

ĐÁNH GIÁ HOẠT TÍNH KHÁNG KHUẨN CỦA DA LỘN XỬ LÝ NANO BẠC ĐƯỢC TỔNG HỢP TỪ DỊCH CHIẾT LÁ TRẦU KHÔNG

INVESTIGATING ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PIG LEATHER TREATED WITH SILVER NANOPARTICLES SYNTHESIZED USING *PIPER BETLE* LEAF EXTRACT

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

TÓM TẮT

Lớp da lót trong giày dép thường là nơi trú ngụ của các vi khuẩn có khả năng gây hại cho người sử dụng. Do đó, sản phẩm giày dép có khả năng kháng khuẩn đang được người tiêu dùng quan tâm. Để chế tạo loại da lót giày có tính năng này, nano bạc tổng hợp xanh từ dịch chiết lá trầu không được sử dụng như tác nhân kháng khuẩn để xử lý da lợn thuộc mộc theo phương pháp ngâm tẩm. Sự tồn tại và phân bố của các hạt nano bạc trên mẫu da sau xử lý được xác nhận bởi phương pháp hiển vi điện tử quét (SEM) và tán xạ năng lượng tia X (EDX). Khả năng kháng khuẩn của các mẫu da xử lý nano bạc được đánh giá với chủng vi khuẩn gram âm (*Escherichia coli*) và gram dương (*Staphylococcus aureus*) theo tiêu chuẩn AATCC 90. Kết quả nghiên cứu cho thấy da lợn xử lý nano bạc có hiệu quả kháng khuẩn tốt với cả hai chủng vi khuẩn thử nghiệm.

Từ khóa: Tổng hợp hóa học xanh, trầu không, nano bạc, da lợn, kháng khuẩn.

ABSTRACT

Leather material used for the lining layer in shoes represents a reservoir of bacteria and a potential risk for wearers. Thus, leather shoes with highly effective antibacterial property are of great interest to consumers. To fabricate such functional leather, green synthesized silver nanoparticles using *Piper betle* L. leave extract were used as antibacterial agent to treat for pig leather via immersion method. The morphology of the coating and the distribution of nano silver were investigated by scanning electron microscopy (SEM) and by energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX). The antibacterial capability of the nano silver treated pig leathers was evaluated against both gram-negative (*Escherichia coli*) and gram-positive (*Staphylococcus aureus*) bacteria via the AATCC 90 standard for inhibition zone test. The results showed that the pig leathers embedded with nano silver had efficient antibacterial activity with both the tested bacteria species.

Keywords: Green synthesis, *Piper betle*, silver nanoparticles, pig leather, antibacterial activity.

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Cao đẳng Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

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

Ngày nhận bài: 25/12/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/01/2021

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2021

1. GIỚI THIỆU

Da thuộc là vật liệu được tạo ra từ quá trình thuộc da động vật bao gồm da bò, cừu, cá sấu, đà điểu... [1]. Đây là một loại vật liệu truyền thống, phổ biến và có giá trị để chế tạo nhiều sản phẩm thông dụng như giày dép, quần áo, túi xách, mũ, ví, thắt lưng, bọc đồ nội thất... Do vật liệu da động vật có tính chất mềm mại, thoáng khí, hút ẩm tốt nên mang lại cảm giác thoải mái cho người sử dụng [1-4]. Tuy nhiên, do khả năng hút và giữ ẩm tốt nên khi hấp thụ mồ hôi có chứa protein, vật liệu da sẽ là nguồn dinh dưỡng cho sự phát triển của vi khuẩn và nấm mốc trên bề mặt da [2-4]. Bên cạnh đó, mạng lưới sợi collagen trong cấu trúc da cũng cung cấp các điều kiện lý tưởng khác như độ ẩm, nhiệt độ và oxy cho sự phát triển của vi sinh vật. Hơn nữa, giấy và các sản phẩm da hầu như không được giặt trong quá trình sử dụng nên vi sinh vật ngày càng tích tụ và phát triển. Sự phát triển của vi sinh vật trong sản phẩm da có thể gây ra mùi khó chịu, bạc màu, giảm độ bền cơ học vật liệu và thậm chí gây bệnh cho da người sử dụng [2-4]. Điều kiện khí hậu nóng ẩm của Việt Nam sẽ là môi trường lý tưởng cho vi khuẩn và nấm mốc phát triển trên da trong quá trình bảo quản, vận chuyển cũng như trong quá trình sử dụng sản phẩm. Do đó, khả năng kháng vi sinh vật của các sản phẩm da giấy đang là vấn đề được người tiêu dùng và các doanh nghiệp quan tâm [3, 4].

Để giải quyết vấn đề này, các nhà khoa học đang nghiên cứu và phát triển các sản phẩm từ da thuộc có khả năng kháng khuẩn, kháng nấm bằng các phương pháp xử lý khác nhau [2-4]. Nhiều tác nhân kháng khuẩn, kháng nấm đã được xử lý cho da thuộc như nano bạc, nano oxit kẽm, các hợp chất polymer chứa amoni bậc 4, chitosan và các dẫn xuất của nó... [2-5]. Các tác nhân này hoạt động dựa trên cơ chế tiếp xúc và phá vỡ màng tế bào của vi sinh vật [2-7]. Một số chất diệt khuẩn hóa học cũng được sử dụng trong ngành công nghiệp thuộc da nhưng chúng chủ yếu đóng vai trò ngăn chặn quá trình thoái hóa sinh học của da thuộc hơn là mang lại đặc tính kháng khuẩn cho da hoàn thiện [2-4]. Hơn nữa, một số chất kháng khuẩn, kháng

nấm đã bị hạn chế do các vấn đề về sức khỏe con người và môi trường [2-5]. Do đó, việc phát triển các tác nhân kháng vi sinh vật hiệu năng cao, kháng được phổ rộng các chủng vi khuẩn và nấm mốc, thân thiện với môi trường để có thể áp dụng cho vật liệu da sẽ có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

Nano bạc được biết đến với khả năng diệt được nhiều chủng vi khuẩn và nấm mốc 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 [6-8]. Do có tính chất ưu việt như vậy nên đã có nhiều phương pháp tổng hợp nano bạc khác nhau được nghiên cứu như phương pháp "top-down" bao gồm nổ điện, tia năng lượng cao, ăn mòn laze, nghiền cơ học, phương pháp khắc hóa học...; hoặc phương pháp "bottom-up" bao gồm ngưng tụ nguyên tử, lắng đọng hơi hóa học, sol-gel...[6-9]. Tuy nhiên, hầu hết các phương pháp nêu trên 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 [8]. Gần đây, phương pháp tổng hợp nano bạc theo con đường hóa học xanh đang được tập trung nghiên cứu [6-8]. Theo phương pháp này, các hoạt chất có trong dịch chiết từ thực vật, tảo, vi khuẩn, nấm, men được sử dụng để làm tác nhân khử và chất ổn định các hạt nano bạc [8]. Các hoạt chất có trong dịch chiết từ thực vật có thể đóng vai trò là chất khử và chất ổn định hạt nano bạc thường là polyphenol, alkaloid, axit béo, protein...[6-8]. Phương pháp tổng hợp này đang 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 [8].

Trong một nghiên cứu gần đây, chúng tôi đã tổng hợp thành công nano bạc có sử dụng dịch chiết lá trầu như là tác nhân khử thân thiện môi trường [7]. Các hạt nano bạc tổng hợp được có dạng hình cầu với đường kính trong khoảng 10 - 20nm và có hoạt tính kháng khuẩn tốt đối với 3 chủng vi khuẩn thông dụng bao gồm *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. Trong nghiên cứu này, nano bạc được tổng hợp từ lá trầu không (AgPBL) sẽ được đưa lên vật liệu da lợn đã thuộc dùng làm lót giấy (Le) bằng phương pháp ngâm tẩm. Sự phân bố AgPBL trên bề mặt da và hoạt tính kháng khuẩn của da sau xử lý sẽ được đánh giá bằng các phương pháp phân tích tiên tiến như SEM, EDX và phương pháp khuếch tán đĩa thạch (AATCC 90) với hai chủng vi khuẩn *Escherichia coli* và *Staphylococcus aureus*.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

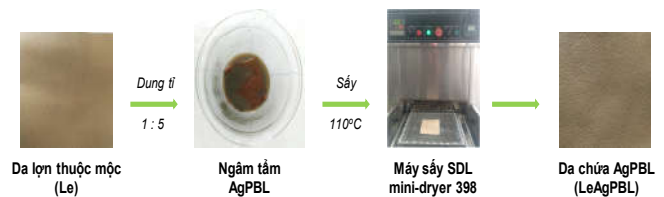
2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nano bạc được tổng hợp bằng dịch chiết lá trầu không ở điều kiện thích hợp theo nghiên cứu của chúng tôi đã công bố [7]. Da lợn thuộc mộc độ dày 1 ± 0,1mm, loại da dùng làm lót giấy, được cung cấp bởi Viện Nghiên cứu Da - Giấy. Dung môi sử dụng trong các thí nghiệm là nước cất hai lần. Chủng vi khuẩn gram âm *Escherichia coli* (*E. coli*, ATCC 25922) và gram dương *Staphylococcus aureus* (*S.*

aureus, ATCC 29213) được cung cấp bởi Trung tâm nghiên cứu và phát triển Công nghệ sinh học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Các thí nghiệm và phân tích được thực hiện tại Trung tâm thí nghiệm Vật liệu Dệt may - Da giấy, Trung tâm nghiên cứu và phát triển Công nghệ sinh học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội và Viện kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.2. Quy trình xử lý da lợn thuộc mộc bằng dung dịch nano bạc

Dung dịch nano bạc AgPBL được chuẩn bị theo quy trình mô tả trong một nghiên cứu đã công bố của tác giả [7]. Nồng độ ban đầu của AgPBL trong dung dịch chuẩn bị là 160µg/mL. Quy trình xử lý da lợn thuộc mộc bằng dung dịch nano bạc theo phương pháp ngâm tẩm ở các nồng độ AgPBL khác nhau được trình bày trong hình 1. Các mẫu da lợn đã được thuộc mộc, được cắt thành các mẫu nhỏ có kích thước 100 × 100mm². Các mẫu da được ngâm trong các dung dịch AgPBL có nồng độ 160, 80, 40 và 20µg/mL với dung tích 1 : 5 ($m_{da} / m_{dung\ dịch}$), trong 30 phút, có đảo trộn nhẹ, ở nhiệt độ phòng. Sau thời gian ngâm, lấy mẫu da ra khỏi cốc, dùng cặp đũa thủy tinh kẹp hai mặt da, vuốt để loại dung dịch trên bề mặt da. Các mẫu da sau đó được sấy trên máy sấy sấy (SDL mini-dryer 398, England) ở 110°C, trong 5 phút. Các mẫu da sau sấy được điều hòa trong tủ điều ẩm ở điều kiện nhiệt độ 25 ± 2°C và độ ẩm 65 ± 5% trước khi lưu mẫu trong các túi nhựa kín cho các phân tích tiếp theo.



Hình 1. Sơ đồ quy trình xử lý da lợn thuộc mộc bằng dung dịch nano bạc

2.3. Các phương pháp phân tích

Sử dụng phương pháp phân tích ảnh hiển vi điện tử quét SEM (Scanning Electron Microscope JEOL - JSM-6510 LV) để quan sát cấu trúc da và sự phân bố nano bạc trên bề mặt vật liệu trước và sau khi xử lý.

Phương pháp tán xạ năng lượng tia X (EDX) thực hiện trên máy JEOL - JSM-6510LV tích hợp đầu đo Oxford EDS Microanalysis System để xác định thành phần các nguyên tố có mặt trong da đã xử lý nano bạc.

Hoạt tính kháng khuẩn của mẫu da trước (Le) và sau xử lý nano bạc (Le-AgPBL) được đánh giá với 2 chủng vi khuẩn gây bệnh gram âm *E. coli* và gram dương *S. aureus* bằng phương pháp khuếch tán đĩa thạch theo tiêu chuẩn AATCC 90. Theo đó, 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).

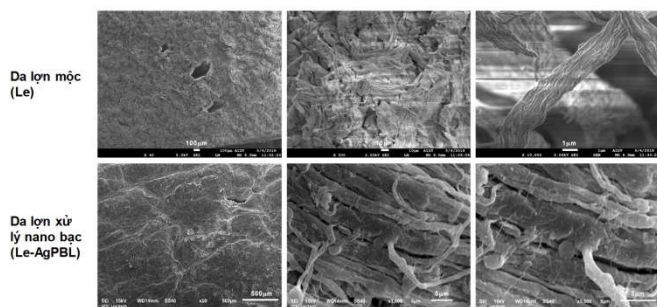
$$ZOI (mm) = D - d \tag{1}$$

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

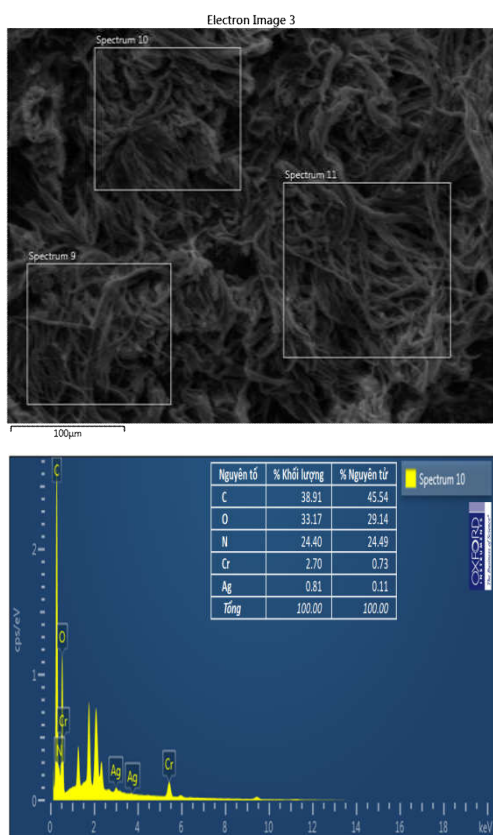
d: đường kính giếng thạch (mm)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích SEM bề mặt da trước và sau xử lý AgPBL



Hình 2. Ảnh SEM các mẫu da lợn trước (Le) và sau xử lý với nano bạc (Le-AgPBL) ở các độ phóng đại khác nhau



Hình 3. Ảnh chụp mẫu da lợn xử lý nano bạc có các khu vực đo phổ EDX và phổ EDX tại vùng đo số 10

Các mẫu da lợn ban đầu và mẫu đã qua xử lý AgPBL được chụp SEM để xác định sự phân bố của các hạt nano bạc trên bề mặt mẫu, hình 2. Quan sát các mẫu da ở độ phóng đại thấp ta thấy cấu trúc đặc trưng của da lợn, trên bề mặt cắt có 3 lỗ chân lông liền nhau thành từng cụm. Ở độ phóng đại lớn hơn ta thấy cấu trúc các bó xơ collagen đan bện với nhau khá chặt chẽ. Trên các bó xơ collagen của mẫu da lợn đã xử lý nano bạc ta thấy các đốm trắng sáng nhỏ trên nền xơ sẫm màu thể hiện sự có mặt của các cụm AgPBL trên da sau xử lý. Theo lý thuyết chụp ảnh SEM, độ tương phản trên ảnh là do sự khác nhau về mật độ electron của các nguyên tử. Các nguyên tử có số hiệu nguyên tử càng lớn, tức mật độ e càng cao sẽ cho hình ảnh sáng hơn

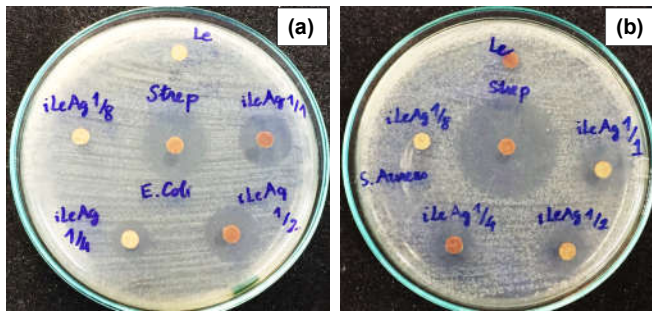
và ngược lại. Do vậy, các nguyên tử kim loại có số hiệu nguyên tử cao như Ag sẽ cho ảnh sáng hơn các polymer hữu cơ có trong mẫu da có độ tương phản thấp. Ngoài ra, do mẫu da là vật liệu polyme không dẫn điện và khá dày nên dù được phủ lớp Pt nhưng ảnh chụp ở độ phóng đại cao không rõ nét. Các hạt nano bạc sử dụng trong nghiên cứu này có kích thước khoảng 10 - 20nm, có khả năng khuếch tán sâu vào trong các bó xơ collagen của da, mà ảnh SEM chỉ phân tích bề mặt mẫu đo nên cần sử dụng thêm các phân tích khác để khẳng định sự tồn tại của nano bạc trên mẫu xử lý. Vì vậy, phân tích tán xạ năng lượng tia X (EDX) cho mẫu da xử lý nano bạc được thực hiện.

3.2. Phân tích EDX mẫu da xử lý AgPBL

Để xác định thành phần các nguyên tố có mặt trong mẫu da lợn đã xử lý nano bạc, phân tích EDX được thực hiện và kết quả trình bày trong hình 3. Phổ EDX của mẫu da đã xử lý AgPBL tại vùng đo số 10 cho thấy các nguyên tố cơ bản có trong mẫu da và tỉ lệ % của chúng. Hàm lượng nguyên tố Ag có trong mẫu da chiếm tỉ lệ nhỏ 0,82% về khối lượng. Đây là một minh chứng về sự tồn tại của nano bạc trên mẫu da sau xử lý. Thêm nữa, sự xuất hiện nguyên tố Cr trong mẫu da, chiếm 2,7% về khối lượng, cho thấy mẫu da lợn ban đầu được thuộc crom. Đây là phương pháp thuộc phổ biến cho da động vật [1].

3.3. Hoạt tính kháng khuẩn của da trước và sau xử lý AgPBL

Hoạt tính kháng khuẩn của mẫu da trước (Le) và sau xử lý bằng dung dịch nano bạc ở các nồng độ 160µg/mL (iLeAg_{1/1}), 80 µg/mL (iLeAg_{1/2}), 40µg/mL (iLeAg_{1/4}) và 20µg/mL (iLeAg_{1/8}) được đánh giá bằng phương pháp khuếch tán đĩa thạch với 2 chủng vi khuẩn gây bệnh gram âm *E. coli* và gram dương *S. aureus*. Hoạt tính kháng khuẩn của các mẫu da được xác định dựa trên khả năng ức chế sự phát triển của vi khuẩn, thông qua độ rộng của vùng ức chế vi khuẩn tạo ra trên đĩa Petri, được thể hiện trong hình 4 và bảng 1. Trên hình 4 cho thấy với chứng âm là mẫu da lợn thuộc mộc ban đầu (Le) không xuất hiện vùng ức chế, trong khi chứng dương là mẫu da tẩm kháng sinh Streptomycin 80µg/mL (Strep) có vùng ức chế vi khuẩn rộng với cả 2 chủng khuẩn thử nghiệm. Hơn nữa, cả hai chủng vi khuẩn thí nghiệm đều phát triển được trên mẫu da Le cho dù mẫu da thuộc mộc này có chứa Cr, một kim loại nặng có độc tính với vi khuẩn. Với các mẫu da xử lý nano bạc, khả năng kháng khuẩn giảm dần theo sự giảm nồng độ AgPBL, nhưng không giảm tỉ lệ với sự giảm nồng độ nano bạc. Cụ thể, so với mẫu da iLeAg_{1/1}, đường kính vùng ức chế vi khuẩn *E.coli* của mẫu da iLeAg_{1/2} và iLeAg_{1/4} giảm tương ứng 0,9% và 42,0% trong khi nồng độ AgPBL xử lý giảm tương ứng là 50% và 75%. Vùng ức chế cả 2 chủng vi khuẩn của mẫu da xử lý AgPBL ở nồng độ 160 và 80µg/mL là tương đương nhau. Tuy nhiên, khả năng kháng khuẩn của các mẫu da xử lý AgPBL với vi khuẩn gram dương *S. aureus* kém hơn so với vi khuẩn gram âm *E.coli* thể hiện qua độ rộng vùng ức chế vi khuẩn.



Hình 4. Ảnh chụp vùng ức chế của các mẫu da với 2 chủng vi khuẩn (a) *E. coli*, và (b) *S. aureus*: da lợn ban đầu (Le); da lợn xử lý kháng sinh Streptomycin 80µg/mL (Strep); da lợn xử lý trong dung dịch nano bạc có nồng độ 160µg/mL (iLeAg_{1/1}), 80µg/mL (iLeAg_{1/2}), 40µg/mL (iLeAg_{1/4}) và 20µg/mL (iLeAg_{1/8})

Bảng 1. Đường kính vùng ức chế vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* của các mẫu da

Tên khuẩn	Đường kính vùng ức chế, ZOI (mm)					
	Le	Strep	iLeAg _{1/1}	iLeAg _{1/2}	iLeAg _{1/4}	iLeAg _{1/8}
<i>E. coli</i>	0	16,9 ± 0,11	13,0 ± 0,41	12,9 ± 0,09	7,5 ± 0,27	-
<i>S. aureus</i>	0	28,0 ± 0,38	10,1 ± 0,26	8,6 ± 0,50	6,0 ± 0,22	-

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 [6-8]. Các nghiên cứu cho thấy thành tế bào ở vi khuẩn gram dương được cấu tạo bởi lớp peptidoglycan tích điện âm có độ dày khoảng 30nm, trong khi vi khuẩn gram âm có lớp peptidoglycan chỉ dày từ 3 đến 4nm [8]. Do vậy, các chủng vi khuẩn gram âm có xu hướng nhạy cảm với ion bạc hơn các chủng gram dương [8]. Mẫu da xử lý AgPBL ở nồng độ 20µg/mL không xác định được vùng ức chế vi khuẩn. Tuy nhiên, quan sát thấy không có sự phát triển của vi khuẩn *E. coli* và *S. Aureus* trên mẫu da iLeAg_{1/8} chứng tỏ mẫu da này vẫn có khả năng kháng khuẩn tiếp xúc và lượng nano bạc không đủ lớn để khuếch tán ra môi trường nuôi, diệt khuẩn để tạo ra vùng ức chế rõ ràng. Cơ chế kháng khuẩn của nano bạc được giải thích là do nó 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 [6-8].

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, da lợn thuộc mộc được xử lý bằng phương pháp ngâm tẩm với 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 trầu không. Các hạt nano bạc có dạng hình cầu, kích thước khoảng 10 - 20nm được phân tán trong nước để đạt nồng độ 160, 80, 40 và 20µg/mL trước khi xử lý cho các mẫu da với dung tỉ 1 : 5 (m_{da} / m_{dung dịch}), trong 30 phút, ở nhiệt độ phòng. Các kết quả phân tích SEM và EDX cho thấy sự tồn tại của các hạt nano bạc trên mẫu da sau xử lý. Các mẫu da xử lý nano bạc

có khả năng kháng khuẩn tốt với 2 chủng vi khuẩn gây bệnh là *E. coli* và *S. aureus*. Nghiên cứu này mở ra khả năng ứng dụng da lợn xử lý bằng nano bạc tổng hợp xanh để làm vật liệu lót cho giấy dép có chức năng kháng khuẩn. Trong nghiên cứu tiếp theo, các phương pháp xử lý nano bạc cho các vật liệu da và vật liệu dệt sẽ tiếp tục được khảo sát để mở rộng phạm vi ứng dụng của nano bạc được tổng hợp xanh này.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí từ Trường Đại học Bách khoa Hà Nội thông qua đề tài cấp Trường T2018-PC-049. Đồng thời cảm ơn các thầy cô Bộ môn Vật liệu & Công nghệ Hóa dệt, Viện Dệt may - Da giấy và Thời trang, Trung tâm nghiên cứu và phát triển Công nghệ sinh học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội và Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã hỗ trợ để nhóm hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Ngọc Thăng, Nguyễn Thị Thu Hằng, 2020. *Nghiên cứu biến đổi cấu trúc và các tính chất cơ lý của cá sấu Hoa cà trước và sau khi thuộc bằng muối crom*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh, số 43B, trang 25-33.
- [2]. Xia Qiongfeng, et al, 2018. *Chromium cross-linking based immobilization of silver nanoparticle coating on leather surface with broad-spectrum antimicrobial activity and durability*. ACS applied materials & interfaces 11(2): 2352-2363.
- [3]. Liu Gongyan, et al, 2018. *Fabrication of silver nanoparticle sponge leather with durable antibacterial property*. Journal of colloid and interface science 514: 338-348.
- [4]. Lkhagvajav N., et al, 2015. *Characterization and antimicrobial performance of nano silver coatings on leather materials*. Brazilian Journal of Microbiology 46(1): 41-48.
- [5]. Nawaz Hafiz Rub, et al, 2011. *Preparation of nano zinc oxide and its application in leather as a retanning and antibacterial agent*. Canadian Journal on Scientific and Industrial Research 2(4): 164-170.
- [6]. 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 2020 (In press).
- [7]. Vu T.H., Bui V.H., Nguyen N.T, 2021. *Antibacterial Properties of Silver Nanoparticles Synthesized Using Piper beetle L. Leaf Extract*. Materials Science Forum 1020 (2021): 236-242.
- [8]. 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.
- [9]. Nguyen N.T., Liu J.H., 2014. *A green method for in situ synthesis of poly(vinyl alcohol)/chitosan hydrogel thin films with entrapped silver nanoparticles*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 45(5):2827-2833.

AUTHORS INFORMATION

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

¹Hanoi University of Science and Technology

²Ho Chi Minh City Industry and Trade College