

NGHIÊN CỨU SO SÁNH HOẠT TÍNH KHÁNG KHUẨN VÀ KHÁNG NẤM CỦA NANO BẠC TỔNG HỢP TỪ DỊCH CHIẾT LÁ TRẦU KHÔNG VÀ LÁ DÂU TẦM

COMPARATIVE EVALUATION OF ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL ACTIVITIES OF SILVER NANOPARTICLES BIOSYNTHESIZED USING *PIPER BETLE L.* LEAF AND MULBERRY LEAF EXTRACTS

Vũ Tiến Hiếu^{1,2},
Nguyễn Ngọc Thăng^{1,*}, Bùi Văn Huấn¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.122>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu so sánh hoạt tính kháng vi sinh vật của nano bạc được tổng hợp bằng dịch chiết lá dâu tằm (AgMul) và lá trầu không (AgPBL) với bốn chủng vi khuẩn (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* và *Micrococcus luteus*) và hai chủng nấm (*Candida albicans* và *Aspergillus niger*) theo phương pháp khuếch tán giếng thạch và phương pháp khuếch tán đĩa thạch. Phân tích phổ UV-Vis của dung dịch AgMul và AgPBL cho thấy peak hấp thụ cực đại lần lượt xuất hiện tại bước sóng 453nm và 442nm. Kết quả chụp ảnh TEM cho thấy các hạt nano bạc đều có dạng hình cầu với đường kính hạt dao động trong khoảng 15 - 40nm với AgMul và 10 - 20nm với AgPBL. Cả hai loại nano bạc ở nồng độ 100 và 50µg/mL đều có khả năng kháng khuẩn tốt với bốn chủng vi khuẩn thử nghiệm và có hiệu quả kháng nấm men tốt với chủng *Candida albicans*. Dựa trên kết quả xác định đường kính vùng ức chế cho thấy nano bạc AgMul có khả năng kháng vi sinh tốt hơn so với AgPBL. Hơn nữa, nano bạc AgPBL cho thấy khả năng kháng nấm mốc tốt với chủng *Aspergillus niger*. Kết quả nghiên cứu mở ra tiềm năng ứng dụng nano bạc AgMul và AgPBL để xử lý kháng khuẩn, kháng nấm cho vật liệu dệt may và vật liệu da.

Từ khóa: Nano bạc, trầu không, dâu tằm, kháng khuẩn, kháng nấm.

ABSTRACT

The antimicrobial activities of silver nanoparticles biosynthesized using extracts of *Piper betle L.* leaves (AgPBL) and mulberry leaves (AgMul) were compared against four bacteria (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Micrococcus luteus*) and two fungi (*Candida albicans* and *Aspergillus niger*) using the well diffusion and disc diffusion methods. The biosynthesized AgMul and AgPBL were observed at 453nm and 442nm, respectively, via UV-Vis spectra analysis. Morphological characterization using TEM revealed the former to possess spherical particle sizes of 15 - 40nm, whereas the latter exhibited sizes of 10 - 20nm. The results showed that the antibacterial activity of two types of silver nanoparticles, at concentrations of 100 and 50µg/mL, was significant against four bacterial strains, and was also effective against the yeast *Candida albicans*. According to the obtained zone of inhibition results, an obvious superiority of the antimicrobial potency was observed for AgMul in comparison to AgPBL. In addition, the AgPBL exhibited potent activity against the mold *Aspergillus niger*. The antimicrobial assays results indicated that the biosynthesized AgMul and AgPBL have the potential to be used for the antibacterial and antifungal treatment of textiles and leather materials.

Keywords: Silver nanoparticles, piper betle, mulberry, antibacterial, antifungal activity.

¹Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Cao đẳng Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: thang.nguyennngoc@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 03/4/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/5/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/6/2023

1. GIỚI THIỆU

Công nghệ nano ngày càng thu hút các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp bởi tính ứng dụng cao trong đời sống con người [1]. Trong lĩnh vực dệt may và da giày, các sản phẩm ứng dụng công nghệ nano đang được các nhà sản xuất quan tâm phát triển [2]. Một trong những ứng dụng nổi bật

trên các sản phẩm dệt may và da giày trong những năm gần đây là thêm chức năng kháng khuẩn, kháng nấm cho sản phẩm do sự xuất hiện nhiều chủng vi sinh vật gây bệnh mới, ảnh hưởng xấu đến đời sống con người [3, 4]. Thêm nữa, sự gia tăng các vi sinh vật kháng thuốc với các chất kháng sinh đang có cũng đòi hỏi nghiên cứu tìm ra các chất kháng sinh mới hiệu năng cao hơn [5]. Nano bạc đã được

nhiều nghiên cứu chứng minh có khả năng diệt được nhiều chủng vi khuẩn và nấm khác nhau với hiệu quả cao thông qua việc giải phóng liên tục các ion bạc, có khả năng phá vỡ màng tế bào vi sinh vật, cũng như làm mất hiệu lực của các enzym và các axit nucleic trong DNA [1-8]. Để tổng hợp nano bạc, nhiều phương pháp vật lý, hóa học, sinh học hoặc kết hợp các phương pháp này đã được thực hiện [1-3]. Mỗi phương pháp đều có ít nhiều hạn chế, hoặc phải sử dụng các trang thiết bị hiện đại, phức tạp, hoặc phải dùng các hóa chất đắt tiền, không thân thiện với môi trường, hoặc khó kiểm soát thành phần các chất trong hỗn hợp phản ứng ban đầu... [1-3]. Với xu hướng phát triển bền vững và bảo vệ môi trường, nano bạc tổng hợp theo phương pháp hóa học xanh đang được tập trung nghiên cứu [1-8]. Trong phương pháp này, các tác nhân khử và chất bảo vệ các hạt nano bạc là các chất có trong dịch chiết từ thực vật, tảo, nấm, men, vi khuẩn [1]. Phương pháp tổng hợp này cho thấy nhiều ưu điểm là chi phí thấp, thân thiện với môi trường, không sử dụng nguồn năng lượng cao, không sử dụng các hóa chất độc hại và có thể tổng hợp quy mô lớn [1].

Gần đây, chúng tôi đã công bố các nghiên cứu tổng hợp nano bạc bằng phương pháp hóa học xanh sử dụng chất khử "xanh" là các hoạt chất có trong dịch chiết từ lá dâu tằm và lá trầu không [6, 8]. Các hạt nano bạc tổng hợp được có dạng hình cầu với đường kính nhỏ hơn 40nm, phân tán ổn định trong nước. Hoạt tính kháng khuẩn của AgPBL đã được đánh giá, cho thấy chúng có khả năng kháng khuẩn tốt đối với 3 chủng vi khuẩn là *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiếp tục đánh giá so sánh hoạt tính kháng khuẩn và kháng nấm của AgMul và AgPBL với bốn chủng vi khuẩn (*Escherichia coli* (E. coli, ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (P. aeruginosa, ATCC 9027), *Staphylococcus aureus* (S. aureus, ATCC 29213), *Micrococcus luteus* (M. luteus, ATCC 4698), một chủng nấm mốc (*Aspergillus niger*, ATCC 16404) và một chủng nấm men (*Candida albicans*, ATCC 10231). Phân tích này là tiền đề để chọn lựa nano bạc phù hợp cho xử lý hoàn tất vật liệu dệt và vật liệu da trong các nghiên cứu tiếp theo.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nano bạc được tổng hợp bằng dịch chiết lá dâu tằm (AgMul) và dịch chiết lá trầu không (AgPBL) ở điều kiện thích hợp theo nghiên cứu của chúng tôi đã công bố [6, 7]. Dung môi sử dụng trong các thí nghiệm là nước cất hai lần. Hai chủng vi khuẩn gram âm *Escherichia coli* (E. coli, ATCC 25922) và *Pseudomonas aeruginosa* (P. aeruginosa, ATCC 9027), hai chủng vi khuẩn gram dương *Staphylococcus aureus* (S. aureus, ATCC 29213) và *Micrococcus luteus* (M. luteus, ATCC 4698), một chủng nấm mốc *Aspergillus niger* (A. niger, ATCC 16404) và một chủng nấm men *Candida albicans* (C. albicans, ATCC 10231) được cung cấp bởi Khoa Công nghệ sinh học - Trường Đại học Quốc tế, Viện Kỹ thuật công nghệ cao NTT - Trường Đại học Nguyễn Tất Thành và Phòng Vi sinh - Viện

Sinh học Nhiệt đới. Các thí nghiệm và phân tích được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Hóa dệt - Viện Dệt may, Da giày & Thời trang, Trung tâm Khoa học và Công nghệ cao su - Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Kỹ thuật nhiệt đới - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Khoa Công nghệ sinh học - Trường Đại học Quốc tế, Viện Kỹ thuật công nghệ cao NTT - Trường Đại học Nguyễn Tất Thành và Phòng Vi sinh - Viện Sinh học nhiệt đới.

2.2. Phương pháp đánh giá khả năng kháng khuẩn, kháng nấm của AgMul và AgPBL

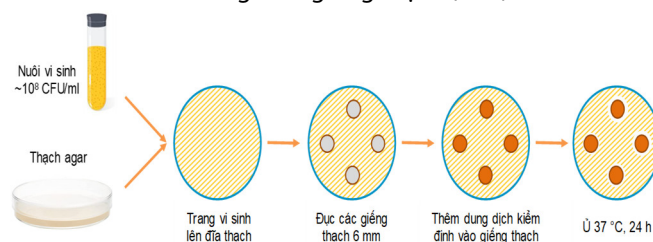
2.2.1. Phương pháp khuếch tán giếng thạch

Phương pháp khuếch tán giếng thạch được sử dụng để đánh giá hoạt tính kháng khuẩn và kháng nấm men của các hạt nano bạc, thực hiện theo hướng dẫn của Viện Tiêu chuẩn xét nghiệm lâm sàng Hoa Kỳ (CLSI) [9]. Quy trình thực hiện của phương pháp này được thể hiện trong hình 1. Mỗi chủng vi khuẩn thử nghiệm và nấm men *Candida albicans* được nuôi cấy phụ trong môi trường dinh dưỡng ở 37°C cho đến khi khuẩn đạt số lượng xấp xỉ 10⁸CFU/mL trong các ống nghiệm có nắp vận đã xử lý vô trùng. Sau đó, từng huyền phù vi sinh vật được trang đồng nhất lên đĩa thạch. Các giếng với đường kính 6mm được tạo trên bề mặt đĩa thạch bằng thanh kim loại vô trùng. Khoảng 60μl dung dịch nano bạc (AgMul hoặc AgPBL) ở các nồng độ khác nhau (100, 50 và 25μg/mL), kháng sinh tiêu chuẩn (Streptomycin 30μg/mL) làm đối chứng dương và nước cất hai lần làm đối chứng âm được thêm vào các giếng tách biệt. Các đĩa thạch được cấy từng chủng vi khuẩn và nấm men này được ủ ở 37°C trong 24 giờ và đo đường kính vùng ức chế. Mỗi thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần. Hoạt tính kháng vi sinh vật kiểm định được đánh giá bằng cách xác định vùng ức chế vi sinh vật (ZOI) theo công thức (1).

$$ZOI (mm) = D - d \tag{1}$$

trong đó: D: đường kính vùng ức chế (mm)

d: đường kính giếng thạch (mm)



Hình 1. Sơ đồ quy trình đánh giá hoạt tính kháng khuẩn, kháng nấm men của nano bạc theo tiêu chuẩn CLSI

2.2.2. Phương pháp khuếch tán đĩa thạch

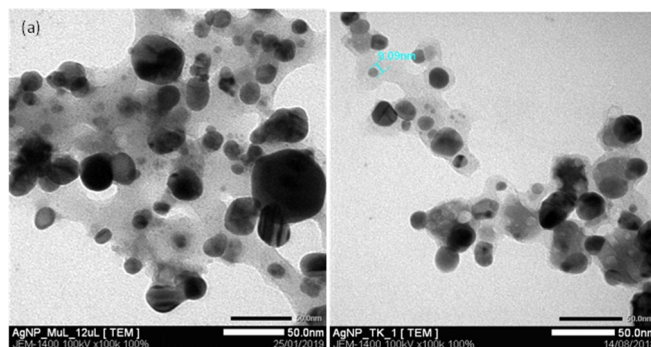
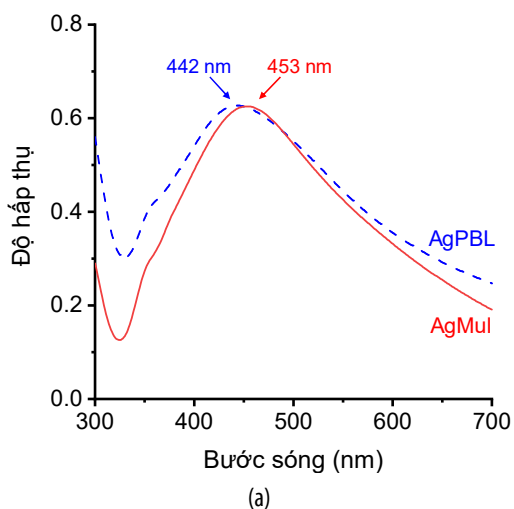
Phương pháp khuếch tán đĩa thạch được thực hiện để xác định hoạt tính kháng nấm mốc *Aspergillus niger* của hai loại nano bạc tổng hợp được. Tương tự quy trình được sử dụng trong phương pháp khuếch tán giếng thạch, bề mặt thạch được cấy bào tử nấm đồng nhất trên toàn bộ bề mặt. Trước khi thực hiện thí nghiệm, nấm mốc được nuôi trên đĩa thạch trong 7 ngày. Sau đó bào tử nấm mốc *Aspergillus niger* được thu hồi bằng cách thêm 5mL nước cất tiệt trùng

vào đĩa nuôi cấy nấm và bề mặt tơ nấm được cạo nhẹ bằng que cấy để giải phóng bào tử nấm. Dung dịch huyền phù chứa bào tử nấm được thu hồi từ đĩa nuôi cấy và các lọ tiết trùng. Khi tiến hành thí nghiệm, 100µl dung dịch huyền phù chứa bào tử nấm mốc được cấy trải lên các đĩa thạch mới bằng tăm bông tiết trùng. Các khoan giấy tiết trùng đường kính 6 mm có tẩm sẵn dung dịch nano bạc AgPBL ở các nồng độ (100, 50 và 25µg/ml) được đặt lên các đĩa thạch đã cấy nấm *Aspergillus niger*. Khoan giấy có tẩm nước muối sinh lý được sử dụng như chứng âm cũng được đặt lên đĩa thạch trong thí nghiệm này. Sau đó, các đĩa thạch được ủ ở nhiệt độ 28°C trong 14 ngày. Mỗi thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần. Hoạt tính kháng nấm mốc của nano bạc được đánh giá bằng cách xác định vùng ức chế nấm (ZOI) sau 7 ngày và 14 ngày, theo công thức (1) với sự điều chỉnh d - đường kính khoan giấy ban đầu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

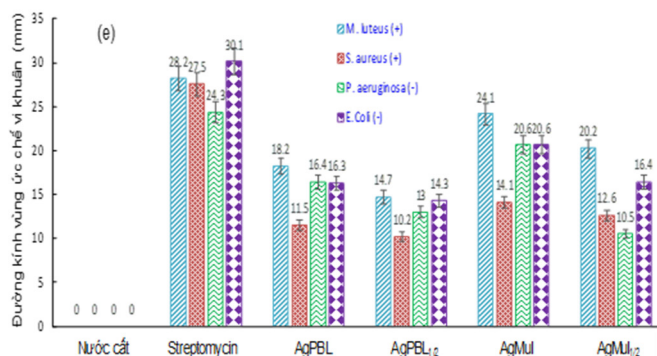
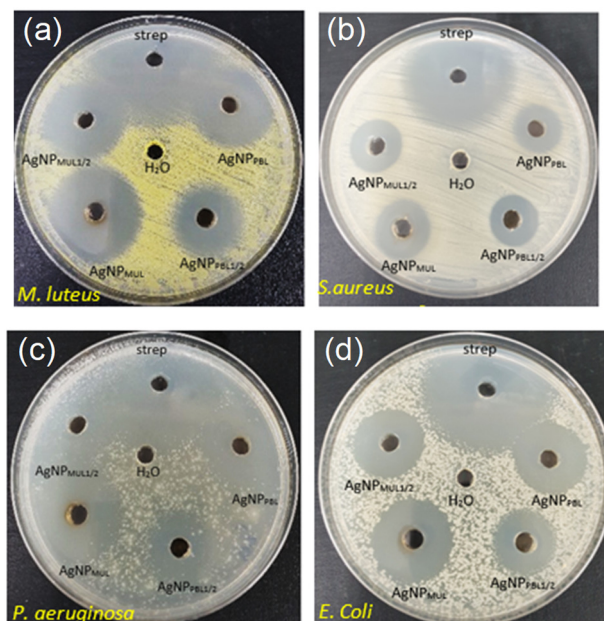
3.1. Đặc tính của hạt nano bạc AgMul và AgPBL

Trong các nghiên cứu trước, chúng tôi đã chọn được điều kiện thích hợp để tổng hợp nano bạc từ dịch chiết lá dâu tằm và lá trấu không [6, 7]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tổng hợp lại nano bạc ở điều kiện thích hợp và xác định đặc tính nano bạc thu được thông qua phân tích UV-Vis và hiển vi điện tử truyền qua (TEM). Hình 2a trình bày phổ hấp thụ phần tử UV-Vis của dung dịch nano bạc tổng hợp từ lá dâu tằm (AgMul) ở điều kiện nồng độ AgNO₃ ban đầu 12mM và thời gian phản ứng 6 giờ, từ lá trấu không (AgPBL) ở điều kiện nồng độ AgNO₃ ban đầu 10mM và thời gian phản ứng 4 giờ. Ta thấy peak hấp thụ cực đại trên phổ UV-Vis của AgMul và AgPBL lần lượt xuất hiện tại bước sóng 453nm và 442nm là do sự cộng hưởng plasmon bề mặt của hạt nano bạc dạng hình cầu [1, 2, 6, 7]. Kết quả chụp ảnh TEM các mẫu AgMul (hình 2b) và AgPBL (hình 2c) đã minh chứng cho nhận định này, cho thấy các hạt nano bạc đều có dạng hình cầu với đường kính hạt dao động trong khoảng 15 - 40nm với AgMul và 10 - 20nm với AgPBL. Ngoài ra, các hạt nano bạc phân tán khá tốt là nhờ sự có mặt của các chất hữu cơ trong dịch chiết đóng vai trò là chất ổn định, ngăn cản sự kết tụ của các hạt nano bạc.



(b)(c)

Hình 2. (a) Phổ UV-Vis của dung dịch nano bạc AgMul và AgPBL; Ảnh TEM của AgMul (b) và AgPBL (c) với độ phóng đại ×100.000 lần



Hình 3. Ảnh chụp vùng ức chế vi khuẩn (a) *M. luteus*, (b) *S. aureus*, (c) *P. aeruginosa* và (d) *E. coli* của kháng sinh Streptomycin 30µg/mL (Strep), nước cất tiết trùng và dung dịch nano bạc có nồng độ 100µg/mL (AgMul và AgPBL) và 50µg/mL (AgMul_{1/2} và AgPBL_{1/2}); (e) Kết quả đo đường kính vùng ức chế vi khuẩn của AgMul và AgPBL (± SD, n = 3).

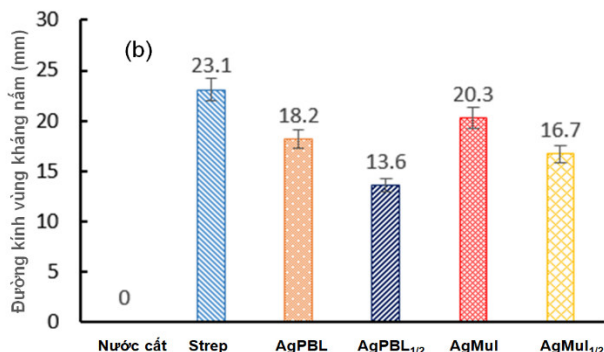
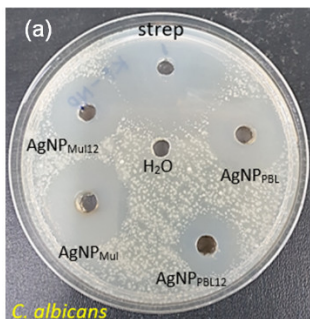
3.2. Hoạt tính kháng khuẩn của hạt nano bạc AgMul và AgPBL

Hoạt tính kháng khuẩn của AgMul và AgPBL ở các nồng độ 100µg/mL và 50µg/mL với 4 chủng vi khuẩn *M. luteus*, *S.*

aureus, *P. aeruginosa* và *E. coli* được đánh giá bằng phương pháp khuếch tán giếng thạch. Hoạt tính kháng khuẩn của các mẫu nano bạc được xác định dựa trên khả năng ức chế sự phát triển của vi khuẩn, thông qua đường kính vùng ức chế vi khuẩn tạo ra trên đĩa Petri, được thể hiện trong hình 3. Ảnh chụp trên hình 3 cho thấy với chứng âm là nước cất tiệt trùng không xuất hiện vùng ức chế, trong khi chứng dương là kháng sinh Strep 30µg/mL có vùng ức chế vi khuẩn rộng với cả 4 chủng khuẩn thử nghiệm. Với các cả hai mẫu nano bạc AgMul và AgPBL, khả năng kháng khuẩn giảm không đáng kể theo sự giảm nồng độ nano bạc. Biểu đồ trình bày trong hình 3e cho thấy khả năng kháng 4 chủng vi khuẩn thử nghiệm của AgMul tốt hơn so với AgPBL và các nano bạc kháng vi khuẩn *M. luteus* tốt nhất thể hiện qua độ lớn của đường kính vùng ức chế vi khuẩn. Khả năng kháng khuẩn của nano bạc đối với các chủng vi khuẩn khác nhau phụ thuộc vào cấu trúc, độ dày và thành phần các chất của màng tế bào vi khuẩn [1, 2]. Cơ chế kháng khuẩn của nano bạc đến nay chưa được thống nhất. Tuy nhiên, các giả thiết cho rằng do nano bạc có kích thước nhỏ nên diện tích bề mặt riêng lớn, dễ dàng thâm nhập qua màng tế bào vi khuẩn, giải phóng ra ion bạc, liên kết với các enzyme để ngăn cản sự nhân đôi DNA trong vi khuẩn; thực hiện các phản ứng oxy hóa, sinh ra các gốc tự do ức chế sự phát triển của vi khuẩn [1, 2, 5].

3.3. Hoạt tính kháng nấm của hạt nano bạc AgMul và AgPBL

3.3.1. Hoạt tính kháng nấm men *Candida albicans*

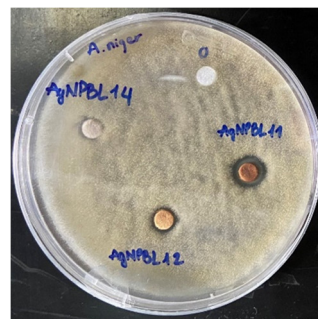


Hình 4. (a) Ảnh chụp vùng ức chế nấm men *C. albicans* của kháng sinh Strep 30µg/mL, nước cất tiệt trùng và dung dịch nano bạc có nồng độ 100µg/mL (AgMul và AgPBL) và 50µg/mL (AgMul_{1/2} và AgPBL_{1/2}); (b) Kết quả đo đường kính vùng kháng nấm của AgMul và AgPBL (± SD, n = 3)

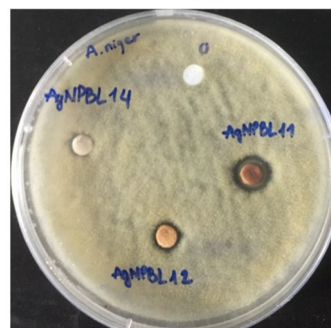
Hoạt tính kháng nấm men *C. albicans* của AgMul và AgPBL ở các nồng độ 100µg/mL và 50µg/mL được đánh giá bằng phương pháp khuếch tán giếng thạch. Kết quả kháng nấm men thể hiện trong hình 4 cho thấy với chứng âm là nước cất tiệt trùng không xuất hiện vùng kháng nấm, trong khi chứng dương là kháng sinh Strep 30µg/mL có vùng kháng nấm rộng $23,1 \pm 0,4$ mm. Cả hai mẫu nano bạc AgMul và AgPBL đều có khả năng kháng nấm men tốt và khả năng kháng nấm giảm tương đối theo sự giảm nồng độ nano bạc, nhưng không giảm tỉ lệ thuận với sự giảm nồng độ nano bạc. Cụ thể, khi nồng độ nano bạc giảm 50% thì đường kính vùng kháng nấm giảm 17,7% với AgMul và 25,3% với AgPBL. Khả năng kháng nấm men của AgMul tốt hơn so với AgPBL thể hiện qua độ lớn của đường kính vùng kháng nấm.

3.3.2. Hoạt tính kháng nấm mốc *Aspergillus niger*

Như vậy, cả hai loại nano bạc AgMul và AgPBL đều có khả năng kháng khuẩn và kháng nấm men tốt nên đều có thể sử dụng để xử lý kháng khuẩn, kháng nấm cho các vật liệu dệt may và da thuộc. Tuy nhiên, dựa trên điều kiện và kết quả tổng hợp nano bạc, cũng như nguồn nguyên liệu thực vật chúng tôi sẽ định hướng sử dụng nano bạc AgPBL để làm tác nhân xử lý kháng khuẩn, kháng nấm cho một số vật liệu dệt may và da thuộc. Do vậy, nghiên cứu đánh giá hoạt tính kháng nấm mốc *A. niger* của AgPBL theo phương pháp khuếch tán đĩa thạch tiếp tục được thực hiện với 3 mức nồng độ nano bạc là 100, 50 và 25µg/mL trong thời gian 7 ngày và 14 ngày.



Sau 7 ngày



Sau 14 ngày

Hình 5. Ảnh chụp vùng ức chế nấm mốc *A. niger* của giấy thấm nước cất tiệt trùng và dung dịch AgPBL có nồng độ 100µg/mL (AgPBL), 50µg/mL (AgPBL_{1/2}) và 25µg/mL (AgPBL_{1/4})

Kết quả thử nghiệm trình bày trong hình 5 cho thấy các bào tử nấm không xâm nhập được vào các mẫu giấy có tấm AgPBL ở cả ba nồng độ. Quan sát trên ảnh chụp mẫu thí nghiệm sau 7 ngày và 14 ngày ta thấy rõ vùng kháng nấm ở 2 mẫu có nồng độ AgPBL là 100 và 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$, trong khi mẫu giấy tấm AgPBL nồng độ 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ không thấy rõ vùng ức chế này. Kết quả thí nghiệm cho thấy AgPBL có khả năng kháng nấm mốc hiệu quả với chủng nấm mốc *A. niger*.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, hoạt tính kháng khuẩn và kháng nấm của dung dịch nano bạc thu được từ phản ứng tổng hợp xanh giữa muối bạc nitrat với các hợp chất có trong dịch chiết lá dâu tằm và lá trấu không đã được nghiên cứu so sánh. Cả hai loại nano bạc ở hai mức nồng độ 100 và 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ đều có khả năng kháng khuẩn tốt với 4 chủng vi khuẩn thử nghiệm là *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* và *M. luteus* và có khả năng kháng nấm men *C. albicans* hiệu quả. Kết quả cũng cho thấy nano bạc AgMul có khả năng kháng khuẩn tốt hơn so với AgPBL và cả hai loại nano bạc đều có hoạt tính kháng vi khuẩn *M. luteus* tốt nhất. Nano bạc AgPBL được chứng minh có khả năng kháng nấm mốc *A. niger* tốt ở hai mức nồng độ 100 và 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Nghiên cứu này mở ra khả năng ứng dụng nano bạc tổng hợp xanh để xử lý kháng khuẩn, kháng nấm cho vật liệu dệt may và vật liệu da thuộc.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí của Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài có mã số B2022-BKA-23. Chúng tôi xin cảm ơn các thầy cô Bộ môn Vật liệu & Công nghệ Hóa dệt, Viện Dệt may - Da giấy và Thời trang, Trung tâm Khoa học và Công nghệ cao su - Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện kỹ thuật nhiệt đới - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Khoa Công nghệ sinh học - Trường Đại học Quốc tế, Viện Kỹ thuật công nghệ cao NTT - Trường Đại học Nguyễn Tất Thành và Phòng Vi sinh - Viện Sinh học nhiệt đới đã hỗ trợ để nhóm hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Abdelghany TM, et al., 2018. *Recent Advances in Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Applications: About Future Directions. A Review*. *BioNanoScience* 8(1), 5-16.
- [2]. Nguyen N.T, Vo T.L.H.. 2022. *Fabrication of Silver Nanoparticles Using Cordyline fruticosa L. Leave Extract Endowing Silk Fibroin Modified Viscose Fabric with Durable Antibacterial Property*. *Polymers*, 14(12), 2409.
- [3]. Velmurugan P., et al., 2014. *Antimicrobial fabrication of cotton fabric and leather using green-synthesized nanosilver*. *Carbohydrate polymers*, 106, 319-325.
- [4]. Gulati R., et al., 2022. *Antimicrobial textile: recent developments and functional perspective*. *Polymer Bulletin*, 79(8), 5747-5771.
- [5]. Barros C.H., et al, 2018. *Biogenic nanosilver against multidrug-resistant bacteria (MDRB)*. *Antibiotics*, 7, 69.
- [6]. Nguyen Ngoc Thang, Pham Thi Ngoc, Vu Tien Hieu, Bui Van Huan, 2018. *Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles using Mulberry Leaves Extract*. *Journal of Science and Technology - Technical Universities*, 129, 63-68
- [7]. Vu T.H., Bui V.H., Nguyen N.T., 2021. *Antibacterial Properties of Silver Nanoparticles Synthesized Using Piper betle L. Leaf Extract*. *Materials Science Forum*, 1020, 236-242.
- [8]. Vo T.L.H., Nguyen N.T., 2020. *Green synthesis, characterization and antibacterial activity of silver nanoparticles using Sapindus mukorossi fruit pericarp extract*. *Materials Today: Proceedings*, 42, 88-93.
- [9]. Wikler M.A, et al., 2006. *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically: Approved Standard, 7th ed.*; Document M7-A7; CLSI: Wayne, PA, USA.

AUTHORS INFORMATION

Vu Tien Hieu^{1,2}, Nguyen Ngoc Thang¹, Bui Van Huan¹

¹Hanoi University of Science and Technology, Vietnam

²Ho Chi Minh City Industry and Trade College, Vietnam