



DOI: <https://doi.org/10.52714/dthu.ns.3332.2000>

TỔNG HỢP VÀ KHẢO SÁT HOẠT TÍNH KHÁNG KHUẨN CỦA VẬT LIỆU NANO Ag@HMSN TỪ VỎ TRÁU

Trương Thị Ngọc Hân¹, Trần Hoài Lam^{1*}, Quách Nguyễn Khánh Nguyên²,
Mã Phương Bảo Hân¹, Phạm Thị Tố Trân¹ và Lê Phan Tường Vy¹

¹Khoa Công nghệ Hoá học, Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Khoa Sư phạm Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Sài Gòn, Việt Nam

*Tác giả liên hệ, Email: lamth@huitt.edu.vn và hoailamud@gmail.com

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 21/5/2026; Ngày nhận chỉnh sửa: 25/6/2026; Ngày duyệt đăng: 21/7/2026

Tóm tắt

Nghiên cứu trình bày quá trình tổng hợp vật liệu nano bạc trên nền silica mao quản rỗng (Ag@HMSN) từ vỏ trấu nhằm ứng dụng kháng khuẩn. Vật liệu HMSN được tổng hợp bằng phương pháp sử dụng P123 làm chất tạo khuôn, sau đó nạp nano bạc thông qua phản ứng khử AgNO₃ bằng citric acid. Kết quả XRD cho thấy vật liệu silica tồn tại ở dạng vô định hình và bạc được phân tán tốt trong hệ mao quản. Ảnh TEM xác nhận cấu trúc rỗng nhiều lớp với kích thước khoảng 10–25 nm, các hạt nano bạc có kích thước khoảng 22 nm, trong khi phổ EDS ghi nhận sự hiện diện của Si, O và Ag với hàm lượng bạc khoảng 1%. Kết quả thử kháng khuẩn cho thấy vật liệu Ag@HMSN có khả năng ức chế *Escherichia coli* và *Bacillus subtilis*, trong đó hiệu quả tăng theo hàm lượng bạc và mạnh hơn đối với *E. coli*. Nghiên cứu cho thấy Ag@HMSN là vật liệu tiềm năng cho các ứng dụng kháng khuẩn và xử lý môi trường.

Từ khóa: Ag@HMSN, HMSN, kháng khuẩn, nano bạc, vỏ trấu.

Trích dẫn: Trương, T. N. H., Trần, H. L., Quách, N. K. N., Mã, P. B. H., Phạm, T. T. T., & Lê, P. T. V. (2026). Tổng hợp và khảo sát hoạt tính kháng khuẩn của vật liệu nano Ag@HMSN từ vỏ trấu. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp - Chuyên san Khoa học Tự nhiên, Online First*, 1-9. <https://doi.org/10.52714/dthu.ns.3332.2000>

Copyright © 2026 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

SYNTHESIS AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY EVALUATION OF Ag@HMSN NANOMATERIALS DERIVED FROM RICE HUSK

**Truong Thi Ngoc Han¹, Tran Hoai Lam^{1*}, Quach Nguyen Khanh Nguyen²,
Ma Phuong Bao Han¹, Pham Thi To Tran¹, and Le Phan Tuong Vy¹**

¹*Chemical Engineering, Ho Chi Minh City University of Industry and Trade, Vietnam*

²*Faculty of Natural Sciences Education, Sai Gon University, Ho Chi Minh City, Vietnam*

**Corresponding author, Email: lamth@huit.edu.vn và hoailamud@gmail.com*

Article history

Received: 21/5/2026; Received in revised form: 25/6/2026; Accepted: 21/7/2026

Abstract

This study presents the synthesis of silver-loaded hollow mesoporous silica nanoparticles (Ag@HMSN) derived from rice husk ash for antibacterial applications. HMSN was synthesized using P123 as a structure-directing agent, followed by the incorporation of silver nanoparticles through the reduction of AgNO₃ using citric acid. XRD results revealed that the silica framework was predominantly amorphous, while silver nanoparticles were well dispersed within the mesoporous structure. Meanwhile, TEM images confirmed a multilayer hollow structure with pore sizes ranging from approximately 10–25 nm, Ag nanoparticles with 22 nm of particle size, and EDS analysis verified the presence of Si, O, and Ag with a silver content of about 1 wt%. Antibacterial tests also demonstrated that Ag@HMSN exhibited inhibitory activity against Escherichia coli and Bacillus subtilis, with antibacterial efficiency increasing as the silver content increased and showing stronger activity toward E. coli. These findings together indicate that Ag@HMSN is a promising material for antibacterial and environmental treatment applications.

Keywords: *Ag@HMSN, antibacterial, HMSN, rice husk ash, silver nanoparticles.*

1. Giới thiệu

Hiện nay, việc tận dụng phế phẩm nông nghiệp như vỏ trấu có tiềm năng, ứng dụng rộng rãi trong thực tiễn. Trong vỏ trấu có chứa hàm lượng SiO_2 trong tro trấu chiếm tỷ lệ lớn 90 – 98% (Lê & cs., 2013). Theo WHO, Việt Nam là một trong những quốc gia có tình trạng kháng kháng sinh cao trên thế giới, nó đe dọa đến sức khỏe và cuộc sống của người dân vì khi bị bệnh sử dụng các loại thuốc thông thường không thể ức chế hoặc tiêu diệt các vi khuẩn, virus, nấm hoặc các kí sinh trùng. Vì thế, có rất nhiều nghiên cứu về tính kháng khuẩn, đặc biệt là từ nano bạc được nghiên cứu và công bố gần đây. Từ thời xa xưa con người đã biết sử dụng bạc làm đồ trang sức, tiền tệ, đồ dùng,... Người ta thường dùng nano bạc để điều trị các vết thương hở, vết bỏng do nano bạc có tác dụng kháng khuẩn mạnh đủ để ức chế nhiều loại vi sinh vật (Qiao & cs., 2023). Nano bạc có kích thước nhỏ hoạt động hiệu quả nhưng có xu hướng kết tụ lại với nhau nên mất khả năng kháng khuẩn, để khắc phục vấn đề này các nhà khoa học đã nghiên cứu phân tán các hạt nano bạc vào các chất mang. Một trong các chất mang có tiềm năng sử dụng hiệu quả là vật liệu hollow mesoporous silica nanoparticle (HMSN) do có cấu trúc xốp đặc biệt. Có một số nghiên cứu về tổng hợp vật liệu silica có cấu trúc rỗng. Tác giả Quách (2024) đã có nghiên cứu ‘Khảo sát khả năng xử lý Methylene Blue (MB) của vật liệu nano silica cấu trúc rỗng được tổng hợp từ tro trấu’ khảo sát khả năng xử lý nước thải nhiễm MB bằng HMSN và đạt được kết quả tốt, tại nhiệt độ 60 °C, HMSN hấp phụ đạt hiệu suất 89,72%. Nguyễn (2021) đã nghiên cứu tổng hợp về biến tính nano silica cấu trúc rỗng với Polyethylene Glycol, và định hướng chúng dùng để mang thuốc chống ung thư, qua nghiên cứu thấy được hạt tạo rỗng tạo thành khá đồng đều, cấu trúc hạt không bị phá vỡ, thấy rõ lỗ rỗng. Và hệ chất mang này có hiệu suất và khả năng mang thuốc cao.

2. Tổng quan lý thuyết

Trong những năm gần đây, vật liệu nano bạc kết hợp với vật liệu vô cơ được ứng dụng mạnh mẽ trong các nghiên cứu kháng khuẩn, với nhiều phương pháp tổng hợp nhằm tối ưu hóa hiệu quả. Các công trình nghiên cứu quốc tế đã thử nghiệm các phương pháp kết hợp nano bạc với HMSN cũng được thực hiện ngày càng nhiều và thường được tổng hợp bằng phương pháp sol-gel. Trong báo cáo của Verma & cs. (2020) đã tổng hợp HSNPs (Hollow silica nanoparticles) được chế tạo bằng cách sử dụng $\text{ZnSe}@\text{SiO}_2$ làm khuôn mẫu, tổng hợp bằng phương pháp sol-gel. Trong một quy trình điển hình, 0,5 g hạt nano lõi-vỏ được chuyển vào cốc thủy tinh chứa 50 mL dung dịch chứa nước DI + 30% HCl, khuấy dung dịch và màu của dung dịch chuyển từ không màu sang vàng nhạt (ZnSe), do sự phát tán của lõi. Sau đó, mẫu được rửa nhiều lần bằng nước DI và ly tâm. Mẫu thu được được sấy chân không ở 80 °C trong 24 giờ. Trong báo cáo, HMSN được tổng hợp qua phương pháp Stöber cải tiến, trong đó CTAB (Hexadecyltrimethylammonium bromide) được sử dụng làm chất tạo khuôn và TEOS (Tetraethyl orthosilicate) làm tiền chất silica. Dung dịch phản ứng được điều chỉnh pH bằng amoniac hoặc NaOH, sau khi khuấy trộn, TEOS được thêm dần đều dưới dạng giọt. Sau 24 giờ ủ, các hạt thu được nung ở 10 °C/phút để loại bỏ khuôn hữu cơ, tạo ra HMSN (Khoeini & cs., 2019). Nano silica được tổng hợp từ vỏ trấu cũng đã được báo cáo trong nghiên cứu của (Jyoti & cs., 2021). Vỏ trấu được làm sạch bằng nước khử ion để loại bỏ chất bẩn. Sau đó, vỏ trấu được phơi dưới ánh mặt trời 12 giờ. Đốt vỏ trấu trong 2 giờ ở 400 °C, và nung trong 2 giờ ở 600°C. Khuấy với dung dịch NH_4Cl trong 2 giờ. Sau đó lọc hỗn hợp bằng nước khử ion đến khi pH bằng 7. Tiếp tục khuấy với dung dịch NaOH 2,5 N ở 80°C trong 2 giờ. Trung hòa lại dung dịch bằng nước khử ion ấm và thu được natri silica. Sau khi thu được natri silica xử lý bằng axit H_2SO_4 đậm đặc, cho đến khi pH bằng 2 thì dung dịch kết tủa. Sau đó nung trong 1 giờ ở 400 °C thì thu được nano silica. Năm 2019, Wang và cộng sự đã nghiên cứu “Chất khử trùng bằng hạt silica mesoporous với khả năng kiểm soát giải phóng Ag^+ , khả năng tách hiệu quả và hoạt tính kháng khuẩn”: Quá trình tổng hợp các HMSN bằng cách sử dụng các hạt hematit (Fe_2O_3) làm mẫu cứng, được tạo ra trong quá trình hòa tan nhiệt, sau đó được phủ

trong quy trình sol-gel hai bước với silica (SiO_2) để tạo thành các hạt lõi-vỏ ($\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$). Sau đó, lõi sắt oxide được ăn mòn bằng Hydrochloric acid đậm đặc và sản phẩm được sấy khô trong điều kiện môi trường xung quanh để thu được HMSN. Nghiên cứu này phát triển một hệ thống kháng khuẩn dựa trên các hạt nano bạc được bao bọc bởi silica rỗng (HMSN). Cấu trúc hai lớp của hạt giúp kiểm soát sự phát thải ion bạc (Ag^+) từ đó đảm bảo hiệu quả kháng khuẩn cao chống lại vi khuẩn *Escherichia coli*. Ngoài ra, lớp ngoài của silica còn ngăn chặn sự oxy hóa bạc, cho phép sử dụng trong các ứng dụng xử lý nước (Wang & cs., 2019). Krakor & cs. (2021) đã nghiên cứu đề tài “Viên nang silica trung tính rỗng chứa đồng, nano bạc, kẽm oxit để duy trì nền vững hiệu quả kháng khuẩn”. Nghiên cứu này cho thấy Ag khi kết hợp với viên nang silica rỗng thấy được các hạt nano bạc hoà tan chậm trên bề mặt HMSN và sự khuếch tán Ag^+ qua lớp vỏ silica tạo ra sự giải phóng ion Ag^+ một cách mạnh mẽ, tính kháng khuẩn tăng lên, làm giảm khả năng sống sót của vi khuẩn gram âm như *E.coli*, gram dương như *B. Subtilis* đặc biệt là vi khuẩn *E.coli*. Nuti & cs. (2024) đã nghiên cứu “Điều chỉnh các hạt nano bạc phủ silica mesoporous và màng pha tạp polyurethane để tăng cường ứng dụng kháng khuẩn”. Nghiên cứu này cho thấy việc bao bọc các hạt nano bằng silica mesoporous được dự đoán sẽ tăng cường độ hoà tan trong nhiều loại dung môi khác nhau cho phép tích hợp vào các ma trận polyme kỵ nước thông qua phương pháp Casting, không cản trở hiệu quả kháng khuẩn của nano bạc, mà còn tăng cường kháng khuẩn như các chủng vi khuẩn gram âm một cách hiệu quả hơn.

Trong bài nghiên cứu này, tác giả trình bày phương pháp tổng hợp vật liệu Ag@HMSN có đặc tính kháng khuẩn.

3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Hóa chất: Một số hóa chất sử dụng để tổng hợp vật liệu Ag@HMSN như NaOH 96%, AgNO_3 99,5%, NH_4Cl 99,5%, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 99,5% (Trung Quốc); Pluronic 123 (Sigma Aldrich); HCl 35-37%, nước cất 2 lần, NH_4OH 25-28%, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 90⁰ (Việt Nam).

Tổng hợp HMSN: Vỏ trấu được rửa sạch, sấy khô, tro hoá, đem nung ở nhiệt độ 700 °C ở trong thời gian 2h thu được tro trấu có màu xám trắng. Dung dịch A: lấy 1g tro trấu cho vào cốc khuấy với 10 mL NaOH 2M khuấy trong 1 giờ ở nhiệt độ 100 °C; trong quá trình khuấy cho thêm nước khử ion vào để giữ nguyên thể tích hỗn hợp ban đầu; sau khi khuấy xong, tiến hành lọc, thu được dung dịch có màu vàng nhạt. Dung dịch B: Cho 2,1 g P123 kết hợp với 20 mL dung dịch đệm amoni, 20 mL ethanol và 20 mL nước khử ion; sau đó, khuấy hỗn hợp dung dịch trong 1 giờ. Tiếp tục, cho từ từ dung dịch A vào dung dịch B khuấy tiếp tục 1h, trong quá trình khuấy xuất hiện kết tủa trắng. Tiến hành đem hỗn hợp này già hoá 8 giờ ở 90 °C, lọc mẫu. Tiếp tục đem mẫu nung ở nhiệt độ 500 °C trong 3 giờ, thu được các hạt HMSN có màu trắng ngà.

Tổng hợp Ag@HMSN : Tổng hợp Ag@HMSN bằng cách phân tán hỗn hợp AgNO_3 và HMSN vào nước cất hai lần. Sau đó đun hồi lưu hỗn hợp này, nhiệt độ hỗn hợp trong bình cầu phải đạt đến 90 °C. Sau đó tiếp tục đun 30 phút. Trong thời gian đun hỗn hợp, lấy citric acid monohydrate hoà tan với nước cất hai lần. Sau khi đủ thời gian đun hồi lưu 30 phút, cho hỗn hợp acid citric monohydrate vừa hoà tan được vào bình cầu xuất hiện các hạt kết tủa. Rồi tiếp tiếp tục đun hồi lưu hỗn hợp này đến khi hỗn hợp đạt 90 °C, khuấy hỗn hợp trong 50 phút, hỗn hợp vẫn tiếp tục gia nhiệt ở 90°C. Sau khi đun hỗn hợp này xong, đem ly tâm hỗn hợp trong khoảng 15 phút. Sau đó, lấy hỗn hợp đã đem ly tâm, lọc, và sấy trong không khí thu được các hạt rắn Ag@HMSN . Vật liệu Ag@HMSN được tổng hợp thành công với nồng độ AgNO_3 khác nhau được ký hiệu $\text{Ag}_x@\text{HNSM}$, trong đó x là nồng độ mol/L của dung dịch AgNO_3 .

Thử kháng khuẩn: Hoạt tính kháng khuẩn được đánh giá bằng phương pháp đục lỗ

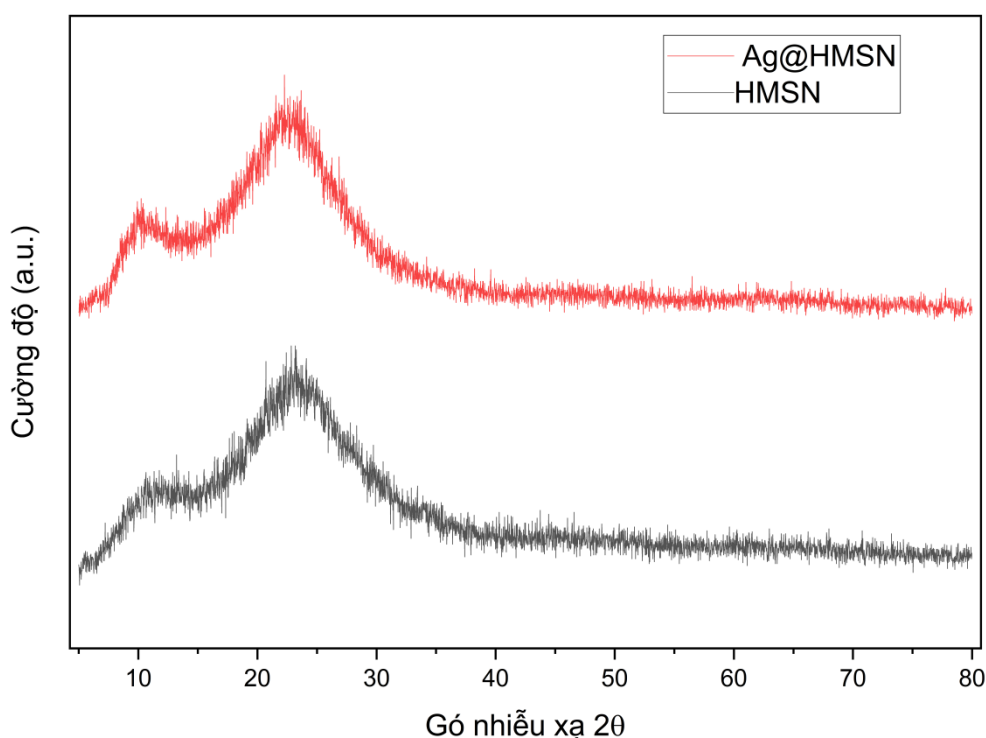
thạch (agar well diffusion). Vi khuẩn được nuôi cấy trên môi trường TSA trong 24 giờ, sau đó pha huyền phù trong dung dịch SPW và điều chỉnh mật độ theo chuẩn McFarland ($\sim 10^7$ – 10^8 CFU/mL). Một lượng 0,1 mL huyền phù được trải đều trên bề mặt thạch MHA, tiếp theo tạo các giếng và bổ sung 50 μ L mẫu thử. Chloramphenicol và HNSN được sử dụng lần lượt làm đối chứng dương và âm. Các đĩa được để khuếch tán trong 15 phút, sau đó ủ ở 37 °C trong 16–20 giờ. Hoạt tính kháng khuẩn được xác định thông qua đường kính vòng vô khuẩn hình thành xung quanh giếng.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Đặc tính của vật liệu Ag@HMSN

4.1.1. Kết quả đo phổ nhiễu xạ tia X (XRD)

Vật liệu được đo nhiễu xạ tia X góc rộng 2θ từ 5° đến 80° bằng thiết bị D2 Phaser, Brucker, Đức tại Trung tâm phân tích quốc tế - Trường ĐH Công Thương TP. HCM. Kết quả đo thu được được thể hiện trong Hình 1.

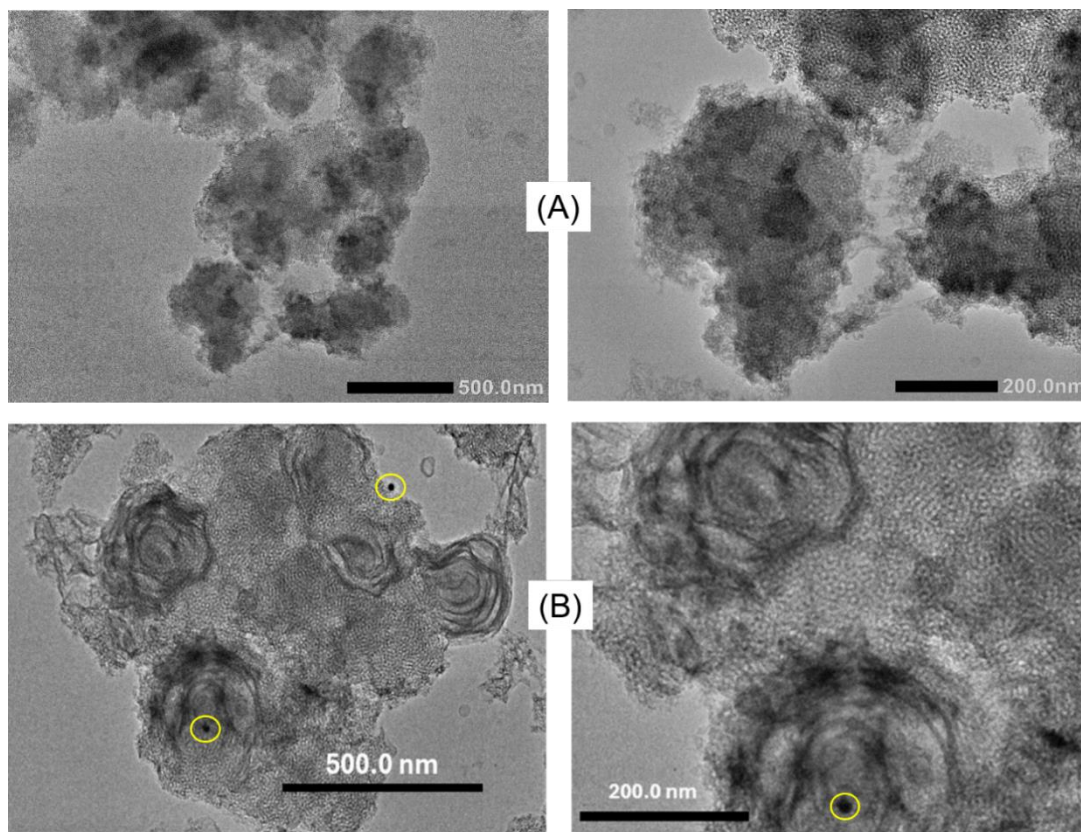


Hình 1. Giản đồ XRD của vật liệu Ag_{0.10}@HMSN

Giản đồ XRD của mẫu cho thấy một đỉnh tán xạ rộng và cường độ mạnh trong khoảng góc 2θ từ 20° đến 25°. Đây là đặc trưng của silica vô định hình, tạo nên khung xương của hạt HMSN. Sự xuất hiện của đỉnh rộng này khẳng định cấu trúc nền silica là cấu trúc vô định hình (Quách, 2024). Đáng chú ý, phổ không ghi nhận các đỉnh nhiễu xạ sắc nét đặc trưng cho bạc kim loại. Điều này có thể giải thích là do các hạt nano bạc được bao bọc trong HMSN (Siddiki, 2023) và đồng thời cũng có thể do hàm lượng bạc quá nhỏ nên tín hiệu peak nhiễu xạ thấp và bị nền silica che lấp trong giản đồ XRD (Balas, 2018). Nhìn chung, kết quả này bước đầu cho thấy các hạt Ag được phân tán trong hệ lỗ xốp hoặc lồng rỗng của vật liệu HMSN và không làm phá vỡ cấu trúc của HMSN.

4.1.2. Kết quả đo TEM

Hình thái của vật liệu được xác định bằng phương pháp hiển vi điện tử truyền qua (TEM) trên thiết bị JEM2100, JEOL – Nhật Bản. Kết quả được thể hiện trong hình 2.



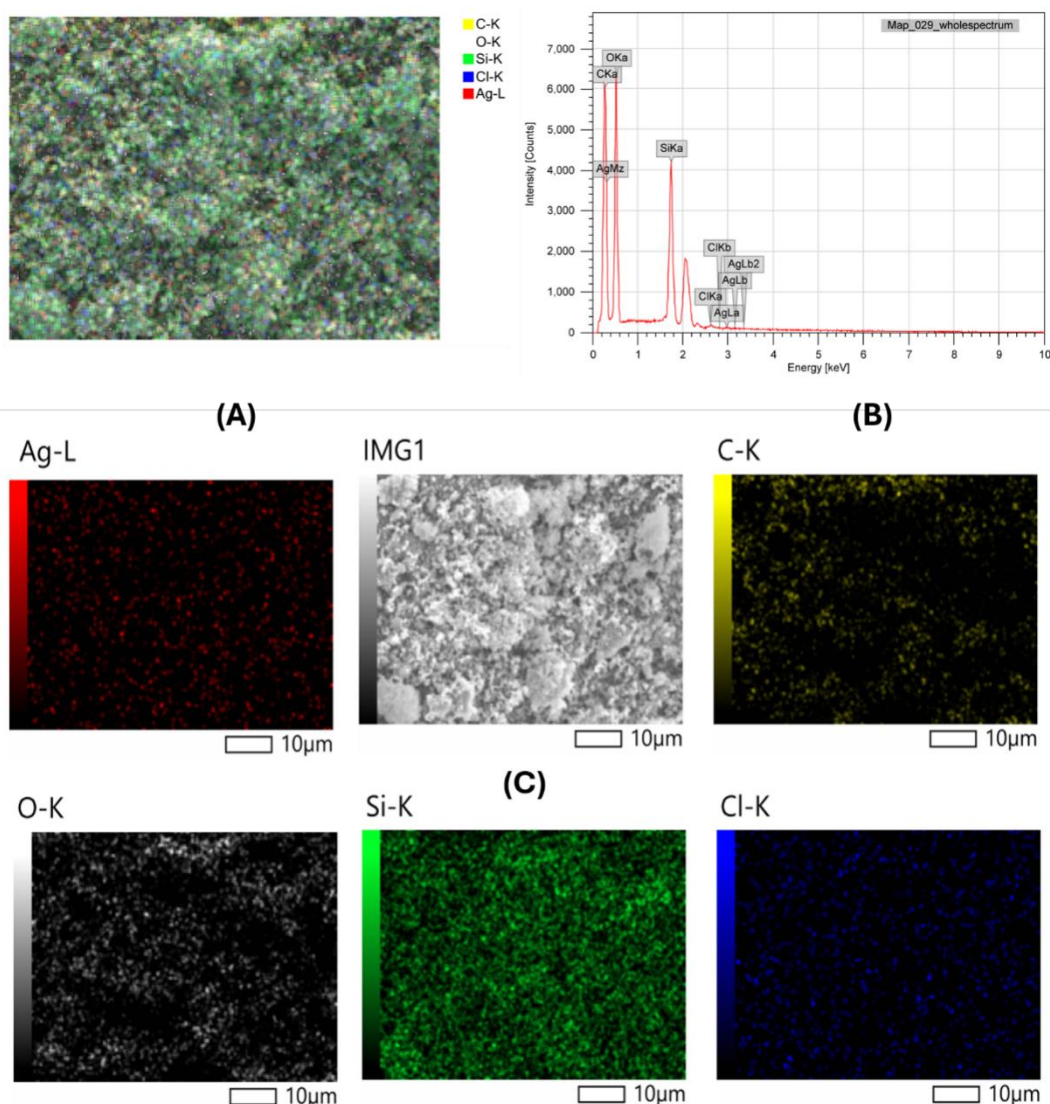
Hình 2. Ảnh TEM của vật liệu HMSN (A) và Ag_{0.10}@HMSN (B)

Hình 2(A,B) cho thấy các hạt nano silica có hệ thống lỗ xốp nhiều lớp với kích thước khoảng 10 – 25 nm. Bên trong hạt xuất hiện các vòng đồng tâm tối–sáng, chứng tỏ có lõi rỗng và lớp vỏ có hệ mao quản trung bình phát triển khá đồng đều. Bề mặt vỏ thể hiện mạng lưới mao quản trung bình của silica rõ ràng. Đáng chú ý, các chấm đen đậm màu xuất hiện trên và trong vỏ hạt chính là các hạt nano bạc với kích thước khoảng 22 nm được hình thành và phân tán trong vật liệu (Hình 2B). Kết quả này phù hợp với kết quả đo EDS.

4.1.3. Kết quả đo EDS

Thành phần nguyên tố của vật liệu được xác định bằng phương pháp phổ EDS trên thiết bị JSM-IT 200, JEEL – Nhật Bản. Kết quả được thể hiện trong Hình 3 và Bảng 1.

Phổ EDS (Hình 3B) của mẫu Ag_{0.10}@HMSN cho thấy các đỉnh đặc trưng của O-K α và Si-K α xuất hiện rõ ràng, chứng tỏ nền vật liệu chủ yếu là silica, phù hợp với cấu trúc HMSN đã tổng hợp. Đồng thời, các đỉnh Ag-M và Ag-L (trong vùng khoảng 0,3-3,5 keV) được ghi nhận với cường độ khá rõ (Hình 3B), đồng thời hình ảnh mapping (Hình 3A) và ảnh phân bố nguyên tố Ag (Hình 3C) cũng khẳng định sự hiện diện của bạc trong vật liệu với hàm lượng Ag khoảng 1,00% theo khối lượng (Bảng 1) điều này phù hợp với kết quả xuất hiện hạt nano bạc trong ảnh TEM. Như vậy, quá trình đưa Ag vào hệ HMSN đã thành công mặc dù hàm lượng còn khiêm tốn.



Hình 3. Phổ EDS của vật liệu $Ag_{0.1}@HMSN$: Ảnh mapping phân các nguyên tố (A), phổ EDS xác định thành phần nguyên tố (B) và ảnh phân bố mỗi nguyên tố (C)

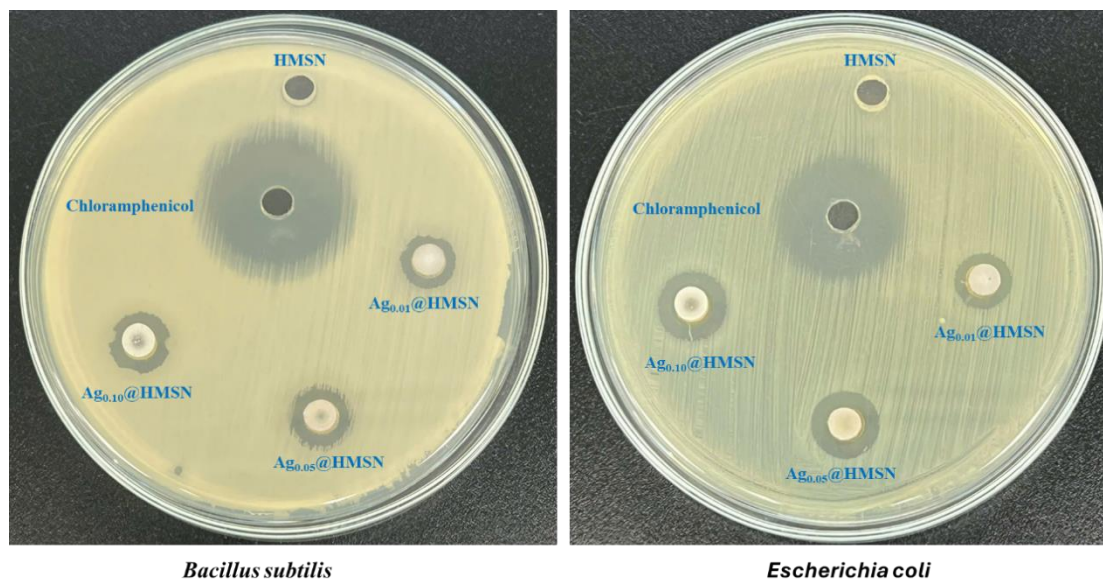
Bảng 1. Thành phần khối lượng các nguyên tố trong vật liệu $Ag_{0.10}@HNSM$

Nguyên tố	C	O	Si	Cl	Ag
% Khối lượng	$48,00 \pm 0,13$	$33,97 \pm 0,17$	$17,03 \pm 0,17$	$0,56 \pm 0,04$	$1,00 \pm 0,11$

4.2. Kết quả đo kháng khuẩn

Kết quả cho thấy vật liệu $Ag@HMSN$ có khả năng kháng khuẩn đối với *E. coli* và *B. subtilis*, trong khi mẫu HMSN thuần không thể hiện hoạt tính kháng khuẩn (Hình 4). Khi nồng độ Ag^+ tăng, đường kính vòng vô khuẩn cũng có xu hướng tăng, chứng tỏ hoạt tính kháng khuẩn phụ thuộc vào hàm lượng bạc. Ngoài ra, vật liệu thể hiện hiệu quả kháng khuẩn *E. coli* mạnh hơn so với khuẩn *B. subtilis* với đường kính vô khuẩn tương ứng lần lượt là 6,78 mm và 4,69 mm cho mẫu vật liệu $Ag_{0.10}@HMSN$. Đây là một xu hướng khá phổ biến đối với nhiều hệ vật liệu chứa AgNPs và có thể được giải thích bởi sự khác biệt trong cấu trúc thành tế bào giữa vi khuẩn gram âm và gram dương. *E. coli* là vi khuẩn gram âm, có lớp peptidoglycan

mỏng (khoảng 2–7 nm). Trong khi đó, *B. subtilis* là vi khuẩn gram dương với lớp peptidoglycan dày hơn nhiều (20–80 nm), đóng vai trò như một hàng rào vật lý hạn chế sự khuếch tán của các hạt nano bạc vào bên trong tế bào (More, 2023).



Hình 4. Kết quả đo kháng khuẩn với vi khuẩn *E.coli* (phải) và kết quả đo kháng khuẩn với vi khuẩn *B.subtilis* (trái)

Bảng 2. Kết quả đo kháng khuẩn của vật liệu Ag@HMSN

Tên khuẩn	Đường kính vòng vô khuẩn				
	Chloramphenicol 200 ppm	HMSN	Ag _{0,01} @HMSN	Ag _{0,05} @HMSN	Ag _{0,10} @HMSN
<i>Escherichia coli</i>	11,38 mm	nd	4,55 mm	6,57 mm	6,78 mm
<i>Bacillus subtilis</i>	8,97 mm	nd	2,99 mm	4,27 mm	4,69 mm

5. Kết luận

Vật liệu Ag@HMSN đã được tổng hợp thành công với cấu trúc rỗng và phân tán bạc trong mạng lưới mao quản. Kết quả cho thấy cả hai mẫu đều có khả năng ức chế *E.coli* và *B.subtilis*. Mặc dù hiệu quả kháng khuẩn không vượt trội nhưng chứng tỏ sự phân bố và ổn định của bạc trong HMSN. Nhìn chung, Ag@HMSN là vật liệu hứa hẹn cho ứng dụng kháng khuẩn và có thể tiếp tục tối ưu hóa tỷ lệ bạc để đạt hiệu quả cao hơn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh với mã đề tài là 17 theo QĐ số 4234/QĐ-DCT ngày 26/12/2024 về việc giao nhiệm vụ thực hiện đề tài khoa học và công nghệ cấp Trường dành cho sinh viên, học viên, nghiên cứu sinh năm học 2024-2025 (đợt 2).

Tài liệu tham khảo

Balas A, Zapotoczny S (2018) Tailored synthesis of core–shell mesoporous silica particles—Optimization of dye sorption properties. *Nanomaterials* 8(4):230.

- <https://doi.org/10.3390/nano8040230>
- Jyoti, A., Singh, R. K., Kumar, N., Aman A. K., & Kar, M. (2021). Synthesis and properties of amorphous nanosilica from rice husk and its composites. *Materials Science and Engineering: B*, 263, 114871. 10.1016/j.mseb.2020.114871
- Krakov, E., Saniternik, S., Gessner, I., Frohnhoven, R., Wilhelm, M., Drexelius, M., Tosun, N., Neundorff, I., & Mathur, S. (2021). Hollow mesoporous silica capsules loaded with copper, silver, and zinc oxide nanoclusters for sustained antibacterial efficacy. *Journal of the American Ceramic Society*, 105(3), 1685–1696. <https://doi.org/10.1111/jace.18002>
- Verma, M., Dwivedi, P. K., & Saxena, N.S. (2020). Hollow silica nanoparticles synthesized from core-shell nanoparticles as highly efficient adsorbent for methylene blue and its in vitro release: Mechanism and kinetics study. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 587, 124333. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.124333>
- Khoeini, M., Najafi, A., Rastegar, H., & Amani, M. (2019). Improvement of hollow mesoporous silica nanoparticles synthesis by hard-templating method via CTAB surfactant. *Ceramics International*, 45(10), 12700–12707. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.03.125>
- Quách, N. K. N. (2024). Khảo sát khả năng xử lý methylene blue của vật liệu nano silica cấu trúc rỗng được tổng hợp từ tro trấu. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 13(8), 87–93. <https://doi.org/10.52714/dthu.13.8.2024.1357>
- More PR, et al. (2023) Silver nanoparticles: bactericidal and mechanistic approach. *Journal of Nanomaterials and Nanotechnology*. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020369>
- Nuti, S., Fernández-Lodeiro, A., Galhano, J., Oliveira, E., Duarte, M. P., Capelo-Martínez, J. L., Lodeiro, C., & Fernández-Lodeiro, J. (2024). Tailoring mesoporous silica-coated silver nanoparticles and polyurethane-doped films for enhanced antimicrobial applications. *Nanomaterials*, 14(5), 462. <https://doi.org/10.3390/nano14050462>
- Nguyễn, T. T. (2021). *Nghiên cứu tổng hợp và biến tính nano silica cấu trúc rỗng với PGE, định hướng ứng dụng mang thuốc chống ung thư*. Luận án tiến sĩ ngành Khoa học Vật liệu, mã số 9.44.01.25). Viện Khoa học vật liệu ứng dụng Việt Nam, cơ sở TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam.
- Van Hai Le, Chi Nhan Ha Thuc & Huy Ha Thuc. (2013). Synthesis of silica nanoparticles from Vietnamese rice husk by sol–gel method. *Nanoscale Research Letters*, 8, 58. <https://doi.org/10.1186/1556-276X-8-58>
- Qiao, Y., Han, Y., Guan, R., Liu, S., Bi, X., Liu, S., Cui, W., Zhang, T., & He, T. (2023). Inorganic hollow mesoporous spheres-based delivery for antimicrobial agents. *Frontiers of Materials Science*, 17, 230631. 10.1007/s11706-023-0631-2
- Siddiki AKMN, Lin J, Balkus KJ Jr (2023) Encapsulation of ZnO and Ho Nanoparticles in the Core of Wrinkled Mesoporous Silica. *Langmuir* 39(36):12956–12965. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.3c02225>
- Wang, X., Sun, W., Yang, W., Gao, S., Sun, C., & Li, Q. (2019). Mesoporous silica-protected silver nanoparticle disinfectant with controlled Ag⁺ ion release, efficient magnetic separation, and effective antibacterial activity. *Nanoscale Advances*, 1, 840–848. 10.1039/c8na00275d