

# NGHIÊN CỨU TỔNG HỢP VẬT LIỆU QUANG XÚC TÁC Ag@AgCl/MIL-101(Cr) ĐỂ XỬ LÝ THUỐC NHUỘM RY-145 TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC

## RESEARCH ON SYNTHESIS OF Ag@AgCl/MIL-101(Cr) PHOTOCATALYST FOR TREATMENT OF RY-145 DYE IN AQUEOUS ENVIRONMENT

Nguyễn Thị Phương Lan, Phạm Thị Thanh Thủy, Trần Thị Tuyết Mai

*Khoa Khoa học ứng dụng, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp*

Đến Tòa soạn ngày 30/05/2023, chấp nhận đăng ngày 23/06/2023

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu này, vật liệu quang xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) đã được tổng hợp từ hai hợp phần, bao gồm chất mang là khung hữu cơ-kim loại (MIL-101(Cr)) và pha hoạt tính xúc tác Ag@AgCl. Chất mang MIL-101(Cr) được tổng hợp bằng phương pháp dung nhiệt. Vật liệu quang xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) tổng hợp đã được đặc trưng bằng các phương pháp hóa lý khác nhau như nhiễu xạ tia X (XRD), phổ hồng ngoại (FT-IR), hiển vi điện tử quét (SEM), đẳng nhiệt hấp phụ - nhả hấp phụ N<sub>2</sub> theo BET và tính chất quang của vật liệu được xác định bằng phổ phản xạ - khúc xạ (UV-Vis DRS). Hoạt tính xúc tác quang của Ag@AgCl/MIL-101(Cr) được sử dụng để xử lý thuốc nhuộm RY-145. Kết quả cho thấy hiệu suất xử lý thuốc nhuộm đạt 96% trong thời gian phản ứng 4 h sử dụng tác nhân oxi hóa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> và hiệu suất đạt 91% khi không sử dụng H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> là tác nhân oxi hóa. Quá trình xử lý thuốc nhuộm RY-145 trên xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) tuân theo phương trình động học bậc hai.

**Từ khóa:** Ag@AgCl/MIL-101(Cr), RY-145, quang xúc tác, thuốc nhuộm.

**Abstract:** In this study, Ag@AgCl/MIL-101(Cr) photocatalyst material has been synthesized by the two compounds, including support as metal-organic framework (MIL-101(Cr)) and catalytic active phase as Ag@AgCl. MIL-101(Cr) synthesized by solvent thermal method. The synthesized Ag@AgCl/MIL-101(Cr) photocatalyst material characterized by the various physical-chemistry methods such as X-ray diffraction (XRD), fourier transform infrared (FT-IR), scanning electron microscopy (SEM), adsorption-desorption of N<sub>2</sub> by BET and optical property of materials were determined by Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis-DRS). The photocatalytic activity of Ag@AgCl/MIL-101(Cr) used to treat the RY-145 dye. The obtained results show that the treatment efficiency reaches 91% in a period of 4 h and without H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and 96% with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as oxidizing agent. The treatment of RY-145 dye by Ag@AgCl/MIL-101(Cr) obeys pseudo-second-order equation.

**Keywords:** Ag@AgCl/MIL-101(Cr), RY-145, photocatalyst, dye.

### 1. GIỚI THIỆU

Trong thập kỷ vừa qua, MOFs được biết đến là vật liệu có những tính chất đặc trưng với khả năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: xúc tác, hấp phụ, dược phẩm, quang học, từ tính. Đã có nhiều nghiên cứu về sự đa dạng

trong cấu trúc của MOFs và xu hướng gần đây ngày càng đi sâu hơn vào những ứng dụng đầy tiềm năng của loại vật liệu này.

MOFs là loại vật liệu cơ kim mới có cấu trúc xốp, ổn định. Cấu trúc cơ bản của MOFs thuộc loại vật liệu tinh thể, cấu tạo từ những

cation kim loại liên kết với các phân tử hữu cơ (ligand) để hình thành cấu trúc có không gian ba chiều xốp và có bề mặt riêng lớn.

MOFs được cấu tạo từ hai thành phần chính: kim loại và các cầu nối hữu cơ. Những tính chất của cầu nối đóng vai trò quan trọng trong sự hình thành cấu trúc khung của MOFs. Đồng thời, hình dạng của ion kim loại đóng vai trò quyết định đến kết cấu của MOFs sau khi tổng hợp.

Ion kim loại và các oxit kim loại thường gặp là  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,... Ion kim loại trung tâm hay oxit kim loại đóng vai trò như “trục bánh xe”.

Các cầu nối hữu cơ trong vật liệu MOFs là các cầu nối hữu cơ đóng vai trò như là những “chân chống”. Một số chất hữu cơ là dẫn xuất của cacboxylic acid thường dùng làm cầu nối trong tổng hợp vật liệu MOFs như: 1,4- benzendicacboxylic (BDC) acid; 2,6- naphthalendicacboxylic acid (2,6-NDC); 1,4naphthalencacboxylic acid (1,4-NDC); 1,3,5-benzentricacboxylic (BTC) acid; 2-aminoterephthalic ( $NH_2$ -BDC) acid...

Các tâm kim loại được thay đổi dễ dàng trong khung mạng MOFs hứa hẹn nhiều ứng dụng to lớn trong việc chế tạo chất xúc tác. Bên cạnh đó diện tích bề mặt lớn là điều kiện thuận lợi cho việc phân tán các tâm xúc tác trên nền vật liệu MOFs. Xiao và cộng sự [4] đã nghiên cứu chế tạo chất xúc tác quang dạng plasma  $Ag@AgBr$  lập phương và được cho là xúc tác triển vọng cho quá trình làm sạch nước và xử lý môi trường.

Vì vậy trong nghiên cứu này MOFs được dùng tổng hợp vật liệu quang xúc tác  $Ag@AgCl/MIL-101(Cr)$  ứng dụng để xử lý môi trường.

Trong hóa học, khái niệm phản ứng xúc tác quang dùng để nói đến những phản ứng xảy ra

dưới tác dụng đồng thời của chất xúc tác và ánh sáng, hay nói cách khác, ánh sáng chính là nhân tố kích hoạt chất xúc tác, giúp cho phản ứng xảy ra. Khi có sự kích thích của ánh sáng, trong chất bán dẫn sẽ tạo ra cặp *electron* – *lỗ trống quang sinh* và có sự trao đổi electron giữa các chất bị hấp phụ, thông qua cầu nối là chất bán dẫn.

Thuốc nhuộm RY-145 là một trong những thuốc nhuộm vàng thường được sử dụng trong nhuộm bông, tơ nhân tạo, công nghiệp dệt, in ấn, thuốc da. Tồn dư của loại thuốc này trong nước là một vấn đề lớn đối với môi trường nước nói riêng và môi trường nói chung. Nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu các phương pháp khác nhau để xử lý vấn đề này như Singh và cộng sự [5] đã sử dụng tổ hợp vi khuẩn *E. asburiae* and *E. cloacae* (với tỷ lệ 1:1). Km. Rachna và cộng sự [6] đã tiến hành loại bỏ thuốc nhuộm Reactive Yellow từ nước sử dụng chất hấp phụ vỏ trấu. Với hoạt tính xúc tác cao của vật liệu quang xúc tác  $Ag@AgCl/MIL-101(Cr)$  thì khả năng xử lý tồn dư RY-145 trong nước là rất lớn. Đây chính là cơ sở để tiến hành nghiên cứu này.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Hóa chất

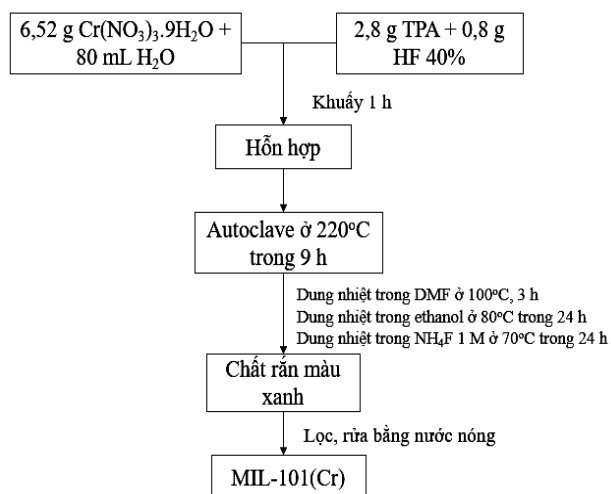
Terephthalic acid (TPA); chromium (III) nitrate nonahydrate ( $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ) 99%, fluoride acid (HF) 40%, ammonium fluoride ( $NH_4F$ ); ethanol (EtOH) 95%, dimethylfomanmide (DMF), silver nitrate ( $AgNO_3$ ), nước cất hai lần. Tất cả các hóa chất có nguồn gốc từ Sigma-Aldrich và có độ tinh khiết cao.

### 2.2. Các bước tiến hành

#### 2.2.1. Tổng hợp vật liệu khung hữu cơ kim loại MIL-101(Cr)

Vật liệu MIL-101(Cr) được tổng hợp theo

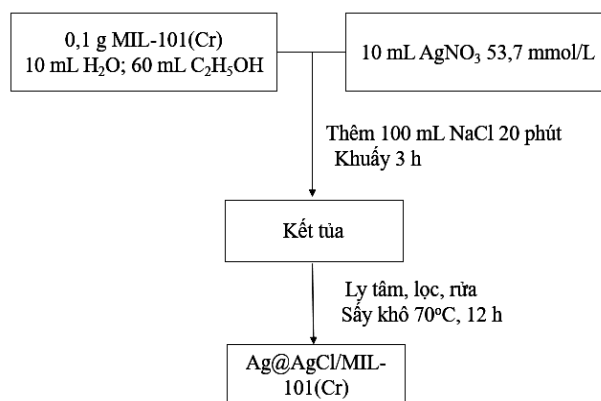
phương pháp nhiệt phân dung môi trong môi trường acid. Hỗn hợp ban đầu gồm  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , terephthalic acid, HF 40% sau khi được tính toán tỉ lệ xác định được khuấy trong 1 h sau đó được đưa vào thiết bị auto clave để tiến hành quá trình thủy nhiệt tại  $220^\circ\text{C}$  trong 9 h. Sản phẩm sau phản ứng được ly tâm sau đó ngâm rửa nhiều lần với dung môi DMF, EtOH 95% và  $\text{NH}_4\text{F}$  1M. Cuối cùng sản phẩm được sấy khô ở  $100^\circ\text{C}$ . Quy trình tổng hợp vật liệu MIL-101(Cr) được đưa ra theo sơ đồ hình 1.



Hình 1. Quy trình tổng hợp vật liệu MIL-101(Cr)

### 2.2.2. Tổng hợp $\text{Ag}@\text{AgCl}/\text{MIL-101}(\text{Cr})$

Từ nguồn MIL-101(Cr) đã tổng hợp ở trên tiếp tục tổng hợp  $\text{Ag}@\text{AgCl}/\text{MIL-101}(\text{Cr})$  với quy trình tổng hợp như sau: 0,1 g MIL-101(Cr) đã được thêm vào 10 ml dung dịch  $\text{AgNO}_3$  (53,7 mmol/L,  $V_{\text{nước}}:V_{\text{ethanol}}=1:6$ ) ở nhiệt độ phòng, khuấy liên tục trong 3 h. Sau khi khuấy, nhỏ giọt thêm 100 ml dung dịch NaCl (10,48 mmol/L,  $V_{\text{nước}}:V_{\text{ethanol}}=1:6$ ) trong vòng 20 phút, khuấy liên tục trong 10 h. Sau đó, sản phẩm màu xanh xám được tách ra bằng cách quay ly tâm, rửa và sấy khô ở  $70^\circ\text{C}$  trong 12h [7]. Quy trình tổng hợp được thể hiện như hình 2.



Hình 2. Quy trình tổng hợp  $\text{Ag}@\text{AgCl}/\text{MIL-101}(\text{Cr})$

### 2.2.3. Quy trình xử lý thuốc nhuộm

Vật liệu  $\text{Ag}@\text{AgCl}/\text{MIL-101}(\text{Cr})$  sau khi tổng hợp được sử dụng để tiến hành xử lý thuốc nhuộm RY-145. Để tiến hành thực nghiệm xử lý thuốc nhuộm, dùng 0,05 g  $\text{Ag}@\text{AgCl}/\text{MIL-101}(\text{Cr})$  với 30 ml dung dịch RY-145 nồng độ 50 ppm và để cân bằng hấp phụ trong tối 30 phút. Sau đó thêm 1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  vào hỗn hợp trên, và để dưới ánh sáng tự nhiên (visible), cứ sau 1 h hút mẫu và tiến hành phân tích trên thiết bị UV-vis để xác định hiệu suất của quá trình.

### 2.3. Các phương pháp đặc trưng vật liệu

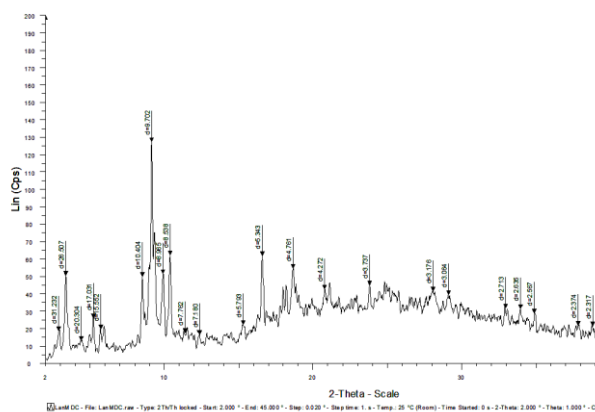
Giản đồ nhiễu xạ tia X được ghi trên thiết bị D8-Advance Bruker với tia phát xạ  $\text{CuK}\alpha$  (bước sóng  $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ ), công suất 40 kV, 40 mA tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội. Hình thái được xác định thiết bị kính hiển vi điện tử quét (SEM) Hitachi S4800 (Nhật). Quang phổ phản xạ khuếch tán (DRS) thu được bằng máy quang phổ Shimadzu-UV-2550-8030 trong phạm vi 190-800 nm với chiều rộng khe là 5,0 nm và nguồn sáng có bước sóng  $\lambda=360 \text{ nm}$  ở nhiệt độ phòng được đo tại Viện Vật lý. Đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp phụ  $\text{N}_2$  đo trên thiết bị ChemBET-3030 tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Tổng hợp vật liệu khung hữu cơ – kim loại MIL-101(Cr)

##### 3.1.1. Phương pháp nhiễu xạ Ronghen (XRD)

Mẫu MIL-101(Cr) được phân tích với phương pháp nhiễu xạ tia X trong khoảng  $2\theta$  từ 2 đến  $40^\circ$ . Kết quả thu được ở hình 3.



Hình 3. Phổ XRD của vật liệu MIL-101(Cr)

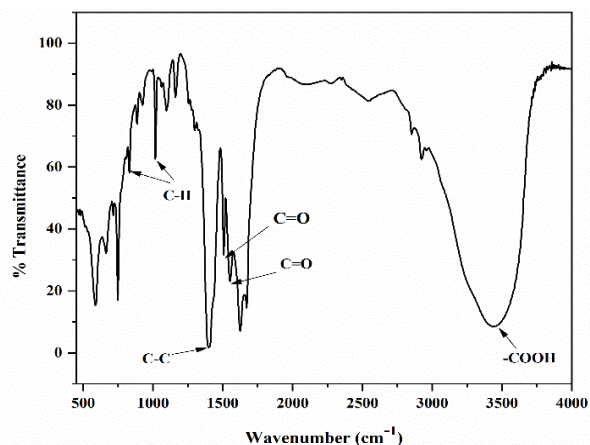
Qua phân tích phổ XRD của vật liệu MIL-101(Cr) cho thấy các peak đặc trưng xuất hiện ở góc nhỏ  $2\theta$  là đặc trưng cho vật liệu mao quản với nhiều lỗ trống hoặc các lỗ rỗng. Các peak nhiễu xạ đặc trưng ở  $2\theta = 1,7; 3,25; 8,4; 9,1; 10,9; 16,5$  và các peak của mẫu được thấy là tương tự với phổ chuẩn của vật liệu MIL-101(Cr).

##### 3.1.2. Phương pháp phổ hồng ngoại FT-IR

Mẫu MIL-101(Cr) sau khi tổng hợp được phân tích bằng phương pháp phổ hồng ngoại FT-IR cho kết quả như hình 4.

Từ kết quả phân tích hồng ngoại FT-IR hình 3.2 cho thấy các thông số sóng đặc trưng thể hiện các nhóm liên kết trong vật liệu như số sóng tổng hợp cho thấy tần số dao động mạnh và rộng hình thành trong vùng từ  $3000-3500\text{ cm}^{-1}$  được xác nhận là của nhóm  $-\text{COOH}$ , điều này chứng tỏ sự có mặt của TPA trong cấu trúc MOF. Các peak tại  $1018\text{ cm}^{-1}$  và

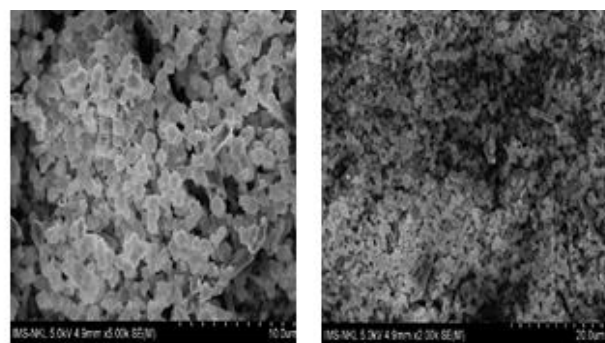
$748\text{ cm}^{-1}$  ứng với các dao động biến dạng và dao động hóa trị tương ứng của liên kết  $-\text{CH}$  trong vòng thơm. Hơn nữa, các peak xuất hiện tại  $1623\text{ cm}^{-1}$ ,  $1510\text{ cm}^{-1}$  tương ứng với các dao động hóa trị đối xứng và bất đối xứng của nhóm carbonyl ( $\text{C}=\text{O}$ ) và carboxyl ( $\text{COO}$ ). Với peak dao động tại  $1405\text{ cm}^{-1}$  đặc trưng cho liên kết  $\text{C}-\text{C}$  trong khung cấu trúc MIL-101(Cr).



Hình 4. Phổ hồng ngoại FT-IR của MIL-101

##### 3.1.3. Phương pháp điện tử hiển vi quét (SEM)

Mẫu MOF sau khi tổng hợp được đặc trưng bằng phương pháp điện tử hiển vi quét cho kết quả hình 5.

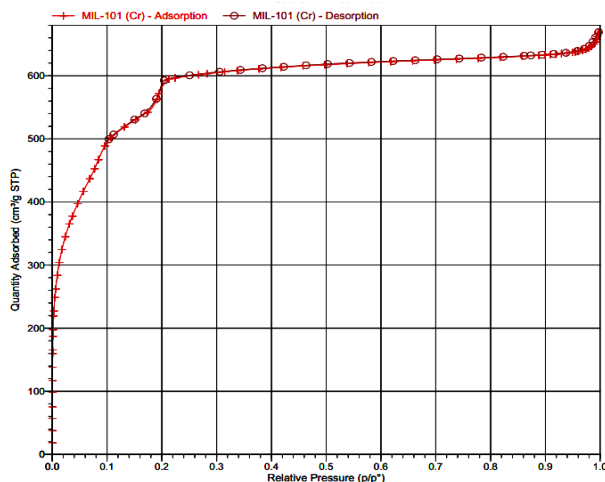


Hình 5. Ảnh SEM của vật liệu MIL -101

Ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) được đưa ra ở hình 5 cho thấy vật liệu MOF tổng hợp có hình dạng và cấu trúc khá đồng đều. Hình thái của vật liệu thu được bao gồm các tinh thể hình bát diện với các mặt nhẵn và mịn.

### 3.1.4. Phương pháp xác định diện tích bề mặt riêng BET

Cấu trúc mao quản trung bình của vật liệu MIL-101(Cr) cũng được khẳng định thông qua việc nghiên cứu đẳng nhiệt hấp phụ - nhả hấp phụ Nitrogen (BET) (hình 6).



Hình 6. Đường đẳng nhiệt hấp phụ - nhả hấp phụ nitrogen của MIL-101

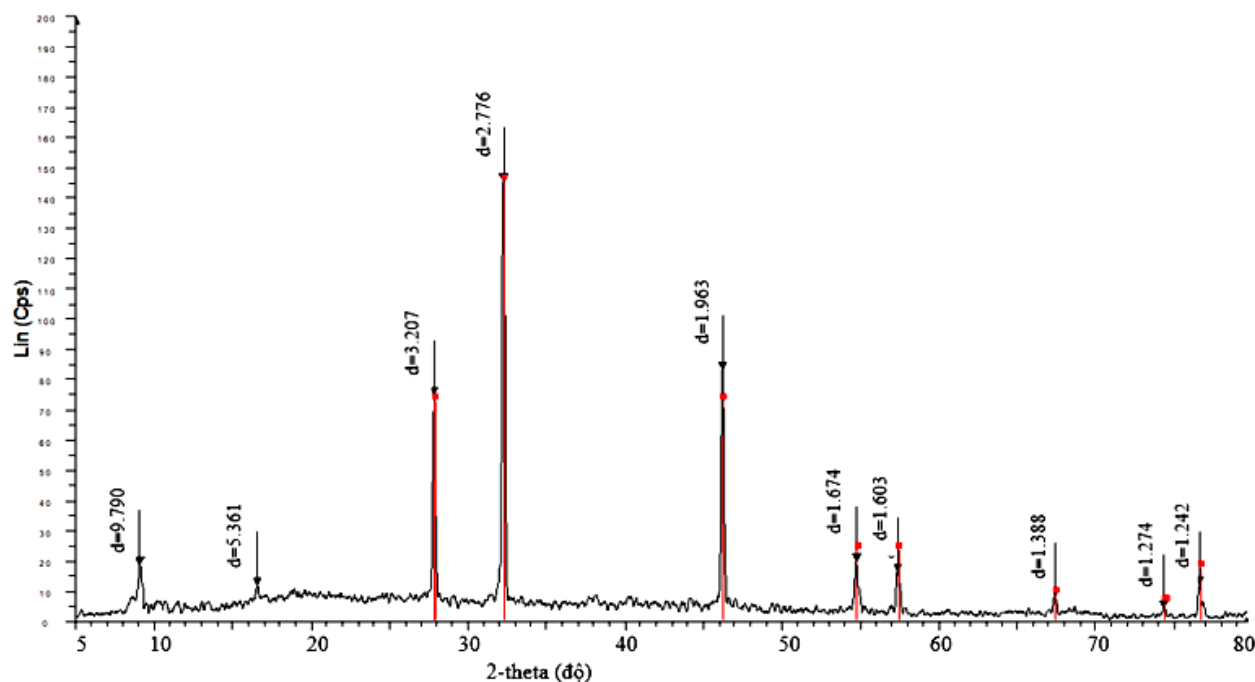
Đường hấp phụ nitrogen của vật liệu MIL-101(Cr) ta thấy sự xuất hiện vòng trễ dạng IV (theo phân loại IUPAC) đặc trưng cho sự có mặt của loại mao quản trung bình. Từ kết quả đo BET cho thấy các thông số của vật liệu như:

- Diện tích bề mặt lớn: 1964 m<sup>2</sup>/g;
- Thể tích lỗ xốp: 1,03 cm<sup>3</sup>/g;
- Đường kính lỗ trung bình: 2,1 nm.

### 3.2. Tổng hợp vật liệu quang xúc tác

Từ vật liệu MIL-101(Cr) đã tổng hợp ta tiếp tục tổng hợp được vật liệu quang xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) như trình bày ở mục 2.2.4. Vật liệu sau tổng hợp được đánh giá các đặc trưng hóa lý.

#### 3.2.1. Phương pháp nhiễu xạ Rơnghen (XRD)



Hình 7. Phổ XRD của vật liệu Ag@AgCl/MIL-101(Cr)

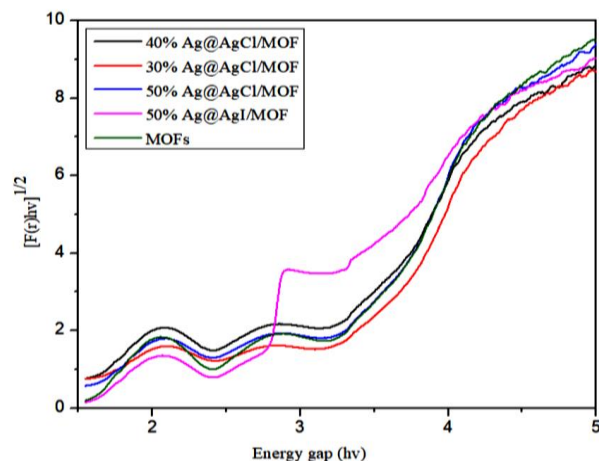
Mẫu Ag@AgCl/MIL-101(Cr) được phân tích với phương pháp nhiễu xạ tia X trong khoảng 2θ từ 5 đến 80°. Kết quả thu được ở hình 7. Như vậy có thể nhận thấy, ngoài peak đặc

trung rõ rệt của MIL-101(Cr), còn thấy xuất hiện các peak đặc trưng ở 2θ=27,8°; 32,2°; 46,2°; 54,8°; 57,5° và 76,7° tương ứng với các mặt phản xạ (111), (200), (220), (311), (222)

và (420) của AgCl [7].

### 3.2.2. Phương pháp UV-vis DRS

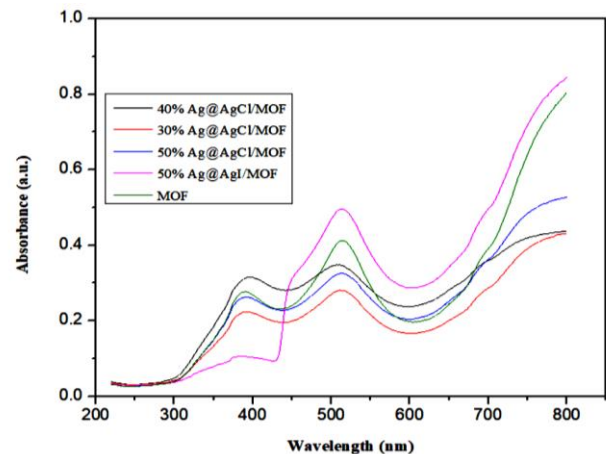
Để xác định năng lượng vùng cấm và bước sóng của vật liệu, ta thực hiện với phương pháp đo UV-vis. Kết quả thu được đưa ra ở hình 8.



Hình 8. Đồ thị  $[F(r)hv]^{1/2}$  theo  $h\nu$  để tính  $E_g$  của các vật liệu quang xúc tác

Giá trị năng lượng vùng cấm ( $E_g$ ) có thể xác định theo phương trình Tauc:  $(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g)$ . Dựa vào đồ thị  $[F(r)hv]^{1/2}$  theo  $h\nu$  để xác định  $E_g$ . Kết quả năng lượng vùng cấm ở hình 3.6 cho thấy năng lượng vùng cấm  $E_g$  của các vật liệu xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) theo hàm lượng xúc tác 30%; 40%; 50% lần lượt ở các khoảng là 1,39eV; 1,38eV và 1,46eV.  $E_g$  của vật liệu xúc tác Ag@AgI/MOF và MOF lần lượt là 1.52eV và 1.54eV. Điều này cho thấy MOF điều chỉnh khoảng cách độ rộng vùng cấm Ag/AgCl và Ag/AgI gần đến 1,5eV. Khi tăng dần lượng vật liệu Ag/AgCl làm tăng độ rộng vùng cấm (1.46eV), dẫn đến sự ảnh hưởng đáng kể tính chất xúc tác quang của Ag@AgCl/MIL-101(Cr). Đặc biệt có thể nhận thấy năng lượng vùng cấm  $E_g$  của vật liệu Ag@AgCl/MIL-101(Cr) với hàm lượng xúc tác 40% nhỏ hơn so với hàm lượng 30%, 50%, qua đó cho thấy tỉ lệ thích hợp gắn vật liệu Ag/AgCl lên vật liệu mao quản MOF.

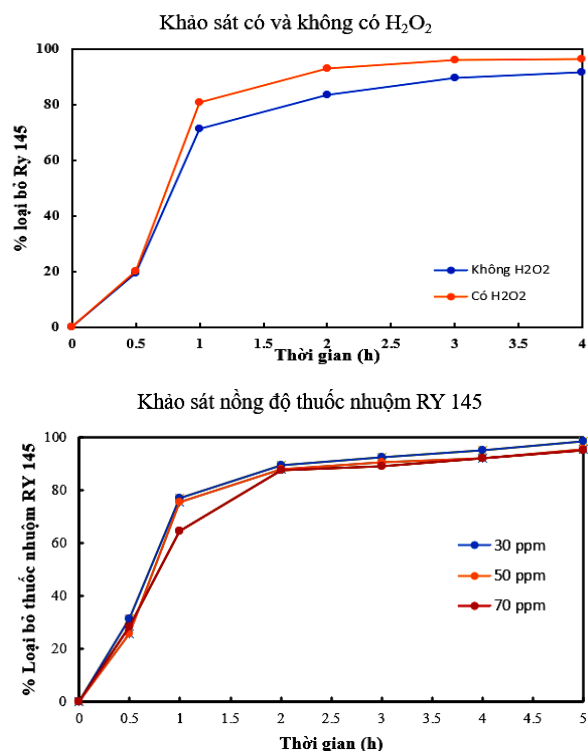
Các tính chất quang của xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) được phân tích bằng phương pháp phổ tán xạ khuếch tán (UV-Vis DRS) ở bước sóng 200–800 nm. Kết quả được thể hiện trong hình 9.



Hình 9. Phổ UV - Vis DRS của vật liệu Ag@AgCl/MIL-101(Cr)

### 3.3. Xử lý thuốc nhuộm RY-145

#### 3.3.1. Đánh giá khả năng xử lý thuốc nhuộm thông qua phương pháp đo UV-Vis



Hình 10. Đánh giá khả năng xử lý thuốc nhuộm RY-145

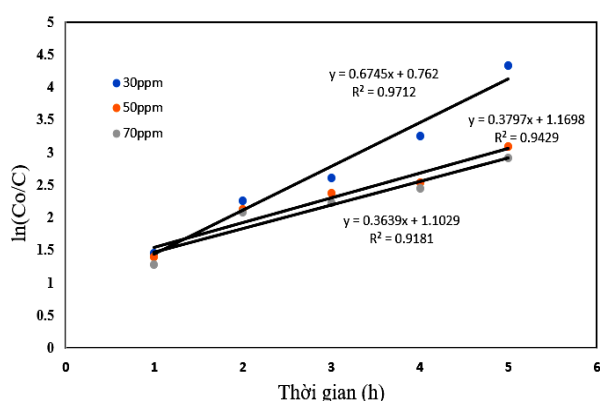


Để xác nhận khả năng xúc tác của vật liệu Ag@AgCl/MIL-101(Cr) tổng hợp được, ta tiến hành các thí nghiệm với 2 trường hợp: có H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> và không có H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; khối lượng chất xúc tác với từng nồng độ RY-145.

Kết quả xác định nồng độ RY-145 theo thời gian cho thấy trong trường hợp không có H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> thì phần trăm nồng độ RY-145 bị loại 91%. Trường hợp Ag@AgCl/MIL-101(Cr) có H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> thì nồng độ RY-145 bị loại 96% và không đổi sau 4 h. Như vậy, với hệ xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) vai trò của tác nhân oxi hóa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> là không đáng kể.

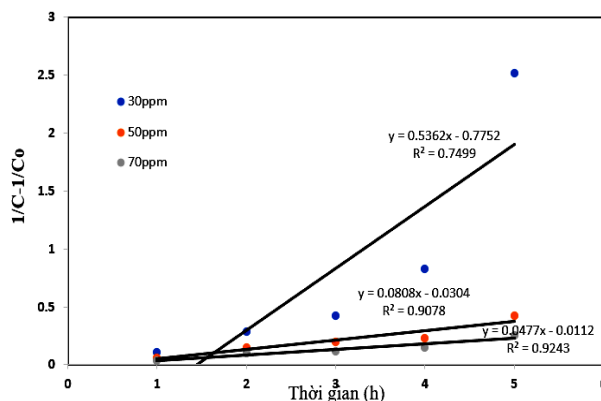
Kết quả khảo sát nồng độ thuốc nhuộm RY-145 cho thấy khả năng xúc tác của vật liệu giảm dần so với nồng độ thuốc nhuộm. Nồng độ thuốc nhuộm cao thì phần trăm loại bỏ thuốc nhuộm thấp.

### 3.3.2. Động học phản ứng của quá trình xử lý thuốc nhuộm



Hình 11. Động học phản ứng quá trình phân hủy thuốc nhuộm RY-145 trên xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) trong phản ứng bậc 1

Qua hai hình 11 và hình 12 thấy được hệ số tương quan của phương trình động học bậc 1 cao hơn hệ số tương quan của phương trình động học bậc 2. Nên phương trình động học bậc hai là phù hợp đối với quá trình xử lý RY-145 trên xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr).



Hình 12. Động học phản ứng quá trình phân hủy thuốc nhuộm RY-145 trên xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) trong phản ứng bậc 2

## 4. KẾT LUẬN

Với mục tiêu tổng hợp vật liệu khung hữu cơ – kim loại sử dụng làm chất mang cho pha hoạt động quang xúc tác Ag@AgCl ứng dụng xử lý thuốc nhuộm RY-145 trong nước, nghiên cứu đã đạt được những kết quả sau:

- Kết quả XRD, phổ FT-IR cho thấy các liên kết C=O, C=C (vòng), Cr-O đã được hình thành trong MIL-101(Cr). Kết quả SEM cho thấy vật liệu MIL-101(Cr) là vật liệu cấu trúc, có kích thước và lỗ mao quản khá đồng đều. Hình thái của vật liệu thu được bao gồm các tinh thể hình bát diện với các mặt nhẵn và mịn. Đẳng nhiệt hấp phụ - nhả hấp phụ N<sub>2</sub> cho thấy MIL-101(Cr) diện tích bề mặt riêng lớn, vật liệu có cấu trúc mao quản. Kết quả đo UV-vis DRS cho thấy được năng lượng vùng cấm của vật liệu 40%Ag@AgCl/MIL-101(Cr) là 1,38 eV.
- Khả năng xử lý thuốc nhuộm RY-145 trên xúc tác Ag@AgCl/MIL-101(Cr) đạt hiệu suất 96% trong thời gian 4h sử dụng tác nhân oxi hóa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> và 91% khi không sử dụng tác nhân oxi hóa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Động học phản ứng cho thấy quá trình xử lý RY-145 trên xúc tác RY-145 tuân theo phương trình động học bậc 2.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Đan Thủy, T. Hà Phương Ân, and N. Thanh Việt, “Tái chế nhựa polyethylene terephthalate (PET) và ứng dụng nhựa đã qua tái chế,” Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 2015.
- [2] Trần Thị Hương (2011), Nghiên cứu tổng hợp, đặc trưng và khảo sát khả năng hấp phụ của vật liệu MIL – 101, Đại học sư phạm Huế.
- [3] Nguyễn Thị Thu (2012), Nghiên cứu tổng hợp vật liệu MOFs và khảo sát hoạt tính xúc tác của chúng trong phản ứng Paal-Knorr, Đại học Lạc Hồng.
- [4] X. Xiao, L. Ge, C. Han, Y. Li, Z. Zhao, Y. Xin, S. Fang, L. Wu, P. Qiu. A facile way to synthesize Ag@AgBr cubic cages with efficient visible-light-induced photocatalytic activity. Applied Catalysis B: Environmental 163 (2015) 564–572.
- [5] A.L. Singh, S. Chaudhary, S. Kumar, A. Kumar, A. Singh, A. Yadav, Biodegradation of Reactive Yellow-145 azo dye using bacterial consortium: A deterministic analysis based on degradable Metabolite, phytotoxicity and genotoxicity study. Chemosphere, 300, 2022, 134504.
- [6] Km. Rachna, A. Agarwal, N.B Singh. Rice husk and Sodium hydroxide activated Rice husk for removal of Reactive yellow dye from water. Material today, 12(3), 2019, 573-580.
- [7] Gongduan Fan, Xiaomei Zheng, Jing Luo, Huiping Peng, Hui Lin, Minchen Bao, Liang Hong, Jinjin Zhou, “Rapid synthesis of Ag/AgCl@ZIF-8 as a highly efficient photocatalyst for degradation of acetaminophen under visible light”. Chemical Engineering Journal, 351, 2018, 782-790.

---

*Thông tin liên hệ:* **Nguyễn Thị Phương Lan**

Điện thoại: 0834308214 - Email: ntplan@uneti.edu.vn

Khoa Khoa học ứng dụng, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.





- 
-