

KHẢ NĂNG KHÁNG MỘT SỐ VI KHUẨN CỦA COMPOSITE CELLULOSE VI KHUẨN KẾT HỢP NANO BẠC

NGUYỄN THỊ KIM ANH¹, LÂM HOÀNG ANH THU², ĐOÀN THANH HÒA¹,
NGUYỄN THỊ HOÀI NGỌC¹, LÊ THỊ TUYẾT THANH¹, TRẦN THỊ BÌNH AN²

¹ Viện Công nghệ Sinh học – Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp TP. HCM

² Phòng Công nghệ Sinh học, Trung tâm R&D, Khu Công nghệ cao TP. HCM

nguyenthikimanh@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Vật liệu composite kết hợp giữa cellulose vi khuẩn và nano bạc (BC/AgNPs) được khảo sát khả năng ức chế và tiêu diệt 4 vi khuẩn gồm *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*. Composite BC/AgNPs cho thấy khả năng ức chế vi khuẩn, thể hiện qua sự xuất hiện vòng kháng khuẩn đối với cả 4 vi khuẩn, trong đó vi khuẩn Gram dương là *S.aureus* và *B.subtilis* có vòng kháng khuẩn lớn hơn so với 2 vi khuẩn Gram âm là *E.coli* và *P.aeruginosa* ($P < 0,05$). Khi cho tiếp xúc trực tiếp, composite BC/AgNPs diệt vi khuẩn đạt hiệu suất 100% ở các khoảng thời gian tiếp xúc khác nhau. *E.coli* bị tiêu diệt ngay sau 15 phút tiếp xúc với composite, trong khi khoảng thời gian đạt hiệu suất diệt khuẩn 100% của composite lần lượt là 45 phút và 60 phút đối với *B.subtilis* và *P.aeruginosa*. *S.aureus* chỉ bị diệt hoàn toàn khi tiếp xúc với composite trong thời gian 120 phút.

Từ khóa. Composite, hiệu suất diệt khuẩn, nano bạc, vòng kháng khuẩn

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF COMPOSITE PRODUCED FROM BACTERIAL CELLULOSE AND SILVER NANOPARTICLES

Abstracts. Composite of bacterial cellulose and silver nanoparticles was investigated for its antibacterial activities against 4 bacteria including *E.coli*, *S.aureus*, *P.aeruginosa*, and *B.subtilis*. The composite BC/AgNPs inhibited the growth of bacteria, exhibited through antibacterial zone of inhibition to all 4 species. Diameter of inhibition ring against Gram positive bacteria, including *S.aureus* and *B.subtilis* was larger than that of inhibition ring to against negative bacteria *E.coli* and *P.aeruginosa* ($P < 0.05$). When bacterial liquid culture was directly contact with the composite, bactericidal performance up to 100% was detected after 15, 45, 60 minutes to *E.coli*, *B.subtilis*, and *P.aeruginosa*, respectively; meanwhile, *S.aureus* was completely removed after 120 minutes.

Keywords. Composite, bactericidal performance, silver nano particles, antibacterial rings

1 GIỚI THIỆU

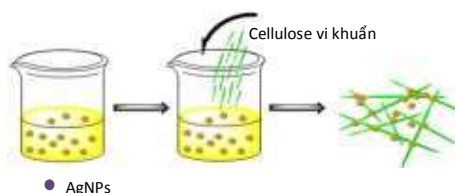
Cellulose vi khuẩn hay bacterial cellulose (BC) được tạo thành chủ yếu từ vi khuẩn thuộc chi *Acetobacter* spp.. BC là một polymer tự nhiên, không phân nhánh, bao gồm những gốc glucosepyranose nối với nhau nhờ liên kết β -1,4- glucan, có công thức hóa học là $(C_6H_{10}O_5)_n$. BC chứa nước cao (tỷ lệ nước xấp xỉ 99%), khả năng giữ nước tốt, độ bền cơ học cao vì trong cấu trúc có nhiều nhóm OH^- có cầu nối hydro bền vững tạo nên mạng lưới màng bền chặt, khả năng thấm hút dịch tốt. Đặc biệt là BC có tính tương hợp sinh học cao và không gây độc đối với tế bào. Với nhiều đặc tính tốt của một vật liệu, BC được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như dược, công nghiệp giấy, chế tạo màng lọc, vv... [1,2]. BC là vật liệu tốt để sử dụng làm băng vết thương trong y tế vì nó có khả năng duy trì một môi trường có độ ẩm thích hợp tại vùng bị tổn thương, đồng thời có khả năng bám tốt trên bề mặt da giúp bao phủ vết thương tốt hơn làm cho quá trình lành diễn ra nhanh [3].

Mặc dù mang rất nhiều ưu điểm của một vật liệu, nhưng bản thân BC không có khả năng kháng khuẩn. Một số nghiên cứu đã tạo hỗn hợp ở dạng dịch paste kết hợp chitosan – BC – Polyvinylpyrrolidone và bổ sung dung dịch nano bạc nhằm tăng tính kháng khuẩn của hỗn hợp [4]. Dịch hỗn hợp này cho kết quả tốt

trong thí nghiệm trị bỏng da trên chuột, vết thương lành nhanh và vùng da phục hồi như bình thường. Băng dán vết thương từ vải không dệt được ngâm với dung dịch nano bạc cho kết quả kháng khuẩn trên 3 chủng vi khuẩn *P. aeruginosa* ATCC 27853, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922 [5].

Nano bạc (AgNPs) được nghiên cứu ứng dụng trong y sinh nhờ vào đặc tính kháng khuẩn và được thừa nhận về hiệu quả kháng khuẩn cao hơn so với muối bạc [6]. Các hạt nano bạc tương tác với ba thành phần quan trọng của tế bào: thành tế bào peptidoglycan; màng tế bào chất, nơi các đặc tính hóa học và vật lý bị biến đổi và dẫn đến sự mất cân bằng về độ thẩm thấu, tính thẩm thấu, vận chuyển electron, DNA ribosome, các vị trí phân tử phospho và lưu huỳnh có trong protein, đặc biệt là trong các enzyme tham gia chuỗi vận chuyển electron [7]. Các hạt nano bạc đã gắn với lớp lipopolysaccharide có trong vách tế bào khuẩn Gram âm là *E. coli* làm thay đổi các đặc tính cơ bản của thành tế bào vi khuẩn [8]. Trong những năm gần đây, nano bạc thường được sử dụng trong băng vết thương và dụng cụ y sinh học [9].

Việc kết hợp BC và nano bạc tạo thành composite BC/AgNPs hứa hẹn tạo ra một vật liệu mới có các đặc tính tốt hỗ trợ quá trình lành vết thương, đồng thời có khả năng diệt khuẩn. Một số nghiên cứu trước đây đã tạo composite BC/AgNPs bằng phương pháp *in situ* với việc ngâm BC trong dung dịch muối bạc làm cho các ion bạc gắn kết vào mạng lưới OH^- của BC và sau đó sử dụng phương pháp khử hóa học với các chất khử sử dụng như TEA hay NABH_4 để tạo nano bạc từ muối bạc nitrate. Mặc dù phương pháp này tạo composite có sự gắn kết bền chặt giữa BC và AgNPs vì gắn kết dựa trên liên kết hóa học cộng hóa trị, tuy nhiên có rất nhiều tranh cãi về độc tính của các chất khử này và khả năng khử không hết các muối bạc thành nano bạc không kiểm soát được hàm lượng muối bạc còn gắn lại trong mạng lưới BC. Khác với phương pháp *in situ*, *ex situ* là phương pháp chế tạo dựa trên các đặc tính hấp phụ của vật liệu cellulose vi khuẩn. Cellulose vi khuẩn và dung dịch nano bạc được chuẩn bị riêng. Nano bạc có thể được chế tạo bằng các phương pháp khác nhau. Sau đó, AgNPs được ngâm chung với vật liệu BC và chỉ có quá trình hấp phụ vật lý xảy ra mà không có phản ứng hóa học [10].



Hình 1: Phương pháp gắn nano bạc vào BC bằng hấp thu vật lý [10]

Trong nghiên cứu này, composite được tổng hợp bằng phương pháp hóa lý kết hợp. Nano bạc được chế tạo từ AgNO_3 qua phản ứng sử dụng chất khử hữu cơ ethylen glycol (EG) là chất lỏng, không mùi, trong suốt, không gây kích ứng da. Bên cạnh đó, PVP (polyvinyl pyrrolidone) được sử dụng làm chất bảo vệ. BC sẽ được ngâm trong dung dịch chứa nano bạc để tạo composite BC/AgNPs. Sau đó, composite tạo thành sẽ được kiểm tra khả năng kháng một số loại vi khuẩn thuộc cả hai nhóm vi khuẩn Gram dương và Gram âm.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Vật liệu

Nano bạc được chế tạo từ bạc nitrate (Schaular, Tây Ban Nha), chất khử Ethylen glycol (Duksan, Hàn Quốc), và chất bảo vệ polyvinyl pyrrolidone (Sigma Aldrich, Hoa Kỳ).

Vi sinh vật được nuôi cấy trong các môi trường Mueller Hinton agar (Schaular, Tây Ban Nha), Luria broth base (Invitrogen, Hoa Kỳ), Tryptic soy agar (Schaular, Tây Ban Nha).

Chủng vi khuẩn sử dụng trong nghiên cứu này gồm: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145, *Bacillus subtilis* ATCC 11774.

Vật liệu cellulose vi khuẩn được cung cấp từ Trung tâm R&D Khu công nghệ cao Thành phố Hồ Chí Minh.

2.2 Phương pháp

Chế tạo nano bạc bằng phương pháp polyol

Ethylene glycol (EG) vừa được sử dụng làm dung môi, vừa làm chất khử và polyvinylpyrrolidone (PVP) làm chất bảo vệ, kết hợp với việc gia nhiệt lên tới khoảng 200°C trong thời gian 1 giờ.

Chế tạo nano bạc bằng phương pháp khử polyol với chất bảo vệ không thể thiếu trong việc ổn định các hạt nano bạc trong giai đoạn đầu của phản ứng tạo nano bạc là PVP và ethylene glycol hoạt động vừa là dung môi vừa là chất khử, kết hợp với gia nhiệt. Polyvinylpyrrolidone là một polymer hòa tan trong nước được làm từ monomer N-vinylpyrrolidone. Việc chế tạo hạt nano bạc bằng chất khử EG kết hợp với gia nhiệt khoảng 200°C và khuấy từ, thời gian phản ứng khoảng 1 giờ đồng hồ. Ion Ag^+ dưới tác động của chất khử EG tạo ra nguyên tử Ag. Sau đó, các nguyên tử này kết hợp với nhau tạo thành các hạt Ag có kích thước nano. Tiến hành cân 0,79g PVP và 0,078g $AgNO_3$ vào 50ml EG khuấy từ đến tan và gia nhiệt đến 200°C trong 40 phút, dung dịch chuyển từ không màu sang màu vàng đặc trưng, giảm nhiệt tiếp tục khuấy 20 phút, rót toàn bộ dung dịch vào ống thủy tinh và lưu trữ ở nhiệt độ phòng.

Kiểm tra hình dạng, kích thước hạt nano bạc

Dung dịch nano bạc sau khi chế tạo sẽ được đo UV-vis bằng máy đo quang phổ hấp thụ (Jasco V730). Sau đó, kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscopy - SEM, Hitachi F4800) được sử dụng để kiểm tra kích thước cũng như hình dạng hạt nano bạc.

Chế tạo composite BC/AgNPs và kiểm tra cấu trúc của composite bằng SEM

Quá trình chế tạo dựa trên đặc tính hấp thụ vật lý của BC, lúc này không xảy ra các phản ứng hóa học. Màng BC sau khi xử lý, cắt màng với kích thước 1x1 cm², đun sôi 30 phút trong khoảng 1-2 lần, hấp khử trùng 121°C, 1 atm, 15 phút. Sau đó, tiến hành pha các dung dịch nano bạc với các nồng độ khác nhau 1000 g/ml, 500 g/ml, 250 g/ml, 100 g/ml, 50 g/ml, 10 g/ml và 5 g/ml. BC sau khi đã hấp khử trùng được ngâm với dung dịch nano bạc trên trong 3 giờ. Sau khi ngâm, composite được rửa qua lần lượt các dung dịch acid oxalic 1%, ethanol 30% và nước cất vô trùng. Tiến hành đông khô mẫu composite ở -50°C dưới điều kiện hút chân không trong 4 giờ, sau đó chuyển mẫu lên thanh nạp mẫu và tiến hành quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM).

Khảo sát khả năng kháng khuẩn của composite BC/AgNPs

Chọn một khuẩn lạc điển hình của từng chủng vi khuẩn nuôi cấy trong canh môi trường LB, nuôi cấy trên máy lắc với tốc độ lắc 120 vòng/phút, ở nhiệt độ phòng, trong 24 giờ. Tiến hành pha loãng và đo OD dịch vi khuẩn ở bước sóng 625nm sao cho giá trị OD đạt 0,08-0,1 tương đương 10^8 CFU/ml. Pha loãng dịch vi khuẩn có số tế bào đạt 10^5 CFU/ml, tiến hành cấy trải lên đĩa thạch.

Vi khuẩn có mật độ 10^5 CFU/ml được cấy trải trên đĩa thạch. Sau đó, đặt composite chế tạo với dung dịch nano bạc ở các nồng độ khác nhau lên bề mặt thạch với mẫu đối chứng là BC không gắn nano bạc. Sau thời gian ủ 24-48 giờ, tiến hành đo bán kính vòng kháng khuẩn của composite.

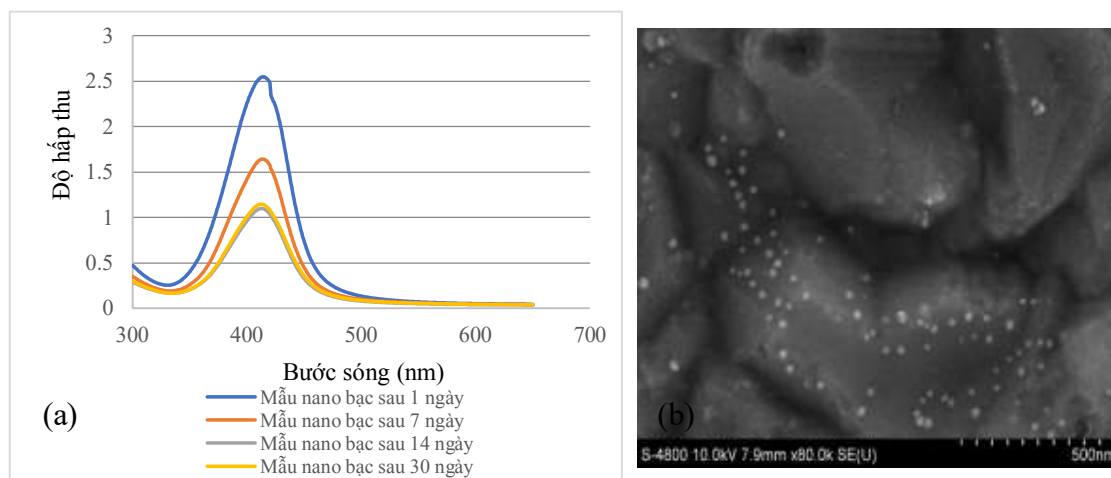
Khảo sát khả năng diệt khuẩn của composite BC/AgNPs

Phương pháp tiếp xúc trực tiếp composite với dịch khuẩn giúp khảo sát khả năng diệt khuẩn của composite với nồng độ nano bạc rất thấp chỉ từ 5 g/ml. Cho composite tiếp xúc với dịch khuẩn có mật độ 10^5 CFU/ml trong điều kiện lắc. Sau các mốc thời gian khảo sát của việc tiếp xúc giữa composite và dịch khuẩn (5, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 phút), tiến hành hút 100µl dịch khuẩn và trải đều trên đĩa thạch dinh dưỡng. Sau 24-48 giờ, quan sát và đếm khuẩn lạc trên đĩa thạch.

3 KẾT QUẢ

3.1 Hình dạng và kích thước của hạt nano bạc

Hình ảnh chụp SEM (hình 2b) cho thấy hạt nano bạc tạo thành có dạng hình cầu có kích thước khoảng 20nm và tương đối đồng nhất, không bị kết tụ lại thành đám.



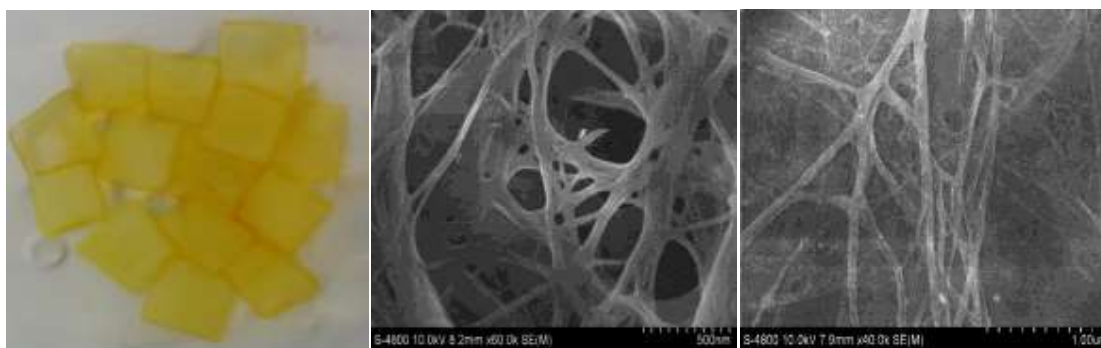
Hình 2: Nano bạc. (a) Phổ hấp thụ UV – vis của dung dịch nano bạc, (b) Ảnh chụp SEM của dung dịch nano bạc

Dung dịch nano bạc chế tạo có hàm lượng 1000 µg/ml, có đỉnh hấp thụ cao nhất đo được tại bước sóng xấp xỉ 420nm (2a). Dung dịch keo nano bạc có bước sóng 420nm khi hạt bạc có kích thước nhỏ và đồng đều. Kết quả tạo được kích thước nano bạc ở nghiên cứu này tương tự với nghiên cứu trước đây [11]. Độ ổn định của dung dịch nano bạc được theo dõi và kiểm tra bằng một số lần đo cho tới sau ngày thứ 14 thì không có sự khác biệt so với kết quả đo tới ngày thứ 30 sau khi chế tạo nano bạc.

Dung dịch nano bạc chế tạo được có dạng hình cầu, kích thước hạt đồng đều khoảng 20 nm và vì chỉ có một bề mặt plasmon duy nhất nên trong phổ UV-vis của chúng chỉ xuất hiện 1 đỉnh hấp thụ cao nhất và duy nhất tại bước sóng khoảng 420 nm, kết quả này rất phù hợp với công bố của nhóm tác giả XiFeng và cộng sự (2016) và nhóm nghiên cứu Nguyễn Thị Bích Hương và cộng sự (2017) cũng đã chế tạo được dung dịch keo nano bạc có đỉnh hấp thụ cao nhất ở bước sóng 420 nm, khi ấy dung dịch keo nano bạc có kích thước nhỏ và đồng đều.

3.2 Kiểm tra hình dạng cấu trúc của composite

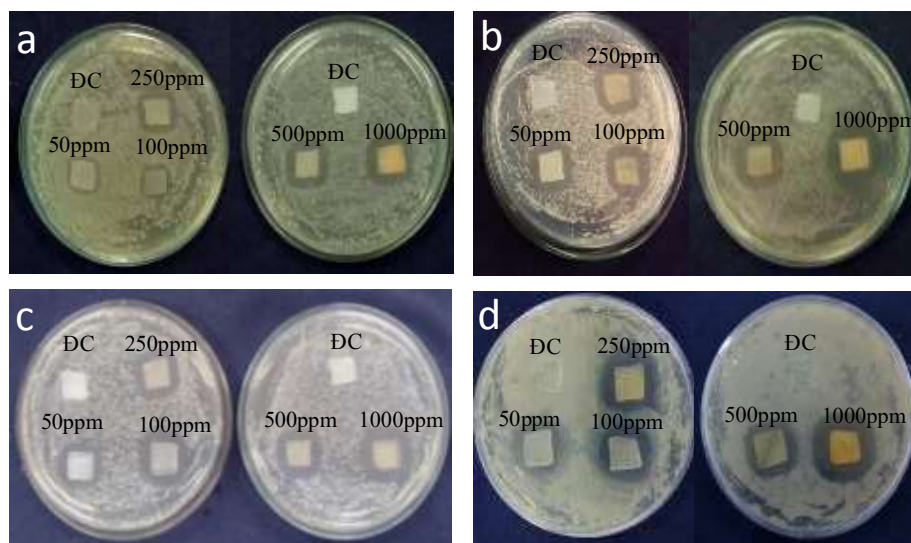
Composite BC/AgNPs được kiểm tra hình thái sợi cellulose có gắn các hạt nano bạc bằng kính hiển vi điện tử quét (hình 3). BC đối chứng có các sợi cellulose tinh khiết siêu mịn, đan xen tạo cấu trúc 3D dày bền chặt (hình 3b). Các hạt nano bạc hình cầu có kích thước trung bình đo được khoảng 20nm phân bố đều trong mạng lưới cellulose của BC (hình 3c). Composite BC/AgNPs có màu nâu vàng khi được kết hợp với dung dịch có nano bạc kích thước hạt tương đương 50 nm và các hạt nano bạc phân bố đều trên sợi cellulose [12]. Màu sắc của composite thu được trong nghiên cứu này có màu vàng nâu nhạt đặc trưng của nano bạc có kích thước nhỏ hơn 50nm gắn vào sợi cellulose.



Hình 3: Composite BC/AgNPs. (a) Composite BC/AgNPs 1000ppm, (b) cấu trúc sợi cellulose vi khuẩn, (c) cấu trúc composite BC/AgNPs

3.3 Khảo sát khả năng kháng khuẩn của composite BC/AgNPs

Miếng composite BC/AgNPs có diện tích 1 cm² được đặt trên các đĩa thạch đã cấy trái vi khuẩn để kiểm tra khả năng kháng khuẩn. Các hạt nano bạc từ composite khuếch tán trên bề mặt thạch, ức chế vi khuẩn thể hiện qua vòng kháng khuẩn. Vòng kháng khuẩn xuất hiện đối với cả 4 đối tượng vi khuẩn khảo sát gồm *E.coli*, *S.aureus*, *P.aeruginosa*, *B.subtilis* với các nồng độ nano bạc sử dụng từ 50-1000ppm (µg/ml). Không có vòng kháng khuẩn xuất hiện với BC đối chứng (hình 4).



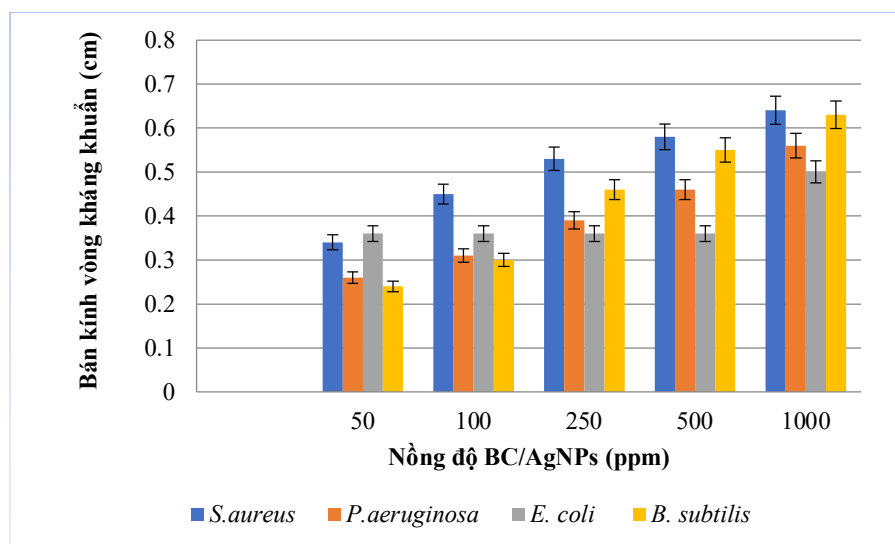
Hình 4: Bán kính vòng kháng khuẩn của composite BC/AgNPs ở các nồng độ khác nhau (a) bán kính vòng kháng khuẩn *E.coli*; (b) bán kính vòng kháng khuẩn *S.aureus*; (c) bán kính vòng kháng khuẩn *P.aeruginosa*; (d) bán kính vòng kháng khuẩn *B.subtilis*.

Khi sử dụng nồng độ bạc càng cao để tạo composite BC/AgNPs thì vòng kháng khuẩn đo được có đường kính càng lớn (hình 4). Vòng kháng khuẩn xuất hiện xung quanh composite chứng tỏ nano bạc khuếch tán ra xung quanh và ức chế sự phát triển của vi khuẩn. Nghiên cứu khả năng kháng đối với *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae* của vật liệu nanocomposite giữa Cu và cellulose cũng cho kết quả vòng kháng khuẩn tương tự như quan sát thấy ở nghiên cứu này [13].

Bán kính vòng kháng khuẩn được tính từ mép giếng đến mép khuẩn lạc mọc được xác định ở mỗi nồng độ là khác nhau và khác nhau ở từng loài vi khuẩn ($p < 0,05$). Composite BC/AgNPs ức chế vi khuẩn

S.aureus mạnh nhất so với các vi khuẩn còn lại ở tất cả các nồng độ bạc được sử dụng tạo composite gồm 50, 100, 250, 500, 1000 μ g/ml.

Khả năng kháng khuẩn của composite BC/AgNPs ở các nồng độ AgNPs tạo bán kính vòng kháng khuẩn lớn nhất đối với *S. Aureus* (0,64cm) và bán kính vòng kháng khuẩn nhỏ nhất quan sát thấy với *E. coli* (0,5cm) khi sử dụng nồng độ bạc 1000 μ g/ml tạo composite (hình 5).



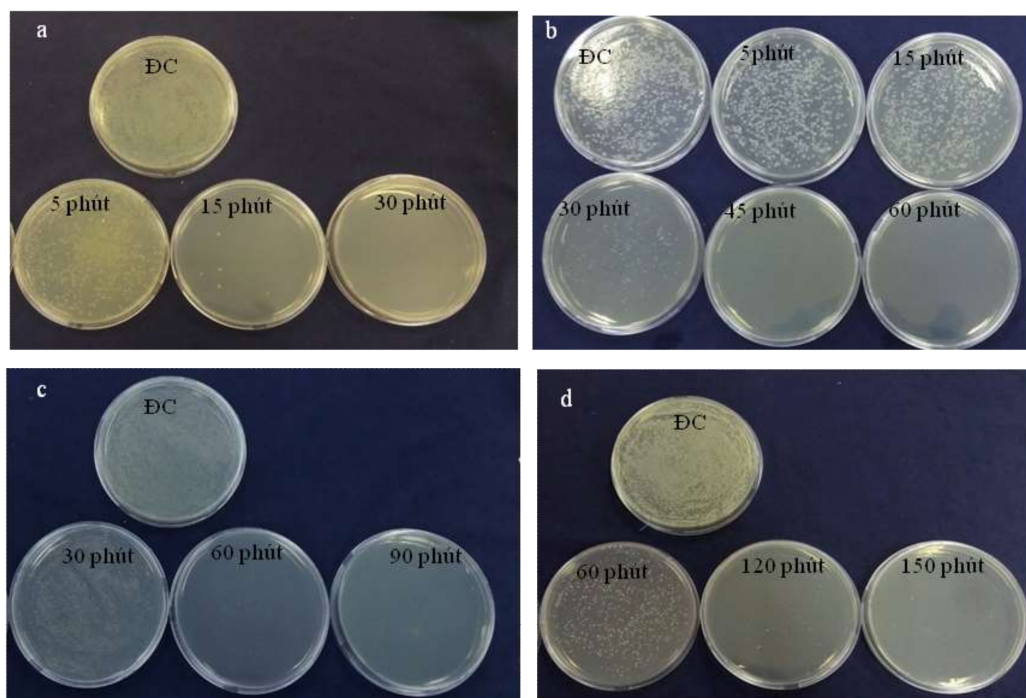
Hình 5: Bán kính vòng kháng khuẩn composite BC/AgNPs chứa nano bạc ở các nồng độ khác nhau kháng các vi khuẩn *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* và *B. subtilis*.

Trong số 4 vi khuẩn khảo sát, composite tạo thành giữa BC và nồng độ bạc 500-1000 μ g/ml cho kết quả kháng khuẩn với vi khuẩn Gram dương gồm *S.aureus* và *B.subtilis* cao hơn so với 2 vi khuẩn Gram âm là *E.coli* và *P.aeruginosa* khi sử dụng composite chế tạo từ nano bạc có nồng độ từ 250-1000 μ g/ml ($P < 0,05$). Phương pháp khuếch tán đĩa thạch được sử dụng trong các nghiên cứu cho thấy rằng vật liệu tổng hợp từ BC và nano bạc có hoạt tính kháng khuẩn rõ rệt và khả năng ức chế vi khuẩn là khác nhau giữa các vi khuẩn.

3.4 Khảo sát khả năng diệt khuẩn của composite

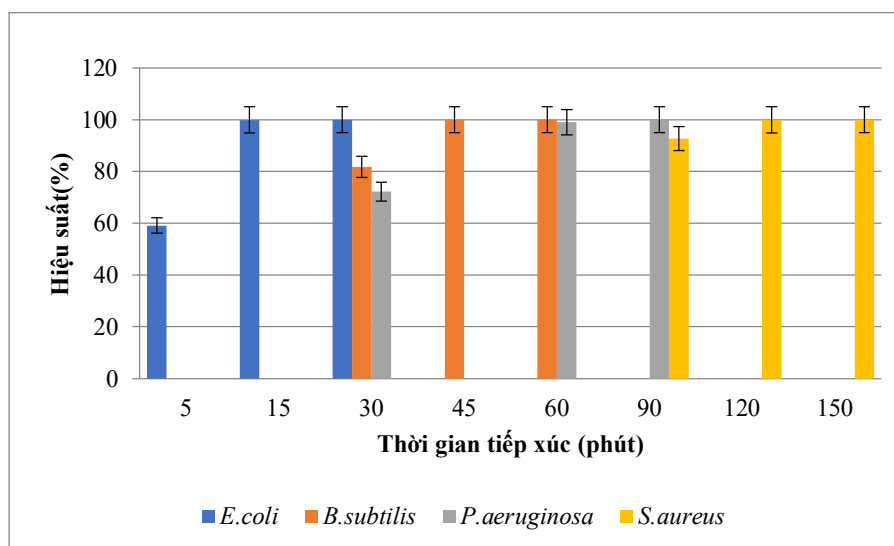
Sau khi vi khuẩn tiếp xúc với composite, dịch khuẩn sẽ được cấy trải trên đĩa thạch và hiệu suất diệt khuẩn thể hiện qua số khuẩn lạc đếm được. Hiệu suất diệt khuẩn được tính dựa trên đối chứng. Quan sát trên đĩa thạch tại các mốc thời gian đối với từng vi khuẩn đề cập ở trên, hầu hết không có hoặc có rất ít khuẩn lạc xuất hiện (hình 6) cho thấy khả năng diệt khuẩn với hiệu suất gần như tuyệt đối.

KHẢ NĂNG KHÁNG MỘT SỐ VI KHUẨN CỦA
COMPOSITE CELLULOSE VI KHUẨN KẾT HỢP NANO BẠC



Hình 6: Hiệu suất diệt khuẩn thể hiện qua số khuẩn lạc xuất hiện ở các khoảng thời gian tiếp xúc khác nhau giữa các vi khuẩn a. *E.coli*, b. *B.subtilis*, c. *P.aeruginosa*, d. *S.aureus* với BC/AgNPs, so với đối chứng là vi khuẩn tiếp xúc với BC.

Composite được tạo thành từ việc sử dụng dung dịch nano bạc có nồng độ rất thấp là $5 \mu\text{g/ml}$ gắn kết với BC, khi cho tiếp xúc với dung dịch chứa vi khuẩn đã cho thấy khả năng diệt khuẩn. Tuy nhiên, để đạt tới hiệu suất diệt khuẩn cho tới mức tối đa thì thời gian tiếp xúc dài ngắn khác nhau ở từng loại trong số các vi khuẩn được khảo sát (hình 7).



Hình 7: Hiệu suất diệt khuẩn của composite BC/AgNPs ở nồng độ nano bạc $5 \mu\text{g/ml}$ đối với các vi khuẩn *E.coli*, *B.subtilis*, *P.aeruginosa*, *S.aureus*.

Khi *E.coli* tiếp xúc với composite trong 30 phút thì vi khuẩn đã bị diệt 100%. Trong khi đó, *B.subtilis* bị diệt hoàn toàn sau khoảng thời gian 45 phút. *P.aeruginosa* chỉ bị diệt 100% sau thời gian tiếp xúc 60 phút. Thời gian tiếp xúc của *S.aureus* với composite cần tới 150 phút thì vi khuẩn này mới bị diệt với hiệu suất 100% (hình 6). Composite có hạt nano bạc ở kích thước nhỏ khoảng 30nm có khả năng diệt *E.coli* với hiệu suất 100% [14]. Kích thước hạt nano lớn hơn, trong khoảng từ 50-80nm, hiệu suất diệt vi khuẩn *S.aureus* và *E.coli* tương ứng đạt 99,4% và 98,4% [15]. Ở nghiên cứu này, hạt nano có kích thước rất nhỏ, chỉ khoảng 20nm cho thấy khả năng diệt *E.coli* trong thời gian tiếp xúc rất ngắn (15 phút) và có thể diệt cả *B.subtilis*, *P.aeruginosa* và *S.aureus* chứng tỏ composite BC/AgNPs là vật liệu diệt khuẩn rất tiềm năng. Việc sử dụng vật liệu composite có nano bạc có thể tránh việc đưa nano bạc trực tiếp vào vết thương và sẽ không gây tác hại tới các tế bào [16].

4 KẾT LUẬN

Composite BC/AgNPs sau khi chế tạo bằng phương pháp *ex situ* có sự gắn kết các hạt nano bạc được chế tạo bằng phương pháp polyol với kích thước khoảng 20nm vào mạng lưới cellulose có kích thước sợi vào khoảng 100nm. Composite có khả năng kháng một số các vi khuẩn Gram âm và Gram dương, trong đó khả năng kháng vi khuẩn Gram dương tốt hơn so với khả năng kháng vi khuẩn Gram âm. Composite BC/AgNPs 5g/ml với nồng độ nano bạc thấp cho hiệu suất diệt khuẩn rất cao và cần thời gian tiếp xúc khác nhau ở mỗi loại vi khuẩn. Composite BC/AgNPs với khả năng chống lại các vi khuẩn có thể là vật liệu tiềm năng hỗ trợ điều trị các vết thương.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Công nghệ sinh học, Trung tâm R&D, Khu Công nghệ cao Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ các vật tư, nguyên liệu, thiết bị cho các thí nghiệm trong nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Keshk, S.M. (2014). Bacterial cellulose production and its industrial applications. *J. Bioprocess. Biotech.*, 4, 150.
- [2] Mohite, B.V., Patil S.V. (2014). A novel biomaterial: Bacterial cellulose and its new era application. *Biotechnol. Appl. Biochem.*, 61, 101-110.
- [3] Kucinska-Lipka J., Gubanska I., Janik H. (2015). Bacterial cellulose in the field of wound healing and regenerative medicine of skin: recent trends and future perspectives. *Polym. Bull.*, 72:2399-2419.
- [4] Nguyễn Thị Mỹ Lan, Huỳnh Thị Phương Linh, Lê Thị Mỹ Phước, Nguyễn Quốc Hiến, (2009). Bước đầu nghiên cứu hiệu ứng làm lành vết thương của hỗn hợp chitosan tan trong nước – Bacterial cellulose – nano bạc. *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ*, 12(9).
- [5] Trần Thị Ngọc Dung, Nguyễn Hoài Châu, Đào Trọng Hiền, Nguyễn Thúy Phương, Ngô Quốc Bửu, Nguyễn Gia Tiến, (2010). Nghiên cứu tác dụng của băng nano bạc lên quá trình điều trị vết thương bỏng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 49(3): 87 – 92
- [6] Ansari M.A., Khan H.M., Khan A.A., Malik A., Sultan A., Shahid M., Shujatullah F., Azam A., (2011). Evaluation of antibacterial activity of silver nanoparticles against MSSA and MRSA on isolates from skin infections. *Biology and Medicine*, 3:141 – 146
- [7] Karla C., Yogeshkumar M., Alexander M. S., (2010). Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. *Trends Biotechnol.*, 11:580.
- [8] Shekhar A., Soumyo M., Suparna M., (2014). Size-controlled silver nanoparticles synthesized over the range 5–100 nm using the same protocol and their antibacterial efficacy. *Royal Society of Chemistry Advances*, 3974 – 3983.

- [9] XiFeng Z., Zhi-Guo L., Wei S., Sangiliyandi G., (2016). Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9): 1534.
- [10] Xu, Y., Li, S., Yue, X., and Lu, W., (2018). Review of silver nanoparticles (AgNPs)-cellulose antibacterial composites. *BioRes*, 13(1): 2150 – 2170.
- [11] Nguyễn Thị Bích Hương, Trịnh Ngọc Châu, Trần Thị Trang, (2017). Chế tạo nghiên cứu khả năng kháng khuẩn của mẫu vải quân phục tẩm dung dịch keo bạc nano. *Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học*, 22(2).
- [12] Soledad R. S., Erik J., Irene A. S., David C. M., Jordi F., Lars A. B., Anna L., Anna R., (2019). Nanocellulose films with multiple functional nanoparticles in confined spatial distribution. *Royal Society of Chemistry*, 4: 634, doi: 10.1039/c8nh00310f.
- [13] Pinto R.J.B., Marques P.A.A.P., Neto C.P., Trindade T., Daina S., and Sadocco P., (2009). Antibacterial activity of nanocomposites of silver and bacterial or vegetable cellulosic fibers. *Acta Biomaterialia*, 5 (6): 2279-2289.
- [14] Luiz C. S. M., Ana L. C. S., Philippe C. O., Aline S. S. V., (2010). Preparation and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles Impregnated in Bacterial Cellulose. *Ciências Tecnologia*, vol. 20, nº 1, p. 72-77.
- [15] Zhang X., Fang Y., Chen W., (2013). Preparation of silver/bacterial cellulose composite membrane and study on its antimicrobial activity. *Synthesis and reactivity in inorganic, metal-organic, and nano-metal chemistry*, 43 (7): 907-913.
- [16] Maneerung T., Tokura S., Rujiravanit R., (2007). Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate Polymers*, doi:10.1016/j.carpol.2007.07.025.

Ngày nhận bài: 22/10/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/12/2019