

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XÚC TÁC VÀ CẢM BIẾN $H_2O_2$ CỦA NANO VÀNG TỔNG HỢP TỪ DỊCH CHIẾT CÂY THƯỜNG SƠN TÍA *PHLOGACANTHUS TURGIDUS*

Đến toà soạn 22-07-2024

Đặng Văn Sử<sup>\*1</sup>, Phan Thị Thanh Diệu<sup>1</sup>, Nguyễn Lê Kim Thúy<sup>2</sup>, Nguyễn Thành Danh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công Thương TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Viện Công nghệ Hoá học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

\*E-mail: sudv@huit.edu.vn

## SUMMARY

### STUDY ON THE CATALYTIC AND $H_2O_2$ SENSING CAPABILITY OF GOLD NANOPARTICLES SYNTHESIZED FROM THE EXTRACT OF *PHLOGACANTHUS TURGIDUS*

In this study, the AuNPs synthesized from the extract of *Phlogacanthus turgidus* exhibited absorption peaks within the wavelength range of 500 nm to 600 nm. The results of TEM and SEM showed that the structure of AuNPs exhibits various shapes, including cylindrical, spherical, and polygonal forms. Additionally, clusters of AuNPs were observed with different sizes. Various factors affecting the redox reaction between hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) and 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidine (TMB) using AuNPs as a catalyst were investigated. These factors included temperature, reaction time, pH, the amount of AuNPs, TMB concentration, and  $H_2O_2$  concentration. UV-Vis spectrophotometry was utilized to determine the optimal conditions for  $H_2O_2$  detection through the ox-TMB color reaction with the AuNPs catalyst, thereby evaluating their applicability as  $H_2O_2$  sensors.

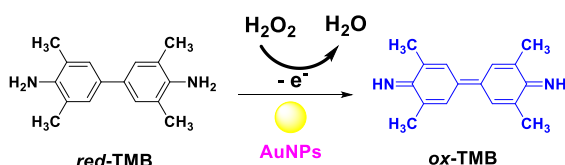
**Keywords:** AuNPs, *Phlogacanthus turgidus*,  $H_2O_2$  sensor.

## 1. GIỚI THIỆU

Nano vàng gần đây được quan tâm nhiều do tính ứng dụng đa dạng trong các lĩnh vực y sinh, quang học, môi trường, xúc tác và điện hóa như cảm biến sinh học [1-6].  $H_2O_2$  là chất oxy hóa mạnh và có nhiều ứng dụng khác nhau trong y học và công nghiệp.  $H_2O_2$  thường được biết đến như một chất tẩy trắng và khử trùng. Do có tính ăn mòn mạnh, làm biến đổi tế bào gốc, độc cấp tính mãn tính đối với môi trường thủy sinh [7-9], nên việc sử dụng  $H_2O_2$  cần phải được thực hiện đúng cách để đảm bảo an toàn và hiệu quả. Việc định tính và định lượng  $H_2O_2$  được thực hiện trong nhiều nền mẫu khác nhau, bao

gồm các mẫu môi trường như nước và đất, chất dịch của con người như mồ hôi, máu, nuôi cấy tế bào và mô.  $H_2O_2$  được đo bằng nhiều phương pháp khác nhau như quang học bao gồm đo màu, phát quang hóa học và huỳnh quang; và điện hóa bao gồm phép đo điện thế, phép đo von kế và phép đo cường độ dòng điện. Một giải pháp đơn giản đã nhận được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trong lĩnh vực phân tích hoá sinh đó là cảm biến so màu kết hợp xúc tác nano kim loại [10]. Gần đây đã có nhiều nghiên cứu về tổng hợp xanh và ứng dụng AuNPs trên cảm biến  $H_2O_2$ . Lin và cộng sự (2018) đã nghiên cứu cảm biến đo màu để phát hiện  $H_2O_2$  bằng cách sử dụng các

AuNPs biến đổi DNA [11], Manman Lu và cộng sự (2019) đã nghiên cứu quá trình khắc hạt nano vàng được gây ra bởi phản ứng giống enzyme để phát hiện  $H_2O_2$  và glucose [12], Natchanok Talapphet và cộng sự (2024) đã tối ưu hóa quá trình peroxidase AuNPs-củ cải ngựa như mô phỏng peroxidase bằng cách sử dụng mô hình thiết kế hỗn hợp trung tâm để phát hiện  $H_2O_2$  [13]. Nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả đã sử dụng dịch chiết cây thường sơn tía để tổng hợp AuNPs [1]. Tuy nhiên, việc ứng dụng AuNPs được tổng hợp theo cách trên để làm đầu dò  $H_2O_2$  dựa trên phản ứng oxy hóa khử TMB và  $H_2O_2$  với xúc tác AuNPs chưa được công bố. Cơ chế xúc tác của AuNPs có ba bước, gồm (1) quá trình tạo gốc tự do hydroxyl ( $OH^\bullet$ ), (2) quá trình tạo  $O_2$ , (3) quá trình chuyển electron (Hình 1) [14]. Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát khả năng xúc tác và cảm biến  $H_2O_2$  của AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết cây thường sơn tía *Phlogacanthus turgidus*.



Hình 1. Cơ chế oxy hóa TMB bằng  $H_2O_2$  với xúc tác AuNPs

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Nguyên liệu

Mẫu cây thường sơn tía khô xay nhỏ được thu hái tại vườn Quốc gia Bù Gia Mập, tỉnh Bình Phước, Việt Nam. Các hóa chất được sử dụng bao gồm Tetrachloroauric (III) acid trihydrate ( $HAuCl_4 \cdot 3H_2O$ ), 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidine ( $C_{16}H_{20}N_2$ ), hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ), acetic acid ( $CH_3COOH$ ) và sodium acetate ( $CH_3COONa$ ) đạt tiêu chuẩn dùng trong hóa phân tích, được mua từ công ty

Acros, Bỉ. Nước cất hai lần được sử dụng trong tất cả các thí nghiệm.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1 Quy trình tổng hợp AuNPs từ dịch chiết thường sơn tía

AuNPs được tổng hợp từ chiết xuất lá *Phlogacanthus turgidus*, theo phương pháp được mô tả bởi V. S. Dang và cộng sự. (2022) [1].

#### 2.2.2. Khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình oxy hóa TMB bằng $H_2O_2$ với xúc tác AuNPs

Hút lần lượt bằng pipet và micropipette: 2 mL dung dịch đệm acetate với pH = 5, 400  $\mu$ L TMB nồng độ 5 mM. Kiểm tra lại giá trị pH của dung dịch để đảm bảo mẫu có pH đúng với pH khảo sát. Tiếp tục hút 600  $\mu$ L  $H_2O_2$  400  $\mu$ M cùng với 120  $\mu$ L dung dịch AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết thường sơn tía vào các chai bi 10 mL đã được che kín bằng giấy bạc. Sau đó, đặt vào bể ổn nhiệt phản ứng tại lần lượt các giá trị nhiệt độ như sau: 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55 °C, 60 °C, 65°C trong 30 phút. Tiến hành đo UV-VIS các dung dịch trên để khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ phản ứng oxy hóa khử TMB với  $H_2O_2$  có mặt xúc tác AuNPs và xác định nhiệt độ tối ưu để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

#### 2.2.3. Khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian đến quá trình oxy hóa TMB bằng $H_2O_2$ với xúc tác AuNPs

Hút lần lượt bằng pipet và micropipette: 2 mL dung dịch đệm acetate có pH = 5, 400  $\mu$ L TMB nồng độ 5 mM, kiểm tra lại giá trị pH. Tiếp tục hút 600  $\mu$ L  $H_2O_2$  nồng độ 400  $\mu$ M cộng với 120  $\mu$ L dung dịch AuNPs cho vào các chai bi 10 mL đã được che kín bằng giấy bạc. Đặt vào bể ổn nhiệt phản ứng tại nhiệt độ đã tối ưu. Cứ mỗi khoảng thời gian cách nhau 10 phút thì tiến

hành lấy 1 mẫu đi đo UV-VIs để khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian đến phản ứng tạo màu của hợp chất ox-TMB.

#### *2.2.4. Khảo sát sự ảnh hưởng của độ pH đến phản ứng tạo màu ox-TMB với sự góp mặt $H_2O_2$ có xúc tác AuNPs*

Hút lần lượt bằng pipet và micropipette: 2 mL dung dịch đệm acetate có các giá trị pH khác nhau, 400  $\mu$ L TMB nồng độ 5 mM. Kiểm tra lại giá trị pH của dung dịch để đảm bảo mẫu có pH đúng với pH khảo sát. Tiếp tục hút 600  $\mu$ L  $H_2O_2$  400  $\mu$ M cộng với 150  $\mu$ L dung dịch AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết thường sơn tía cho vào các chai bi 10 mL đã được che kín bằng giấy bạc. Sau đó đặt vào bể ổn nhiệt phản ứng tại nhiệt độ và thời gian đã tối ưu. Tiến hành đo UV-VIs các dung dịch trên để khảo sát sự ảnh hưởng của độ pH đến quá trình oxi hóa TMB bằng  $H_2O_2$  có xúc tác AuNPs từ đó xác định được giá trị pH tối ưu nhất có các phản ứng kế tiếp.

#### *2.2.5. Khảo sát sự ảnh hưởng của lượng AuNPs đến phản ứng tạo màu ox-TMB*

Hút 400  $\mu$ L TMB 5 mM, 2 mL dung dịch đệm acetate có giá trị pH tối ưu và 600  $\mu$ L  $H_2O_2$  nồng độ 400  $\mu$ M cho vào các chai bi 10 mL. Tiếp tục thêm lần lượt: 50  $\mu$ L, 60  $\mu$ L, 70  $\mu$ L, 80  $\mu$ L, 90  $\mu$ L dung dịch AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết thường sơn tía cho vào các chai bi trên và che kín bằng giấy bạc. Sau đó, đặt vào bể ổn nhiệt phản ứng với nhiệt độ đã tối ưu. Sau khi hết thời gian phản ứng, tiến hành đo UV-VIs các dung dịch trên để xác định lượng xúc tác nano vàng tối ưu cho phản ứng oxi hóa khử giữa hợp chất TMB và  $H_2O_2$  để làm các thí nghiệm tiếp theo.

#### *2.2.6. Khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ TMB đến quá trình oxi hóa TMB với chất oxi hóa $H_2O_2$ có xúc tác AuNPs*

Hút lần lượt 2mL dung dịch đệm acetate có giá trị pH tối ưu và 600  $\mu$ L  $H_2O_2$  400

$\mu$ M cộng với lượng tối ưu dung dịch AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết thường sơn tía cho vào các chai bi 10 mL đã được chuẩn bị trong đó có 400  $\mu$ L dung dịch TMB lần lượt với các nồng độ khác nhau: 3 mM, 3.5 mM, 4 mM, 4.5 mM, 5 mM và được che kín bằng giấy bạc. Sau đó, đặt vào bể ổn nhiệt phản ứng với nhiệt độ, thời gian đã tối ưu. Tiến hành đo UV-VIs các dung dịch sau khi phản ứng kết thúc để xác định nồng độ dung dịch TMB tối ưu.

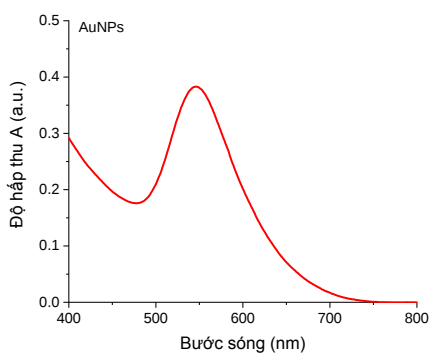
#### *2.2.7. Xác định phạm vi tuyến tính $H_2O_2$ và giá trị giới hạn phát hiện (LOD) đến quá trình oxi hóa TMB với chất oxi hóa $H_2O_2$ có xúc tác AuNPs*

Tiến hành hút 400  $\mu$ L TMB, 2 mL dung dịch đệm acetate với các giá trị tối ưu và 600  $\mu$ L  $H_2O_2$  ở các nồng độ khác nhau (10  $\mu$ M, 50  $\mu$ M, 100  $\mu$ M, 150  $\mu$ M, 200  $\mu$ M, 250  $\mu$ M, 300  $\mu$ M, 350  $\mu$ M và 400  $\mu$ M) cộng với một lượng dung dịch AuNPs tối ưu. Sau đó tiến hành đo quang phổ UV-VIs để thu được sự thay đổi độ hấp thụ từ đó đưa ra nhận xét về khoảng tuyến tính của nồng độ  $H_2O_2$ .

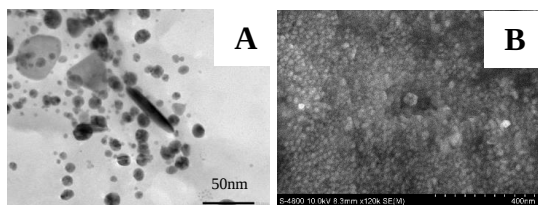
### **3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

#### **3.1. Kết quả phổ UV-Vis của AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết thường sơn tía**

AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết lá thường sơn tía cho kết quả peak hấp thụ ở khoảng bước sóng 500 - 600 nm. Peak hấp thụ cực đại ở bước sóng 547 nm được thể hiện ở Hình 2, điều này phù hợp với nghiên cứu trước đây là AuNPs có peak hấp thụ cực đại trong khoảng bước sóng 522 - 570 nm [15]. Kết quả hình TEM (Hình 3A) cho thấy cấu trúc của các hạt AuNPs có các hình dạng khác nhau bao gồm hình trụ, hình cầu, hình đa giác,... và hình SEM (Hình 3B) có các cụm hạt AuNPs có kích thước khác nhau.



Hình 2. Phổ UV-Vis của AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết thường sơn tía

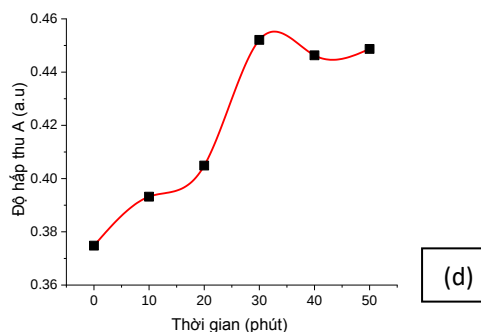
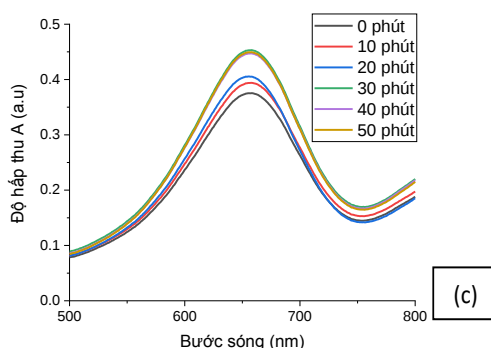
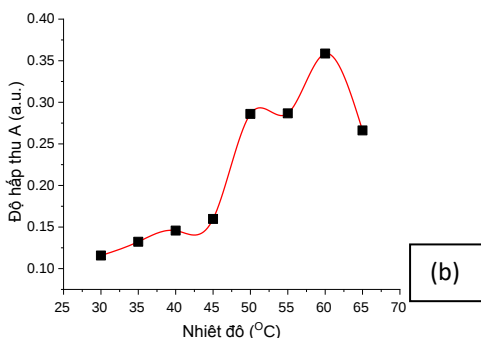
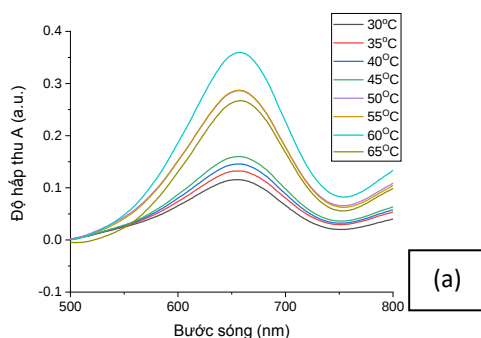


Hình 3. Hình TEM (A) và SEM (B) của AuNPs được tổng hợp từ dịch chiết cây thường sơn tía

### 3.2. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình oxi hóa TMB cùng sự góp mặt của $H_2O_2$ và có xúc tác AuNPs

So sánh quang phổ hấp thụ giữa các mẫu được thực hiện ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau cho biết sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình oxi hóa hợp chất TMB. Kết quả so sánh phổ hấp thụ trong khoảng nhiệt độ 30 - 65 °C được thể hiện như Hình 4b.

Qua việc so sánh và đánh giá độ hấp thụ dựa trên kết quả thu được ở Hình 4a, ta có được giá trị nhiệt độ tối ưu cho quá trình phản ứng. Kết quả nhận thấy được ở bước sóng 654 nm trong khoảng gia tăng nhiệt độ khảo sát thì giá trị độ hấp thụ cũng tăng dần và đạt cực đại ở 60 °C, sau đó giảm dần khi nhiệt độ tiếp tục được tăng lên. Do đó, nhiệt độ tối ưu, thích hợp và tốt nhất cho quá trình oxi hóa TMB bởi chất oxi hóa  $H_2O_2$  có xúc tác AuNPs cũng như nhiệt độ được lựa chọn cho các khảo sát tiếp theo là 60 °C.



Hình 4. Phổ hấp thụ của thí nghiệm khảo sát nhiệt độ (a) và sự phụ thuộc độ hấp thụ vào nhiệt độ phản ứng (với xúc tác AuNPs) (b); Phổ hấp thụ của thí nghiệm khảo sát thời gian (c) và sự phụ thuộc độ hấp thụ vào thời gian phản ứng (với xúc tác AuNPs) (d).

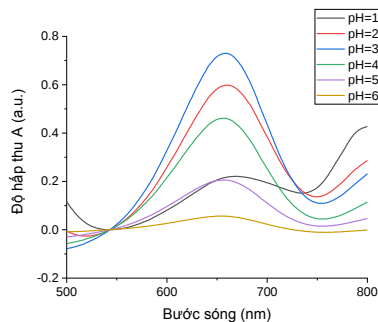
### 3.3. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến phản ứng tạo màu ox-TMB có mặt $H_2O_2$ và xúc tác AuNPs

Quy trình thực hiện khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian được thực hiện ở nhiệt độ tối ưu  $60^\circ C$  và các khoảng thời gian được thay đổi nhằm đưa ra thời gian phản ứng tốt nhất cho quá trình oxi hóa TMB. Kết quả qua việc so sánh độ hấp thu được đo bằng phương pháp quang phổ UV-Vis cho kết quả ở Hình 4c,d. Khi chồng các đồ thị phổ hấp thu của các khoảng thời gian khảo sát trên ta thấy được đồ thị hấp thu của phản ứng tăng vượt bậc khi được thực hiện trong 30 phút, và có sự giảm nhẹ khi thực hiện phản ứng trong 40 phút và 50 phút. Khoảng thời gian được xem là phù hợp và tốt nhất cho quá trình oxi hóa hợp chất TMB bởi chất oxi hóa  $H_2O_2$  có xúc tác AuNPs là 30 phút kể từ khi cho mẫu vào bể ổn nhiệt.

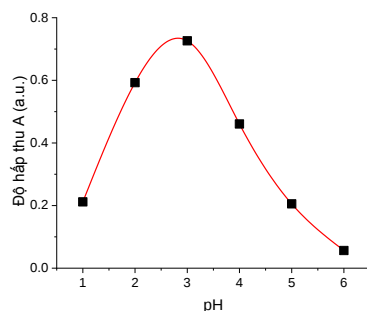
### 3.4. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng môi trường phản ứng đến sự oxi hóa TMB và $H_2O_2$ có xúc tác AuNPs

pH là một trong những thông số hóa học được đo phổ biến nhất của các dung dịch. Tốc độ và kết quả của các phản ứng hoá học thường phụ thuộc vào độ pH của môi trường phản ứng. Chính vì thế việc khảo sát pH là việc không thể thiếu. Qua quá trình khảo sát thu được phổ UV-Vis của các mẫu có các giá trị pH khác nhau để so sánh khả năng oxi hóa hợp chất TMB ta thu được kết quả so sánh như Hình 5a. Dựa vào tất cả các kết quả khảo sát và sự so sánh độ hấp thu thể hiện ở Hình 5b giữa các mẫu với các môi trường pH khác nhau ta nhận thấy được, dung dịch mẫu có giá trị pH = 3 có cường độ hấp thu tại bước sóng 654 nm tăng đột biến và sau đó giảm dần môi trường của mẫu dung dịch có giá trị cao hơn. Độ hấp thu tối đa đạt được ở pH = 3 chỉ ra rằng quá trình oxi hóa TMB xảy ra trong môi trường acid yếu phù hợp với điều kiện được báo cáo

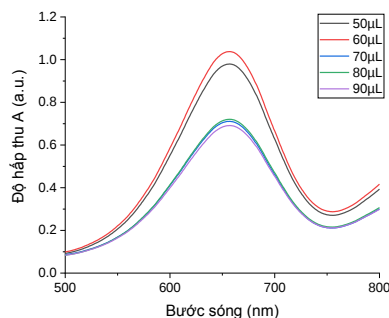
cho oxy hóa TMB. Vì vậy, môi trường thuận lợi và được chọn để tiếp tục các khảo sát các điều kiện ảnh hưởng cho quá trình oxi hóa TMB bằng  $H_2O_2$  có xúc tác nano vàng (AuNPs) khi có giá trị pH = 3.



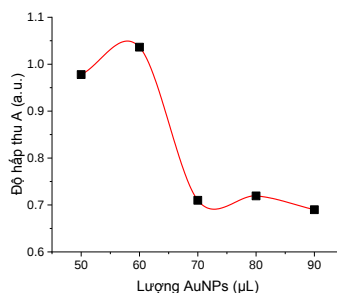
(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 5. Phổ hấp thu của thí nghiệm khảo sát pH (a) và sự phụ thuộc độ hấp thu vào giá trị pH (với AuNPs) (b); Phổ hấp thu của thí nghiệm khảo sát lượng xúc tác AuNPs (c) và sự phụ thuộc độ hấp thu vào lượng xúc tác AuNPs (d).

### 3.5. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của lượng AuNPs đến phản ứng tạo màu ox-TMB

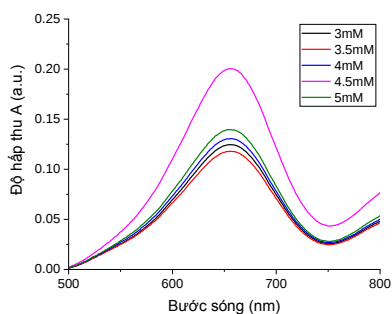
Từ quá trình khảo sát sự ảnh hưởng của lượng xúc tác AuNPs ta nhận được kết quả của cường độ hấp thu của các mẫu dung dịch có các lượng AuNPs khác nhau. Phổ hấp thu của mẫu dung dịch gồm: dung dịch TMB, đệm acetate,  $H_2O_2$  và lượng xúc tác AuNPs khác nhau cho thấy có sự thay đổi về phổ hấp thu. Cụ thể, ở bước sóng 654 nm các mẫu có cùng một lượng, cùng nồng độ các dung dịch TMB, đệm acetate pH = 3, dung dịch  $H_2O_2$  nhưng khác nhau về lượng AuNPs được thay đổi từ 50 - 90  $\mu L$ , cường độ hấp thu tăng nhẹ ở ở mẫu có chứa 60  $\mu L$  so với mẫu khảo sát 50  $\mu L$  AuNPs. Và sau đó giảm mạnh khi lượng AuNPs có trong mẫu khảo sát tăng lên 70  $\mu L$  AuNPs và cường độ hấp thu phổ tiếp tục giảm xuống khi lượng mẫu được tăng lên theo Hình 5c,d. Vậy lượng xúc tác phù hợp cho quá trình phản ứng là 60  $\mu L$  và được chọn làm giá trị tối ưu cho các phản ứng khảo sát các yếu tố còn lại.

### 3.6. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ TMB đến quá trình oxi hóa TMB với chất oxi hóa $H_2O_2$ có xúc tác AuNPs

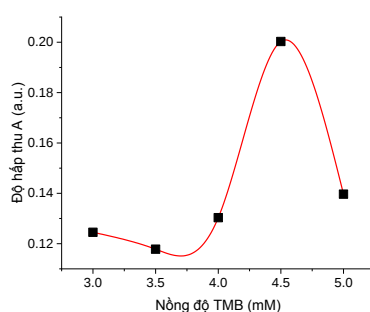
Dựa vào kết quả số liệu đã khảo sát được, lập đồ thị thể hiện cường độ hấp thu giữa các mẫu thu được như Hình 6a,b. Theo kết quả Hình 6a,b cho thấy mẫu dung dịch có nồng độ TMB là 4.5 mM có độ hấp thu lớn nhất và giảm mạnh khi dung dịch mẫu có nồng độ TMB là 5 mM. Vì vậy, nồng độ của hợp chất TMB được lựa chọn để tối ưu cho phản ứng oxi hóa khử giữa hợp chất TMB và  $H_2O_2$  có xúc tác AuNPs là 4.5 mM.

### 3.7. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ $H_2O_2$ đến quá trình oxi hóa TMB bằng chất oxi hóa $H_2O_2$ có xúc tác AuNPs

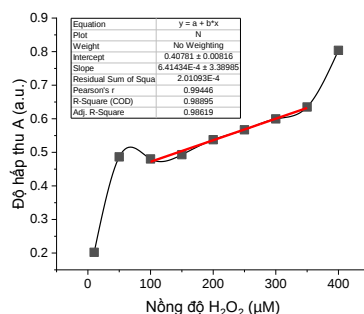
Từ nồng độ  $H_2O_2$  khảo sát ở Hình 6c,d ta có độ hấp thu A tương ứng với nồng độ  $H_2O_2$  của khoảng nồng độ  $H_2O_2$  tuyến tính được thể hiện ở Bảng 1.



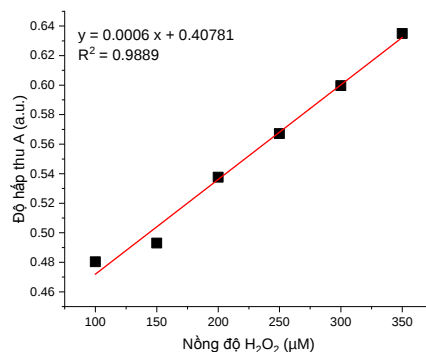
(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 6. Phổ hấp thu của thí nghiệm khảo sát nồng độ TMB (a) và sự phụ thuộc độ hấp thu vào nồng độ TMB (với AuNPs) (b); Sự phụ thuộc của độ hấp thu vào nồng độ  $H_2O_2$ : vùng khảo sát 1-400  $\mu M$  (c) và vùng tuyến tính 100-350  $\mu M$  (d)

Bảng 1. Độ hấp thu và nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> trong khoảng tuyến tính của nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sử dụng xúc tác AuNPs.

| Độ hấp thu A                                      | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |
|---------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                   | 0.48033 | 0.49306 | 0.53761 | 0.56718 | 0.59964 | 0.63497 |
| C <sub>M</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (μM) | 100     | 150     | 200     | 250     | 300     | 350     |

Từ bảng kết quả trên ta tính được phương trình hồi quy tuyến tính:

$$y = 0.40781 + 6.41434 \times 10^{-4}x$$

$$SD = 0.00816; \%RSD = SD/C_{tb} \times 100 = 0.00816/225 \times 100 = 3.6266 \times 10^{-3}$$

$$LOD = (SD/b)/3.3 = (0.00816/6.41434 \times 10^{-4}) \times 3.3 = 41.99 \mu M$$

$$LOQ = (SD/b)/10 = (0.00816/6.41434 \times 10^{-4}) \times 10 = 127.25 \mu M$$

Như vậy, giới hạn phát hiện H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bằng phản ứng tạo màu của hợp chất ox-TMB có xúc tác AuNPs là 41.99 μM, giới hạn định lượng là 127.25 μM.

#### 4. KẾT LUẬN

AuNPs được tổng hợp bằng cách sử dụng dịch chiết lá *Phlogacanthus turgidu* cho kết quả peak hấp thu ở khoảng bước sóng 500 nm - 600 nm, với cấu trúc của các hạt AuNPs có các hình dạng khác nhau bao gồm hình trụ, hình cầu, hình đa giác,... và các cụm hạt AuNPs có kích thước khác nhau. Việc khảo sát các điều kiện ảnh hưởng đến quá trình oxi hóa TMB với chất oxi hóa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> có xúc tác AuNPs này đưa ra các điều kiện tối ưu nhất cho quá trình phát hiện lượng H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> thông qua phản ứng tạo màu ox-TMB với chất xúc tác AuNPs. Điều kiện tối ưu cho quá trình oxi hóa TMB với sự có mặt H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> xúc tác là: nhiệt độ phản ứng 60°C, thời gian phản ứng 30 phút, pH 3, lượng AuNPs 60 μL, nồng độ TMB 4.5 mM, khoảng nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tuyến tính 100 - 350 μM. Nhờ đó mà ta có thể đánh giá được khả năng ứng

dụng làm cảm biến H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Giới hạn phát hiện H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bằng phản ứng tạo màu của hợp chất ox-TMB có xúc tác AuNPs là 41.99 μM, giới hạn định lượng là 127.25 μM.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 104.99-2021.56

#### TAI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Dang, V. S., Tran, H. H., Dieu, P. T. T., Tran, M. T., Dang, C. H., Mai, D. T., Doan, V. D., Nguyen, T. L. H., Chi, T. T. K., & Nguyen, T. D., (2022). Effective catalysis and antibacterial activity of silver and gold nanoparticles biosynthesized by *Phlogacanthus turgidus*. *Research on Chemical Intermediates*, **48**(5), 2047-2067.
- [2] Nguyen, T. T. N., Vo, T. T., Nguyen, B. N. H., Nguyen, D. T., Dang, V. S., Dang, C. H., & Nguyen, T. D., (2018). Silver and gold nanoparticles biosynthesized by aqueous extract of burdock root, *Arctium lappa* as antimicrobial agent and catalyst for degradation of pollutants. *Environmental Science and Pollution Research*, **25**(34), 34247-34261.
- [3] Vo, T. T., Nguyen, T. T. N., Huynh, T. T. T., Vo, T. T. T., Nguyen, T. T. N., Nguyen, D. T., Dang, V. S., Dang, C. H., & Nguyen, T. D., (2019). Biosynthesis of silver and gold nanoparticles using aqueous extract from *Crinum latifolium* leaf and their applications forward antibacterial effect and wastewater treatment. *Journal of Nanomaterials*, **2019**, 1-14.
- [4] Shipway, A. N., Katz, E., & Willner, I., (2000). Nanoparticle arrays on surfaces for electronic, optical, and sensor applications. *Angewandte Chemie (International Edition in English)*, **39**(15) SUPPL., 19-52.
- [5] Tracey, C. T., Torlopov, M. A., Martakov, I. S., Vdovichenko, E. A., Zhukov, M., Krivoschapkin, P. V., Mikhaylov, V. I., & Krivoschapkina, E. F., (2020). Hybrid cellulose nanocrystal/magnetite glucose

biosensors. *Carbohydrate Polymers*, **247** (February), 116704.

[6] Mohammed, F. S., Cole, S. R., & Kitchens, C. L., (2013). Synthesis and enhanced colloidal stability of cationic gold nanoparticles using polyethyleneimine and carbon dioxide. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, **1**(7), 826–832.

[7] Phụ lục 17 - Kèm thông tư số 28/2010/TT-BCT ngày 28 tháng 6 năm 2010 của Bộ Công Thương, (2014). *Bộ Công Thương*, **17**, 1–7.

[8] D. Eldridge and C. P. Holstege, (2016). Hydrogen peroxide. *Chemwatch*, **7.1.1.1**, 1–13, 2016.

[9] Chen, S., Yuan, R., Chai, Y., & Hu, F., (2013). Electrochemical sensing of hydrogen peroxide using metal nanoparticles: A review. *Microchimica Acta*, **180**(1-2), 15-32.

[10] Giới, Đ. H., Th, B., Th, P., Thúy, T., & Nam, Đ. Đ. (2016). Tạo cảm biến từ nano vàng và AND chức năng để phát hiện nhanh ion thủy ngân trong nước. *Tạp chí Khoa học nông nghiệp Việt Nam*, **14**(3), 491–500.

[11] Lin, W., Yeung, C., Liang, C., Huang, Y., Liu, C., & Hou, S., (2018). A colorimetric sensor for the detection of hydrogen peroxide using. In *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **0**, 1–7.

[12] Lu, M., Su, L., Luo, Y., Ma, X., Duan, Z., Zhu, D., & Xiong, Y., (2019). Gold nanoparticle etching induced by an enzymatic-like reaction for the colorimetric detection of hydrogen peroxide and glucose. In *Analytical Methods* **11**(37), 4829–4834.

[13] N. and ChangSoonHuh, (2024). The optimization of gold nanoparticles–horseradish peroxidase as peroxidase mimic using central composite design for the detection of hydrogen peroxide. *Nano Express*, **5**(015012), 1–14.

[14] C. zheng; W. K. T. Y. and X. An, (2013). Intrinsic peroxidase-like activity and the catalytic mechanism of gold @ carbon dots nanocomposites. *RSC Adv.*, **00**(1–3), 1–8.

[15] M. H. A. Md. Abu Rayhan Khan , Muhammad Shamim Al Mamun , Md. Ahsan Habib , A.B.M. Nazmul Islam , Md. Mahiuddin , Kaykobad Md. Rezaul Karim , Jannatul Naime , Prianka Saha , Shishir Kumar Dey, (2022). A review on gold nanoparticles: Biological synthesis, characterizations, and analytical applications. *Chemistry (Easton).*, **4**(100478), 1–19.