

TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CỦA DỊCH CHIẾT TỪ VỎ QUẢ THANH LONG RUỘT ĐỎ (*Hylocereus costaricensis*) TRONG TĂNG CƯỜNG TÍNH CHẤT CHỐNG CHÁY CHO VẢI SỢI COTTON

Đến tòa soạn 18-01-2024

**Nguyễn Ngọc Tùng ^{* 1,2}, Trịnh Tuấn Hưng ¹, Hoàng Minh Tạo ¹,
Nguyễn Thị Hoài Thu ¹, Hoàng Thị Thoa ¹, Lê Thị Tâm ¹, Bùi Quang Minh ¹,
Nguyễn Thanh Thảo ¹, Nguyễn Quang Trung ¹**

¹ *Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ cao,
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

² *Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

* Email: tungnguyen.vast@gmail.com

SUMMARY

POTENTIAL APPLICATION OF EXTRACT FROM THE PEELS OF RED-FLESHED DRAGON FRUIT (*Hylocereus costaricensis*) FOR ENHANCING FLAME-RESISTANT PROPERTIES OF COTTON TEXTILE

*This paper discussed the potential application of extract from the peels of red-fleshed dragon fruit [*Hylocereus costaricensis* (F.A.C. Weber) Britton & Rose, 1909] to improve flame-resistant properties of cotton textile. The effects of peels extract treatment on flame-resistant properties of cotton textile were confirmed through standard flammability tests, limiting oxygen index (LOI), and thermogravimetric analysis (TGA), compared to those of untreated cotton textile. The changes in microscopic structure of treated cotton textile were observed through scanning electron microscopy (SEM) images, while the changes in chemical composition were determined through Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy analysis and Energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy (EDX-FS) analysis. Experimental results showed that the treated cotton textile exhibited excellent flame-resistant properties, even after 30 cycles of standard washing. Therefore, the treatment with extract from the peels of red-fleshed dragon fruit had been demonstrated to hold great potential as a novel green approach for imparting flame-resistant properties to cotton textile.*

Keywords: *Hylocereus costaricensis, cotton fabric, extract, red-fleshed dragon fruit, flame-resistant.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xuyên suốt lịch sử nhân loại, ngọn lửa vẫn luôn được coi là một yếu tố đóng vai trò quan trọng trong quá trình tiến hóa của loài người và sự phát triển của các nền văn minh, bởi nó giúp chúng ta chế biến thực phẩm, mang đến cho chúng ta hơi ấm, và giúp bảo vệ chúng ta khỏi những loài động vật săn mồi. Tuy nhiên, nếu không được sử dụng đúng cách, ngọn lửa cũng có thể gây ra rất nhiều thiệt hại vô cùng thảm khốc đối với tính mạng và tài sản của con người [1]. Do đó, nhằm giảm thiểu các mối

nguy hiểm liên quan đến hỏa hoạn trong mọi khía cạnh cuộc sống, chúng ta vẫn đang tiếp tục không ngừng tìm kiếm các giải pháp phòng cháy – chữa cháy mới và hiệu quả, đặc biệt là thông qua việc phát triển và chế tạo các loại vật liệu chống cháy.

Hiện nay, vải sợi nói chung, và vải sợi cotton nói riêng, đang được sử dụng rộng rãi trong mọi mặt đời sống của con người nhờ các đặc tính vượt trội của chúng, bao gồm tính thoáng khí, tính thẩm mỹ, khả năng phân hủy sinh học, v.v. Tuy nhiên, những vật liệu này cũng tồn tại nhược điểm là tương đối

để bắt cháy và cho phép duy trì sự cháy, góp phần làm tăng mức độ nghiêm trọng của các sự cố liên quan đến hỏa hoạn [2,3]. Đặc biệt, giá trị chỉ số oxy tới hạn (LOI) của vải sợi cotton chưa qua xử lý chống cháy thường chỉ đạt khoảng 18%, thấp hơn đáng kể so với hàm lượng oxy trong môi trường khí quyển. Bởi vậy, nhóm vật liệu này thường không thể vượt qua các bài kiểm tra bắt buộc về khả năng chống cháy, và sẽ cần được xử lý nhằm tăng cường khả năng chống cháy [4].

Nhiều phương pháp xử lý đã được phát triển nhằm tăng khả năng chống cháy cho vải sợi nói chung, và vải sợi cotton nói riêng. Trong đó, nổi bật nhất phải kể đến phương pháp ngâm tẩm phụ gia, bởi phương pháp này cho phép tăng cường tính chất chống cháy, nhưng đồng thời vẫn duy trì được các đặc tính hữu ích khác của vật liệu vải sợi, mà đặc biệt là tính thoáng khí [5-9]. Gần đây, bên cạnh các loại phụ gia nguồn gốc tổng hợp, các nhà khoa học cũng đã bắt đầu quan tâm hơn đến những hướng tiếp cận xanh thân thiện với môi trường, sử dụng những nguyên liệu nguồn gốc tự nhiên như chiết xuất từ ruột quả Bí ngô *Cucurbita maxima* [10], chiết xuất từ vỏ cây Arjun *Terminalia arjuna* [11], chiết xuất từ lá Rau chân vịt [12], v.v. Những loại chiết xuất từ thực vật này được chứng minh là giàu các nguyên tố phosphorus (P), nitrogen (N), và nhiều nguyên tố kim loại khác, đồng thời chứa các hợp chất thơm đa vòng cho phép thúc đẩy quá trình carbon hoá của sợi vải, nhờ vậy hạn chế sự giải phóng các sản phẩm phân huỷ nhiệt dạng khí dễ cháy, cũng như hạn chế sự lan truyền ngọn lửa trên bề mặt vật liệu.

Trong nghiên cứu này, tiềm năng ứng dụng của chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ [*Hylocereus costaricensis* (F.A.C. Weber) Britton & Rose, 1909] nhằm tăng cường tính chất chống cháy cho vải sợi cotton đã được khảo sát thông qua phương pháp ngâm tẩm đơn giản. Hiệu quả của quá trình xử lý chống cháy lên khả năng chống cháy của vật liệu được đánh giá thông qua phân tích nhiệt trọng lượng (TGA), phân tích chỉ số oxy tới hạn (LOI), và phân tích độ bền cháy theo phương pháp đốt dọc. Đồng thời, ảnh hưởng của quá trình xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ lên cấu trúc vi mô và thành phần hoá học của sợi vải cũng được đánh giá thông qua kết quả phân tích quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR),

phân tích kính hiển vi điện tử quét (SEM), và phân tích quang phổ huỳnh quang tia X (EDX-FS).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Vải sợi cotton 100% xuất xứ Việt Nam đã qua tẩy trắng sơ bộ, định lượng 215 g/m². Quả Thanh long ruột đỏ xuất xứ Việt Nam được rửa sạch và tách lấy phần vỏ tươi.

Các hoá chất khác: natri hypophosphite, acid citric (Merck, Đức), phụ gia hoạt động bề mặt JFC (Zibilon Chemical, Trung Quốc), chất tẩy rửa tham chiếu không chứa photphat ECE (SDC Enterprises, Anh).

Nước cất sử dụng trong thí nghiệm được sản xuất trực tiếp tại Trung tâm Nghiên cứu và Chuyển giao công nghệ (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam). Dung dịch giặt tiêu chuẩn được chuẩn bị bằng cách pha chất tẩy rửa tham chiếu không chứa photphat ECE vào nước theo nồng độ 1 g/L.

Tất cả các mẫu vải sợi cotton sau khi xử lý đều được điều hòa trong môi trường ổn định (nhiệt độ = 25 °C, độ ẩm tương đối = 65%) trong vòng ít nhất 24 giờ trước khi được sử dụng cho những phân tích và thử nghiệm tiếp theo.

2.2. Phương pháp chuẩn bị chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ

Dựa vào một số kết quả khảo sát trước đó, quá trình chuẩn bị chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ đã được thực hiện theo các bước cụ thể như sau:

Trước tiên, tách vỏ quả Thanh long ruột đỏ khỏi phần thịt quả, cắt thành từng miếng nhỏ khoảng 30 mm, rồi sấy khô trong tủ sấy tại 50°C đến khối lượng không đổi. Sau đó, xay vỏ quả Thanh long khô thành dạng hạt thô, rồi chiết bằng nước cất tại 50°C trong 60 phút (tỷ lệ khối lượng bột vỏ khô: nước cất = 50 g : 1.000 mL). Tiếp theo, lọc dịch chiết từ bột vỏ quả Thanh long khô năm lần bằng vải nylon 100 mesh nhằm tách loại phần rắn không tan. Cuối cùng, cô đặc dịch chiết từ bột vỏ quả Thanh long khô bằng phương pháp thẩm thấu thuận (dung dịch lõi cuộn là dung dịch NaCl bão hoà) đến ngưỡng nồng độ lý thuyết 500 g/L (tương đương 100 mL dịch chiết cô đặc cho mỗi 50 g khối lượng bột vỏ khô ban đầu).

2.3. Phương pháp xử lý ngâm tẩm cho vải sợi cotton

Dựa vào một số kết quả khảo sát trước đó, quá trình xử lý ngâm tẩm cho vải sợi cotton bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ đã được thực hiện theo các bước cụ thể như sau:

Trước tiên, cắt tẩm vải sợi cotton thành từng tấm mẫu thử kích thước 100×250 mm dọc theo chiều dệt sợi, rồi xử lý làm sạch mẫu thử bằng dung dịch giặt tiêu chuẩn tại 40°C trong 40 phút. Sau đó, rửa lại mẫu thử bằng nước cất và sấy khô tại 110°C trong khoảng 10 phút đến khối lượng không đổi. Tiếp theo, chuẩn bị dung dịch ngâm tẩm trên cơ sở chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ bằng cách bổ sung thêm phụ gia khác với hàm lượng cụ thể như sau: JFC = 3 g/L, acid citric = 25 g/L, và natri hypophosphid = 5 g/L.

Mẫu thử được ngâm trong thể tích dung dịch ngâm tẩm vừa đủ trong khoảng 5 phút nhằm đảm bảo dung dịch ngâm tẩm thấm đều vào cấu trúc sợi vải, sau đó được ép nhẹ nhằm loại bỏ thành phần dung dịch ngâm tẩm dư. Tiếp theo, mẫu thử được sấy khô tại 110°C đến khối lượng không đổi, rồi tiếp tục được sấy phản ứng tại 140°C trong 180 giây. Cuối cùng, mẫu thử được rửa lại bằng nước cất và sấy khô tại 110°C trong khoảng 10 phút đến khối lượng không đổi.

Mẫu vải đối chiếu được chuẩn bị theo phương pháp tương tự, nhưng thay chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ bằng thể tích nước cất tương đương.

2.4. Phương pháp phân tích

2.4.1. Phân tích độ bền cháy theo phương pháp đốt dọc

Độ bền cháy của các mẫu vải sợi được xác định trực tiếp trên thiết bị phân tích độ bền cháy theo phương pháp đốt dọc dành cho hàng dệt may Yasuda No.440-B (Yasuda, Nhật Bản) theo tiêu chuẩn JIS L1091.

2.4.2. Phân tích chỉ số oxy tới hạn (LOI)

Giá trị chỉ số oxy tới hạn (LOI) của các mẫu thử được xác định trên thiết bị phân tích chỉ số oxy tới hạn Yasuda No.214 (Yasuda, Nhật Bản) theo tiêu chuẩn ASTM D2863.

2.4.3. Phân tích nhiệt trọng lượng (TGA)

Phân tích nhiệt trọng lượng (TGA) đối với các mẫu thử được thực hiện trên thiết bị phân tích nhiệt trọng lượng NETZSCH TG 209 F1 (NETZSCH, Đức) trong khoảng nhiệt độ từ 25°C đến 800°C , với tốc độ gia nhiệt 10°C/phút và trong môi trường khí nitrogen (tốc độ dòng khí nitrogen = 90 mL/phút).

2.4.4. Phân tích quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR)

Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) của các mẫu thử được xác định trên thiết bị phân tích quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier Thermo Scientific Nicolet iS10 (Thermo Scientific, Hoa Kỳ) tại độ phân giải = 4 cm^{-1} và số lần quét = 32 trong phạm vi từ 4000 đến 525 cm^{-1} .

2.4.5. Phân tích kính hiển vi điện tử quét (SEM)

Hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) của các mẫu thử được chụp trên thiết bị phân tích kính hiển vi điện tử quét Jeol SM-6510LV (Jeol, Nhật Bản) tại điện áp gia tốc = 15 kV .

2.4.6. Phân tích quang phổ huỳnh quang tia X (EDX-FS)

Phổ huỳnh quang tia X tán xạ năng lượng (EDX-FS) của các mẫu thử được xác định được trên thiết bị phân tích quang phổ tán xạ năng lượng tia X Shimadzu EDX-8000 (Shimadzu, Nhật Bản).

2.4.7. Độ bền giặt

Phân tích độ bền giặt của các mẫu thử đã qua xử lý ngâm tẩm được tiến hành bằng cách lặp lại 30 lần quy trình giặt rửa tiêu chuẩn sau:

Trước tiên, giặt mẫu thử bằng thiết bị chuyên phục vụ giặt rửa, sử dụng dung dịch giặt tiêu chuẩn tại 40°C trong 40 phút. Sau đó, xả sạch mẫu thử bằng nước, rồi sấy khô mẫu thử tại 110°C trong khoảng 10 phút đến khối lượng không đổi.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích tính chất chống cháy

Kết quả phân tích tính chất chống cháy của các mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý và đã qua xử lý được trình bày trong **Bảng 1**. Cụ thể, mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý thể hiện khả năng chống cháy rất kém, với giá trị LOI được xác định đạt khoảng 18%, thời gian bắt cháy khoảng dưới 3 giây, và tốc độ lan truyền ngọn lửa đạt trên 415 mm/phút . Bên cạnh đó,

mẫu thử cũng cháy đến mép trên trong khoảng thời gian dưới 20 giây, và gần như không lưu lại sản phẩm than hoá. Những kết quả này tương đối phù hợp với nhiều tài liệu đã được công bố, cho thấy vải sợi cotton là một loại vật liệu rất dễ bắt cháy và duy trì sự cháy [13]. Tương tự, mẫu đối chiếu được xử lý theo quy trình không bao gồm chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ cũng cháy hoàn toàn, với khả năng hạn chế sự cháy được cải thiện trong khoảng nhất định khi so sánh với mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý.

Ngược lại, mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ (tiếp theo, gọi tắt là “mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý”) thể

hiện sự cải thiện đáng kể về tính chất chống cháy, với giá trị LOI tăng đến khoảng trên 23%, thời gian bắt cháy tăng đến khoảng 7 giây, và tốc độ lan truyền ngọn lửa giảm xuống khoảng dưới 170 mm/phút. Đặc biệt, sau khi ngừng tiếp xúc với ngọn lửa tham chiếu, ngọn lửa trên mẫu thử nhanh chóng tự tắt trong vòng dưới 10 giây, lưu lại cấu trúc than hoá gần như toàn vẹn so với mẫu thử ban đầu. Kết quả này cho thấy, việc xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ đã thúc đẩy phản ứng phân hủy các-bon hoá của cấu trúc sợi cotton, nhờ vậy giúp hạn chế sự hình thành của các sản phẩm phân hủy nhiệt dạng khí dễ cháy khác, dẫn tới hiệu quả tự dập cháy cho vật liệu vải sợi.

Bảng 1. Kết quả phân tích tính chất chống cháy của mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý, mẫu vải đối chiếu, và mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý (trước và sau 30 chu kỳ giặt rửa)

Thông số	Mẫu vải nguyên bản	Mẫu vải đối chiếu	Mẫu vải đã qua xử lý	
			Trước giặt	Sau giặt
LOI (%)	18,0	19,5	23,5	22,0
Thời gian bắt cháy (giây)	< 3	< 3	7	4
Thời gian tự dập cháy (giây)	19,0 ¹	23,0 ¹	12,0 ³	14,0 ³
Thời gian tàn cháy (giây)	13,0 ²	21,0 ²	- ⁴	- ⁴
Chiều dài than hoá (mm)	- ²	- ²	150	170
Tốc độ lan truyền ngọn lửa (mm/phút)	416,84	344,35	255,42	298,56

¹ cháy gần hoàn toàn

² cháy hoàn toàn

³ tự dập cháy

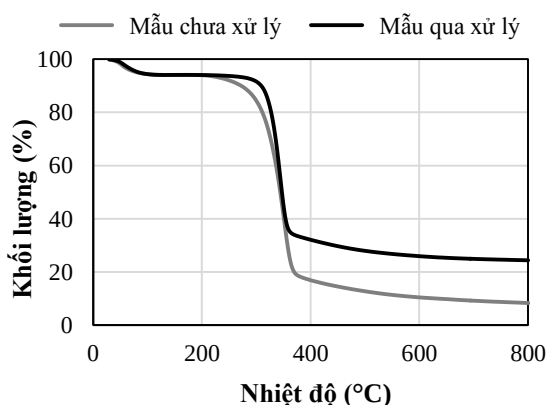
⁴ không tàn cháy

Bên cạnh đó, mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ cũng thể hiện tính chất bền giặt rửa tương đối tốt. Cụ thể, sau 30 chu kỳ giặt rửa tiêu chuẩn, giá trị LOI của mẫu chỉ giảm từ 23,5% xuống còn 22,0% – cho thấy mẫu vật liệu vẫn duy trì khả năng chống cháy và tự dập cháy nhất định. Kết quả phân tích theo phương pháp đốt dọc cho thấy, sau 30 chu kỳ giặt rửa tiêu chuẩn, mẫu vật liệu vẫn duy trì khả năng tự dập cháy, tuy nhiên thời gian bắt cháy đã giảm xuống còn 4 giây (giảm khoảng 3 giây), chiều dài than hoá đã tăng đến 170 mm (tăng thêm 20 mm), và tốc độ lan truyền ngọn lửa trên bề mặt vật liệu tăng đến gần 300 mm/phút (tăng thêm 17%).

3.2. Kết quả phân tích nhiệt trọng lượng

Kết quả phân tích nhiệt trọng lượng của các mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý và các mẫu vải sợi đã qua xử lý được trình bày trong Hình 1. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cả hai loại mẫu thử đều thể hiện ba giai đoạn phân hủy nhiệt tương đối rõ ràng trong khoảng nhiệt độ 25 – 800°C. Cụ thể, các mẫu thử đều trước tiên xuất hiện sự giảm nhẹ về mặt khối lượng (khoảng 6%) tại ngưỡng nhiệt độ dưới 100°C, gây ra bởi sự bay hơi của hàm ẩm hấp thụ trong cấu trúc sợi vải. Điều này cho thấy, việc xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ không gây ảnh hưởng đáng kể đến tính hút ẩm của sợi cotton, giúp đảm bảo sự thoải mái cho người mặc.

Tiếp theo, giai đoạn phân hủy nhiệt thứ hai của mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý bắt đầu tại khoảng nhiệt độ 190°C và đạt cực đại tại khoảng nhiệt độ 350°C, tương ứng với giá trị hao hụt về mặt khối lượng gần 75%. Hiện tượng này có thể được giải thích là do sự phân hủy nhiệt của cellulose, tạo thành các sản phẩm dạng khí cùng các sản phẩm dạng rắn khối lượng phân tử thấp hơn. Tại khoảng nhiệt độ trên 370°C, các sản phẩm dạng rắn khối lượng phân tử thấp hơn này cũng bắt đầu phân hủy chậm, dẫn tới sự hao hụt về mặt khối lượng đạt trên 11%. Hàm lượng phần tro cuối cùng của mẫu thử tại 800°C được xác định là khoảng 8,31%.



Hình 1. Kết quả phân tích TGA của mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý, và mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý

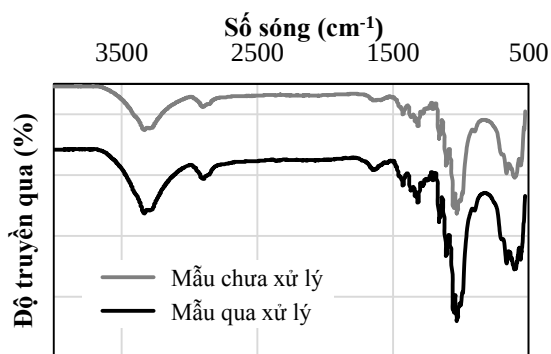
Đáng chú ý, giai đoạn phân hủy nhiệt thứ hai của mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý bắt đầu tại khoảng nhiệt độ 210°C, cao hơn 20°C so với mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý, nhưng cũng đạt cực đại tại khoảng nhiệt độ 350°C, tương ứng với giá trị hao hụt về mặt khối lượng gần 60%, thấp hơn 15% so với mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý. Hiện tượng này có thể được giải thích là do việc xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ đã giúp hạn chế sự phân hủy nhiệt tạo thành các sản phẩm dạng khí, và thúc đẩy sự hình thành của các sản phẩm dạng rắn bền hơn. Tại khoảng nhiệt độ trên 370°C, các sản phẩm dạng rắn khối lượng phân tử thấp hơn này cũng bắt đầu phân hủy chậm, dẫn tới sự hao hụt về mặt khối lượng đạt trên 25%. Hàm lượng phần tro cuối cùng của mẫu thử tại 800°C được xác định là khoảng 24,49%. Kết quả này cho thấy, việc kết hợp với chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ đã thúc

đẩy phản ứng các-bon hoá cấu trúc cellulose của sợi vải, đồng thời hạn chế sự hình thành các sản phẩm phân hủy nhiệt dạng khí dễ cháy.

3.3. Kết quả phân tích đặc trưng hoá học và đặc trưng cấu trúc vi mô

Kết quả phân tích FT-IR, EDX-FS, và SEM của các mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý và các mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý được trình bày lần lượt trong Hình 2, Bảng 2, và Hình 3.

Kết quả phân tích FTIR đối với mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý cho thấy sự thay đổi đáng kể về các pic khi so sánh với kết quả phân tích FT-IR của mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý. Hiện tượng này có thể được giải thích là do: (1) phần lớn liên kết hoá học mới được hình thành là các liên kết hoá học tương đồng với liên kết hoá học đặc trưng của cellulose, và (2) các hợp chất hoá học với thành phần liên kết hoá học khác biệt chỉ chiếm một phần tương đối nhỏ trong các thành phần hóa học trong dịch chiết của nguyên liệu gốc tự nhiên liên kết với sợi vải. Thay đổi đáng lưu ý duy nhất là sự tăng nhẹ cường độ pic tại xung quanh số sóng 1625 cm^{-1} đặc trưng cho liên kết carbonyl hình thành giữa các nhóm chức hydroxyl và các nhóm chức carboxyl. Kết quả này chứng minh, đã hình thành liên kết hoá học giữa phân tử acid citric với cấu trúc cellulose của sợi vải, cũng như với các phân tử hoá học có trong chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ, nhờ vậy giúp tăng cường khả năng bền giặt rửa cho sợi vải sau xử lý.



Hình 2. Kết quả phân tích FT-IR của mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý và mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý

Ngược lại, kết quả phân tích EDX-FS cho thấy sự thay đổi đáng kể trong thành phần các nguyên tố cấu thành nên sợi vải. Cụ thể, mẫu vải sợi cotton

chưa qua xử lý cho thấy chỉ chủ yếu tồn tại hai nguyên tố là carbon (C) và oxygen (O). Riêng nguyên tố hydrogen (H) không thể được phát hiện bằng phương pháp phân tích này. Kết quả trên cho thấy, thành phần chính của sợi cotton sau tẩy trắng là các hợp chất polycarbohydrate, mà cụ thể hơn là cellulose, còn phần lớn những thành phần hoá học khác đều đã bị loại bỏ trong quá trình tẩy trắng.

Bảng 2. Kết quả phân tích EDX-FS của mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý và mẫu vải sợi cotton đã xử lý

Nguyên tố	Tỷ lệ (%)	
	Mẫu vải nguyên bản	Mẫu vải đã qua xử lý
C	45,90	42,34
O	54,10	50,41
P	0,00	2,56
S	0,00	1,53
K	0,00	1,31
Na	0,00	1,07
Ca	0,00	0,31
Mg	0,00	0,22
Fe	0,00	0,15
Zn	0,00	0,05
Mn	0,00	0,05
Tổng	100,00	100,00

Kết quả phân tích EDX-FS đối với các mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý cho thấy sự xuất hiện của nhiều nguyên tố khác ngoài C và O, đặc biệt là phosphor (P), kali (K), maginesi (Mg), và lưu huỳnh (S). Thành phần tương đối cao của nguyên tố P có thể được giải thích một phần là do việc bổ sung natri hypophosphid với vai trò phụ gia trợ gia công cho quá trình xử lý ngâm tẩm. Nguyên tố P đã được chứng minh là rất hiệu quả trong việc tăng cường tính chất chống cháy cho sợi vải, và được sử dụng rộng rãi trong thành phần hoá học của nhiều sản phẩm phụ gia chống cháy thương mại thông dụng hiện nay như Proban CC, Pyrovatex CP, v.v. Các nguyên tố khác cũng có thể góp phần vào việc hạn chế sự lan truyền của ngọn lửa trên vật liệu vải sợi, đặc biệt là thông qua thúc đẩy hình thành nên cấu trúc than khó cháy. Tỷ lệ tương đối cao của các

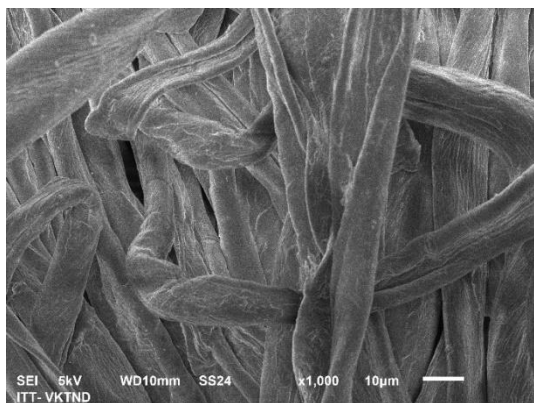
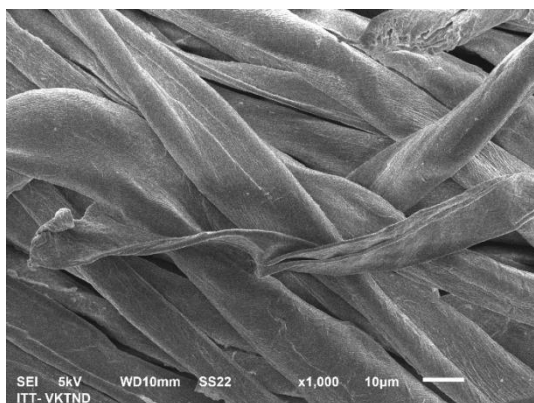
nguyên tố khi so sánh với khối lượng của sợi tăng thêm có thể được giải thích là do phần lớn các nguyên tố này được phân bố trên bề mặt của sợi cotton.

Ảnh SEM của mẫu vải sợi chưa qua xử lý cho thấy bề mặt các vi sợi tương đối sạch và đồng nhất. Ngược lại, ảnh SEM của mẫu vải sợi cotton đã qua xử lý cho thấy bề mặt các vi sợi thiếu đồng nhất, với nhiều cấu trúc gồ ghề và một số cấu trúc liên kết giữa các vi sợi, chứng minh sự kết hợp của những thành phần ngoại lai trong chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ lên bề mặt các vi sợi.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thành công khảo sát tiềm năng ứng dụng của chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ [*Hylocereus costaricensis* (F.A.C. Weber) Britton & Rose, 1909] nhằm tăng cường tính chất chống cháy cho vải sợi cotton. Cụ thể, kết quả phân tích cho thấy, việc xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ đã giúp cải thiện đáng kể chỉ số oxy tới hạn (LOI) và khả năng tự dập cháy của vải sợi cotton, đồng thời giúp hạn chế tốc độ lan truyền của ngọn lửa trên bề mặt vật liệu. Kết quả phân tích kính hiển vi điện tử quét (SEM) và phân tích quang phổ huỳnh quang tia X (EDX-FS) cho thấy, quá trình xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ đã giúp hình thành một lớp phủ mỏng trên bề mặt các vi sợi, với thành phần giàu một số nguyên tố như phosphor (P), kali (K), maginesi (Mg), và lưu huỳnh (S). Điều này giúp thúc đẩy sự phân huỷ nhiệt hình thành các sản phẩm dạng khí và cấu trúc than hoá khó cháy của sợi cotton, như thể hiện trên kết quả phân tích nhiệt trọng lượng (TGA), nhờ vậy hạn chế khả năng bắt cháy và lan truyền sự cháy của vật liệu. Đồng thời, hiệu quả tăng cường tính chất chống cháy của phương pháp xử lý bằng chiết xuất từ vỏ quả Thanh long ruột đỏ cũng tương đối bền, với sự suy giảm không đáng kể về tính chất chống cháy của vật liệu sau 30 chu kỳ giặt rửa tiêu chuẩn.

Những kết quả nghiên cứu này đặt ra yêu cầu cần tiến hành các nghiên cứu sâu hơn nhằm khám phá tiềm năng ứng dụng của những cách tiếp cận xanh, thân thiện với môi trường nhằm tăng cường tính chất chống cháy cho vật liệu vải sợi tại Việt Nam nói riêng, và trên thế giới nói chung.



Hình 3. Ảnh SEM của mẫu vải sợi cotton chưa qua xử lý và mẫu vải sợi cotton đã xử lý

Lời cảm ơn. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn sự tài trợ của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam để thực hiện nghiên cứu này thông qua đề tài mã số: TĐPCCC.02/21-23.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cavallini M, Papagni MF, Baruffaldi Preis FW, (2007). Fire disasters in the twentieth century. *Annals of Burns and Fire Disasters*, **20(2)**, 101.
- [2] Alongi J, Malucelli G, (2015). Cotton flame retardancy: Sstate of the art and future perspectives. *RSC Advances*, **5**, 24239.
- [3] Ling C, Guo L, Wang Z, (2023). A review on the state of flame-retardant cotton fabric: Mechanisms and applications. *Industrial Crops and Products*, **194**, 116264.
- [4] Willard JJ, Wondra RE, (1970). Quantitative evaluation of flame-retardant cotton finishes by the limiting-oxygen index (LOI) technique. *Textile Research Journal*, **40(3)**, 203.
- [5] Rao W, Shi J, Yu C, Zhao HB, Wang YZ, (2021). Highly efficient, transparent, and environment-friendly flame-retardant coating for cotton fabric. *Chemical Engineering Journal*, **424**, 130556.
- [6] Tsafack MJ, Levalois-Grützmacher J, (2006). Flame retardancy of cotton textiles by plasma-induced graft-polymerization (PIGP). *Surface and Coatings Technology*, **201(6)**, 2599.
- [7] Wan C, Tian P, Liu M, Zhang G, Zhang F, (2019). Synthesis of a phosphorus- nitrogen flame retardant endowing cotton with high whiteness and washability. *Industrial Crops and Products*, **141**, 111738.
- [8] Abe FR, Oliveira AAS, Marino RV, Rialto TCR, Oliveira DP, Dorta DJ, (2021). A comparison of developmental toxicity of brominated and halogen-free flame retardant on zebrafish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **208**, 111745.
- [9] Shaw S, (2010). Halogenated flame retardants: Do the fire safety benefits justify the risks? *Journal of Environmental and Public Health*, **25(4)**, 261.
- [10] Shikder AAR, Al Mamun A, Islam T, Khan HK, Uddin MZ, (2021). Fire retardant properties enhancement of cotton twill fabric using pumpkin (*Cucurbita maxima*) extract. *Heliyon*, **9**, e14806.
- [11] Lokhande KD, Bhakare MA, Bondarde MP, Dhupal PS, Some S, (2022). Bio-derived efficient flame-retardants for cotton fabric. *Cellulose*, **29**, 3583.
- [12] Basak S, Samanta KK, Chattopadhyay SK, (2015). Fire retardant property of cotton fabric treated with herbal extract. *The Journal of The Textile Institute*, **106**, 1338.
- [13] Kilinc FS, (2013). Handbook of Fire Resistant Textiles. Cambridge: Woodhead Publishing.