

# NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT CƠ LÝ VÀ TÍNH KHÁNG KHUẨN CỦA VẬT LIỆU NANO COMPOSITE TRÊN CƠ SỞ POLYLACTIC ACID VÀ Ag/TiO<sub>2</sub>

RESEARCH ON THE MECHANICAL PROPERTIES AND ANTI-BACTERIAL OF COMPOSITE NANO MATERIALS ON THE BASIS OF POLYLACTIC ACID AND Ag/TiO<sub>2</sub>

Hoàng Hữu Huy<sup>1\*</sup>, Phùng Quốc Linh<sup>1</sup>, Trần Quốc Toàn<sup>1</sup>,  
Đào Ngọc Công<sup>2</sup>, Mai Văn Tuấn<sup>2</sup>, Nguyễn Thế Hữu<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Vật liệu nanocomposite là một lĩnh vực đang được rất nhiều nhà khoa học cũng như những người đam mê khoa học quan tâm do nó có khả năng tiềm tàng rất lớn. Trong đó, vật liệu kháng khuẩn cũng đang rất được quan tâm. Hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> đã được tổng hợp bằng phương pháp sử dụng tác nhân khử là NaBH<sub>4</sub> và thử khả năng kháng khuẩn của hạt lai cho thấy mẫu hạt lai có khả năng kháng khuẩn với 3 chủng vi sinh vật. Cùng với đó đã tổng hợp thành công vật liệu nanocomposit trên cơ sở hạt lai Ag/TiO<sub>2</sub> và PLA. Kết quả cho thấy tính cơ lý thay đổi không nhiều, tính kháng khuẩn của vật liệu cao.

**Từ khóa:** Nanocomposite, PLA, Ag/TiO<sub>2</sub>.

## ABSTRACT

Nanocomposite materials are an area of interest to many scientists and science enthusiasts due to their great potential. In particular, antibacterial materials are also of great interest. The Ag/TiO<sub>2</sub> nanoparticle hybrid was synthesized by using the reducing agent NaBH<sub>4</sub> and testing the antibacterial ability of the hybrid seeds showed that the hybrid seed sample has antibacterial ability with 3 strains of microorganisms. Along with that, successfully synthesized nanocomposites based on Ag/TiO<sub>2</sub> and PLA hybrid particles. The results showed that the mechanical properties did not change much, the antibacterial properties of the materials were high.

**Keywords:** Nanocomposite, PLA, Ag/TiO<sub>2</sub>.

<sup>1</sup>Lớp CNH1 - K12, Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Lớp Hóa dầu 1 - K11, Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>3</sup>Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: hoanghuuhuy99@gmail.com

## 1. MỞ ĐẦU

Công nghệ nano là ngành công nghệ liên quan đến việc thiết kế, phân tích, chế tạo và ứng dụng các cấu trúc, thiết bị và hệ thống bằng việc điều khiển hình dáng, kích thước trên quy mô nanomet. Ở kích thước nano, vật liệu sẽ có những tính năng đặc biệt mà vật liệu truyền thống không có được đó là do sự thu nhỏ kích thước và việc tăng diện tích mặt ngoài.

Tính chất được biết đến nhiều nhất của nano bạc là khả năng diệt khuẩn của vật liệu này. Nhiều lĩnh vực từ y tế đến sản xuất hàng tiêu dùng đã sử dụng nano bạc như một tác nhân giúp cho các sản phẩm tạo ra có được khả năng chống khuẩn, giúp chăm sóc và bảo vệ sức khỏe con người.

Ngoài ra để cải thiện tính diệt khuẩn của nano bạc, tiến hành kết hợp nano bạc với các oxit khác, như hạt lai nano Ag-ZnO [1], nanosilverferrite composite [2], hạt nano lai Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Ag dạng lõi - vỏ [3, 4, 5] hay quả tạ đôi [6]... Đối với các hạt lai Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Ag nano ở dạng lõi - vỏ, người ta thấy rằng hoạt tính kháng khuẩn của chúng là chống lại các vi khuẩn Gram âm (kể cả *E-coli*) là tốt hơn so với các hạt nano bạc [3, 7]. Tương tự như vậy, đối với nanocomposite ferrite bạc [8], các tác giả đã chỉ ra rằng hoạt tính kháng khuẩn cao hơn so với các hạt nano Ag riêng và các loại thuốc kháng khuẩn khác. Phát hiện của họ có thể quy cho khả năng giải phóng Ag<sup>+</sup> của nanocomposite bạc ferrite là nhanh hơn so với từ hạt nano bạc riêng lẻ.

Vật liệu nanocomposit là composit với vật liệu gia cường có kích thước nanomet. Tính chất đặc biệt của loại vật liệu này là sự kết hợp thành công các tính chất riêng nổi trội của mỗi vật liệu riêng rẽ trong hiệu ứng kích thước lượng tử. Polyme composit là vật liệu quan trọng được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, từ lĩnh vực yêu cầu cao như máy bay, tàu vũ trụ đến những ứng dụng thông thường trong cuộc sống hàng ngày. Trong những năm gần đây, những tính chất tối ưu của vật liệu composit sử dụng chất gia cường với kích thước micro đã đạt đến mức tới hạn do tính chất chung của composit luôn là sự hài hoà của các tính chất riêng biệt.

Chính vì vậy việc nghiên cứu tổng hợp, tổ hợp, phối trộn để chế tạo ra những sản phẩm, vật liệu mới, ưu việt hơn, phục vụ đời sống con người cũng như ứng dụng trong các ngành công nghiệp, hàng tiêu dùng, dụng cụ chứa đựng thực phẩm. Một loại vật liệu vừa có khả năng kháng khuẩn nhưng đồng thời cũng phổ biến và giá thành sản phẩm thấp sẽ là một vật liệu nanocomposit được quan tâm.

**2. THỰC NGHIỆM**

**2.1. Hóa chất, thiết bị**

Các hóa chất của hãng Merck gồm: TiO<sub>2</sub>, AgNO<sub>3</sub>, NaBH<sub>4</sub>, Polylactic acid (PLA) (1,24g/cm<sup>3</sup>, Trung Quốc)

**2.2. Phương pháp tổng hợp hạt lai Ag/TiO<sub>2</sub>**

Cân 0,2g TiO<sub>2</sub> phân tán trong cốc thủy tinh có chứa 200ml nước cất rồi cho cốc thủy tinh có chứa dung dịch TiO<sub>2</sub> lên máy khuấy từ có con khuấy, khuấy trong 15 phút rồi tiến hành siêu âm trong 60 phút.

Cân 0,01g AgNO<sub>3</sub> phân tán trong 20ml H<sub>2</sub>O rồi đem siêu âm trong 1 phút rồi cho vào dung dịch TiO<sub>2</sub> đang khuấy trộn trên máy khuấy từ, tiếp tục khuấy liên tục trong vòng 30 phút.

Cân 0,01g NaBH<sub>4</sub> hòa tan vào 30ml nước cất thu được dung dịch NaBH<sub>4</sub>, rồi cho nhỏ giọt từ từ NaBH<sub>4</sub> vào hỗn hợp có chứa TiO<sub>2</sub> và AgNO<sub>3</sub> vẫn đang trên máy khuấy từ.

Sau khi nhỏ xong NaBH<sub>4</sub> tiếp tục khuấy trong vòng 60 phút.

Để lắng lọc lấy phần chất rắn phía dưới đem đi sấy ở 95 - 100°C trong khoảng 60 phút.

Mẫu hạt lai được đem đi đo X-Ray, TEM để đánh giá kích thước hạt, khả năng phân tán của vật liệu.

**2.3. Chế tạo vật liệu nanocomposite**

Vật liệu nano composit PLA và hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> (với 50g PLA, lượng hạt lai sử dụng để khảo sát: 0,005g; 0,010g; 0,015g; 0,020g; 0,025g) được tạo bằng phương pháp trộn nóng chảy theo quy trình như sau:

- Bột PLA và hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> sau khi sấy khô được phối trộn với các tỷ lệ khác nhau trước khi đưa vào máy trộn thí nghiệm với 5 khoang nhiệt. Hỗn hợp được trộn đều vào tạo hạt. Mẫu ép được thể hiện dưới hình:

- Lấy mẫu ra ép trên máy ép ở nhiệt độ 180°C, lực ép 100kg/cm<sup>2</sup> trong thời gian 4 phút. Các mẫu vật liệu sau khi phối trộn được ép, tạo mẫu rồi đem đi đo tính chất cơ lý như độ bền kéo đứt, độ đàn hồi.

**2.4. Phương pháp xác định cấu trúc vật liệu**

- Ảnh SEM được chụp trên thiết bị đo kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường Hitachi S-4800 của Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

- Các mẫu được xác định đo kính hiển vi điện tử truyền (TEM) qua trên máy Jeol HRTEM 3010 có điện thế từ 100 - 300kV, cho độ phân giải đối với điểm ảnh là 0,17nm và đối với ảnh mạng tinh thể là 0,14nm, độ phóng đại từ 50 đến 1.000.000 lần.

- Phổ nhiễu xạ Ronghen của mẫu nghiên cứu được ghi trên máy Siemen D-5000. Ống phát tia X bằng Cu với bước sóng K<sub>α</sub> = 1,5406 Å, điện áp 30KV, cường độ dòng ống phát 0,01A, góc quét thay đổi từ 10 đến 70°, tốc độ quét 0,052 độ/phút. Máy đo tại Khoa Hoá học - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội.

- Các tính chất cơ lý của vật liệu nano composit như độ bền kéo (δ), ứng suất đàn hồi (ứng suất Young, E) và độ đàn

dài tương đối khi đứt (ε) được xác định thông qua thí nghiệm kéo đứt mẫu với một hình dạng chuẩn trên máy đo tính chất cơ lý Tinius Olsen H100KU, Hounsfield, Anh. Đo theo tiêu chuẩn TCVN 4501-1:2014 (ISO 527-1:2012) ở 25°C, tốc độ kéo 10 mm/phút. Số lượng mẫu đo từ 3 - 5 mẫu để lấy kết quả trung bình.

- Khảo sát khả năng diệt khuẩn trên các chủng vi sinh vật kiểm định bao gồm:

+ Vi khuẩn Gr(+): *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) cầu khuẩn gây mủ các vết thương, vết bỏng, gây viêm họng, nhiễm trùng có mủ trên da và các cơ quan nội tạng.

+ Vi khuẩn Gr(-): *Escherichia coli* (ATCC 25922) gây bệnh về đường tiêu hóa như viêm dạ dày, viêm đại tràng, viêm ruột, viêm ly trực khuẩn.

+ Vi khuẩn Gr(-): *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028): gây bệnh như thương hàn, phó thương hàn, nhiễm trùng máu và ngộ độc thực phẩm.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Kết quả tổng hợp hạt lai**

**3.1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hạt lai**

Bảng 1. Sự phụ thuộc của kích thước hạt vào nhiệt độ

Nhiệt độ (°C)	Kích thước hạt Ag/TiO <sub>2</sub> (nm)
25	7 - 20
35	15 - 30
45	18 - 32
55	20 - 29

Từ bảng 1 cho thấy, khi tăng nhiệt độ của quá trình kết tủa Ag thì kích thước hạt cũng tăng theo nhưng không đáng kể, kích thước hạt không phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ của quá trình kết tủa Ag. Do vậy chọn nhiệt độ quá trình tổng hợp là 25°C cho các quá trình khảo sát tiếp theo.

**3.1.2. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình tổng hợp hạt lai**

Bảng 2. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình tổng hợp hạt lai

Thời gian tổng hợp (giờ)	Kích thước hạt Ag (nm)	Sự phân bố Ag/TiO <sub>2</sub>
5	7 - 20	Hạt tạo ra ít
6	7 - 20	Phân tán đồng đều
7	8 - 25	Phân tán đồng đều
8	8 - 25	Phân tán đồng đều

Sự phân bố của các hạt nano bạc trên bề mặt của chất mang TiO<sub>2</sub> của Ag phụ thuộc vào thời gian tổng hợp. Nếu thời gian tổng hợp quá ngắn thì các hạt nano Ag chưa có nhiều và khả năng bám chặt trên bề mặt hạt titan oxit là thấp. Nếu thời gian tổng hợp quá dài thì sẽ mất nhiều thời gian và không ảnh hưởng nhiều đến kích thước hạt, sự phân bố trên bề mặt hạt TiO<sub>2</sub>.

Do vậy chọn thời gian cho quá trình tổng hợp là 6 giờ cho các quá trình khảo sát tiếp theo.

### 3.1.3. Ảnh hưởng của nồng độ $AgNO_3$

Bảng 3. Ảnh hưởng của nồng độ  $AgNO_3$  đến quá trình tổng hợp hạt lai

Nồng độ (M)	0,01	0,02	0,03	0,04
Tính chất				
Kích thước hạt nano bạc (nm)	Hạt tạo ra rất ít	7 - 20	15 - 30	20 - 30
Độ phân bố	Phân tán đồng đều	Phân tán đồng đều	Phân tán đồng đều	Co cụm

Qua quá trình khảo sát cho thấy khi nồng độ bạc nitrat càng thấp kích thước các hạt nano bạc càng nhỏ, lượng tạo ra ít, độ phân bố chưa đồng đều. Ở nồng độ phản ứng cao hơn thì kích thước hạt tăng dần, lượng hạt tạo ra nhiều hơn, độ phân bố và độ ổn định cũng cao hơn. Trong thực nghiệm này, nồng độ được sử dụng là 0,02(M) vừa đảm bảo được kích thước nano của hạt bạc, vừa đảm bảo được yếu tố kinh tế (chi phí tổng hợp).

### 3.1.4. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ tác nhân khử

Quá trình tổng hợp hạt lai sử dụng tác nhân khử là  $NaBH_4$ . Tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của tác nhân khử đến kích thước hạt và khả năng phân bố của nano Ag ở từng khoảng nồng độ khác nhau của  $NaBH_4$ . Tiến hành trong điều kiện nhiệt độ phòng, thời gian tổng hợp 6 giờ, nồng độ  $AgNO_3$  là 0,02M, nồng độ  $NaBH_4$  lần lượt là 0,005; 0,010; 0,015; 0,020 (M). Kết quả được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tác nhân khử đến quá trình tổng hợp hạt lai

Nồng độ (M)	Kích thước hạt (nm)	Độ phân bố
0,005	Tạo ra ít hạt	Hạt tạo ra ít
0,010	7 - 20	Đồng đều
0,015	15 - 25	Đồng đều
0,020	20 - 30	Co cụm

Từ bảng 4 cho thấy, khi kích thước hạt và sự phân bố của các hạt nano bạc trên  $TiO_2$  chịu ảnh hưởng của nồng độ chất khử. Cụ thể là khi ta tăng nồng độ chất khử thì lượng hạt tạo ra nhiều nhưng sẽ bị co cụm lại làm kích thước hạt tăng dần, dẫn đến phân bố không đồng đều. Từ đó làm tăng lượng Ag, hiệu quả của quá trình phân tán nano Ag không đảm bảo.

Do vậy quá trình tổng hợp hạt lai được tiến hành với nồng độ chất khử  $NaBH_4$  là 0,010M.

### 3.1.5. Kết quả đặc trưng cấu trúc của hạt lai $Ag/TiO_2$

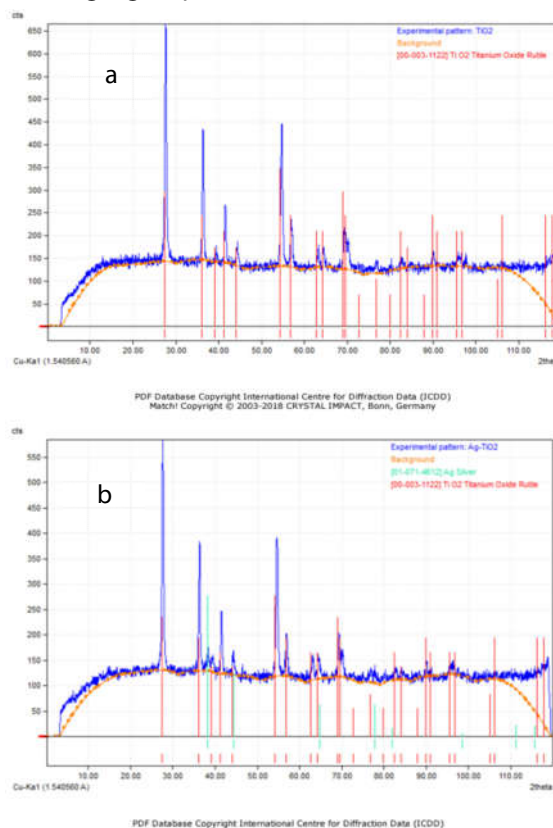
#### \* Kết quả nhiễu xạ tia X (XRD)

Mẫu  $TiO_2$  chưa lai hóa và sau khi lai hóa với Ag đã được đem đi chụp X-Ray, kết quả được thể hiện trên hình 1.

Từ giản đồ nhiễu xạ tia X cung cấp trực tiếp những thông tin về mức độ trật tự của các lỗ xốp, cấu trúc lỗ xốp của vật liệu. Khoảng đo  $2\theta$ , tốc độ 0,008 $^\circ$ /giây, nhiệt độ 25 $^\circ$ C.

Trên giản đồ XRD của mẫu  $Ag/TiO_2$  ta thấy xuất hiện các peak nhiễu xạ của Ag. Kết quả này chứng tỏ vật liệu tổng hợp được có cấu trúc tinh thể  $Ag/TiO_2$  và độ tinh khiết cao

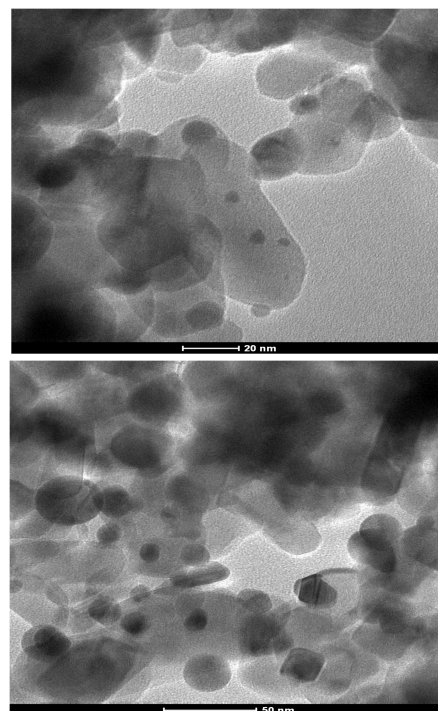
cũng như quá trình tổng hợp hạt lai nano  $Ag/TiO_2$  đã thành công. Từ giản đồ XRD của  $Ag/TiO_2$  ta thấy peak đặc trưng của nano Ag ở góc quét  $2\theta$  từ 38 - 39 $^\circ$ .



Hình 1. Giản đồ XRD mẫu  $TiO_2$  và mẫu hạt lai  $Ag/TiO_2$

a) Giản đồ XRD mẫu  $TiO_2$  chưa có bạc; b) Giản đồ XRD mẫu  $Ag/TiO_2$

\* Kết quả ảnh hiển vi điện tử truyền qua (TEM)



Hình 2. Ảnh TEM của hạt lai  $Ag/TiO_2$

Ảnh TEM (hình 2) cho thấy rằng các hạt nano Ag đã phân tán và bám đều trên bề mặt chất mang nan TiO<sub>2</sub>.

**3.1.6. Khảo sát khả năng diệt khuẩn của hạt lai Ag/TiO<sub>2</sub>**

Từ hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> tổng hợp được, chúng tôi đã tiến hành thử hoạt tính sinh học của chất này trên các chủng khuẩn vi sinh vật kiểm định bao gồm: vi khuẩn Gr(+): *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), vi khuẩn Gr(-): *Escherichia coli* (ATCC 25922), vi khuẩn Gr(-): *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028).

Tiến hành như sau: dùng pipet, hút 100µl dung dịch vi sinh vật đã được hoạt hóa và tráng đều trên bề mặt thạch. Đục lỗ trên bề mặt thạch, đường kính lỗ thạch d<sub>1</sub> = 8mm. Hút lần lượt 50µl dịch mẫu ở nồng độ 0mg/mL, 8mg/mL, 16mg/mL, 40mg/mL nhỏ vào giếng thạch. Đậy nắp đĩa petri lại, cho vào tủ ẩm 37°C để vi khuẩn phát triển trong 18 - 24h. Lấy các đĩa thạch ra khỏi tủ ẩm. Đo và ghi lại D<sub>1</sub>: đường kính vòng vô khuẩn. Kết quả thu được thể hiện trên bảng 5.

Bảng 5. Hoạt tính sinh học của mẫu hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub>

Nồng độ hạt lai nano bạc (mg/mL)	Hiệu số D <sub>1</sub> - d <sub>1</sub> , (mm)		
	D <sub>1</sub> Đường kính vòng vô khuẩn (mm), d <sub>1</sub> = 8 Đường kính giếng (mm)		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>
0	0	0	0
8	2	6	6
16	4	8	8
40	7	8	8

Từ bảng 5 cho thấy, mẫu hạt lai có khả năng kháng khuẩn *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* của hạt lai đã tổng hợp được.

**3.2. Kết quả tổng hợp vật liệu nanocomposite**

**3.2.1. Ảnh hưởng của hạt lai nano bạc tới tính chất cơ lý**

Vật liệu nano composite PLA và hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> được tạo bằng phương pháp trộn nóng chảy được tiến hành trên hệ máy đo lưu biến trạng thái nóng chảy Rheomix 610 của hãng Haake (CHLB Đức) cho các polyme nhiệt dẻo và vật liệu polyme tổ hợp, buồng trộn kín, sử dụng 2 trục cánh trộn loại Roller theo tiêu chuẩn ASTM D2538. Kết quả đi tính chất cơ lý được thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Các tính chất cơ lý của vật liệu nanocomposite

Mẫu	Hàm lượng hạt lai (g) trong 50g PLA	Độ bền kéo đứt cực đại (MPa)	Độ giãn dài tương đối khi đứt (%)	Ứng suất đàn hồi (MPa)
M0	0	49,32	3,54	1582,9
M1	0,005	48,84	3,45	1574,2
M2	0,010	48,21	3,48	1541,2
M3	0,015	47,91	3,42	1503,1
M4	0,020	47,41	3,39	1498,7
M5	0,025	47,12	3,40	1478,9

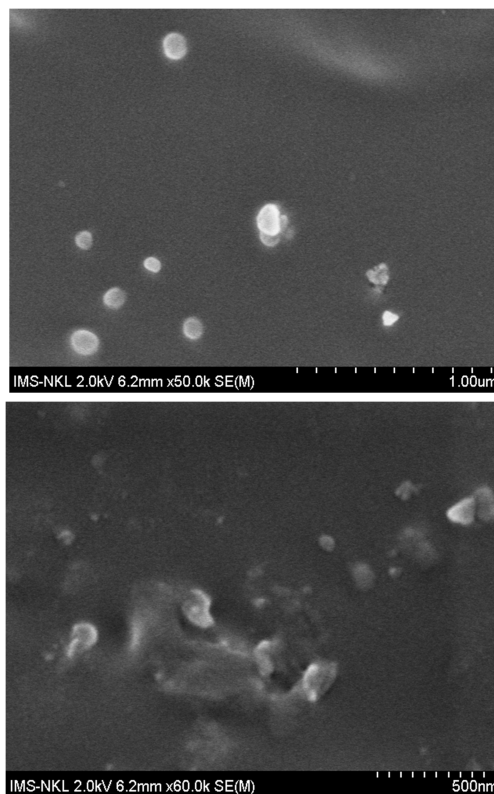
Khi hàm lượng hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> tăng từ 0g lên 0,025g, độ bền kéo đứt của vật liệu nano composite giảm dần từ 49,32 xuống 47,12MPa. Sự giảm của độ bền kéo được giải thích bởi hạt lai là các hạt vô cơ, kích thước phân tử nhỏ nên nó làm giảm độ bền kéo. Sự giảm độ bền kéo không nhiều so với mẫu không phối trộn hạt lai.

Tương tự độ giãn dài tương đối giảm rất ít từ 3,54% của PLA nguyên chất xuống 3,39% của vật liệu chứa 0,020g hạt lai. Như vậy mức độ giảm không đáng kể, hay nói cách khác khi cho hạt lai vào PLA với hàm lượng khảo sát không ảnh hưởng nhiều đến độ giãn dài khi đứt.

Với ứng suất đàn hồi của vật liệu nano composite giảm khi hàm lượng hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> tăng lên như được biểu hiện trong bảng 6. Cụ thể, ứng suất đàn hồi giảm từ 1582,9MPa của PLA nguyên chất xuống 1478,9MPa của vật liệu composite với 0,025g hạt lai. Tuy nhiên sự giảm này không nhiều vì hàm lượng hạt lai sử dụng rất ít.

**3.2.2. Hình ảnh SEM của vật liệu nanocomposit**

Mẫu vật liệu nano composite giữa PLA và hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> được chụp SEM bề mặt. Kết quả được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Ảnh SEM vật liệu nano composite của PLA và hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub>

Trên hình 3 cho thấy, các hạt lai đã được bao bọc và phân tán trong nhựa PLA. Quá trình phối trộn vật liệu đã thành công.

**3.2.3. Khả năng kháng khuẩn của vật liệu nanocomposit**

Vật liệu nano composite PLA và hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> được tiến hành đo khả năng kháng khuẩn. Kết quả đo khả năng kháng khuẩn được thể hiện trên bảng 7.

Bảng 7. Hiệu suất diệt khuẩn của vật liệu nano composit với các chủng vi sinh vật

Hàm lượng hạt lai Ag/TiO <sub>2</sub> sử dụng trong 50g PLA (g)	Hiệu suất diệt các chủng vi sinh vật		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>
0	0	0	0
0,005	20	29	34
0,010	43	67	70
0,015	76	82	86
0,020	91	100	100
0,025	100	100	100

Ở hàm lượng hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> trong mẫu là 0,005g, thì hiệu suất diệt đối với *S.aureus* ATCC 25923 là 20%, còn đối với *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) và *E.coli* ATCC 25922 thì hiệu suất cao hơn, là 29% và 34%. Sau đó hiệu suất diệt đối với các chủng tăng nhanh khi nồng độ hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> và tăng chậm dần khi gần đạt đến hiệu suất diệt 100%.

*Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) và *E.coli* ATCC 25922 có hiệu suất diệt khuẩn khá giống nhau. Trên bảng 7 cho thấy các số liệu này gần bằng nhau. Trong khi đó *S.aureus* ATCC 25923 chỉ bị diệt hoàn toàn khi nồng độ hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> là 0,025g. Qua đó cho thấy hiệu suất diệt khuẩn của *S.aureus* ATCC 25923 yếu hơn.

#### 4. KẾT LUẬN

Qua quá trình nghiên cứu đã thu được các kết quả thực nghiệm như sau:

- Tổng hợp hệ hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> bằng phương pháp sử dụng tác nhân khử. Được tiến hành với các điều kiện như sau: Nhiệt độ: 25°C; Thời gian tiến hành tổng hợp: 6 giờ; Nồng độ của AgNO<sub>3</sub>: 0,02M; Nồng độ NaBH<sub>4</sub>: 0,01M

- Nghiên cứu được các đặc trưng của hạt lai bằng các phương pháp vật lý hiện đại như: XRD và TEM. Kết quả cho thấy đã tổng hợp được hạt lai có nano Ag phân bố trên TiO<sub>2</sub>.

- Thử khả năng kháng khuẩn của hạt lai cho thấy mẫu hạt lai có khả năng kháng khuẩn *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*.

- Chế tạo thành công vật liệu tổ hợp nanocomposit kháng khuẩn trên cơ sở hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> và PLA. Khi thêm hạt lai vào thì tính chất cơ lý của vật liệu thay đổi không nhiều.

- Thử khả năng diệt khuẩn của vật liệu nano composit thấy rằng: *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) và *E.coli* ATCC 25922 có hiệu suất diệt khuẩn khá giống nhau. Khả năng diệt hoàn toàn ở lượng hạt lai sử dụng là 0,020g. Trong khi đó *S.aureus* ATCC 25923 chỉ bị diệt hoàn toàn khi hàm lượng hạt lai nano Ag/TiO<sub>2</sub> là 0,025g. Qua đó cho thấy hiệu suất diệt khuẩn của *S.aureus* ATCC 25923 yếu hơn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Haribhau Gholap, Sambhaji Warule, Jaiprakash Sangshetti, Gauri Kulkarni, Arun Banpurkar, Surekha Satpute, Rajendra Patil, 2016. *Hierarchical nanostructures of Au@ZnO: antibacterial and antibiofilm agent*. Appl Microbiol Biotechnol, DOI 10.1007/s00253-016-7391-1.

[2]. Kondala T. R., Jagadeeswara Rao Ch., Kasi Viswanath I.V., Murthy Y. L. N., 2015. *Anti Microbial Activity of Nanosilverferrite Composite*, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4 (9) 8590-8595.

[3]. Bhupendra C., Anjana K. V., Nidhi A., Upadhyay R. V., Mehta R. V., 2009. *Enhanced Antibacterial Activity of Bifunctional Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Ag Core-Shell Nanostructures*. Nano Research 2, 955-965

[4]. Nor Nisa Balqis Mohammad, Agus Arsad, Nur Syazana Abdullah Sani, Muhammad Hilmi Basri, 2017. *Effect of Compatibilisers on Thermal and Morphological Properties of Polylactic Acid/Natural Rubber Blends*. Chemical engineering transactions Vol. 56.

[5]. Hyun Geun Ock, Doo Hyun Kim, Kyung Hyun Ahn, Seung Jong Lee, João Manuel Maia, 2016. *Macromolecular Nanotechnology Effect of organoclay as a compatibilizer in poly (lactic acid) and natural rubber blends*. European Polymer Journal 76, 216-227.

[6]. K. Pongtanayut, C. Thongpin, O. Santawitee, 2013. *The Effect of Rubber on Morphology, Thermal Properties and Mechanical properties of PLA/NR and PLA/ENR blends*. Energy Procedia 34, 888 - 897, 10th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2012).

[7]. Yun Huang, Chunmei Zhang, Yonghao Pan, Yuli Zhou, Long Jiang, Yi Dan, 2013. *Effect of NR on the hydrolytic degradation of PLA*. Polymer Degradation and Stability 98, 943-950.

[8]. Kondala T. R., Jagadeeswara Rao Ch., Kasi Viswanath I.V., Murthy Y. L. N., 2015. *Anti Microbial Activity of Nanosilverferrite Composite*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4 (9) 8590-8595.