

## NGHIÊN CỨU VÀ TỔNG HỢP VẬT LIỆU $MnFe_2O_4$ CÓ KÍCH THƯỚC NANO BẰNG PHƯƠNG PHÁP THUỶ NHIỆT

Nguyễn Thanh Bình<sup>1,3</sup>, Đặng Hồ Hồng Quang<sup>1</sup>, Nguyễn Mậu Thành<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Viện Nghiên cứu Hạt nhân

<sup>2</sup>Trường Đại học Quảng Bình

<sup>3</sup>Trường Đại học Khoa học Huế

\*Email: thanhhk18@gmail.com

*Ngày nhận bài: 18/8/2022; ngày hoàn thành phản biện: 22/8/2022; ngày duyệt đăng: 20/10/2022*

### TÓM TẮT

Trong bài báo này, vật liệu  $MnFe_2O_4$  có kích thước nano được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt. Kích thước và cấu trúc hạt của  $MnFe_2O_4$  được phân tích dựa trên các phép đo nhiễu xạ tia X (XRD), kính hiển vi điện tử quét (SEM) và quang phổ tia X phân tán năng lượng (EDX). Kết quả cho thấy  $MnFe_2O_4$  được phân tán tốt và đồng nhất, bao gồm các hạt nano tinh thể sơ cấp có kích thước từ 13,82 đến 28,39 nm. Phổ Raman cho thấy ba chế độ hoạt động Raman ( $A_{1g} + E_g + T_{2g}$ ) được mong đợi trong cấu trúc spinel và sự thay đổi của các chế độ ngụ ý rằng có sự phân bố lại cation trong các vị trí tứ diện và bát diện. Quá trình hấp phụ-giải hấp nitơ được sử dụng để xác định diện tích bề mặt (Brunauer-Emmett-Teller (BET)) và độ xốp của vật liệu chế tạo được.

**Từ khoá:** Vật liệu nano,  $MnFe_2O_4$ , phương pháp thủy nhiệt.

### 1. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây khoa học và công nghệ nano thực sự đã tạo được bước đột phá lớn trong lĩnh vực khoa học vật liệu. Nhiều ứng dụng công nghệ khác nhau dựa trên vật liệu nano ferit do các tính chất từ và điện độc đáo. Chúng ta cũng biết rằng, các tính chất vật lý và hóa học của các vật liệu từ có kích thước nano khá khác biệt so với các vật liệu dạng khối do hiệu ứng bề mặt của chúng (tỷ lệ bề mặt trên thể tích lớn) và hiệu ứng giam giữ lượng tử (đặc tính phụ thuộc vào kích thước). Các hạt nano mangan ferit ( $MnFe_2O_4$ ) rất quan trọng do các ứng dụng từ tính của chúng, chẳng hạn như thiết bị ghi âm, lưu trữ thông tin, thiết bị điện tử, phân phối thuốc, ferrofluid, cảm biến sinh học, công nghệ MRI và xúc tác [1, 2].  $MnFe_2O_4$  là một spinel đảo một phần với khoảng 80% các ion  $Mn^{2+}$  nằm ở vị trí tứ diện, trong khi chỉ có 20%

trong số chúng nằm ở vị trí bát diện, diện tích bề mặt cao, từ tính có thể điều chỉnh được [3]. Ferit gốc mangan có lợi thế so với các cation khác vì lượng mangan hấp thụ hàng ngày được tìm thấy thông qua không khí, nước và chế độ ăn uống nằm trong khoảng 0,67 - 4,99 mg, ở mức giá trị trung bình là 2,21 mg mỗi ngày [4].

Thông thường, các phương pháp tổng hợp hạt nano ferit bao gồm phương pháp gốm, đồng kết tủa [5], sol-gel [6], sấy phun [7], và phương pháp thủy nhiệt nhiệt độ và áp suất [8]. Trong phương pháp gốm, oxide kim loại được trộn bằng cơ, thông thường là dùng máy nghiền năng lượng cao. Phương pháp này khó tạo ra các hạt mịn và dẫn đến sự phân bố của các kích thước hạt không đồng đều. Ngoài ra, các tạp chất có thể lẫn vào do quá trình nghiền. Phương pháp đồng kết tủa tạo ra các hạt đồng nhất, tỉ lệ hợp thức có thể được kiểm soát, và sự phân bố kích thước hạt nhỏ. Kỹ thuật sol-gel cho phép kiểm soát kích thước hạt và phân bố kích thước, mà còn giúp kiểm soát hình dạng của hạt. Phun khô sử dụng kết tủa dung dịch cation đậm đặc bằng cách làm bay hơi dung môi, trong khi làm khô tự do, dung dịch đậm đặc được nguyên tử hóa thành những giọt nhỏ. Phương pháp thủy nhiệt có thể tạo ra các hạt nhỏ hơn nhiều, chẳng hạn như cụm, phân tử, ion và nguyên tử [9]. Vì vậy, trong bài báo này chúng tôi đề cập đến các kết quả nghiên cứu chi tiết hơn về tổng hợp vật liệu MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> có kích thước nano bằng phương pháp thủy nhiệt, sử dụng dung dịch NaOH làm tác nhân đồng kết tủa.

## **2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Hóa chất và thiết bị**

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu là các hóa chất tinh khiết được mua từ hãng Merck, Đức gồm: FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, NaOH. Ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) được mua từ Hãng Guangzhou, Trung Quốc. Nước cất hai lần (cất trên thiết bị cất nước Fistream Cyclon, England) được sử dụng để pha chế hóa chất và tráng, rửa các dụng cụ thủy tinh. Cốc thủy tinh chịu nhiệt 100 ml, 200 ml, 500 ml, micropipet các loại, cân phân tích, máy khuấy từ gia nhiệt, cối chày mã não, lò nung, tủ sấy, bình thủy nhiệt (bộ Autoclave).

Vật liệu tổng hợp được nghiên cứu bằng các phương pháp vật lý hiện đại như: Cấu trúc và độ tinh thể của vật liệu nhận dạng bởi sự nhiễu xạ tia X (XRD) đo trên máy D8-Advance, Bruker với tia phát xạ CuK<sub>α</sub> có bước sóng  $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ , công suất 40 KV, góc quét 20° đến 80°. Hình thái của sản phẩm quan sát bằng quét kính hiển vi điện tử (SEM) và phổ EDX được thực hiện trên SEM-JEOL-JSM 5410 LV (Nhật) ở 10 kV, phổ Raman được ghi trên máy Micro Raman LABRAM. Diện tích bề mặt riêng được xác định bằng đường đẳng nhiệt hấp phụ-giải hấp nitơ sử dụng Micromeritics Tristar 3000, nơi các mẫu trước đó đã được khử khí ở 120 °C trong 12 giờ và tiến hành gia nhiệt từ

120 đến 180 °C với thời gian thay đổi trong khoảng 6-12 giờ

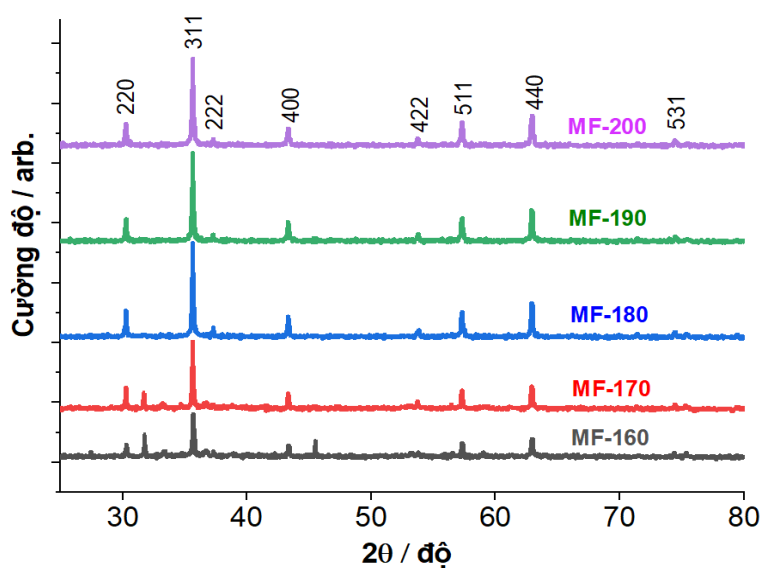
## 2.2. Tổng hợp MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Cho 0,693 g MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O và 1,892 g FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O vào một cốc thủy tinh 250 mL, thêm 180 mL nước cất, dùng máy khuấy từ khuấy đều thu được dung dịch A. Hòa tan 1,400 g NaOH vào 20 mL nước cất, sau đó nhỏ từng giọt dung dịch NaOH vào bình chứa dung dịch A tiếp tục khuấy đều bằng máy khuấy từ, giữ dung dịch ở nhiệt độ phòng trong thời gian 15 phút, xuất hiện kết tủa màu nâu đen (B). Cho hỗn hợp B vào bình teflon 250 mL đậy nắp rồi đưa vào bộ Autoclave, vặn chặt. Thủy phân hỗn hợp trên bằng cách cho bộ Autoclave có chứa dung dịch B vào lò nung. Tiến hành gia nhiệt ở nhiệt độ là 180 °C với thời gian 12 giờ [10, 11], sau đó để nguội bình thủy nhiệt đến nhiệt độ phòng, thu được dung dịch chứa kết tủa và các chất hoà tan. Gạn lấy kết tủa rồi rửa bằng ethanol và nước cất nhiều lần đến pH ≈ 7. Cuối cùng sản phẩm được sấy khô ở 60 °C trong vòng 12 giờ, nghiền mịn ta được MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Phương trình ion của phản ứng là:  $Mn^{2+} + 2Fe^{3+} + 8OH^{-} \rightarrow Mn(OH)_2\downarrow + 2Fe(OH)_3\downarrow \rightarrow MnFe_2O_4 + 4H_2O$

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Đặc trưng các vật liệu bằng kết quả XRD

Phương pháp nhiễu xạ tia X là một trong những phương pháp thường được sử dụng để nhận dạng cấu trúc và độ tinh thể của vật liệu. Để khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình tổng hợp vật liệu, chúng tôi tiến hành tổng hợp như mục 2.2 nhưng thay đổi các nhiệt độ thủy nhiệt là 160, 170, 180, 190 và 200 °C được ký hiệu lần lượt từ MF-160 đến MF-200. Kết quả được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Giản đồ XRD của MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ở các nhiệt độ khác nhau

Từ hình 1, có thể thấy vật liệu tổng hợp được đã hình thành đơn pha MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ở 160 °C, nhưng cường độ còn yếu. Khi nâng nhiệt độ nung lên cao hơn, pha tinh thể càng kết tinh tốt hơn (đỉnh nhọn và cao hơn). Thật vậy, mẫu XRD chứa tám đường sắc nét trùng với dữ liệu chuẩn của pha spinel mangan ferit (Jacobsite) lập phương (thẻ JCPDS số 75-0034) [3]. Các đỉnh nhiễu xạ ở 2θ thu được lần lượt ở 30,2° ; 35,6° ; 36,7° ; 43,3° ; 53,7° ; 57,2° ; 62,8° và 75,3° tương ứng cho mặt phẳng tinh thể của spinen mangan ferit là (220), (311), (222), (400), (422), (511), (440) và (531). Trên thực tế, mẫu XRD không chứa các cực đại phụ đối với bất kỳ tạp chất nào cho thấy sự hình thành mangan ferit ở dạng một pha. Các kết quả này cho thấy pha từ trong MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> là spinel lập phương. Tuy nhiên, ở nhiệt độ 160 °C (MF-160) chưa thấy xuất hiện đỉnh nhiễu xạ (422) mà xuất hiện 2 đỉnh lạ ở 2θ là 32,4° và 45,5°. Nhưng, khi nhiệt độ tăng lên từ 170° (MF-170) thì đỉnh nhiễu xạ (422) này cũng dần xuất hiện và không còn đỉnh ở 2θ là 45,5° mà còn đỉnh 32,4°. Do đó để tổng hợp MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> có độ tinh khiết cao hơn bằng phương pháp thủy nhiệt chúng tôi chọn nhiệt độ từ 180 °C trở lên.

Để nghiên cứu sâu hơn, chúng tôi sẽ tính kích thước tinh thể, khoảng cách mặt mạng, cũng như ứng suất bề mặt dựa vào phương pháp Scherrer-Debye [12]:

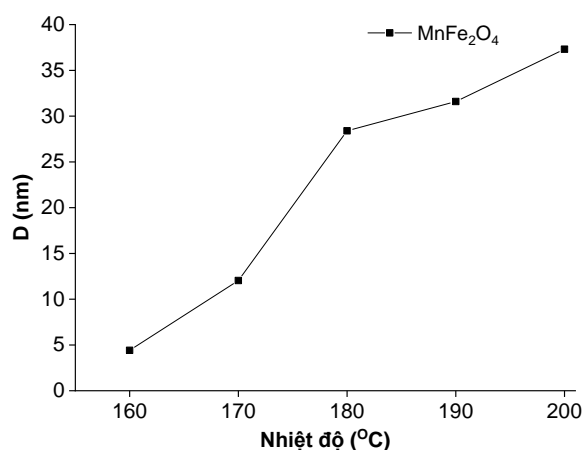
$$D = \frac{0,89 \times \lambda}{\rho \times \cos(\theta)} \quad (1).$$

Trong đó: D là kích thước tinh thể trung bình, λ là bước sóng tia X là 1,5418 Å, ρ là độ bán rộng bán chiều cao đỉnh (full-width half-maximum –FWHM), θ là góc nhiễu xạ tương ứng (Góc Bragg). Và công thức này thường được áp dụng tính cho đỉnh nhiễu xạ có cường độ mạnh nhất là đỉnh (311), kết quả được thể hiện ở bảng 1.

**Bảng 1.** Các thông số tinh thể được tính theo giản đồ XRD ở các nhiệt độ khác nhau

Mẫu	Nhiệt độ (°C)	Đỉnh nhiễu xạ	λ (nm)	2θ	FWHM	D (nm)
MF-160	160	311	0,15418	35,64	1,69592	4,41
MF-170	170	311	0,15418	35,62	0,62190	12,04
MF-180	180	311	0,15418	35,63	0,26365	28,39
MF-190	190	311	0,15418	35,61	0,23685	31,60
MF-200	200	311	0,15418	35,60	0,20063	37,31

Từ bảng 1, chúng tôi biểu diễn sự phụ thuộc giữa kích thước trung bình của các hạt mangan ferit vào nhiệt độ như hình 2.

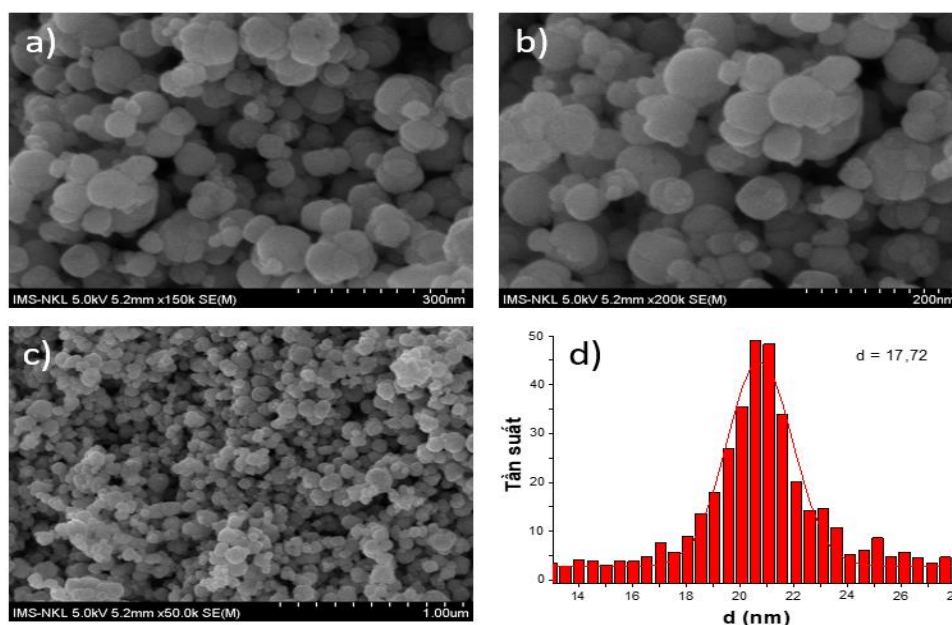


Hình 2. Kích thước hạt trung bình phụ thuộc vào nhiệt độ

Kết quả ở bảng 1 và hình 2 cho thấy thêm, khi tăng nhiệt độ phản ứng từ 160 °C lên 200 °C, kích thước hạt thu được tăng từ 4,41 lên 37,31 nm. Xu hướng kích thước hạt tăng khi tăng nhiệt độ phản ứng có thể được giải thích thông qua nghiên cứu của Zipare K và cộng sự: Các tác giả này cho rằng nhiệt độ phản ứng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình phát triển mầm hạt trong dung dịch. Khi tăng nhiệt độ phản ứng quá trình khếch tán sẽ tăng lên kết quả thu được các hạt có kích thước lớn hơn [13]. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ từ 170 °C lên 180 °C thì kích thước tăng lên đến 16,35 nm. Nhưng ở các nhiệt độ 180, 190 và 200 °C thì kích thước tăng lên không đáng kể. Do vậy, để giảm thiểu năng lượng chúng tôi chọn nhiệt độ là 180 °C làm nghiên cứu tiếp theo

### 3.2. Đặc trưng các vật liệu bằng ảnh SEM

Để quan sát được hình thái học bề mặt của vật liệu, chúng tôi tiến hành khảo sát vật liệu  $MnFe_2O_4$  qua ảnh hiển vi điện tử quét SEM với các độ phóng đại khác nhau lần lượt thể hiện trên hình 3 (a), 3 (b) và 3 (c) ứng với 300 nm; 200 nm và 1  $\mu m$ . Bên cạnh đó, giản đồ phân bố kích thước trung bình từ ảnh SEM của mẫu mangan ferit cũng được thể hiện trong hình 3 (d).

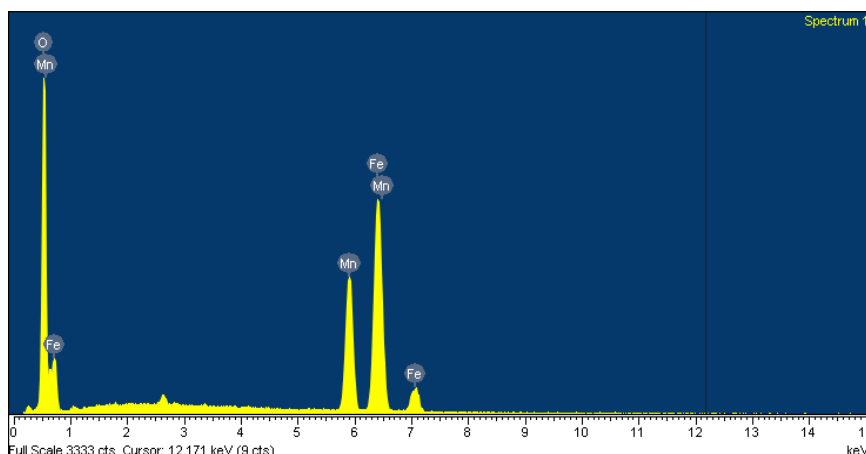


Hình 3. Ảnh SEM ở các độ phóng đại khác nhau: 300 nm (a); 200 nm (b) và 1  $\mu$ m (c), giản đồ phân bố kích thước hạt trung bình (d)

Từ hình 3 cho thấy sự hình thành của chất rắn xốp kết tụ nhiều hạt với các tinh thể nhỏ rời rạc có hình dạng tương tự như các hạt cầu, có cấu trúc rõ ràng, tương đối đồng đều, bề mặt nhẵn với đường kính trung bình khoảng 17,72 nm.

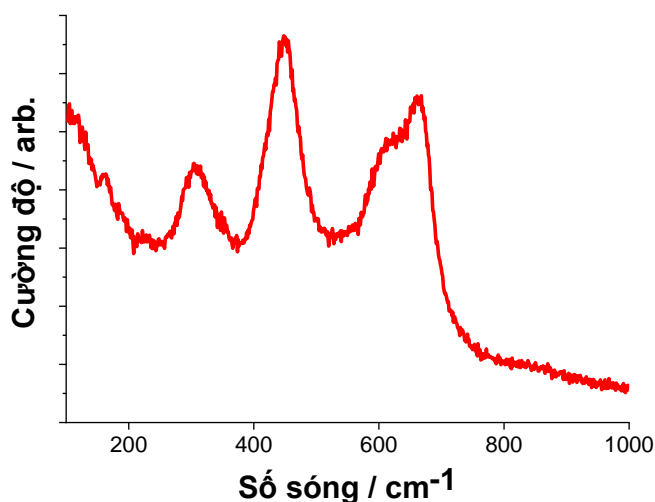
### 3.3. Đặc trưng các vật liệu bằng ảnh EDX

Phân tích nguyên tố và độ tinh khiết của mẫu tinh thể nano  $MnFe_2O_4$  đã được xác nhận bằng phân tích EDX và các đỉnh thu được được thể hiện trong hình 4. Kết quả EDX ở hình 4 khẳng định sự có mặt của các nguyên tố Mn, Fe và O trong mẫu  $MnFe_2O_4$ . Và cho thấy phần trăm nguyên tử của Mn, Fe và O lần lượt là 13,34, 23,12 và 58,54 %. Ngoài các đỉnh này, có hai đỉnh nhỏ cũng được tìm thấy ở 0,3 và 2,6 keV trong mẫu, điều này cho thấy sự hiện diện của nguyên tố Cl có thể là từ các muối ban đầu đưa vào để tổng hợp mẫu, điều này cũng trùng hợp với nghiên cứu của nhóm tác giả Kisan Zipare [13].



Hình 4. Phổ EDX của mẫu  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$

### 3.4. Đặc trưng các vật liệu bằng kết quả Raman



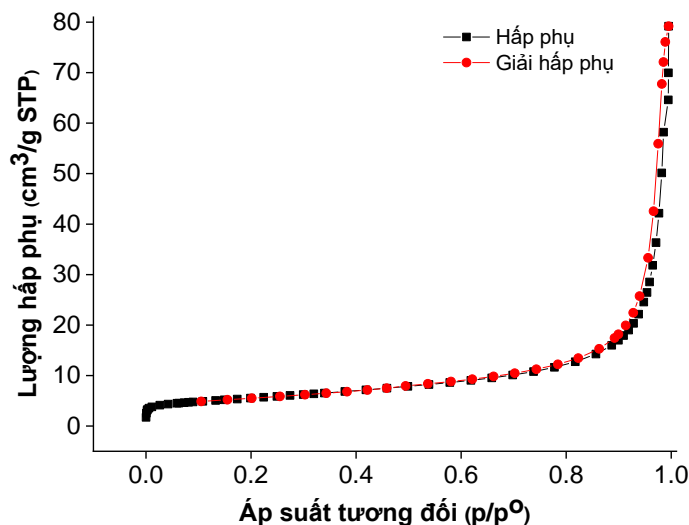
Hình 5. Phổ raman của mẫu  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$

Hình 5 trình bày phổ Raman của tinh thể nano ferit đã được tổng hợp, ghi lại trong phạm vi  $100 - 1000 \text{ cm}^{-1}$ . Có ba chế độ dao động được dự đoán cho Raman nhất rõ ràng nhất là  $E_g$ ,  $T_{2g}$  và  $A_{1g}$  lần lượt được hiển thị ở các đỉnh  $310$ ,  $450$  và  $670 \text{ cm}^{-1}$ . Các vị trí đỉnh của phổ Raman được liệt kê, phù hợp với với các báo cáo trước đó cho sắt  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  [14]. Ở dải  $A_{1g}$  xuất hiện trong khoảng  $620 - 680 \text{ cm}^{-1}$ , chế độ này liên quan đến sự căng đối xứng của các nguyên tử oxy dọc theo các liên kết  $\text{Mn} - \text{O}$ . Trong trường hợp phổ thể hiện rõ ràng các dải trong khoảng  $400 - 500$  và  $270 - 350 \text{ cm}^{-1}$  được gán ở chế độ  $T_{2g}$  và  $E_g$ . Chúng có thể tương ứng với sự tác giữa đối xứng và không đối xứng của oxy đối với mangan.

### 3.5. Đặc trưng bằng phương pháp đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp phụ BET

Khả năng hấp phụ bề mặt của các hạt nano  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  được xác định bằng kỹ thuật diện tích bề mặt Brunauer – Emmett – Teller (BET) sử dụng các nghiên cứu hấp

phụ / giải hấp  $N_2$  và được thể hiện ở hình 6.



Hình 6. Đường cong hấp phụ /giải hấp nitơ

Từ đường đẳng nhiệt hấp phụ/giải hấp nitơ của mangan ferit ở hình 6, có thể thấy đây là đường cong đẳng nhiệt thuộc loại III theo phân loại IUPAC. Diện tích bề mặt riêng tính theo mô hình BET là  $19.23 m^2 \cdot g^{-1}$ . Từ đó, dự kiến rằng diện tích bề mặt cao của  $MnFe_2O_4$  có thể tăng cường các đặc tính của xúc tác, hấp phụ tốt những phân tử nhỏ cũng như những phân tử có cấu trúc lồng kênh như phẩm nhuộm và ngay cả kim loại nặng [15].

#### 4. KẾT LUẬN

Đã tổng hợp thành công vật liệu nano  $MnFe_2O_4$  có cấu trúc đơn pha spinel bằng phương pháp thủy nhiệt. Kết quả nghiên cứu mẫu bằng một số phương pháp hóa lý hiện đại cho thấy, vật liệu có hình dạng cầu, xốp, các nguyên tố mangan và sắt trong mẫu tổng hợp được phân bố khá đồng đều. Kích thước hạt trong khoảng 13,82 đến 28,39 nm, diện tích bề mặt riêng lớn do đó hứa hẹn khả năng xúc tác, hấp phụ và xử lý các chất ô nhiễm trong môi trường.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Arulmurugan R, Vaidyanathan G, Sendhilnathan S, Jeyadevan B, (2006). Mn-Zn ferrite nanoparticles for ferrofluid preparation: study on thermal-magnetic properties, *Journal of magnetism magnetic materials*, 298 (2), pp. 83-94.
- [2]. Haun JB, Yoon TJ, Lee H, Weissleder R, (2010). Magnetic nanoparticle biosensors. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine Nanobiotechnology*, 2 (3), pp. 291-304.



- [3]. Deraz N, Alarifi A, (2012). Controlled synthesis, physicochemical and magnetic properties of nano-crystalline Mn ferrite system, *Int J Electrochem Sci*, 7 (6), pp. 5534-5543.
- [4]. Tripathi R, Mahapatra S, Raghunath R, Sastry V, Krishnamoorthy T, (2000). Daily intake of manganese by the adult population of Mumbai, *Science of the total environment*, 250( 1-3) , pp. 43-50.
- [5]. Amighian J, Mozaffari M, Nasr B, (2006). Preparation of nano-sized manganese ferrite (MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) via coprecipitation method, *physica status solidic*, 3 (9), pp. 3188-3192.
- [6]. Li J, Yuan H, Li G, Liu Y, Leng J, (2010). Cation distribution dependence of magnetic properties of sol-gel prepared MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel ferrite nanoparticles, *Journal of Magnetism Magnetic Materials*, 322 (21), pp. 3396-3400.
- [7]. Naseri MG, Saion EB, Ahangar HA, Hashim M, Shaari AH, (2011). Synthesis and characterization of manganese ferrite nanoparticles by thermal treatment method. *Journal of Magnetism magnetic Materials*, 323 (13), pp. 1745-1759,
- [8]. Zhang D, Zhang X, Ni X, Song J, Zheng H, (2006). Low-temperature fabrication of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> octahedrons: magnetic and electrochemical properties, *Chemical Physics Letters*, 426 (1-3) ,pp. 120-134.
- [9]. Rozman M, Drofenik M, (1995). Hydrothermal synthesis of manganese zinc ferrites, *Journal of the American Ceramic Society* , 78 (9), pp. 2449-2455.
- [10]. Guo P, Cui L, Wang Y, Lv M, Wang B, Zhao X, (2013). Facile synthesis of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles with tunable magnetic and sensing properties, *Langmuir*, 29(28), pp. 8997-9003.
- [11]. Li Z, Gao K, Han G, Wang R, Li H, Zhao X, et al., (2015). Solvothermal synthesis of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> colloidal nanocrystal assemblies and their magnetic and electrocatalytic properties, *New Journal of Chemistry*, 39 (1), pp. 361-368.
- [12]. Patterson, (1939). The Scherrer formula for X-ray particle size determination. *Physical review*, 56 (10), pp. 978.
- [13]. Zipare K, Dhumal J, Bandgar S, Mathe V, Shahane G, (2015). Superparamagnetic manganese ferrite nanoparticles: synthesis and magnetic properties. *Journal of Nanoscience Nanoengineering*, 1 (3), pp.178-182.
- [14]. Freire R, Ribeiro T, Vasconcelos I, Denardin JC, Barros E, Mele G, et al., (2013). MZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M= Ni, Mn) cubic superparamagnetic nanoparticles obtained by hydrothermal synthesis, *Journal of nanoparticle research*, 15 (5), pp. 1-12.
- [15]. Rouquerol J, Avnir D, Fairbridge C, Everett D, Haynes J, Pernicone N, et al., (1994). Recommendations for the characterization of porous solids (Technical Report). *Pure applied chemistry*, 66, (8), pp. 1739-1758.

**SYNTHESIS OF NANOSIZED MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
MATERIAL BY HYDROTHERMAL METHOD**

**Nguyen Thanh Binh<sup>1,3</sup>, Dang Ho Hong Quang<sup>1</sup>, Nguyen Mau Thanh<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Nuclear Research Institute

<sup>2</sup>Quang Binh University

<sup>3</sup>University of Sciences, Hue University

\*Email: thanhhk18@gmail.com

**ABSTRACT**

In the present paper, nanosized MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> material is synthesized by the hydrothermal method. The size and microstructure of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> were analyzed based on X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray (EDX) techniques. Results showed that MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> were well-separation and uniform, which were composed of primary crystalline nanoparticles with the sizes ranging from 13.82 nm to 28.39 nm. The Raman spectra shows three Raman active modes (A<sub>1g</sub> + E<sub>g</sub> + T<sub>2g</sub>) which are expected in the spinel structure, and a shifting of the modes implies cation redistribution in the tetrahedral and octahedral sites. The nitrogen adsorption-desorption was used for determination of surface area (Brunauer – Emmett – Teller (BET)) and porosity of the fabricated material

**Keywords:** Nanomaterial, MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, hydrothermal method



**Nguyễn Thanh Bình** sinh ngày 10/05/1980 tại Quảng Trị. Ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Hóa học năm 2006 tại Trường Đại học Đà Lạt, tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Hóa phân tích năm 2011. Từ 6/2021 đến nay đang là Nghiên cứu sinh chuyên ngành Hóa lý thuyết & Hóa lý tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện ông công tác tại Trung tâm Nghiên cứu và Điều chế Đồng vị phóng xạ - Viện Nghiên cứu Hạt nhân.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Tổng hợp vật liệu mới, tổng hợp vật liệu xúc, vật liệu cảm biến, phân tích điện hóa và phức chất ứng dụng trong Y học.



**Đặng Hồ Hồng Quang** sinh ngày 16/03/1982 tại Quảng Ngãi. Ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Hóa học năm 2004 tại Trường Đại học Đà Lạt. Hiện ông công tác tại Trung tâm Nghiên cứu và Điều chế Đồng vị phóng xạ - Viện Nghiên cứu Hạt nhân.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Tổng hợp vật liệu mới, phân tích và phức chất ứng dụng trong Y học.



**Nguyễn Mậu Thành** sinh ngày 20/03/1983 tại tỉnh Quảng Bình. Ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Hóa học năm 2006 tại Trường Đại học Đà Lạt; tốt nghiệp Thạc sĩ Hóa học năm 2011 tại Trường Đại học Sư phạm, ĐH Huế; tốt nghiệp Tiến sĩ năm 2021 tại Trường Đại học Khoa học, ĐH Huế. Hiện ông công tác tại Trường Đại học Quảng Bình.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Tổng hợp vật liệu mới và ứng dụng, hoá học phân tích.

