

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU

1.1. LÁ ỒI (LEAF *GUAVA*)

Ồi là một loại cây ăn quả phát triển và thích nghi tốt ở khí hậu khô. Lá ổi được ứng dụng rộng rãi trong y học cổ truyền và dân gian, ... Ngoài ra, nó còn có các hoạt tính sinh học đặc biệt khác (Gutiérrez, Mitchell and Solis, 2008).



Hình 1.1. Lá ổi

1.1.1. Sử dụng trong y học cổ truyền

Trong y học truyền thống dịch chiết lá ổi được dùng để chữa tiêu chảy, kiết lỵ, nôn mửa, viêm họng, tăng huyết áp, sâu răng, giảm đau và hạ sốt. Rễ, vỏ và quả non thường để chữa viêm dạ dày, đắp lên vết thương, vết loét và đau khớp. Nước sắc của lá non dùng để giải nhiệt (Kamath *et al.*, 2008).

1.1.2. Hóa thực vật (lá ổi)

Lá chứa tinh dầu với thành phần chính là α – pinene, β – oinene, menthol, isopropyl alcohol, β – bisabolene, β – copanene, selinene, cardinene... (Gutiérrez, Mitchell and Solis, 2008). Ngoài ra, lá còn chứa acid triterpenic cũng như flavonoid, avicularin có tác dụng kháng khuẩn mạnh.

1.1.3. Hoạt tính sinh học của lá ổi

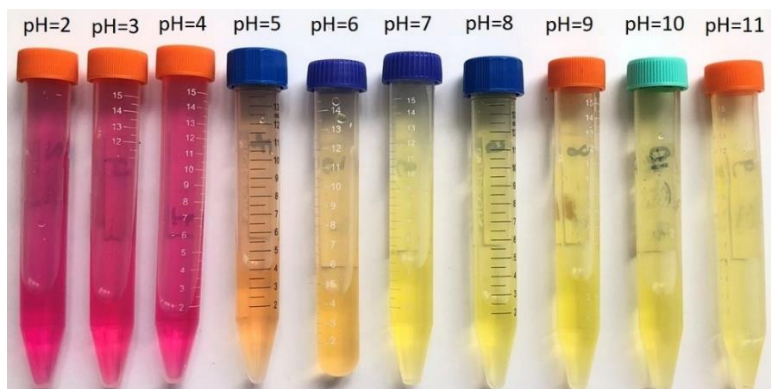
Các nghiên cứu khoa học về dược tính của lá ổi đã được tiến hành trong nhiều năm để khám phá các hoạt tính sinh học như là kháng khuẩn, chống oxy hóa, tim mạch và hạ huyết áp, chống tăng đường huyết... (Thaipong *et al.*, 2005; Pan *et al.*, 2006).

Ngoài những tác dụng trên, lá ổi còn là nguyên liệu để tổng hợp AgNPs. Việc sử dụng dịch chiết lá ổi để tổng hợp AgNPs được quan tâm nghiên cứu nhiều và có nhiều công dụng khác nhau (Raghunandan *et al.*, 2011; Ntumba *et al.*, 2019). Cụ thể, trong nghiên cứu này đang sử dụng chiết xuất lá ổi để tổng hợp AgNPs ứng dụng kháng khuẩn

(Bose and Chatterjee, 2016; Wang *et al.*, 2018), hoạt tính kháng nấm (Suwan, Khongkhunthian and Okonogi, 2019) và quang xúc tác phân hủy thuốc nhuộm trong nước (Kumar *et al.*, 2013; Vanaja *et al.*, 2014).

1.2. SƠ LƯỢC VỀ THUỐC NHUỘM METHYL ĐỎ

Methyl đỏ (axit azobenzenecarboxylic), có công thức là $C_{15}H_{15}N_3O_2$. Là một loại thuốc nhuộm azo ở dạng bột tinh thể màu đỏ sẫm. Methyl đỏ là chất chỉ thị pH, ở pH dưới 4 thì có màu đỏ, pH trên 6 thì có màu vàng và ở giữa là màu cam.



Hình 1.2. Sự thay đổi màu của methyl đỏ theo pH dung dịch

Hầu hết các loại thuốc nhuộm được dùng để tạo màu cho ngành dệt, giấy, da, gốm sứ, mỹ phẩm, mực in... đều có nguồn gốc từ thuốc nhuộm azo. Chúng là loại thuốc nhuộm phổ biến nhất và linh hoạt nhất (Manu and Chaudhari, 2003), nhưng có đặc tính cấu trúc không dễ phân hủy trong điều kiện tự nhiên (Rajaguru *et al.*, 2000) và thường không được loại bỏ khỏi nước bằng các hệ thống xử lý nước thải thông thường (Azmi, Sani and Banerjee, 1998), chứa nhiều chất gây ung thư (Hildenbrand *et al.*, 1999) và có thể gây phản ứng dị ứng ở người (Waldmann and Vakilzadeh, 1997). Một số chất có thể gây ra mối nguy hiểm tiềm ẩn (van der Zee, Lettinga and Field, 2001; Martins *et al.*, 2002) vì khả năng gây ung thư của chúng (Chung, Stevens and Cerniglia, 1992; Chagas and Durrant, 2001) hoặc gây độc tế bào (Waldmann and Vakilzadeh, 1997).

1.3. GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ NANO

1.3.1. Giới thiệu chung

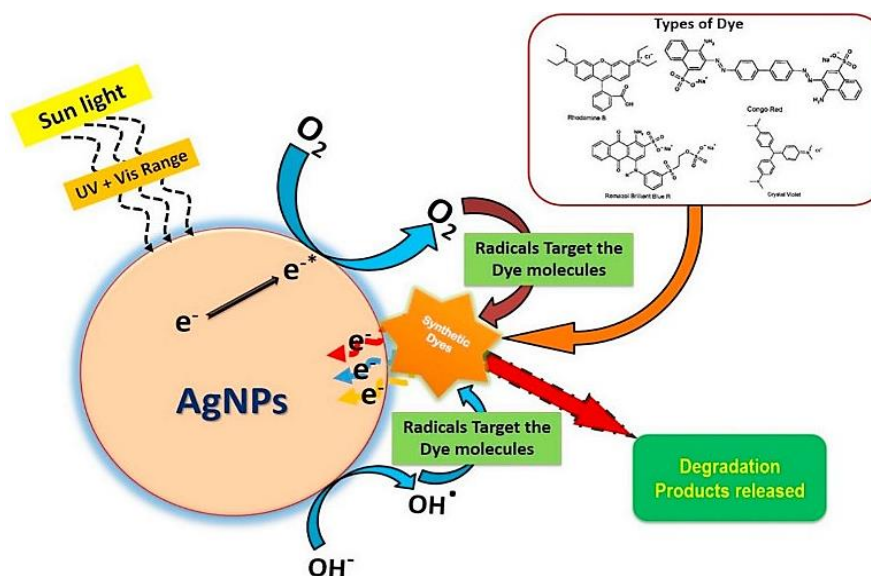
Công nghệ nano có thể được định nghĩa việc kiểm soát vật chất sao cho kích thước của nó nằm trong phạm vi từ 1 đến 100 nm (Ahmed *et al.*, 2017). Công nghệ nano bao gồm sản xuất nano, vật liệu nano và ứng dụng của các hệ thống vật lý, hóa học và sinh học... Công nghệ nano cung cấp các ứng dụng hiệu quả, từ kỹ thuật hóa học truyền thống đến công nghệ y học và môi trường. AgNPs đã nổi lên với những đóng góp hàng đầu trong các ứng dụng đa dạng, chẳng hạn như nông nghiệp và mỹ phẩm (Fukui, 2018).

1.3.2. Công nghệ tổng hợp nano xanh

Tổng hợp nano xanh là một quy trình thân thiện với môi trường, thường sử dụng các bộ phận khác nhau của thực vật và chiết xuất thực vật, nấm, tảo... để chế tạo vật liệu nano (Sarkar *et al.*, 2022). Việc tổng hợp AgNPs sử dụng dịch chiết lá ổi, phù hợp với mục tiêu nghiên cứu đã đề ra (Ntoumba *et al.*, 2019; Sougandhi and Ramanaiah, 2020).

1.4. GIỚI THIỆU VỀ HOẠT TÍNH QUANG XÚC TÁC CỦA AgNPs

1.4.1. Cơ chế quang xúc tác phân hủy thuốc nhuộm



Hình 1.3. Cơ chế quang xúc tác (Marimuthu *et al.*, 2020)

Quang xúc tác là một cơ chế chính trong xử lý nước thải dệt nhuộm. Cụ thể là khi chiếu ánh sáng có năng lượng đủ lớn thì các electron sẽ bị kích thích từ dải hóa trị sang dải dẫn tạo ra các cặp electron – lỗ trống quang hóa. Các lỗ trống và các electron được tạo ra đó hoạt động như một tác nhân oxy hóa mạnh, phân hủy hoàn toàn thuốc nhuộm độc hại thành CO₂, H₂O và các ion khác (Jose *et al.*, 2018; Marimuthu *et al.*, 2020).

1.4.2. Hoạt tính quang xúc tác của AgNPs

Chất xúc tác quang có thể được tổng hợp từ các nguyên tố khác như là Au, Ag... Nhưng trong bài dùng Ag vì Ag nổi tiếng với các đặc tính độc đáo khiến nó khác biệt với các hạt nano khác. Với các điểm nổi bật này cộng với chi phí vật liệu thấp hơn so với các kim loại quý khác như Au và Pt... các ứng dụng của nó không chỉ giới hạn ở quang học và điện tử mà còn ở hàng tiêu dùng kháng khuẩn và các sản phẩm y tế (Murphy *et al.*, 2015). Trong xử lý nước, Ag được nghiên cứu như một chất hấp phụ hiệu quả (Das *et al.*, 2013). Khả năng khử trùng vượt trội của nó rất thuận lợi trong việc xử lý nước vì trong nước thải dệt nhuộm thường chứa nhiều vi khuẩn và khó phân hủy.

Các hạt AgNPs đã được báo cáo là chất quang xúc tác hiệu quả (Mohamed *et al.*, 2012) liên quan đến hiệu ứng plasmon bề mặt (Garcia, 2011). Các hạt nano này cho thấy các đặc tính mới dựa trên cấu trúc và đặc điểm hình thái của chúng so với các vật liệu khối. Hơn nữa, nó còn có các đặc tính khoa học như từ tính, quang xúc tác, xử lý nước thải, bản chất quang – điện môi, dẫn nhiệt, độ bền... Các đặc tính này tốt hơn các vật liệu hoặc hóa chất truyền thống (Bhardwaj, Gupta and Naraiian, 2019; Gómez-López *et al.*, 2020; Nasrollahzadeh *et al.*, 2020).

1.5. NHỮNG NGHIÊN CỨU VỀ TỔNG HỢP AgNPs

1.5.1. Nghiên cứu nước ngoài

Trong vài năm qua, các AgNPs đã trở thành chủ đề nghiên cứu đáng được chú ý và phát triển vì vật liệu chứa AgNPs đã chứng tỏ có những đặc điểm thú vị, tiềm năng (Robinson and Hsu, 2017). Đặc biệt, nano bạc đang được chú ý vì đem lại nhiều ứng dụng an toàn cho môi trường và con người. Cụ thể trong các nghiên cứu sau:

Năm 2023, tác giả Gonzalez Pedroza và cộng sự đã tạo ra AgNPs sinh học từ cây *Cuphea procumbens* ứng dụng trong y sinh và môi trường. Trong nghiên cứu đã chứng minh được dịch chiết của *Cuphea procumbens* tổng hợp AgNPs sinh học có hoạt tính kháng khuẩn và chống ung thư. TEM chứng minh AgNPs sinh học có dạng hình cầu với kích thước khoảng 23.45 nm, quan sát UV – Vis thấy được bước sóng cực đại ở 441 nm, các AgNPs chứng minh được tính kháng khuẩn chống lại vi khuẩn gây bệnh *E. Coli* và *Staphylococcus aureus* xác định vùng ức chế cực đại ở nồng độ 0.225 và 0.158 $\mu\text{g/mL}$. Hơn nữa, AgNPs còn có hoạt tính chống khối u và chỉ số điều trị (TI) (IC_{50} là 2.56 $\mu\text{g/mL}$, TI là 27.65 $\mu\text{g/mL}$) (González-Pedroza *et al.*, 2023).

Năm 2020, tác giả Shani Raj đã tổng hợp AgNPs sử dụng chiết xuất *Terminalia arjuna* và hiệu quả của nó đối với xúc tác phân hủy thuốc nhuộm hữu cơ. TEM cho thấy AgNPs ở dạng hình cầu, nằm trong khoảng từ 10 – 50 nm. Ngoài ra, AgNPs cho thấy sự phân hủy mạnh MO (86.68 %), MB (93.6 %), CR (92.2 %) bằng cách hoàn thành phản ứng khử trong 20 phút. Đây là phương pháp hiệu quả và có tác dụng phân hủy thuốc nhuộm độc hại (Raj *et al.*, 2020).

Năm 2023, tác giả Elbadawy nghiên cứu phân hủy thuốc nhuộm dệt nhờ xúc tác quang bền vững và tiết kiệm năng lượng được hỗ trợ bởi AgNPs. Điều chế AgNPs từ polyme sinh học chitosan, được phân tích đầy đủ bằng UV – Vis, FTIR, XRD, HR – TEM, EDX. Nồng độ khác nhau (0.02 – 0.18 g/L) của các hạt nano được tích hợp vào

hỗn hợp các chất xúc tác quang nano dị thể TiO_2 và ZnO (tỉ lệ khối lượng 1:1) dưới tác dụng chiếu tia UV phân hủy thuốc nhuộm dệt axit đỏ 37 thu được nước sạch. Dữ liệu cho thấy rằng việc tăng nồng độ AgNPs trong hỗn hợp xúc tác thì hằng số tốc độ biểu kiến cao kèm theo sự gia tăng hiệu suất lượng tử biểu kiến, sau đó là sự phá hủy thuốc nhuộm sau một thời gian ngắn ($t_{0.5} = 3$ phút) (Elbadawy *et al.*, 2023).

1.5.2. Nghiên cứu trong nước

Hiện nay các bài báo nghiên cứu về AgNPs trong nước ta có khá ít, nhưng cũng có một số nghiên cứu như sau:

Năm 2022, tác giả Phạm Ngọc Thuật đã tổng hợp AgNPs từ dịch chiết lá chè và đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của nó. Các yếu tố khảo sát là giá trị pH, lượng dịch chiết sử dụng, nồng độ AgNO_3 và thời gian phản ứng. Phương pháp xác định đặc tính AgNPs là FTIR, XRD, SEM. AgNPs có hoạt tính kháng khuẩn chống lại *P. aeruginosa*, *S. aureus* với vùng ức chế tương ứng nằm trong khoảng từ 16 – 26 mm và 22 – 29 mm (Thuật, 2022).

Năm 2023, tác giả Bạch Thị Mỹ Hiền và cộng sự đã tổng hợp xanh và khảo sát động học xúc tác của AgNPs từ chiết xuất hoa *Aglaia duperreana*. Các điều kiện tối ưu sau khảo sát là thời gian 30 phút, nhiệt độ 90°C , nồng độ Ag^+ là 1 mM. Đặc trưng cấu trúc của AgNPs được xác định bằng XRD, FR – SEM, FTIR, EDX và DLS. Ứng dụng AgNPs trong phân hủy Methyl xanh (MB) (Hiền and Hương, 2023).

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. HÓA CHẤT VÀ THIẾT BỊ

2.1.1. Hóa chất

- Bạc nitrat (AgNO_3) 99.8 %, dạng tinh thể có xuất xứ từ Trung Quốc.
- Methyl đỏ ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{O}_2\text{N}_3$) 99 %, dạng bột tinh thể màu đỏ sẫm có xuất xứ từ Trung Quốc.
- Natri hydroxit (NaOH) 99 %, dạng hạt có xuất xứ ở Việt Nam.
- Axit clohydric (HCl) 36 – 38 %, xuất xứ ở Trung Quốc.
- Nước cất được sử dụng xuyên suốt.

2.1.2. Thiết bị

- Cân phân tích



Hình 2.1. Cân phân tích 3 số

- + Cân phân tích 3 số Ohaus Mỹ – PX233/E 0001
- + Đặc điểm tính năng: Là dụng cụ sử dụng để xác định khối lượng của mẫu, cấp chính xác cao.
- Bếp khuấy từ



Hình 2.2. Bếp khuấy từ

- + Thương hiệu MXBAOHENG
- + Đặc điểm tính năng:
 - Tốc độ thay đổi 0 – 2600 vòng/phút
 - Nhiệt độ kỹ thuật số, lên đến 100 °C.

- Là thiết bị để khuấy trong cốc cao, kín. Có thể cài đặt và hiển thị nhiệt độ khá chính xác.
- Máy đo pH



Hình 2.3. Máy đo pH

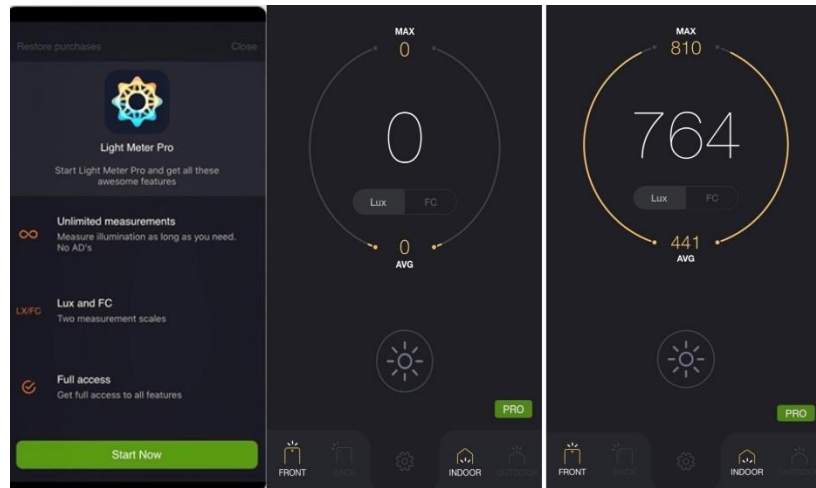
- + Được sản xuất bởi ROMANIA
 - + Đặc điểm tính năng:
 - Phạm vi pH: từ 0 – 14
 - Tự động tắt sau 8 phút
 - Đầu điện cực hình nón và môi nối hở dễ dàng để đo, giảm thiểu tắc nghẽn và dễ dàng làm sạch
 - Ống bọc điện cực PVDF có thể tháo rời
 - Dễ thao tác, sử dụng, dễ nhìn.
- Máy quang phổ UV – Vis Shimadzu UV – 1800



Hình 2.4. Máy quang phổ UV – Vis Shimadzu UV – 1800

- + Xuất xứ ở Nhật Bản
- + Hệ thống quang học 2 chùm tia, cung cấp độ phân giải cao 1nm, ứng dụng nhiều bước sóng
- + Dùng để nghiên cứu so sánh các mẫu khác nhau.

– Thiết bị đo cường độ chiếu sáng:



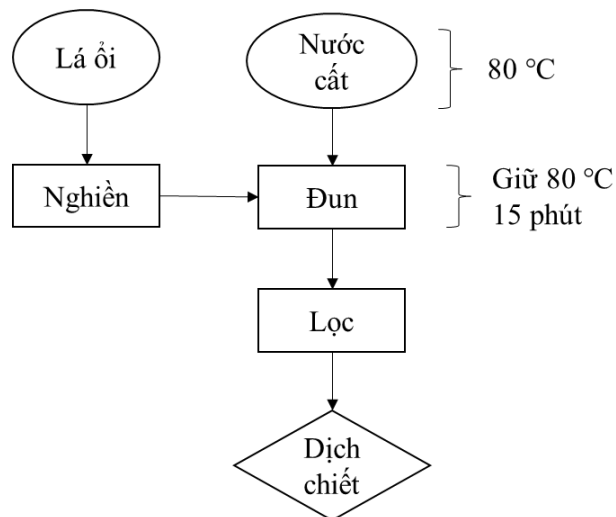
Hình 2.5. Ứng dụng đo cường độ chiếu sáng (Lux Light Meter)

+ Đo cường độ chiếu sáng bằng ứng dụng Lux Light Meter trên điện thoại. Ứng dụng này sử dụng một số cảm biến ánh sáng để hiển thị giá trị trung bình và tối đa theo Lux và FC.

2.2. THỰC NGHIỆM

2.2.1. Quy trình thực nghiệm

2.2.1.1. Chuẩn bị dịch chiết



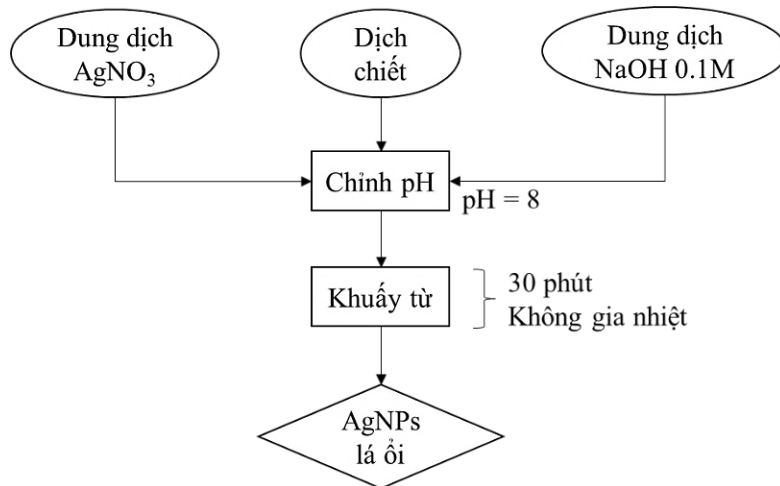
Hình 2.6. Quy trình chuẩn bị dịch chiết lá ổi

Thuyết minh về quy trình: Nước cất được đun sẵn ở 80 °C. Lá ổi rửa sạch bằng nước rồi nghiền nát, đun với nước ở 80 °C trong 15 phút (giữ nhiệt độ 80 °C trong lúc đun). Lọc dung dịch đã đun thu được dịch chiết dùng để tổng hợp AgNPs.



Hình 2.7. Dịch chiết lá ổi

2.2.1.2. Tổng hợp AgNPs



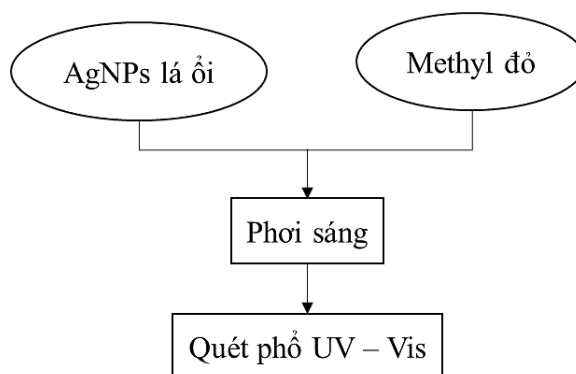
Hình 2.8. Quy trình tổng hợp AgNPs

Thuyết minh về quy trình: Dịch chiết lá ổi (4 mL) đem đi khuấy từ cùng dung dịch bạc nitrat AgNO₃ (20 mL). AgNO₃ ở dạng tinh thể được pha ở nồng độ 2.5 mM. Chỉnh pH của dung dịch bằng 8 (sử dụng NaOH 0.1M). Sau khi đạt pH = 8 thì khuấy từ trong 30 phút (chỉnh pH xong mới bắt đầu tính thời gian) và không gia nhiệt. Thu được dung dịch AgNPs lá ổi.



Hình 2.9. AgNPs lá ổi

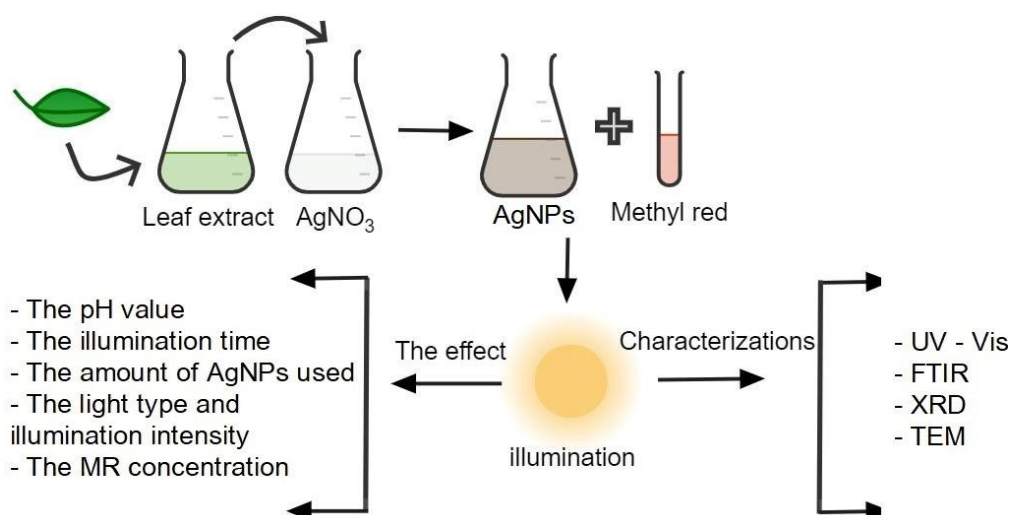
2.2.1.3. Quang xúc tác phân hủy methyl đỏ



Hình 2.10. Quy trình quang xúc tác phân hủy methyl đỏ

Thuyết minh về quy trình: Trộn dung dịch methyl đỏ và AgNPs lại, đem phơi sáng. Quét phổ UV – Vis sau khi dung dịch đã phơi sáng và khảo sát thêm các yếu tố cần thiết cho quá trình xúc tác quang hóa.

2.2.2. Sơ đồ nghiên cứu



Hình 2.11. Sơ đồ mô tả quá trình tổng hợp AgNPs và phân hủy thuốc nhuộm MR

2.2.3. Nội dung nghiên cứu

2.2.3.1. Nội dung 1: Xác định đặc trưng cấu trúc của AgNPs tổng hợp từ dịch chiết lá ổi sử dụng các phương pháp: FTIR, XRD, TEM

- FTIR: Quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier
 - + FTIR thường khảo sát nhóm chức bề mặt tham gia vào quá trình hình thành hoặc ổn định AgNPs bằng các chiết xuất khác nhau (Pryshchepa, Pomastowski and Buszewski, 2020).
- XRD: Nhiễu xạ tia X
 - + XRD là phân tích về bản chất tinh thể và độ tinh khiết của AgNPs (Whittig and Allardice, 1986).

- TEM: Kính hiển vi điện tử truyền qua
 - + Là kỹ thuật nghiên cứu đặc điểm về kích thước và hình dạng của AgNPs (Pryshchepa, Pomastowski and Buszewski, 2020).

2.2.3.2. Nội dung 2: Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình xúc tác quang hoá

Bảng 2.1. Yếu tố khảo sát của quá trình quang xúc tác

Yếu tố khảo sát	Thông số khảo sát
Giá trị pH	1.5 – 11
Thời gian phơi sáng	1h – 72h
Lượng AgNPs sử dụng	0.1 mL – 1 mL
Điều kiện ánh sáng và cường độ chiếu sáng	Ánh sáng mặt trời; ánh sáng phòng; cường độ chiếu sáng
Nồng độ MR	1mg/L; 5mg/L; 10mg/L

- **Giá trị pH**

- + Mục đích: Khảo sát màu sắc, bước sóng hấp thụ cực đại và độ hấp thụ cực đại để chọn được pH tối ưu
- + Chọn cố định: Nồng độ 10mg/L, thời gian phơi sáng 72h, lượng AgNPs sử dụng là 1mL, ánh sáng mặt trời
- + Lần lượt khảo sát giá trị pH theo Bảng 2.1
- + Thí nghiệm: Cho dung dịch methyl đỏ (10mg/L) và 1mL AgNPs vào ống ly tâm hoặc ống thủy tinh rồi tiến hành chỉnh pH như giá trị bảng 2.1 rồi tiến hành phơi sáng trong 72h dưới ánh sáng mặt trời. Sau khi phơi tiến hành đo UV – Vis.

- **Thời gian phơi sáng**

- + Mục đích: Chọn được thời gian phơi sáng tối ưu
- + Chọn cố định: Nồng độ 10mg/L, lượng AgNPs sử dụng là 1mL, ánh sáng mặt trời, giá trị pH đã khảo sát ở trên
- + Lần lượt khảo sát thời gian phơi sáng theo Bảng 2.1 và thực hiện tương tự như thí nghiệm trên.

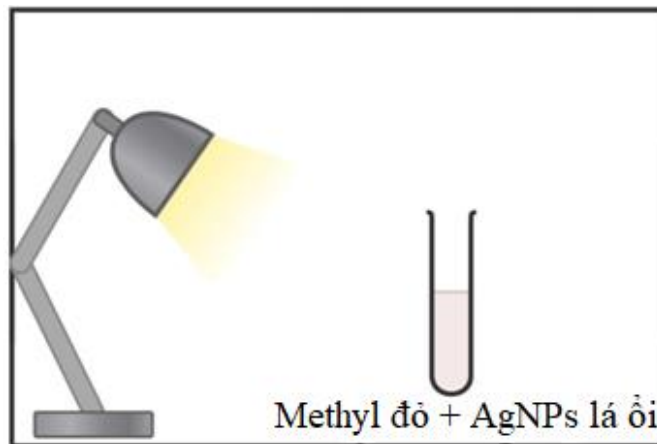
- **Lượng AgNPs sử dụng**

- + Mục đích: Chọn được lượng AgNPs tối ưu

- + Chọn cố định: Nồng độ 10mg/L, giá trị pH và thời gian phơi sáng đã khảo sát ở trên, ánh sáng mặt trời
- + Lần lượt khảo sát lượng AgNPs theo Bảng 2.1 và thực hiện tương tự như thí nghiệm trên.

– **Ánh sáng**

- + Mục đích: Chọn được ánh sáng tối ưu
- + Chọn cố định: Nồng độ 10mg/L, giá trị pH, thời gian phơi sáng, lượng AgNPs đã khảo sát ở trên
- + Lần lượt khảo sát ánh sáng theo Bảng 2.1
- + Thí nghiệm: thực hiện tương tự như thí nghiệm trên, riêng cường độ ánh sáng thì làm theo mô phỏng sau:



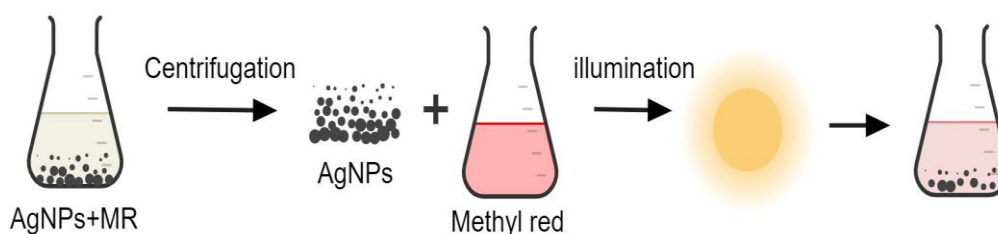
Hình 2.12. Mô tả khảo sát cường độ ánh sáng

– **Nồng độ**

- + Mục đích: Chọn nồng độ tối ưu
- + Chọn cố định các yếu tố: Giá trị pH, thời gian phơi sáng, lượng AgNPs sử dụng, ánh sáng mặt trời đã khảo sát ở trên
- + Lần lượt khảo sát ánh sáng theo Bảng 2.1 và thực hiện tương tự như thí nghiệm trên.

2.2.3.3. Nội dung 3: Bước đầu đánh giá khả năng tái sử dụng của AgNPs

Sau khi tiến hành quá trình xúc tác quang hóa, AgNPs sau thời gian phơi sáng sẽ xuất hiện keo tụ, kết tủa dưới đáy bình. Khi đó sẽ ly tâm để thu được lượng AgNPs đó rồi tái sử dụng vào quá trình phân hủy MR.



Hình 2.13. Mô tả quá trình tái sử dụng AgNPs

2.3. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

2.3.1. Phương pháp phân tích UV – Vis

Quang phổ UV – Vis có thể cung cấp thông tin định tính, định lượng về vật liệu được nghiên cứu (Oćwieja *et al.*, 2015), sau khi tiến hành đo phổ thì mỗi mẫu sẽ cho biết bước sóng, độ hấp thụ cực đại khác nhau đặc trưng cho các mẫu khác nhau, đóng góp vào quy trình xác định cấu trúc.

2.3.2. Phương pháp FTIR

Thường được dùng để khảo sát nhóm chức bề mặt (Viorica *et al.*, 2017), hoặc để kiểm tra các nhóm có thể tham gia vào quá trình hình thành hoặc ổn định AgNPs bằng các chiết xuất khác nhau (Eisa *et al.*, 2019). Trong nghiên cứu này, các mẫu được đo bằng DA 7250 At-line NIR Instrument.

2.3.3. Phương pháp XRD

Phân tích về bản chất tinh thể và độ tinh khiết của AgNPs. Kích thước tinh thể của AgNPs có thể tính được bằng cách áp dụng công thức Scherrer:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}$$

Trong đó, D là kích thước tinh thể (nm), k là hằng số Scherrer (k = 0.94 đối với các tinh thể hình cầu có đối xứng lập phương), λ là bước sóng tia X ($\lambda = 1.54 \text{ \AA}$), β FWHM, θ là góc Bragg.

2.3.4. Phương pháp TEM

TEM cung cấp một loạt các tín hiệu mà từ đó thu được hình ảnh có thể xác định được cấu trúc và hình dạng của AgNPs, các mẫu nhiễu xạ và một số loại quang phổ khác nhau từ cùng một vùng nhỏ của mẫu (Williams and Carter, 1996). Trong nghiên cứu, các mẫu được đo bằng JEM-1400Flash.

2.4. QUANG XÚC TÁC PHÂN HỦY METHYL ĐỎ (MR) SỬ DỤNG AgNPs TỔNG HỢP TỪ DỊCH CHIẾT LÁ ỒI

Chuẩn bị 10 mL dung dịch MR ở nồng độ 10 mg/L được pha loãng từ dung dịch gốc có nồng độ 1000 mg/L. Thêm dung dịch AgNPs đã tổng hợp vào theo các thể tích khác nhau. Mẫu đối xứng được chuẩn bị mà không thêm AgNPs vào. Việc loại bỏ MR bằng cách sử dụng AgNPs tổng hợp từ dịch chiết lá ổi được nghiên cứu thông qua các khảo sát đã nêu ở Bảng 2.1. Việc loại bỏ MR nhờ sử dụng AgNPs được đánh giá bằng cách xác định nồng độ MR còn lại thông qua độ hấp thu ở bước sóng 518 nm và phổ UV – Vis. Công thức tính phần trăm suy giảm quang xúc tác (%PD) của MR như sau:

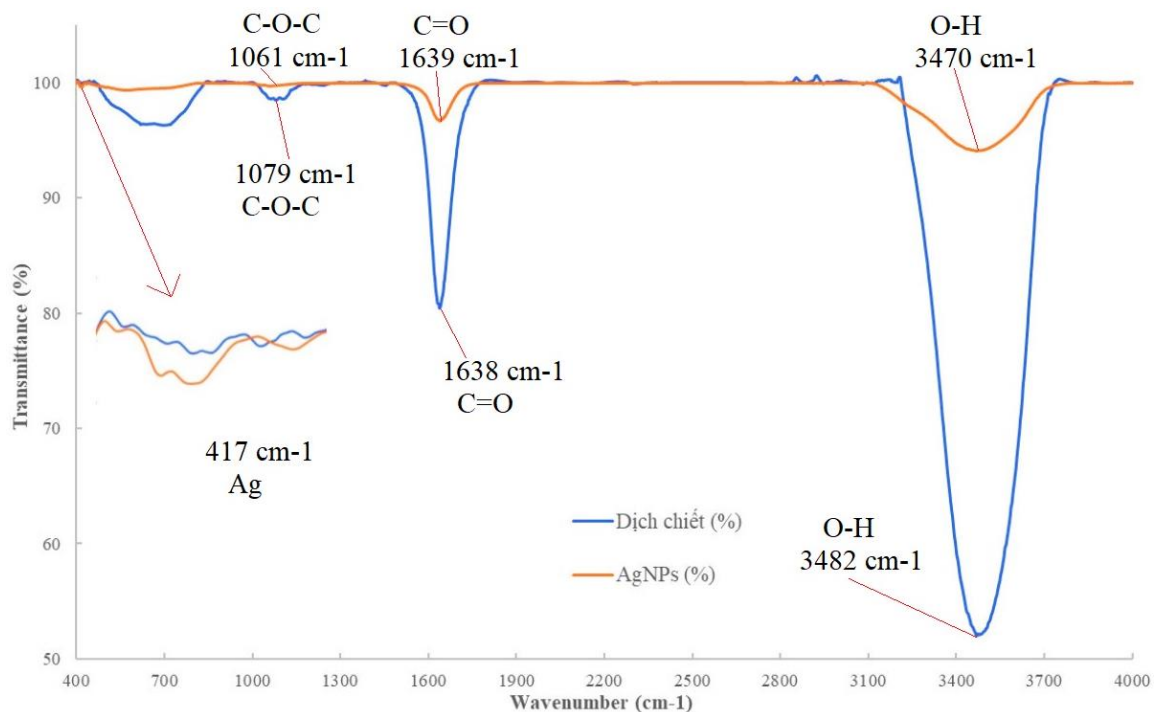
$$\%PD = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

Trong đó A_0 biểu thị độ hấp thu ban đầu của dung dịch MR, A biểu thị độ hấp thu của dung dịch MR sau quá trình quang xúc tác.

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. ĐẶC TRƯNG CẤU TRÚC CỦA AgNPs TỔNG HỢP TỪ DỊCH CHIẾT LÁ ỒI

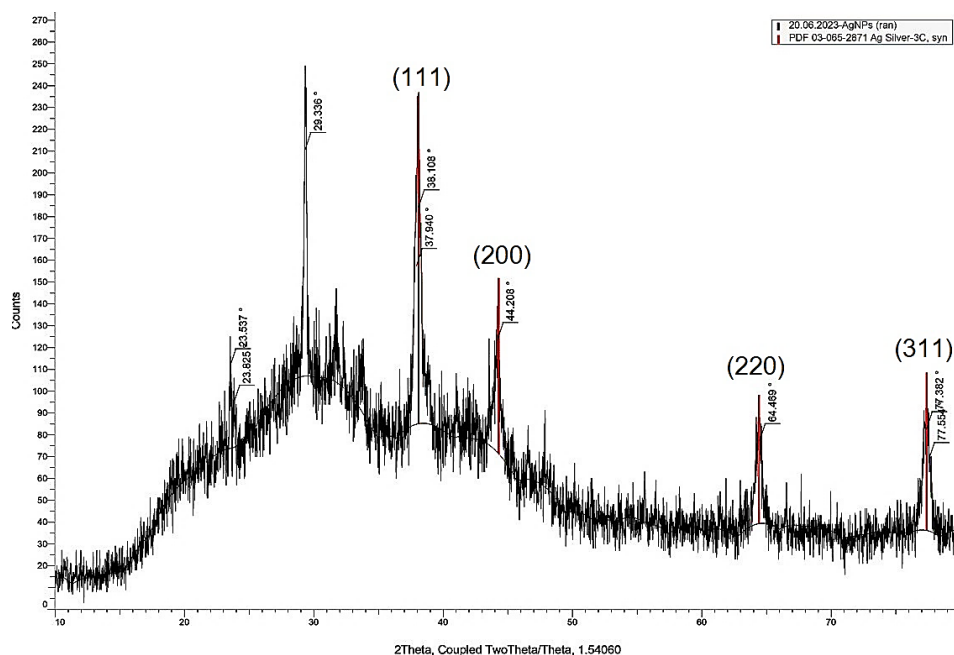
3.1.1. Kết quả phân tích FTIR



Hình 3.1. Phổ FTIR của dịch chiết lá ổi và AgNPs

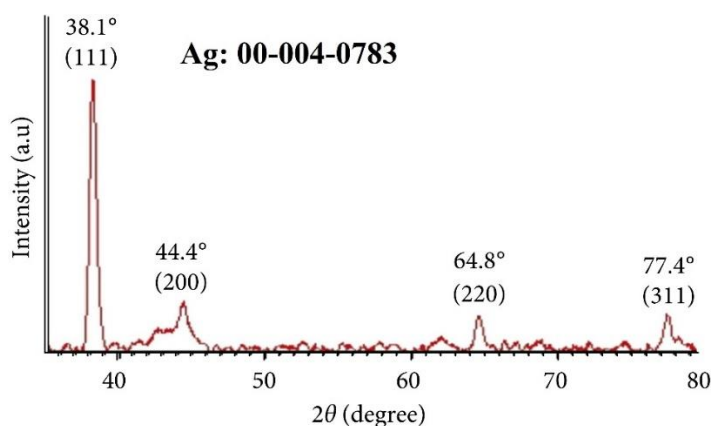
Phổ FTIR xác định sự có mặt của các nhóm chức có trong dịch chiết lá ổi và trong AgNPs sau khi dịch chiết tương tác với ion Ag⁺. Các mũi hấp thụ FTIR có trong dịch chiết lá ổi và AgNPs không khác nhau quá nhiều, cụ thể là mũi hấp thụ 3470 cm⁻¹ và 3482 cm⁻¹ tương ứng với dao động kéo dẫn của nhóm O – H, mũi hấp thụ tại 1639 cm⁻¹ và 1638 cm⁻¹ tương ứng với dao động kéo dẫn của nhóm C = O, trong khi dải hấp thụ tại 1061 cm⁻¹ và 1079 cm⁻¹ thuộc về dao động của liên kết C – O – C. Đặc biệt, tại vị trí 417 cm⁻¹ chỉ có trong AgNPs đặc trưng cho dao động của kim loại Ag. Kết quả này tương tự với bài báo khoa học đã nghiên cứu trước đó về AgNPs có trong dịch chiết thực vật (Pawar *et al.*, 2016; Sougandhi and Ramanaiah, 2020).

3.1.2. Kết quả phân tích XRD



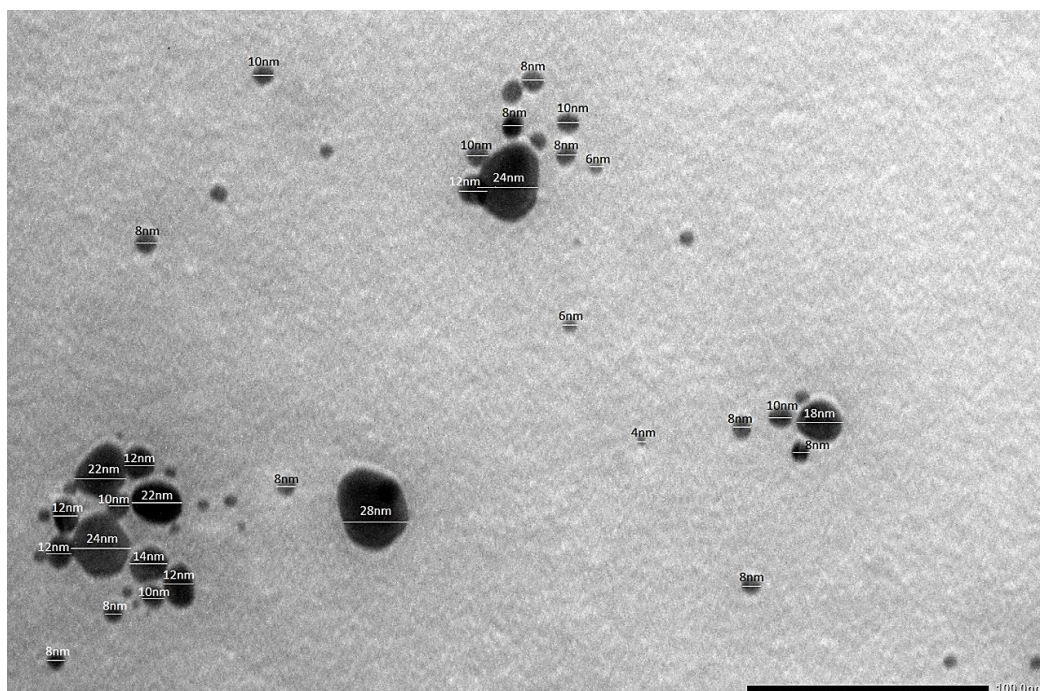
Hình 3.2. Phổ XRD của AgNPs

Phổ XRD đại diện cho các hạt AgNPs hình thành sau quá trình tổng hợp từ dịch chiết lá ổi và bạc nitrat. Phổ XRD hiển thị 4 mũi nhiễu xạ đặc trưng cho kim loại Ag trong khoảng từ 35 – 80°, lần lượt tại các vị trí $2\theta = 37.940^\circ$, 44.208° , 64.489° , 77.554° tương ứng với các mặt phẳng có chỉ số Miller (111), (200), (220), (311). Những mặt phẳng này được cho là do cấu trúc tinh thể lập phương tâm diện (FCC) của Ag (JDPDS no. 00-004-0783), cho thấy rõ ràng sự xuất hiện của các hạt AgNPs. Các mũi nhiễu xạ của AgNPs tổng hợp trùng khớp với mũi nhiễu xạ của đường chuẩn ở Hình 3.3. Kết quả này tương tự với các nghiên cứu trước đó (Vanaja *et al.*, 2014; Sougandhi and Ramanaiah, 2020). Bên cạnh đó, vì hàm lượng AgNPs thấp nên cường độ tín hiệu XRD không cao, dẫn đến nhiễu nền. Theo các tài liệu tham khảo thì phổ XRD nhiễu nền cũng khá cao (Pawar *et al.*, 2016; Trieu *et al.*, 2023).



Hình 3.3. JDPDS no. 00-004-0783

3.1.3. Kết quả phân tích TEM



Hình 3.4. Ảnh TEM của AgNPs (100 nm)

Từ Hình 3.4, có thể quan sát được hầu hết các hạt AgNPs có dạng hình cầu, kích thước hạt đồng đều và các hạt AgNPs kết tụ được quan sát ở một số nơi trong hình, các hạt tồn tại độc lập. Kích thước hạt trung bình là 12 ± 6 nm (\pm SD) và kích thước hạt nằm trong khoảng từ 4 nm đến 28 nm. Những kết quả này tương tự với các nghiên cứu trước (Kordy *et al.*, 2022; González-Pedroza *et al.*, 2023).

3.2. CÁC YẾU TỐ KHẢO SÁT

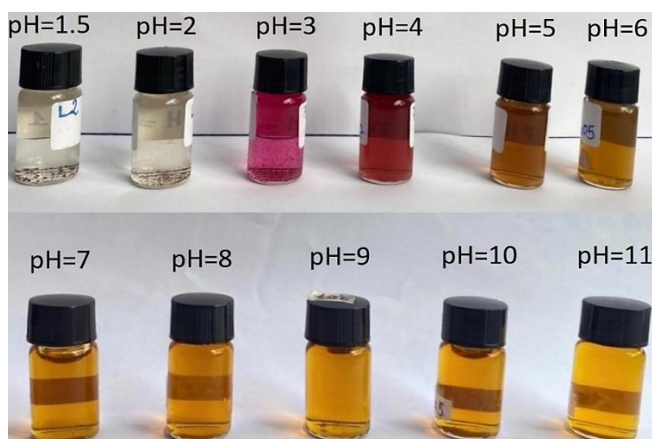
3.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của giá trị pH đến quá trình quang xúc tác loại bỏ methyl đỏ (MR)

3.2.1.1. Điều kiện khảo sát

Bảng 3.1. Bảng điều kiện khảo sát giá trị pH

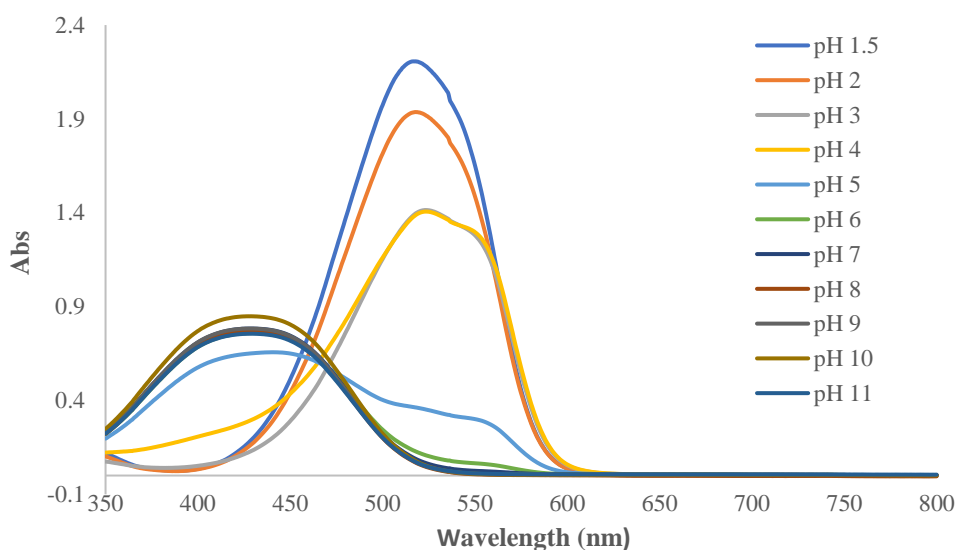
Giá trị pH	Thời gian phơi sáng	Lượng AgNPs sử dụng	Điều kiện ánh sáng và cường độ	Nồng độ MR
1.5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11	72h	1 mL	Mặt trời - 2394 Lux	10 mg/L

3.2.1.2. Kết quả và thảo luận



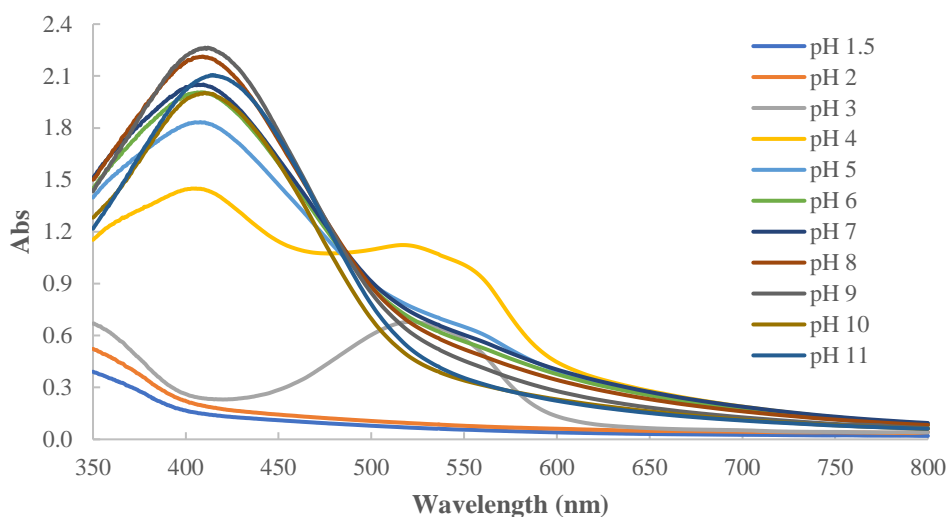
Hình 3.5. Dung dịch MR (10 mg/L) khi tác dụng với AgNPs qua từng giá trị pH

Dung dịch MR có nồng độ 10 mg/L ở các giá trị pH khác nhau có màu từ hồng đậm đến vàng nhạt, sau khi tác dụng với 1 mL AgNPs và phơi sáng dưới ánh sáng mặt trời trong 72h thì dung dịch nhạt màu từ màu hồng đậm thành không màu. Sự mất màu ở pH 1.5 và 2 bên cạnh đó có xuất hiện kết tủa, còn tại các pH từ 3 đến 11 không có sự thay đổi màu sắc. Qua đó có thể thấy rõ pH 1.5 và 2 có hiệu quả loại bỏ MR tốt nhất.

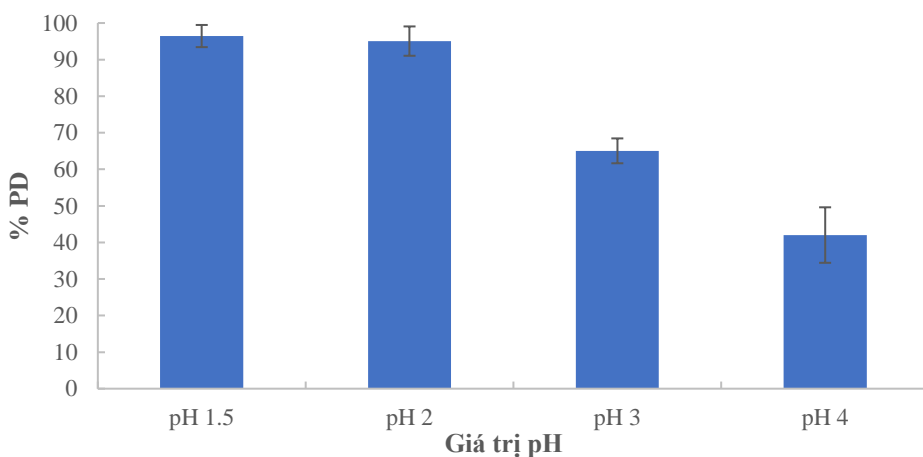


Hình 3.6. Đồ thị giá trị pH của dung dịch MR (10 mg/L)

Hình 3.6 cho thấy, ở các giá trị pH từ 1.5 đến 11 có bước sóng cực đại khác nhau. Cụ thể là từ 1.5 đến 4 là 518 nm còn ở pH từ 5 đến 11 thì bước sóng cực đại là 431 nm đến 435 nm.

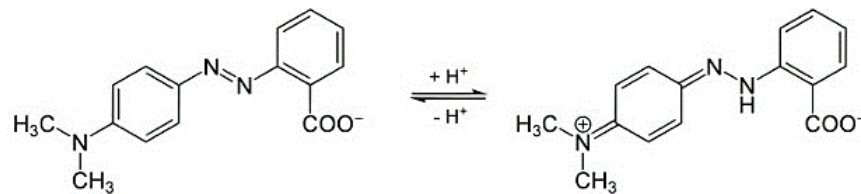


Hình 3.7. Đồ thị khảo sát giá trị pH



Hình 3.8. Đồ thị %PD và SD của khảo sát giá trị pH

Hình 3.7 và 3.8 biểu diễn kết quả phân hủy MR ở các giá trị pH khác nhau. Cụ thể, ở pH 1.5 và 2 thì độ hấp thụ giảm và %PD lần lượt là $96 \pm 3 \%$ (\pm SD) và $95 \pm 4 \%$ (\pm SD). Khi tăng giá trị pH từ 5 đến 11 thì độ hấp thụ tăng so với độ hấp thụ của MR ban đầu chứng tỏ ở các giá trị pH này không có hiệu quả trong quá trình phân hủy MR. Điều này là do tâm tích điện âm (carboxylate) của MR trong môi trường axit và AgNPs tổng hợp từ dịch chiết có bề mặt tích điện dương trong môi trường pH 2, nên chúng hút nhau, vì vậy mà có hiệu quả phân hủy MR ở pH trong vùng axit. Còn ở các pH cao hơn (môi trường bazơ) thì không có hiệu quả trong quá trình phân hủy MR vì AgNPs tổng hợp từ dịch chiết có bề mặt tích điện âm và MR tích điện âm trong môi trường bazơ, nên chúng đẩy nhau và cứ phân tán trong dung dịch mà không tác dụng được với nhau nên không có khả năng loại bỏ MR (Mohamed *et al.*, 2012; Trieu *et al.*, 2023).



Hình 3.9. Các dạng của MR tại môi trường axit và môi trường bazơ

Kết luận rằng, giá trị pH 2 là hiệu quả nhất ở cả %PD và độ nhạt màu của dung dịch, không chọn pH 1.5 là vì không nên chọn pH quá thấp, %PD ở pH 1.5 và 2 cũng không chênh nhau quá nhiều.

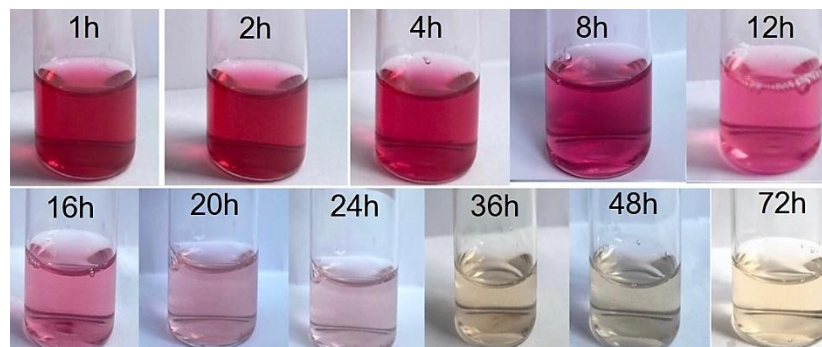
3.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phơi sáng đến quá trình xúc tác loại bỏ methyl đỏ (MR)

3.2.2.1. Điều kiện khảo sát

Bảng 3.2. Bảng điều kiện khảo sát thời gian phơi sáng

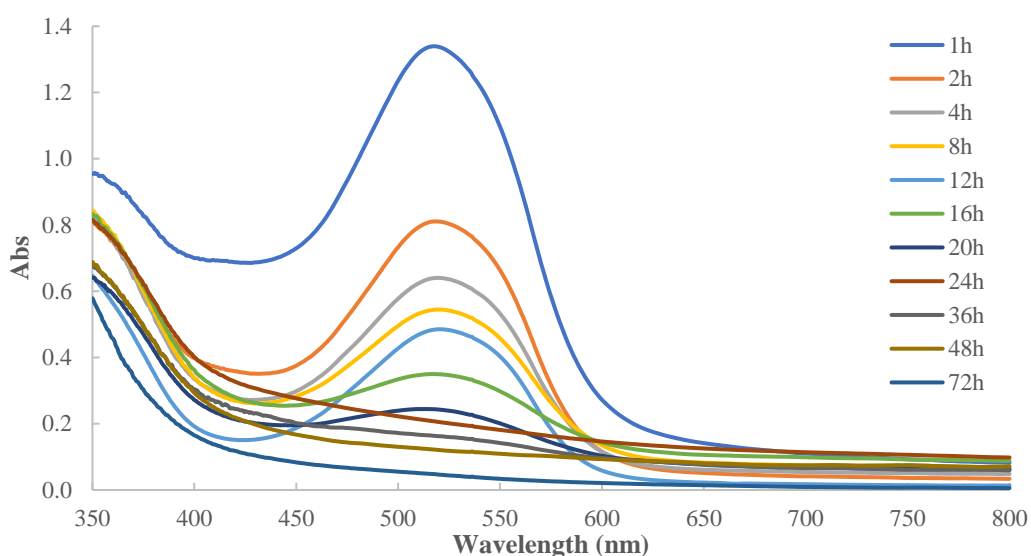
Giá trị pH	Thời gian phơi sáng	Lượng AgNPs sử dụng	Điều kiện ánh sáng và cường độ	Nồng độ MR
2	1h; 2h; 4h; 8h; 12h; 16h; 20h; 24h; 36h; 48h; 72h	1 mL	Mặt trời-2394 Lux	10 mg/L

3.2.2.2. Kết quả và thảo luận

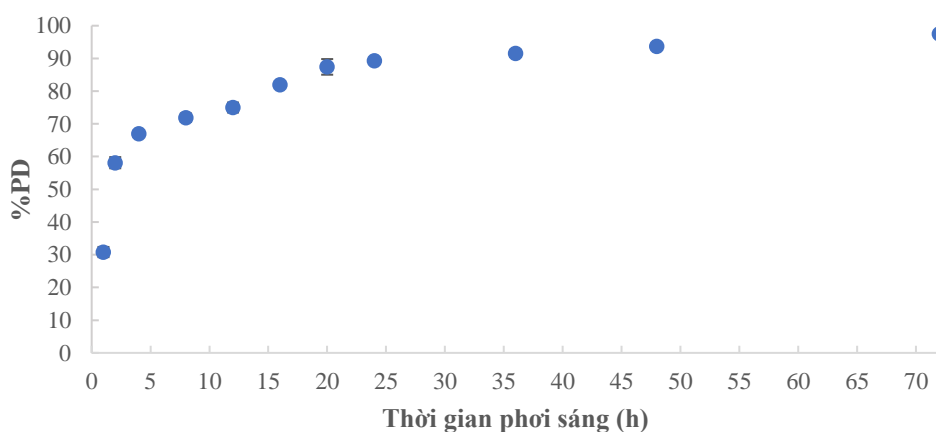


Hình 3.10. Dung dịch MR (10 mg/L) khi tác dụng với AgNPs qua từng thời gian phơi sáng khác nhau

Dung dịch MR (10 mg/L) sau khi tác dụng với AgNPs và phơi sáng ở từng thời gian khác nhau. Cảm quan có thể nhận thấy màu dung dịch từ đậm đến trong suốt, rõ ràng nhất là từ 36h đến 72h, chứng tỏ thời gian ảnh hưởng đến khả năng loại bỏ MR (Kumar *et al.*, 2013).



Hình 3.11. Đồ thị khảo sát thời gian phơi sáng



Hình 3.12. Đồ thị %PD và SD của khảo sát thời gian phơi sáng

Kiểm tra bằng cách đo UV – Vis của các mẫu như ở Bảng 3.2 với 1 mL AgNPs và 10 mL MR (10 mg/L) có pH 2 dưới ánh sáng mặt trời. Từ Hình 3.11, độ hấp thụ giảm dần khi tăng thời gian phơi sáng. %PD được tính toán cao nhất là $97.6 \pm 0.24\%$ (\pm SD) sau 72h ở Hình 3.12 và tại khoảng thời gian này thì chất xúc tác có vị trí hoạt động để thực hiện phản ứng (kết quả này chỉ dựa vào tính toán bằng excel). Kết quả này tương tự với các nghiên cứu có liên quan (Mohamed *et al.*, 2012; Vanaja *et al.*, 2014).

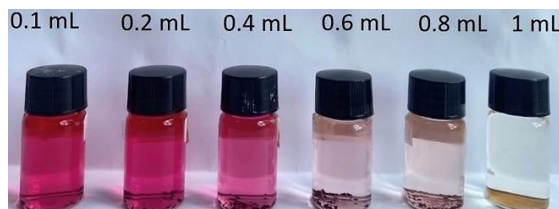
3.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của lượng AgNPs sử dụng đến quá trình quang xúc tác loại bỏ methyl đỏ (MR)

3.2.3.1. Điều kiện khảo sát

Bảng 3.3. Bảng điều kiện khảo sát lượng AgNPs sử dụng

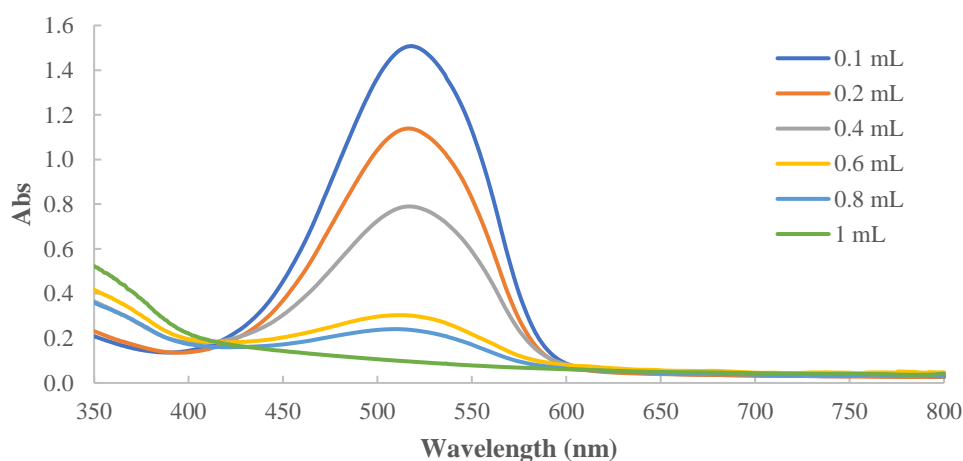
Giá trị pH	Thời gian phơi sáng	Lượng AgNPs sử dụng	Điều kiện ánh sáng và cường độ	Nồng độ MR
2	72h	0.1 mL; 0.2 mL; 0.4 mL; 0.6 mL; 0.8 mL; 1 mL	Mặt trời-2394 Lux	10 mg/L

3.2.3.2. Kết quả và thảo luận

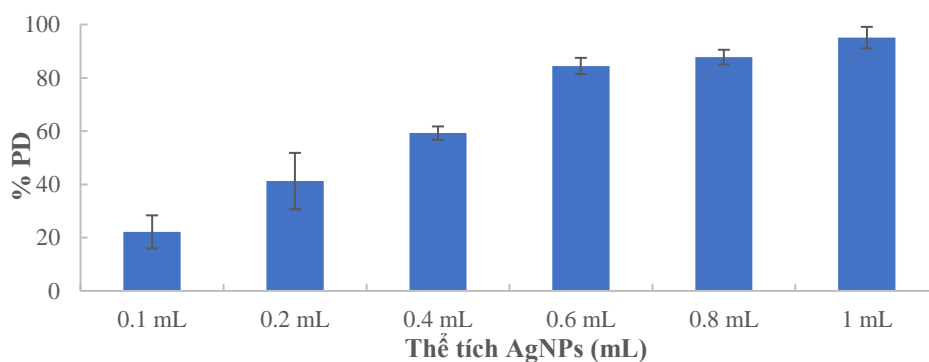


Hình 3.13. Dung dịch MR (10 mg/L) khi tác dụng AgNPs ở từng thể tích khác nhau

Từ Hình 3.13, màu của dung dịch nhạt dần khi tăng lượng chất xúc tác lên. Quá trình phân hủy hoàn toàn ở 1 mL và được xác định bằng sự thay đổi màu của hỗn hợp phản ứng thành không màu cùng với sự xuất hiện kết tủa. Qua đó có thể thấy rõ vai trò của lượng AgNPs khi thêm vào dung dịch MR.



Hình 3.14. Đồ thị khảo sát lượng AgNPs sử dụng



Hình 3.15. Đồ thị %PD và SD của khảo sát lượng AgNPs sử dụng

Ảnh hưởng của liều lượng AgNPs sử dụng đến quá trình quang xúc tác loại bỏ MR đã được nghiên cứu bằng cách thay đổi thể tích AgNPs như ở Bảng 3.3 khi tác dụng với MR nồng độ 10 mg/L ở pH 2 phơi sáng trong 72h. Trong Hình 3.14 cho thấy độ hấp thu giảm dần khi tăng thể tích AgNPs lên, chứng tỏ lượng AgNPs càng tăng trong hỗn hợp phản ứng thì sẽ làm giảm độ hấp thu, nghĩa là tăng khả năng loại bỏ MR trong dung dịch. Với lượng AgNPs đủ lớn, độ phân tán sẽ cao và tính khả dụng ở các vị trí hoạt động của AgNPs sẽ đảm bảo hiệu suất của quá trình quang xúc tác phân hủy MR (Tahir *et al.*, 2015). Theo kết quả thì ở thể tích 1 mL có %PD cao nhất là 95 ± 4 % (\pm SD). Tương tự như kết quả của nghiên cứu trước đây (Mohamed *et al.*, 2012).

3.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của ánh sáng và cường độ chiếu sáng đến quá trình xúc tác loại bỏ methyl đỏ (MR)

3.2.4.1. Điều kiện khảo sát

Bảng 3.4. Bảng điều kiện khảo sát ánh sáng và cường độ chiếu sáng

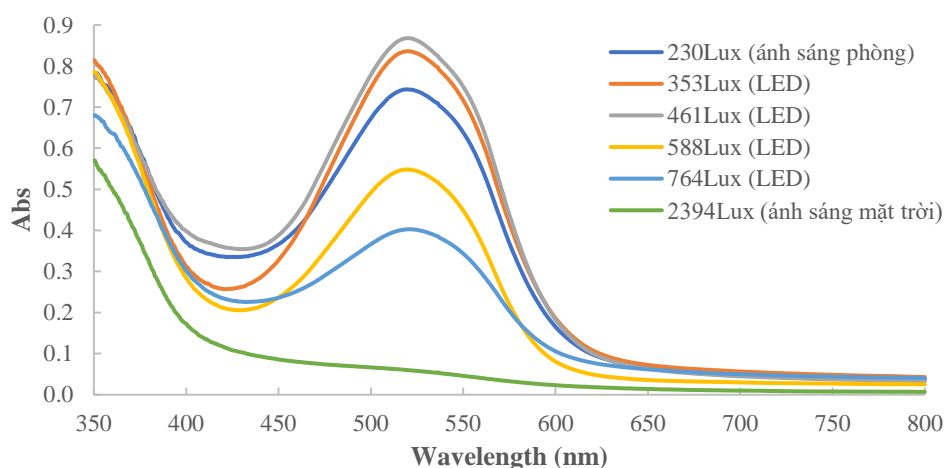
Giá trị pH	Thời gian phơi sáng	Lượng AgNPs sử dụng	Điều kiện ánh sáng và cường độ	Nồng độ MR
2	72h	1 mL	Ánh sáng mặt trời, ánh sáng phòng, cường độ chiếu sáng	10 mg/L

3.2.4.2. Kết quả và thảo luận

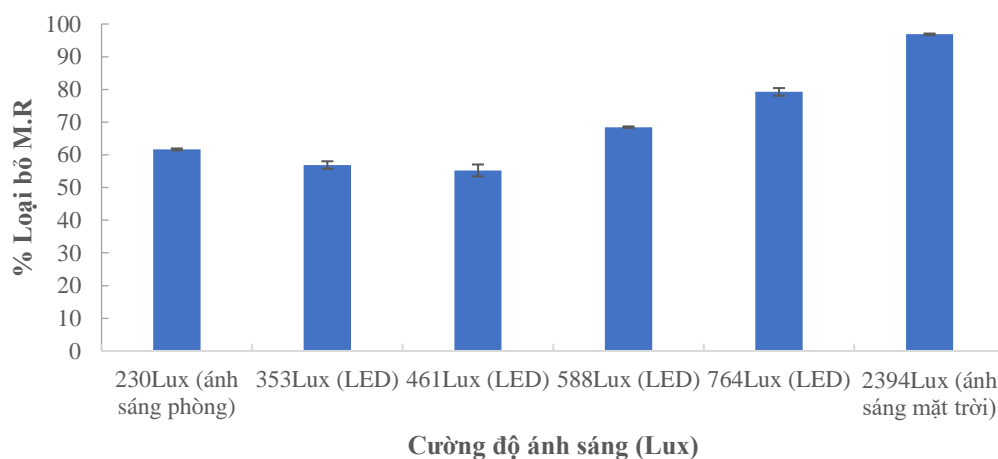


Hình 3.16. Dung dịch MR (10 mg/L) khi phơi sáng ở điều kiện ánh sáng và cường độ chiếu sáng khác nhau

Trong khảo sát này, hiệu quả của điều kiện ánh sáng và cường độ chiếu sáng được thể hiện rõ nét trong Hình 3.16, ở ánh sáng phòng có cường độ 230 Lux và ánh sáng của đèn Led có cường độ từ 353 Lux đến 764 Lux thì dung dịch giảm màu ít, còn ở ánh sáng mặt trời có cường độ 2394 Lux thì dung dịch nhạt màu thấy rõ thành dung dịch không màu. Bên cạnh đó, các dung dịch đều xuất hiện kết tủa.



Hình 3.17. Đồ thị khảo sát ảnh hưởng của điều kiện ánh sáng và cường độ chiếu sáng



Hình 3.18. Đồ thị %PD và SD của khảo sát điều kiện ánh sáng và cường độ chiếu sáng

Hiệu quả của việc tiếp xúc với các loại ánh sáng khác nhau và cường độ chiếu sáng đến quá trình quang xúc tác phân hủy MR được đánh giá bằng cách trộn lẫn dung dịch MR (10 mg/L) ở pH 2 với 1 mL AgNPs tiếp xúc với các loại ánh sáng khác nhau cùng việc thay đổi cường độ chiếu sáng trong vòng 72h.

Cụ thể ở khảo sát ánh sáng phòng có cường độ 230 Lux thì có ánh sáng mặt trời chiếu vào phòng vào ban ngày còn ở đèn Led thì mẫu được che chắn khỏi ánh sáng tự nhiên. Vì vậy, mà ở ánh sáng phòng 230 Lux thì độ hấp thu ở bước sóng 518 nm giảm nhiều hơn so với cường độ 353 Lux và 461 Lux của đèn Led. Đồng nghĩa với %PD của ánh sáng phòng 230 Lux cao hơn của đèn Led ở cường độ 353 Lux và 461 Lux. Khi tăng cường độ chiếu sáng bằng đèn Led lên cao hơn nữa cụ thể là 588 Lux và 764 Lux thì nhận thấy độ hấp thu giảm dần và %PD là $68 \pm 0.2 \%$ (\pm SD) và $79 \pm 1.2 \%$ (\pm SD). Chứng tỏ cường độ chiếu sáng có ảnh hưởng đến hiệu quả phân hủy MR.

Phản ứng MR khi phơi sáng dưới ánh sáng mặt trời từ lúc mặt trời mọc tới lúc mặt trời lặn có cường độ là 2394 Lux (có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn vào những ngày trời nắng gắt hoặc nắng dịu) có hiệu quả nhất vì %PD cao nhất trong ba loại ánh sáng là $96 \pm 0.2\%$ (\pm SD). Do tiếp xúc với ánh sáng mặt trời nên các photon tương tác với AgNPs và các electron bị kích thích từ dải hóa trị lên dải dẫn, tạo ra các cặp electron lỗ trống. Các electron quang điện bị oxy trong khí quyển bắt giữ để tạo thành các gốc anion oxy, trong khi các cặp electron lỗ trống đó tạo ra các gốc hydroxyl. Các gốc tự do có thể phân hủy MR thành CO₂, H₂O, hoặc ion khác (Jose *et al.*, 2018). Cường độ chiếu sáng cũng ảnh hưởng đến quá trình quang xúc tác loại bỏ MR nhưng hiệu quả nhanh và rõ ràng nhất vẫn là sử dụng bức xạ ánh sáng mặt trời, kết quả này trùng khớp với các nghiên cứu trước đó (Kumar *et al.*, 2013; Vanaja *et al.*, 2014; Raina, Roy and Bharadvaja, 2020).

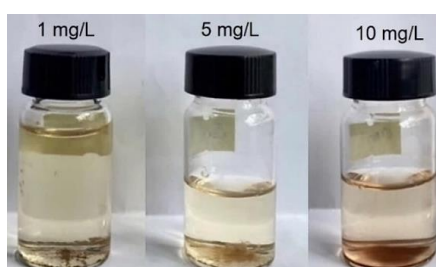
3.2.5. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm ban đầu đến quá trình xúc tác loại bỏ methyl đỏ (MR)

3.2.5.1. Điều kiện khảo sát

Bảng 3.5. Bảng điều kiện khảo sát nồng độ thuốc nhuộm ban đầu

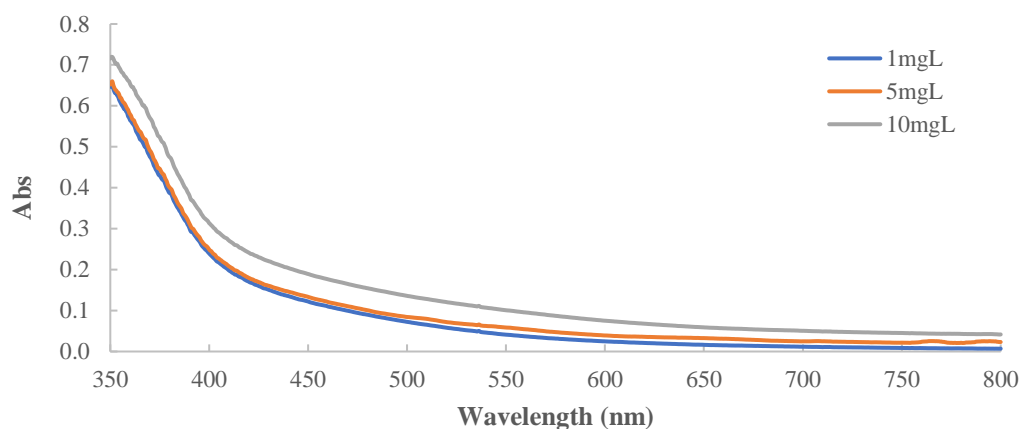
Giá trị pH	Thời gian phơi sáng	Lượng AgNPs sử dụng	Điều kiện ánh sáng và cường độ	Nồng độ MR
2	72h	1 mL	Mặt trời-2394 Lux	1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L

3.2.5.2. Kết quả và thảo luận

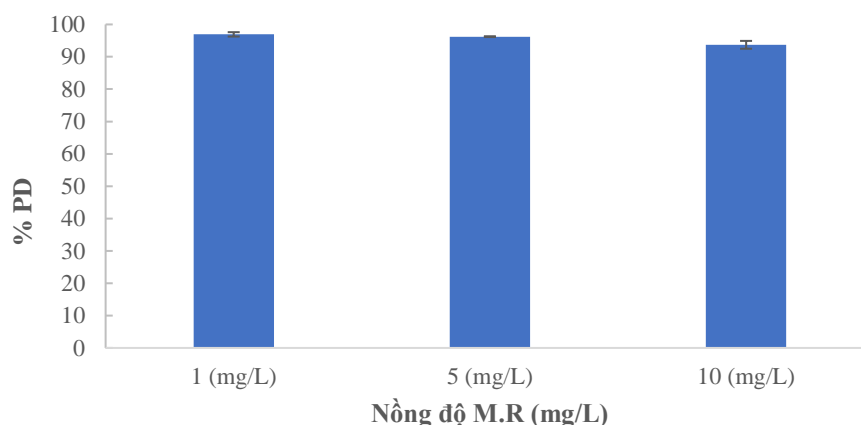


Hình 3.19. Dung dịch MR ở các giá trị nồng độ khác nhau

Hình 3.19 cho ta thấy ở các nồng độ khác nhau sau khi phơi sáng 72h thì dung dịch thành không màu. Nhưng màu của dung dịch không đồng đều và đậm dần từ nồng độ 1 mg/L đến 10 mg/L. Đồng thời các dung dịch đều xuất hiện kết tủa.



Hình 3.20. Đồ thị khảo sát nồng độ thuốc nhuộm ban đầu



Hình 3.21. Đồ thị %PD và SD tại các nồng độ ban đầu của thuốc nhuộm

Ở Hình 3.21 có thể thấy được ở các mức nồng độ trên đều có hiệu quả phân hủy MR và cho kết quả khả quan ở các lần lặp lại. Từ đó, thấy rằng hiệu suất quang xúc tác phân hủy MR tỷ lệ nghịch với nồng độ của nó, nghĩa là nồng độ thuốc nhuộm càng thấp thì hiệu suất quang xúc tác phân hủy MR càng cao. Như khảo sát trên, việc tăng nồng độ thuốc nhuộm ban đầu từ 1 mg/L lên 10 mg/L sẽ làm giảm %PD từ $97 \pm 0.7 \%$ (\pm SD) xuống $93 \pm 1.2 \%$ (\pm SD). Hiệu suất phân hủy quang học liên quan đến sự hình thành các gốc hydroxyl, đây là một yếu tố quan trọng trong quá trình phân hủy. Do đó, có thể giải thích là nồng độ ban đầu càng cao thì các chất hữu cơ bị hấp thụ trên bề mặt chất xúc tác càng cao và dung dịch càng có màu đậm hơn. Vì vậy, có ít vị trí để hấp phụ OH^- . Hơn nữa, khi nồng độ của MR tăng lên với cường độ chiếu sáng và ánh sáng không đổi, độ dài đường đi của các photon đi vào dung dịch giảm vì vậy có ít photon đến được bề mặt chất xúc tác hơn. Do đó, việc tạo ra các lỗ trống hoặc các gốc hydroxyl có thể tấn công các chất ô nhiễm đã bị hạn chế. Điều này làm cho hiệu suất quang xúc tác phân hủy MR giảm (Byrappa *et al.*, 2006; El-Bahy, Ismail and Mohamed, 2009).

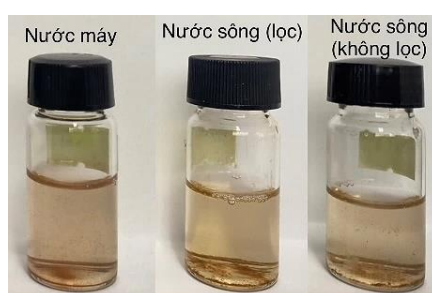
3.2.6. Khảo sát phân hủy MR trong nền nước máy, nước sông có lọc và không lọc

3.2.6.1. Điều kiện khảo sát

Bảng 3.6. Bảng điều kiện khảo sát phân hủy MR trong nền nước máy, nước sông

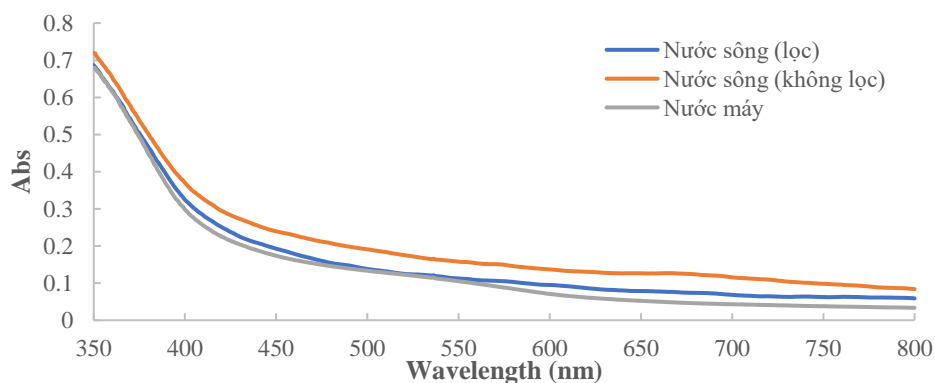
Giá trị pH	Thời gian phơi sáng	Lượng AgNPs sử dụng	Ánh sáng và cường độ	Nồng độ MR	Nền nước
2	72h	1 mL	Mặt trời	10 mg/L	Nước máy, nước sông

1.1.1.1. Kết quả và thảo luận

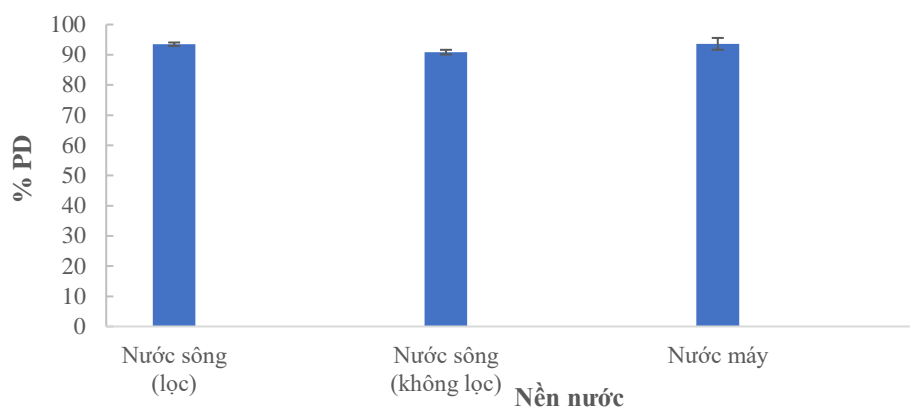


Hình 3.22. Dung dịch MR ở các nền nước khác nhau

Dung dịch MR (10 mg/L) ở pH 2 tác dụng với 1 mL dung dịch AgNPs phơi sáng dưới ánh sáng mặt trời trong 72h đã có sự chuyển màu từ hồng đậm đến vàng nhạt như Hình 3.22 và các dung dịch đều xuất hiện kết tủa và không nhận thấy sự khác biệt nào khi quan sát màu của dung dịch.



Hình 3.23. Đồ thị khảo sát nền nước đến quá trình quang xúc tác loại bỏ MR

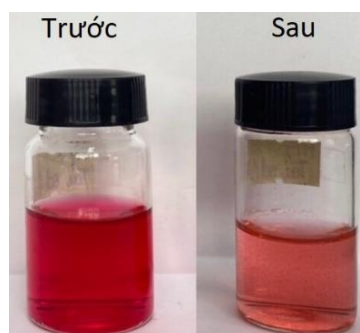


Hình 3.24. Đồ thị %PD và SD của khảo sát nền nước

Từ kết quả trên, sau khi khảo sát xúc tác quang hóa trên nền nước sông (lọc và không lọc) và nền nước máy, có thể nhận thấy hiệu quả loại bỏ M.R trên các loại nền nước này là rất tốt không bị chênh lệch quá nhiều khi thực hiện trên nền nước cất trước đó. Nhưng ở nền nước sông không lọc thì có %PD thấp hơn so với nền nước máy và nước sông đã lọc có thể hiểu vì trong nước sông không lọc có nhiều cặn, nhiều tạp chất hơn nên khả năng loại bỏ MR thấp hơn so với 2 loại nền nước còn lại nhưng cũng không chênh lệch quá nhiều cụ thể là từ nền nước sông (lọc), nước sông (không lọc) và nước máy có %PD là $93 \pm 0.5 \%$ (\pm SD), $90 \pm 0.7 \%$ (\pm SD), $93 \pm 1.9 \%$ (\pm SD). Như vậy, có thể thấy rõ khả năng ứng dụng thực tế của AgNPs trong thí nghiệm này.

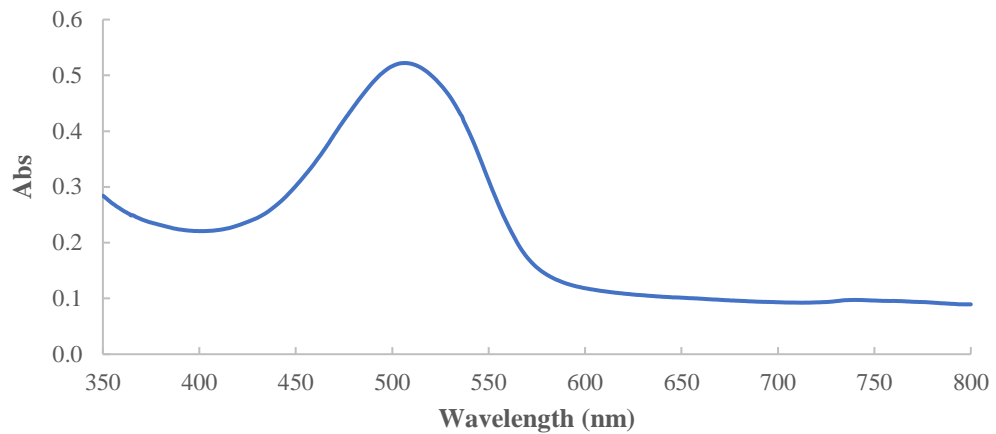
3.3. CÁC ĐÁNH GIÁ KHÁC CỦA AgNPs

3.3.1. Bước đầu đánh giá khả năng tái sử dụng AgNPs



Hình 3.25. Hình tái sử dụng AgNPs

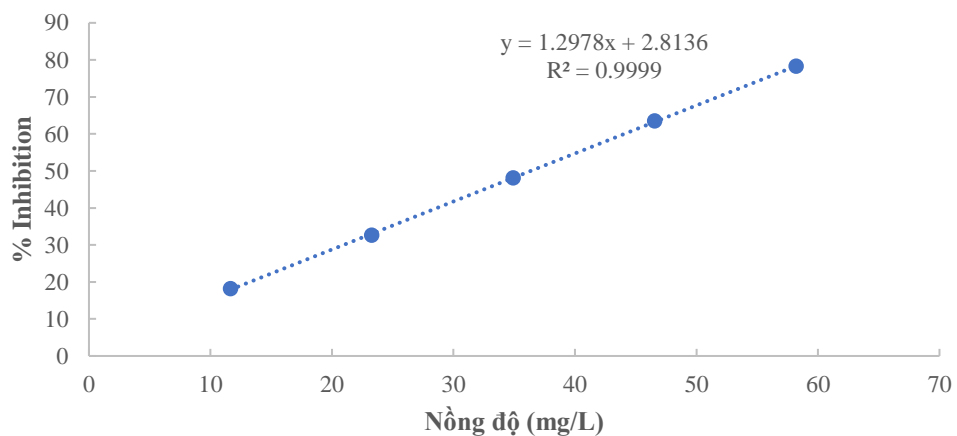
Dung dịch MR (10 mg/L) ở pH 2 tác dụng với 1 mL AgNPs tái sử dụng thì có thể nhận thấy màu của dung dịch từ hồng đỏ chuyển sang hồng nhạt và có xuất hiện kết tủa.



Hình 3.26. Đồ thị đánh giá khả năng tái sử dụng AgNPs

Hình 3.26 cho thấy độ hấp thụ khi tái sử dụng AgNPs giảm tại bước sóng 518 nm. Điều này chứng tỏ AgNPs có khả năng tái sử dụng được. Cụ thể, %PD của MR tác dụng với AgNPs tái sử dụng là $74 \pm 3 \%$ (\pm SD).

3.3.2. Đánh giá khả năng kháng oxy hóa



Hình 3.27. Đường chuẩn giữa %I và nồng độ dung dịch chuẩn (Ascorbic acid)

Các mẫu tiến hành thực nghiệm như sau:

- Dịch chiết lá ổi
- AgNPs ly tâm
- AgNPs không ly tâm
- Bạc nitrat

Sau khi tiến hành thực nghiệm thì dịch chiết lá ổi có khả năng kháng oxy hóa tốt nhất cụ thể là 1506.71 ± 209.47 (\pm SD) mgVCE/L, sau đó là AgNPs không ly tâm có 725 mgVCE/L và AgNPs ly tâm kém hơn AgNPs không ly tâm cụ thể là 148 mgVCE/L, cuối cùng bạc nitrat (nồng độ 5 mM) là 135 mgVCE/L. Tìm hiểu kỹ về khả năng kháng oxy hóa của dịch chiết lá ổi khô thì kết quả cho thấy các đặc tính kháng oxy hóa có liên

quan đến các hợp chất phenolic của nó như acid protocatechuic, acid ferulic, quercetin và guavin B (Thaipong *et al.*, 2005), acid ascorbic, acid gallic... mà trong dịch chiết lá ổi có các hợp chất này điều này cho thấy lá ổi là một chất kháng oxy hóa tiềm năng (He and Venant, 2004; Wang *et al.*, 2018).

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

Nghiên cứu dựa vào quy trình tổng hợp AgNPs từ chiết xuất lá ổi đã nghiên cứu trước đó ứng dụng vào quá trình quang xúc tác phân hủy MR. Các phương pháp mô tả đặc tính cấu trúc AgNPs được sử dụng bao gồm FTIR, XRD, TEM hỗ trợ xác nhận sự thành công trong việc tạo ra AgNPs từ dịch chiết lá ổi. Sự phân hủy MR đạt được ở các điều kiện tối ưu như sau: pH 2, thời gian phơi sáng là 72h, lượng AgNPs sử dụng là 1 mL, phơi sáng dưới ánh sáng mặt trời tại cường độ xấp xỉ 2394 Lux và nồng độ MR ban đầu dưới 10 mg/L. Ngoài ra, AgNPs còn có khả năng tái sử dụng được vào quá trình quang xúc tác phân hủy MR lên đến 74 %. Từ nghiên cứu này, có thể thấy rằng AgNPs thể hiện hoạt tính quang xúc tác hiệu quả và có thể sử dụng trong các hệ thống xử lý thuốc nhuộm trong nước thải.

2. KIẾN NGHỊ

Hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Khảo sát thêm một số điều kiện ảnh hưởng đến quá trình quang xúc tác phân hủy MR như: cường độ cao hơn 2394 Lux, nhiệt độ...
- Nghiên cứu tổng hợp AgNPs từ các nguồn nguyên vật liệu khác để tiết kiệm chi phí và mang lại ứng dụng cao. Có thể tổng hợp dựa trên rễ hoặc vỏ cây của cây ổi, so sánh các loại dịch chiết lá cây khác để lựa chọn được nguyên liệu tối ưu nhất.
- Tích hợp AgNPs trên các vật liệu giá đỡ (giấy lọc, màng lọc, vải,...) giúp hạn chế sự phân tán AgNPs trong môi trường nước và cải thiện khả năng tái sử dụng.