

## A Study on Self-Cleaning Silk Fabric Modified by Photoactive Nanocomposites TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>

Tran Nguyen Tu Uyen<sup>1,3\*</sup>, Bui Mai Huong<sup>2</sup>, Hoang Thanh Thao<sup>3</sup>, Le Trung Tin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Industrial University of Ho Chi Minh city, Vietnam.

<sup>2</sup>Ho Chi Minh University of Technology, Vietnam.

<sup>3</sup>Ha Noi University of Science and Technology, Vietnam.

\* Corresponding author. Email: [tuuyentk@gmail.com](mailto:tuuyentk@gmail.com)

### ARTICLE INFO

Received: 04/10/2022  
Revised: 29/11/2022  
Accepted: 25/04/2023  
Published: 28/04/2023

### KEYWORDS

Self-cleaning;  
Silk fabrics;  
Sol-gel;  
TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>;  
Photocatalytic activity.

### ABSTRACT

Textile and their end products constitute the world's second largest industry. Among natural fabrics, silk is one of the best and has been used for thousands of years but it also not easy-to-care materials. Self-cleaning represent a remarkable step forward in functionalized treatment for valued materials with a high potential for commercialization. In this study, silk fabrics were functionalised using TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> nanocomposites through sol-gel coated method. Titanium terta isopropoxide (TTIP) and nano SiO<sub>2</sub> were employed as precursors of TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub>. The self-cleaning function of silk fabrics were analysed based on the removal of coffee stain under sunlight during 0 hours (h), 4 h, 8 h, 16 h and 20 h. The morphologies and effectiveness of the functionalized silk fabrics were observed by visual pictures, SEM and the CIE-LAB system for measuring color differences. The durability of the treated fabric and the self-cleaning function after 5 times of washings were also studied and discussed.

## Nghiên Cứu Khảo Sát và Đánh Giá Khả Năng Tự Làm Sạch của Vải Tơ Tằm Xử Lý TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>

Trần Nguyễn Tú Uyên<sup>1,3\*</sup>, Bùi Mai Hương<sup>2</sup>, Hoàng Thanh Thảo<sup>3</sup>, Lê Trung Tín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Đại học Công nghiệp Tp.HCM, Việt Nam.

<sup>2</sup>Đại học Bách Khoa Tp. HCM, Việt Nam.

<sup>3</sup>Đại học Bách Khoa Hà Nội, Việt Nam.

\* Tác giả liên hệ. Email: [tuuyentk@gmail.com](mailto:tuuyentk@gmail.com)

### THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 04/10/2022  
Ngày hoàn thiện: 29/11/2022  
Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2023  
Ngày đăng: 28/04/2023

### TỪ KHÓA

Tự làm sạch;  
Tơ tằm;  
Sol-gel;  
TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>;  
Quang hoạt hoá.

### TÓM TẮT

Dệt may là nền công nghiệp lớn đứng thứ hai trên thế giới với sản phẩm cuối là vật liệu dệt hoặc các sản phẩm may mặc. Vải tơ tằm được sử dụng trong may mặc từ hàng ngàn năm trước cho đến nay bởi các tính chất tiện nghi tốt của chúng, tuy nhiên đây là loại vật liệu khó chăm sóc trong quá trình sử dụng, đặc biệt là công đoạn giặt và làm sạch. Vải tơ tằm 100% được xử lý TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> được mô phỏng dính vết bẩn bằng dung dịch cà phê với các thể tích khác nhau, sau đó cho mẫu tiếp xúc với ánh sáng mặt trời trong khoảng thời gian nhất định nhằm nghiên cứu và đánh giá khả năng tự làm sạch của vải. Hoạt tính quang xúc tác của nanocomposite TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> trên vải đã giúp vết bẩn được loại bỏ gần như hoàn toàn sau 0 giờ (h), 4 h, 8 h, 16 h, 20 h phơi dưới ánh sáng mặt trời. Hình ảnh trực quan, kính hiển vi điện tử quét (SEM) và hệ thống đo màu CIE-LAB với độ sai lệch màu ΔE được sử dụng để so sánh hiệu quả làm sạch của các mẫu được xử lý với thời gian phơi sáng khác nhau. Độ bền của dung dịch trên vật liệu nền cũng như khả năng tự làm sạch sau nhiều lần giặt của vải cũng được nghiên cứu và bàn luận.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.76.2023.1285>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

## 1. Giới thiệu

Tơ tằm là một trong những loại sợi tự nhiên có giá trị được sử dụng làm nguyên liệu cho ngành công nghiệp dệt may từ rất lâu về trước cho đến nay. Ngoài những nhu cầu cơ bản về tính tiện nghi và thời trang, xu hướng toàn cầu trong ngành dệt may đang định hướng và phát triển các sản phẩm đa chức năng nhờ vào ứng dụng công nghệ vật liệu nano để nâng cao giá trị của vật liệu như tạo mùi hương, chống nắng, chống vi khuẩn, tự làm sạch, v.v... [1]. Trong đó, tự làm sạch được biết đến là một trong các chức năng phù hợp với vật liệu dệt, được ứng dụng đa dạng trong các sản phẩm may mặc và thời trang. Chức năng tự làm sạch đồng thời mang lại lợi ích cho các sản phẩm may mặc từ các loại vật liệu có nguồn gốc tự nhiên khó chăm sóc như lụa tơ tằm, lông cừu, hoặc các sản phẩm nội thất sử dụng vải dệt nhờ vào việc hạn chế số lần giặt cũng như lượng nước và hoá chất sử dụng để làm sạch.

Vật liệu dệt may tự làm sạch thường theo hai cơ chế là tạo tính chất siêu kháng nước hoặc tạo khả năng quang xúc tác cho vật liệu [2]. Siêu kháng nước giúp dung dịch chất bẩn hoặc bụi trượt khỏi bề mặt vật liệu nhờ vào trọng lực hoặc ngoại lực khác. Mặt khác, quá trình quang xúc tác sẽ phân hủy các phân tử chất bẩn bằng cách tận dụng tia UV và bức xạ ánh sáng nhìn thấy được từ ánh sáng mặt trời, sử dụng phản ứng quang gây ra bởi chất xúc tác quang, từ đó các chất bẩn hữu cơ sẽ bị phân hủy thành không khí và nước [3]. Với chi phí thấp, công nghệ xử lý được đánh giá thân thiện và bền vững, quá trình quang xúc tác được ứng dụng rộng rãi để chức năng hóa các loại vải dệt khác nhau nhằm tạo đặc tính tự làm sạch. Trong đó, nano titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) cho thấy hoạt động xúc tác cao do diện tích bề mặt tổng thể lớn và độ nhạy cao với ánh sáng; nó được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong một số lĩnh vực như xử lý nước thải, ô nhiễm không khí, khử trùng nhờ vào hoạt tính quang xúc tác [4].

Trong vật liệu dệt may,  $\text{TiO}_2$  cũng được nghiên cứu để tạo chức năng chống tia cực tím và tự làm sạch cho vải [5,6]. Nghiên cứu của tác giả Cam Loc và cộng sự [7] xử lý  $\text{TiO}_2$  pha với oxit sắt cho phép vùng hấp thụ photon của  $\text{TiO}_2$  mở rộng, đồng thời các hoạt động quang xúc tác của các mẫu  $\text{TiO}_2$  được biến đổi bởi oxit sắt đã được phát hiện là cao khoảng 2,5 lần hơn so với sử dụng  $\text{TiO}_2$  nguyên chất. Nghiên cứu của Guohong Li và các cộng sự [5] sử dụng hợp chất  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  để xử lý kháng khuẩn cho vải tơ tằm, kết quả cho thấy ngoài khả năng kháng một số loại vi khuẩn vải còn có khả năng chống tia cực tím, giảm sự lão hoá của vật liệu và khả năng tự làm sạch khi phơi sáng. Tuy nhiên nghiên cứu cũng cho thấy không có liên kết hoá học mạnh mẽ giữa  $\text{TiO}_2$  với vật liệu dệt, các hạt nano  $\text{TiO}_2$  dễ dàng bị bong ra trong quá trình xử lý và khi sử dụng. Kỹ thuật tổng hợp hoá keo ở nhiệt độ thấp (sol-gel) đã được nghiên cứu và tạo ra dung dịch nanocomposite  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  ứng dụng trên vật liệu dệt [1]. Nhiều nghiên cứu cho thấy dung dịch  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  giúp gia tăng vùng hấp thụ photon ánh sáng giúp tăng cường hoạt động quang xúc tác trên vật liệu đã xử lý [8,9].  $\text{SiO}_2$  được sử dụng làm chất kết dính đồng thời ngăn không cho vải dệt bị thoái hóa trong quá trình  $\text{TiO}_2$  hoạt động quang xúc tác [10]. Nghiên cứu của tác giả Walaikorn Nitayaphat và cộng sự xử lý  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  trên vải tơ tằm đã tạo đặc tính tự làm sạch vết bẩn dưới chiếu xạ UV [11]. Theo đó, sự hiện diện của cấu trúc tinh thể anatase  $\text{TiO}_2$ , sự tồn tại của các liên kết Si-O-Si và Ti-O-Si trong vật liệu nền cũng được xác nhận; các mẫu được xử lý bằng hỗn hợp  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  (50:50) cho hiệu quả tốt trong việc loại bỏ vết bẩn cà phê [11]; tuy nhiên ảnh hưởng của lượng chất bẩn đến khả năng làm sạch của vật liệu vẫn chưa được báo cáo.

Trong nghiên cứu này, vải tơ tằm đã xử lý ngâm ép dung dịch sol-gel  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  được mô phỏng dính vết bẩn bằng dung dịch cà phê, sau đó cho mẫu tiếp xúc với ánh sáng mặt trời nhằm nghiên cứu và đánh giá khả năng tự làm sạch của vải sau các khoảng thời gian nhất định. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tự làm sạch của mẫu như lượng chất bẩn và thời gian tiếp xúc ánh sáng mặt trời cũng được nghiên cứu và bàn luận.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

#### 2.1.1. Vật liệu

Vải tơ tằm 100% thành phẩm của công ty TNHH Dệt may lụa tơ tằm Á Châu - Asian silk, kích thước mẫu 10 cm x 15 cm. Các mẫu được xử lý ngâm ép dung dịch  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  sau đó được nhỏ dung dịch cà phê để mô phỏng vết bẩn với các thể tích 50  $\mu\text{L}$ , 100  $\mu\text{L}$ , 150  $\mu\text{L}$ ; ký hiệu lần lượt là  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ .  $M_0$  là mẫu không được xử lý sau đó nhỏ 50  $\mu\text{L}$  dung dịch vết bẩn lên mẫu.  $M_4$  là mẫu được xử lý, tiếp tục

mang đi giặt 5 lần bằng máy và không sử dụng hoá chất tẩy rửa, sau đó nhỏ 150  $\mu\text{L}$  vết bẩn lên mẫu. Mã hoá mẫu được trình bày cụ thể trong bảng 1.

**Bảng 1.** Thông tin mã hoá mẫu

Tên mẫu	Mã hoá mẫu	Lượng chất bẩn mô phỏng ( $\mu\text{L}$ )
Mẫu không xử lý $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$	$M_0$	50
	$M_1$	50
Mẫu được xử lý $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$	$M_2$	100
	$M_3$	150
Mẫu được xử lý $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ sau đó giặt 5 lần	$M_4$	150

### 2.1.2. Hoá chất

Titanium tetra isopropoxide (TTIP, 97%) thương hiệu Merck xuất xứ Đức; methyltrimethoxysilane (MTMS, 98%) và nano  $\text{SiO}_2$  (5–15 nm) thương hiệu Sigma Aldrich xuất xứ Mỹ; ammonia (28% – 30%), acetic acid (99.9%), nitric acid (70%) thương hiệu Xilong Chem xuất xứ Trung Quốc.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Tạo dung dịch sol-gel $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$

*Tạo dung dịch sol  $\text{TiO}_2$ :* 200 ml hỗn hợp dung dịch gồm 10 ml TTIP, 2 ml acid acetic, 187 ml nước cất, 1 ml acid clohydric được gia nhiệt và duy trì ở nhiệt độ 80  $^\circ\text{C}$  trong vòng 30 phút, khuấy từ trong 2 giờ.

*Tạo dung dịch gel  $\text{SiO}_2$ :* Hỗn hợp 1,15 g bột nano  $\text{SiO}_2$  và 200 ml nước, khuấy từ trong vòng 1 giờ.

*Tạo 100 ml dung dịch sol-gel  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ :* Hỗn hợp gồm 50 ml dung dịch sol  $\text{TiO}_2$  và 50 ml dung dịch gel  $\text{SiO}_2$ , khuấy siêu âm trong 1 giờ sau đó khuấy từ trong 8 giờ.

*2.2.2. Quy trình xử lý vải tơ tằm:* Mẫu vải được nhúng trong dung dịch  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  trong 12 giờ, ngâm ép tự động ở áp suất 2.75  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , sau đó mẫu vải được giữ ngoài không khí trong 5 phút và đặt trong môi trường có khí  $\text{NH}_3$  để trung hòa bề mặt, sấy khô ở 80  $^\circ\text{C}$  trong 5 phút bằng máy sấy và được xử lý gia nhiệt bằng máy sấy ở 120  $^\circ\text{C}$  trong 2 phút.

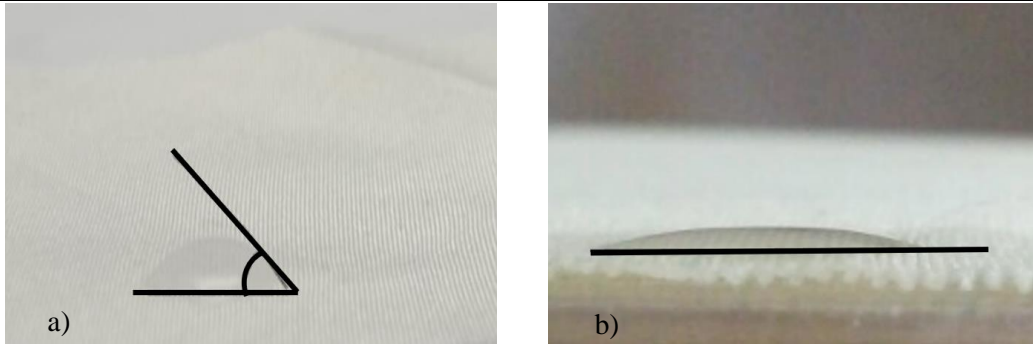
*2.2.3. Quy trình tự làm sạch:* Các mẫu sau xử lý hoá học và mô phỏng vết bẩn sẽ được phơi dưới ánh sáng mặt trời trong 0 h, 4 h, 8 h, 16 h, 20 h ở khoảng thời gian từ 9h đến 16h với điều kiện nắng liên tục; chỉ số UV giữa các thời điểm trong ngày và các ngày khác nhau dao động trong khoảng từ 6 đến 11 (theo Trung tâm dự báo khí tượng thuỷ văn quốc gia)

*2.2.4. Các phương pháp đánh giá:* Sự thay đổi của vết bẩn được quan sát bằng các hình ảnh trực quan. Cấu trúc và hình thái của vật liệu trước và sau xử lý được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM). Hiệu quả tự làm sạch của mẫu được đánh giá bằng phương pháp đo màu theo thang màu CIE- LAB tại vùng cận biên của vết bẩn,  $\Delta E$  là độ sai lệch màu của vết bẩn trên các mẫu được xử lý sau khi phơi dưới ánh sáng mặt trời so với mẫu lúc chưa được phơi sáng.

## 3. Kết quả và bàn luận

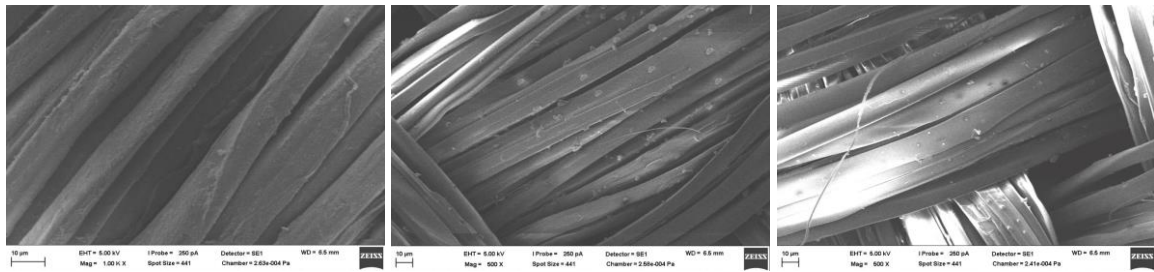
### 3.1. Đánh giá khả năng hấp thụ chất lỏng của mẫu

Hình 1 mô tả khả năng hấp thụ chất lỏng của vải sau khi xử lý, mẫu cho thấy góc tiếp xúc giữa giọt chất lỏng và bề mặt vải sau khi xử lý nhỏ hơn nhiều so với mẫu không xử lý. Điều này chứng tỏ rằng bề mặt vải đã xử lý ngâm ép sol-gel  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  trở nên ưa nước. Sự có mặt của nguyên tố Si làm tính axit bề mặt của vải tơ tằm tăng lên, tạo ra một lượng gốc hydroxyl có tính ưa nước cao. Sự liên kết Ti–O–Si trên vải gây ra sự mất cân bằng điện tích bề mặt, làm điện tích lệch về dương, từ đó tạo nhiều vị trí axit Lewis trên bề mặt, nâng cao tính ái nước của vải sau xử lý [4]; điều này đồng thời giúp mẫu hấp thụ nhanh và phân bố chất bẩn ra xung quanh vật liệu để bắt đầu quá trình quanh xúc tác làm sạch vết bẩn.



**Hình 1.** Góc đỉnh ướt của mẫu: a) Trước khi xử lý; b) Sau khi xử lý

Ảnh SEM của mẫu chưa qua xử lý  $M_0$  (hình 2a) cho thấy bề mặt của vải lụa tơ tằm khá sạch, có thể thấy sự thô ráp của bề mặt do dư lượng của sericin có trong tơ tằm. Mẫu sau xử lý với dung dịch sol-gel  $TiO_2/SiO_2$  (hình 2b) có bề mặt trơn mượt hơn và có sự xuất hiện của các hạt hoặc cụm hạt nano bám trên bề mặt vật liệu.



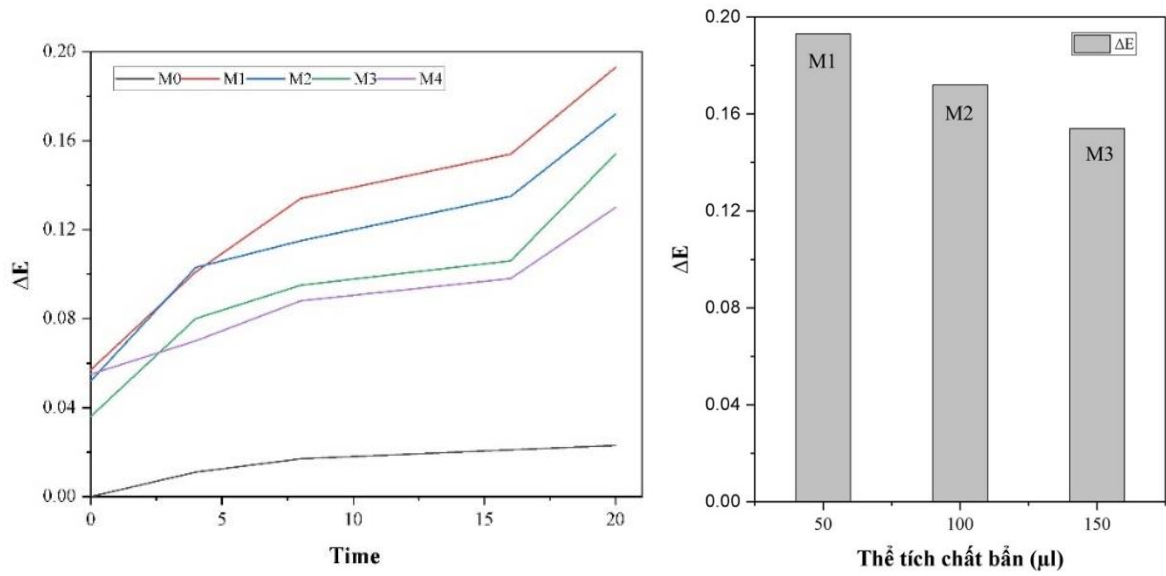
**Hình 2.** Ảnh chụp SEM mẫu a) trước xử lý, b) sau xử lý và c) sau khi xử lý và giặt 5 lần

### 3.2. Đánh giá hiệu quả chức năng tự làm sạch

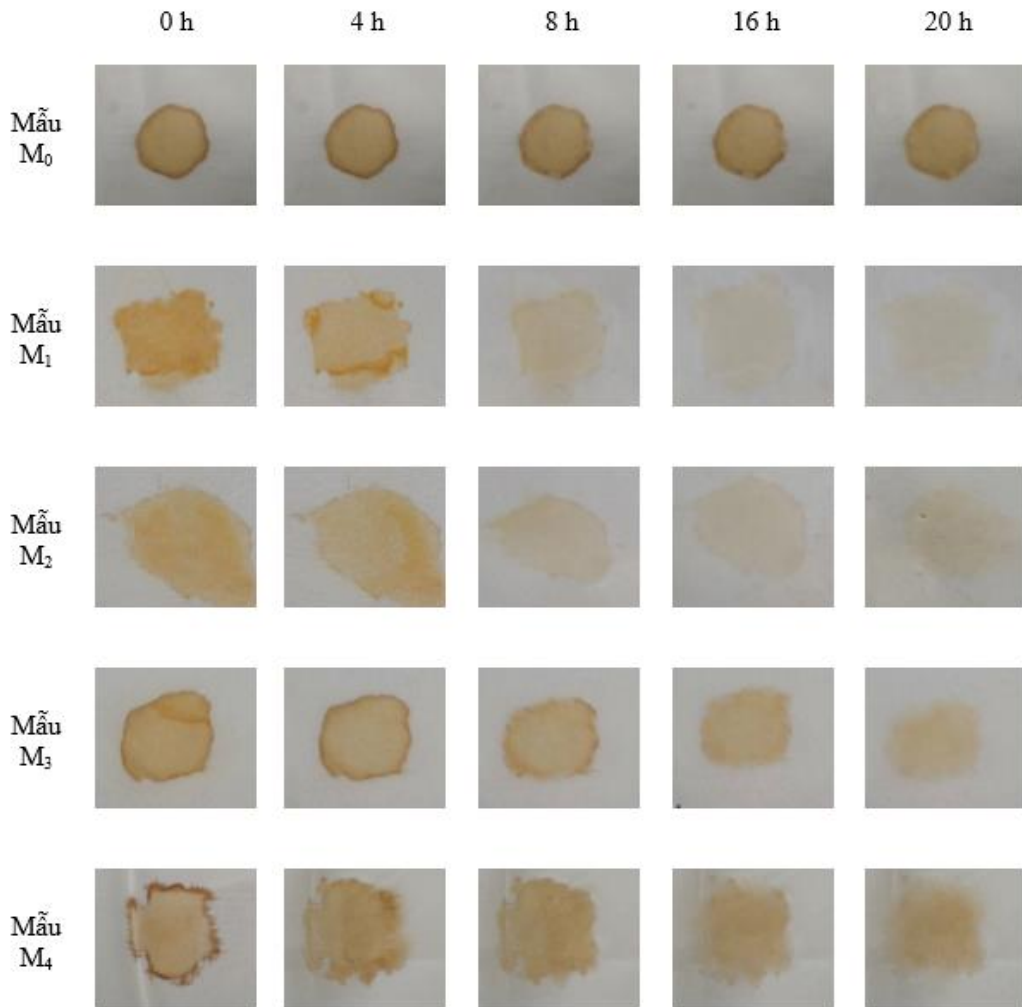
Hiệu ứng tự làm sạch của mẫu dính vết bẩn cả phê sau khi phơi sáng được trình bày trong hình 4. Vết bẩn có màu sắc đậm hơn ở vùng biên; đối với các mẫu đã xử lý là  $M_1, M_2, M_3, M_4$  vết bẩn có dấu hiệu giảm dần sau khi phơi dưới ánh sáng mặt trời trong nhiều giờ. Ở mẫu không xử lý  $M_0$ , vết bẩn khô dần và gần như không có sự thay đổi rõ rệt về màu sắc. Đối với các mẫu được xử lý, các vết bẩn nhạt màu dần sau 4 h, 8 h, 16 h và 20 h phơi sáng, cho thấy tăng thời gian tiếp xúc ánh sáng làm tăng khả năng tự làm sạch của mẫu.

Về cơ chế, khi  $TiO_2$  trên bề mặt vải tiếp xúc với ánh sáng mặt trời, hoạt động quang xúc tác xảy ra tạo cặp điện tử electron và lỗ trống nhận năng lượng cation không ổn định từ sắc tố của vết bẩn cả phê.  $SiO_2$  tạo ra lớp màng mỏng trên bề mặt vải và ngăn vết bẩn thâm nhập vào cấu trúc sợi, dung dịch sol-gel  $TiO_2/SiO_2$  hình thành kích thước tinh thể anatase lớn hơn bình thường giúp hoạt động quang xúc tác diễn ra nhanh hơn trên diện rộng [8].

Giá trị  $\Delta E$  biểu thị cho sự sai lệch màu của vết bẩn trên mẫu trước và sau khi phơi sáng. Giá trị  $\Delta E$  càng lớn nghĩa là vết bẩn sau khi phơi sáng có màu sắc nhạt hơn so với ban đầu, đồng nghĩa với hiệu quả tự làm sạch tốt hơn. Biểu đồ hình 3a cho thấy độ sai lệch màu  $\Delta E$  của các mẫu sau thời gian phơi sáng. Sau khi phơi sáng 4 h tất cả các vết bẩn trên mẫu vải đã qua xử lý  $TiO_2/SiO_2$  đều có sự sai lệch màu  $\Delta E$  tăng so với ban đầu. Trong đó, sau 20 h phơi sáng có kết quả  $\Delta E$  lớn nhất nghĩa là hiệu quả tự làm sạch tốt nhất, điều này cho thấy thời gian là yếu tố ảnh hưởng tỷ lệ thuận đến khả năng tự làm sạch của mẫu. Hiện tượng quang xúc tác trên bề mặt màng  $TiO_2$  không phụ thuộc vào cường độ ánh sáng kích thích mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng kích thích hay năng lượng photon. Như vậy những chùm sáng kích thích có cường độ sáng yếu nhưng năng lượng photon đủ lớn cũng có khả năng gây ra hiện tượng quang xúc tác [1]. Vì vậy mẫu được phơi sáng vào các thời điểm cố định trong ngày nhằm đảm bảo lượng ánh sáng tiếp nhận được là tương đương nhau. Ngoài ra, lượng bức xạ thu được từ ánh sáng mặt trời tự nhiên sẽ phụ thuộc vào tính chất thời tiết tại các khoảng thời gian và không gian khác nhau; theo đó khả năng tự làm sạch của mẫu khi phơi dưới ánh sáng tự nhiên có thể thay đổi tùy thuộc vào tính chất thời tiết tại thời điểm đó.



**Hình 3.** a) Độ sai lệch màu  $\Delta E$  của các mẫu sau khi phơi sáng sau các khoảng thời gian khác nhau (hình trái).  
b) Độ sai lệch màu của các mẫu có các thể tích vết bẩn khác nhau sau 20h phơi sáng (hình phải).



**Hình 4.** Hình ảnh trực quan hiệu quả chức năng tự làm sạch của mẫu

Các mẫu đã xử lý  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  được thử nghiệm ở các thể tích vết bẩn tăng dần 50  $\mu\text{L}$ , 100  $\mu\text{L}$ , 150  $\mu\text{L}$ . Quan sát trực quan các mẫu  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  (hình 4) thấy rằng vết bẩn ở mẫu  $M_1$  sau khi phơi sáng cho kết quả tự làm sạch tốt nhất và lần lượt giảm dần theo thứ tự các mẫu  $M_2$ ,  $M_3$ . Biểu đồ hình 3b thể hiện mối liên hệ giữa hiệu quả tự làm sạch và thể tích vết bẩn của mẫu. Khi lượng thể tích vết bẩn tăng lên từ 50  $\mu\text{L}$  đến 150  $\mu\text{L}$  thì giá trị  $\Delta E$  giảm khoảng 20% tương ứng với hiệu quả tự làm sạch vết bẩn trên mẫu giảm đi.

Mẫu  $M_4$  là mẫu được xử lý ngâm ép  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  sau đó giặt 5 lần. Các kết quả thể hiện trong biểu đồ hình 3a và hình 4 cũng cho thấy mẫu  $M_4$  có hiệu quả tự làm sạch giảm nhiều sau 5 lần giặt. Quá trình giặt đã làm bong tróc và giảm lượng nano  $\text{TiO}_2$  trên mẫu (hình 2c), vì vậy khả năng quang hoá hay khả năng tự làm sạch của mẫu cũng giảm. Cụ thể, mẫu  $M_3$  và  $M_4$  được nhỏ cùng lượng vết bẩn là 150  $\mu\text{L}$  nhưng hiệu quả tự làm sạch của mẫu  $M_4$  giảm khoảng 40% so với  $M_3$ . Điều này chứng minh rằng lượng nano  $\text{TiO}_2$  có trên bề mặt tỉ lệ thuận với khả năng làm sạch vết bẩn.

#### 4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu thực nghiệm và khảo sát vai trò của xử lý nano composite  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  nhằm tạo chức năng tự làm sạch vết bẩn cả khi phơi dưới ánh sáng mặt trời. Đồng thời, quá trình xử lý giúp bề mặt vải trở nên mềm mại và thấm hút tốt hơn. Khả năng tự làm sạch tỷ lệ thuận với lượng nano  $\text{TiO}_2$  và tỷ lệ nghịch với lượng chất bẩn có trên vải. Tuy nhiên, lượng nano có trên vật liệu giảm sau nhiều lần giặt dẫn đến giảm khả năng tự làm sạch. Ngoài ra, việc sử dụng ánh sáng tự nhiên trong thử nghiệm giúp tăng tính thực tiễn của nghiên cứu khi ứng dụng vào thực tế. Kết quả nghiên cứu cũng đóng góp vào sự đa dạng các vật liệu chức năng, cụ thể là vải tơ tằm tự làm sạch ứng dụng trong Dệt may và Thời trang.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. Anderson and A. J. Bard, "An Improved Photocatalyst of  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  Prepared by a Sol-Gel Synthesis," *J. Phys. Chem*, vol. 99, no. 24, pp. 9882–9885, 1995.
- [2] M. Khan *et al.*, "Self-Cleaning Properties of Electrospun PVA/ $\text{TiO}_2$  and PVA/ $\text{ZnO}$  Nanofibers Composites," *Nanomaterials*, vol. 8, no. 9, 2018, doi: 0.3390/nano8090644.
- [3] B. S. Kumar, "Self-cleaning finish on cotton textile using sol-gel derived  $\text{TiO}_2$  nano finish", *IOSR- Journal of Polymer and Textile Engineering*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [4] N. Veronovski *et al.*, "Self-cleaning and Handle Properties of  $\text{TiO}_2$ -modified Textiles," *Fibers and Polymers*, vol. 10, no. 4, pp. 551–556, 2009.
- [5] G. Li *et al.*, "Chemical assembly of  $\text{TiO}_2$  and Ag nanoparticles on silk fiber to produce multifunctional fabrics," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 358, pp. 307–315, 2011.
- [6] D. Wu and M. Long, "Enhancing visible-light activity of the self-cleaning  $\text{TiO}_2$  coated cotton fabrics by loading AgI particles," *Surface & Coating Technology*, vol. 206, no. 6, pp. 1175–1179, 2011.
- [7] C. L. Luu, Q. T. Nguyen, and S. T. Ho, "Synthesis and characterization of Fe-doped  $\text{TiO}_2$  photocatalyst by the sol-gel method," *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 1, no. 1, 2010, doi:10.1088/2043-6254/1/1/015008.
- [8] T. Yuranova, R. Mosteo, J. Bandara, D. Laub, and J. J. Kiwi, "Self-cleaning cotton textiles surfaces modified by photoactive  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  coating," *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, vol. 244, pp. 160–167, 2006.
- [9] B. M. Huong and T. T. K. Hue, "Application of self-cleaning treatment on cotton and pes/co fabric using  $\text{TiO}_2$  and  $\text{SiO}_2$  coating synthesized by sol-gel method," *Journal of Science and Technology*, vol. 55, no. 1B, pp. 77–84, 2017.
- [10] Y. Rildaa *et al.*, "Self-Cleaning  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  Clusters On Cotton Textile Prepared By Dip-Spin Coating Process," *Journal Teknologi (Sciences & Engineering)*, vol. 78, no. 7, pp. 113–120, 2016.
- [11] W. Nitayaphat, P. Jirawongcharoen & T. Trijaturon, "Self-Cleaning Properties of Silk Fabrics Functionalized with  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  Composites," *Journal of Natural Fibers*, 2017 doi: 10.1080/15440478.2017.1325428 .



**MSc. Tran Nguyen Tu Uyen** was born in 1988, DaNang city. She obtained the master's degree in Textile materials in 2016, her thesis about "Effects of weft density on the physical and mechanical properties of silk woven fabric" and now being a PhD student in textile materials and textile treatment process.

She is working as a lecturer in the Garment technology and fashion department of Industrial University of Ho Chi Minh city. Her recent research related to silk fabrics treatment, functional textile and eco-friendly treatment methods, garment technology and fashion design.



**PhD. Bui Mai Huong** was born in 1978, Hanoi. In 2005, she was granted OEAD scholarship (Austrian Agency For International Mobility And Cooperation In Education, Science And Research) and she spent 3 years in University of Innsbruck- Austria to complete her PhD thesis about "Investigation of chemical and physical properties of cellulosic fibre defining textile performance". She became the Associate Professor in 2017.

She is acting Head of the Department of Textile-Garment Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, Viet Nam. Her current research interests include textile mechanics, biomedical textile, modified natural fibers for advanced usage and applying renewable fiber and resource in technical and functional textiles.



**Dr. Hoang Thanh Thao** was born in 1970, HaNoi. She done her thesis MSc and Dr at Hanoi University of Science and Technology about “Study on mechanical properties of water-repellent technical fabrics”. She is working as the leader of the Yarn and Weaving department of school of textile-leather and fashion, Hanoi University of Science and Technology. Her current research related to high-tech textile and functional textiles.



**BSc. Le Trung Tin** was born in 1997, Binh Thuan. He graduated from Ho Chi Minh City University of Technology in 2019. He is the manager of laboratory of Hyosung company. His recent research related to polymer materials and functional textiles.