Pb(II) lên trên  $10^{-6}$  M, cường độ PL giảm nhanh rõ rệt. Theo quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước ăn uống (QCVN 01:2009/BYT), nồng độ Pb trong nước tối đa cho phép là 0,01 ppm, hay  $4,8 \times 10^{-8}$  M. Ở ngưỡng nồng độ này, tín hiệu phát xạ huỳnh quang của CPDs sẽ giảm còn khoảng 85% so với nước tinh khiết. Tuy mức

độ giảm tín hiệu (15%) là có thể cảm nhận bằng mắt thường, nhưng ngưỡng nồng độ cho phép nằm ở vùng  $10^{-9}$  -  $10^{-6}$  M; ở vùng này khi tín hiệu huỳnh quang thay đổi chậm so với nồng độ Pb (II). Do đó, CPDs có thể sử dụng để phát hiện nước nhiễm Pb(II) nặng ( $>0,2$  ppm) bằng mắt thường, nhưng cần đến máy phân tích quang phổ để phát hiện Pb(II) ở nồng độ thấp hơn (khoảng  $10^{-4}$  ppm).

#### KẾT LUẬN

Chúng tôi đã sử dụng dung môi phân cực có nhiệt độ sôi cao là glycerol để làm môi trường chuyển hóa nguồn nguyên liệu từ đậu tương và nước chanh thành vật liệu huỳnh quang nanocarbon (CPDs). Kết quả cho thấy, sử dụng sóng siêu âm để cung cấp nhiệt cho quá trình, CPDs có thể hình thành sau 5-7 phút phản ứng, nhanh hơn nhiều so với phương pháp thủy nhiệt (thường từ 2 đến 12 giờ) và có thể thực hiện ở ngay áp suất thường. CPDs thu được tan tốt trong nước, có các cấu trúc C  $sp^2$  liên hợp với kích thước dao động khoảng 4-12 nm. CPDs có phổ phát xạ dạng đám rộng với hai tâm phát xạ ở 405 và 520 nm. Hiệu suất phát xạ huỳnh quang, khi kích thích ở 360 nm, phụ thuộc vào nguồn nguyên liệu ban đầu và đạt 17-39%. Tín hiệu huỳnh quang giảm khi có mặt ion Pb(II) cho thấy CPDs có thể được sử dụng làm đầu dò huỳnh quang phát hiện các kim loại nặng trong nước. Giới hạn phát hiện bằng mắt thường khoảng 0,2 ppm và bằng máy quang phổ huỳnh quang là  $10^{-4}$  ppm.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ từ nguồn kinh phí Khoa học công nghệ của Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2 cho đề tài mã số: C.2018-18-04.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. X. Xu, R. Ray, Y. Gu, H.J. Ploehn, L. Gearheart, K. Raker, W.A. Scrivens, Electrophoretic analysis and purification of fluorescent sing-walled carbon nanotube fragments., *J. Am. Chem. Soc.* 126 (2004) 12736–12737. doi:10.1021/ja050082h.
2. S. Zhu, Y. Song, X. Zhao, J. Shao, J. Zhang, B. Yang, The photoluminescence mechanism in carbon dots (graphene quantum dots, carbon nanodots, and polymer dots): current state and future perspective, *Nano Res.* 8 (2015) 355–381. doi:10.1007/s12274-014-0644-3.
3. R. Wang, K.-Q. Lu, Z.-R. Tang, Y.-J. Xu, Recent progress in carbon quantum dots: synthesis, properties and applications in photocatalysis, *J. Mater. Chem. A* 5 (2017) 3717–3734. doi:10.1039/C6TA08660H.
4. D. Qu, M. Zheng, L. Zhang, H. Zhao, Z. Xie, X. Jing, R.E. Haddad, H. Fan, Z. Sun, Formation mechanism and optimization of highly luminescent N-doped graphene quantum dots, *Sci. Rep.* 4 (2015) 5294. doi:10.1038/srep05294.
5. Y. Guo, L. Zhang, F. Cao, Y. Leng, Thermal treatment of hair for the synthesis of sustainable carbon quantum dots and the applications for sensing  $Hg^{2+}$ , *Sci. Rep.* 6 (2016) 35795. doi:10.1038/srep35795.
6. D. Wang, L. Zhu, C. McCleese, C. Burda, J.F. Chen, L. Dai, Fluorescent carbon dots from milk by microwave cooking, *RSC Adv.* 6 (2016) 41516–41521. doi:10.1039/c6ra06120f.
7. S.A. Chechetka, E. Miyako, Light-Active Carbon Nanodots from Autoclaved Bioresources, *ChemistrySelect.* 1 (2016) 608–611. doi:10.1002/slct.201600169.
8. L.K. Karr-Lilienthal, L.L. Bauer, P.L. Utterback, K.E. Zinn, R.L. Frazier, C.M. Parsons, G.C. Fahey, Chemical composition and nutritional quality of soybean meals prepared by extruder/expeller processing for use in poultry diets, *J. Agric. Food Chem.* 54 (2006) 8108–8114. doi:10.1021/jf061425t.
9. K.L. Penniston, S.Y. Nakada, R.P. Holmes, D.G. Assimos, Quantitative Assessment of Citric Acid in Lemon Juice, Lime Juice, and Commercially-Available Fruit Juice Products, *J. Endourol.* 22 (2008) 567–570. doi:10.1089/end.2007.0304.
10. J. Park, B. Kwon, W. Jeong, A. Chae, Y. Choi, S.Y. Park, I. In, Microwave-assisted Synthesis of Fluorescent Polymer Dots from Hyperbranched Polyethylenimine and Glycerol, *Chem. Lett.* 46 (2017) 1463–1465. doi:10.1246/cl.170565.
11. S. Saxena, T.A. Tyson, S. Shukla, E. Negusse, H. Chen, J. Bai, Investigation of structural and electronic properties of graphene oxide, *Appl. Phys. Lett.* 99 (2011) 67–70. doi:10.1063/1.3607305.
12. T.H. Ngà, B.T. Hạnh, M.X. Dũng, Tính toán lượng tử làm rõ tính chất quang học của chấm lượng tử carbon, *Tạp Chí Khoa Học - Đại Học Sư Phạm Hà Nội* 2. 56 (2018).

## ABSTRACT

**THE SYNTHESIS OF CARBON POLYMER DOT  
AND ITS APPLICATION IN Pb(II) DETECTION**

**Dang Thi Thu Huyen<sup>1</sup>, Nguyen Thi Quynh<sup>1,2</sup>, Le Thi Hang<sup>1</sup>,  
Le Quang Trung<sup>1</sup>, Do Thi Thu Hoa<sup>1</sup>, Pham Thi Hai Yen<sup>1</sup>, Mai Xuan Dung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Hanoi Pedagogical University 2,

<sup>2</sup>University of Science - VNU

Carbon polymer dots (CPDs), graphene quantum dot and carbon nanodot are three structures of carbon quantum dots (CQDs). CPDs have been investigated increasingly from the synthesis to the applications due to their non-toxicity and strong luminescence in the visible region. CPDs can be synthesized straightforwardly by dehydration of polyamide, however, high pressures and long reaction time are usually required. Herein, we synthesized CPDs from soybean and lemon juice which are protein and acid rich foods using microwave-assisted thermal treatment in glycerol solvent. The structure of CPDs was investigated by transmission electron microscope (TEM) while their optical properties were characterized by UV-Vis and photoluminescent (PL) spectroscopy. It has been demonstrated that CPDs can be formed within 5-7 minutes of microwave treatment. PL spectra of CPDs were broad with two emitting centers at 405 and 520 nm. The emission quantum yield ranged from 17 to 36% depending on the food precursor. The PL intensity decreased with the presence of Pb(II) showing the potential application of CPDs as photoluminescence probe for Pb(II) detection.

**Keywords:** carbon quantum dot, carbon nanodot, photoluminescence, fruit juice, protein

*Ngày nhận bài: 07/9/2018; Ngày hoàn thiện: 01/11/2018; Ngày duyệt đăng: 30/11/2018*

\* Email: xdmai@hpu2.edu.vn