

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



NGUYỄN TRỌNG TUẤN

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẢI BÔNG KHÁNG KHUẨN BẰNG
DỊCH TÁCH CHIẾT TỪ QUẢ MẶC NỬA VÀ KẾT HỢP VỚI
MỘT SỐ PHỤ GIA KHÁC**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Ngành: Vật liệu Cao phân tử và tổ hợp

Mã số: 9 44 01 25

Hà Nội - Năm 2024

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn
lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học:

1. GS. TS. Thái Hoàng
2. TS. Nguyễn Thị Thu Trang

Phản biện 1: PGS.TS. Nguyễn Minh Ngọc

Phản biện 2: PGS.TS. Vũ Quốc Trung

Phản biện 3: TS. Đào Anh Tuấn

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện họp
tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ
Việt Nam vào hồi giờ, ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Trong những năm gần đây, sản phẩm dệt, may có khả năng kháng khuẩn được nghiên cứu, phát triển và sản xuất công nghiệp với quy mô lớn nhằm nâng cao chất lượng cuộc sống và an toàn cho con người. Khi bị vi khuẩn *Escherichia coli* và *Staphylococcus aureus* xâm nhập, sản phẩm dệt may không có khả năng kháng khuẩn thường có mùi khó chịu, dễ phai màu, hư hỏng và là nguồn lây nhiễm bệnh. Khi tiếp xúc với da hoặc đường hô hấp, vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* có thể gây ra các vấn đề sức khỏe như kích ứng da khi tiếp xúc, nhiễm trùng da, nhiễm khuẩn huyết và các vấn đề sức khỏe khác. Trong số các loại vải, vải bông là một loại vải phổ biến được sử dụng để sản xuất quần sản phẩm may mặc đặc biệt là trẻ sơ sinh nhờ các tính chất ưu việt của nó như độ thấm hút cao, mềm mại, thoáng khí, có độ bền cao và không gây tổn thương khi tiếp xúc với da. Chất kháng khuẩn sử dụng cho vải có nguồn gốc hữu cơ hoặc nguồn gốc vô cơ, trong đó chất kháng khuẩn nguồn gốc hữu cơ phổ biến gồm alkaloid, hợp chất lưu huỳnh hữu cơ, axit phenolic, flavonoid, carotenoid, coumarin, terpen, tannin, từ thực vật (lá cây, vỏ cây, củ, quả và hạt của cây) hoặc chitosan từ vỏ tôm, vỏ cua... Các chất kháng khuẩn nguồn gốc vô cơ phổ biến gồm các hạt nano kim loại, nano oxide kim loại và hỗn hợp của chúng (Ag, Zn, Cu, Au, Ti, Pt, Fe...), các loại zeolite... Các chất kháng khuẩn nói trên đều được nghiên cứu một cách độc lập mà chưa có công trình nghiên cứu nào sử dụng kết hợp chất kháng khuẩn vô cơ, hữu cơ và dịch chiết thực vật. Ở Việt Nam, nguồn chất kháng khuẩn từ thực vật rất phong phú và đa dạng, trong đó quả mặc nưa đã từng được dân gian sử dụng để nhuộm màu cho vải. Sau xử lý, vải có nhiều tính chất quý, đặc biệt là khả năng kháng khuẩn và chống tia UV. Sử dụng nguyên liệu quả mặc nưa để xử lý vải bông sẽ góp phần tận dụng nguồn nguyên liệu có sẵn, thay thế một phần thuốc nhuộm tổng hợp, giảm ô nhiễm môi trường, tạo ra sản phẩm thân thiện, an toàn và phát triển làng nghề truyền thống tại Việt Nam.. Vì vậy, nghiên cứu sinh lựa chọn đề tài: “*Nghiên cứu chế tạo vải bông kháng khuẩn bằng dịch tách chiết từ quả mặc nưa và kết hợp với một số phụ gia khác*” nhằm khai thác tính chất kháng khuẩn từ nguyên liệu tự nhiên kết hợp với các chất kháng khuẩn nguồn gốc vô cơ, hữu cơ thương mại để nâng cao chất lượng vải bông kháng khuẩn, trong đó có độ bền kháng khuẩn, bền tia tử ngoại và một số tính chất sinh thái.

2. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

- Tách chiết, xác định được hàm lượng các chất tannin, hydroquinone, saponin trong dịch chiết từ quả mặc nưa và đánh giá khả năng kháng khuẩn của các hợp chất này.
- Xác định được điều kiện tối ưu của quy trình xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa có khả năng kháng các vi khuẩn *E coli* và vi khuẩn *S. aureus*.
- Xác định được tỷ lệ thành phần thích hợp của hỗn hợp xử lý vải bông kháng khuẩn (dịch chiết mặc nưa/nước, hàm lượng zeolite/Ag-Zn, hàm lượng tannin)

cũng như các yếu tố công nghệ tối ưu để xử lý vải bông có khả năng kháng các vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* trên 98 %.

- Chế tạo được vải bông ngoài khả năng kháng khuẩn còn có tính chất cơ học tốt, bền với tia UV, bền màu, đáp ứng yêu cầu về tính an toàn đối với người sử dụng, thân thiện với môi trường thông qua quá trình xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa kết hợp zeolite/Ag-Zn, hàm lượng tannin.

3. Nội dung nghiên cứu của luận án

- Nghiên cứu tách chiết và xác định hàm lượng tannin, hydroquinone, saponin trong quả mặc nưa.

- Nghiên cứu khả năng kháng khuẩn của dịch chiết từ quả mặc nưa đối với 2 chủng vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus*.

- Nghiên cứu tối ưu hóa quy trình xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa đạt khả năng kháng khuẩn cao.

- Nghiên cứu tối ưu hóa tỷ lệ hỗn hợp xử lý vải bông (dịch chiết từ quả mặc nưa, zeolite/Ag-Zn và tannin) tiêu diệt vi khuẩn tốt.

- Nghiên cứu hiệu quả kết hợp nâng cao độ bền kháng khuẩn và một số đặc trưng, tính chất của vải bông khi sử dụng đồng thời dịch chiết từ quả mặc nưa với zeolite/Ag-Zn và tannin.

4. Bố cục của luận án

Luận án bao gồm 105 trang, 73 hình, 41 bảng, 145 tài liệu tham khảo và 29 phụ lục. Bố cục của luận án gồm các phần như sau: mở đầu, 3 chương nội dung, kết luận. 02 bài báo (trên tạp chí SCIE), 01 bài báo đã được chấp nhận đăng trên tạp chí SCOPUS.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

Chương 1 được trình bày trong 33 trang gồm 28 hình và 08 bảng. Từ tổng quan tình hình nghiên cứu trên trên giới và ở Việt Nam, có thể thấy chế tạo vải bông sử dụng các hợp chất tách chiết từ quả mặc nưa kết hợp với các chất kháng khuẩn hữu cơ và vô cơ thân thiện hơn với môi trường đã góp phần nâng cao độ bền kháng khuẩn, tăng tính chất cơ lý, chống tia UV... cho vải bông. Các nghiên cứu về vải bông kháng khuẩn chủ yếu sử dụng các tác nhân đơn lẻ, riêng rẽ như chất kháng khuẩn có nguồn gốc vô cơ kim loại (Au, Ag, Ti, Zn, Cu...) dạng hạt nano, oxide nano hoặc hỗn hợp; dịch chiết cây trà không, chè...; các polymer như chitosan, polymer có gốc N-halaminee... Tuy nhiên, sự phối hợp giữa các hợp chất tách chiết từ quả mặc nưa với chất kháng khuẩn zeolite/Ag-Zn và tannin cho xử lý vải bông chưa có nghiên cứu nào công bố. Vì vậy, xác định được tỷ lệ thành phần thích hợp của hỗn hợp xử lý vải bông (dịch chiết mặc nưa/nước, hàm lượng zeolite/Ag-Zn, hàm lượng tannin) cũng như các yếu tố công nghệ tối ưu để xử lý vải bông có khả năng kháng các vi khuẩn tốt, có tính chất cơ học tốt, bền với tia UV, bền màu, an toàn đối với người sử dụng là mục tiêu chủ yếu của luận án này.

CHƯƠNG 2. THỰC NGHIỆM

Chương 2 được trình bày trong 27 trang, 22 hình và 05 bảng gồm các phần:

2.1. Đối tượng nghiên cứu

2.1.1. Hóa chất và nguyên liệu

2.1.2. Các thiết bị, dụng cụ chủ yếu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chiết tách và tạo dịch chiết từ quả mặc nưa tươi sử dụng rung siêu âm

2.2.2. Chiết tách và tạo cao chiết từ quả mặc nưa khô sử dụng rung siêu âm

2.2.3. Xác định hàm lượng tannin, hydroquinone, saponin trong mẫu cao chiết từ quả mặc nưa

2.2.4. Quy trình xử lý vải bông và tối ưu hóa quy trình công nghệ

2.2.4.1. Tối ưu hóa quy trình xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa

2.2.4.2. Tối ưu hóa tỷ lệ thành phần hỗn hợp xử lý cho vải bông

2.2.4.3. Xử lý vải bông bằng hỗn hợp

2.2.5. Nhuộm vải bông bằng thuốc nhuộm hoạt tính

2.2.6. Áp dụng quy trình tối ưu vào sản xuất thử nghiệm vải bông kháng khuẩn

2.2.7. Xác định khả năng kháng khuẩn của vải bông

2.2.8. Xác định khả năng kháng khuẩn của dịch chiết từ quả mặc nưa

2.2.9. Xác định các tính chất vải bông sau xử lý

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Chương 3 được trình bày trong 45 trang bao gồm 23 hình và 28 bảng.

3.1. Hàm lượng một số hợp chất có trong quả mặc nưa

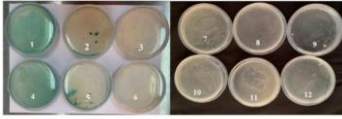
Từ kết quả xác định hàm lượng tannin trong cao chiết từ quả mặc nưa khô trong Bảng 3.1, với hàm ẩm của quả là 68,89 %, có thể ngoại suy được hàm lượng tannin trong dịch chiết quả mặc nưa tươi là khoảng 9,98 %. Hàm lượng tannin trong dịch chiết từ quả mặc nưa trong nghiên cứu này tương đương với các kết quả đã được công bố trước đây của GS. Đỗ Tất Lợi (hàm lượng tannin trung bình có trong quả mặc nưa ở Việt Nam khoảng 10 %) [98]. Trong khi đó, hàm lượng tannin có trong quả mặc nưa của Thái Lan là 12 – 15 % [100]. Theo nghiên cứu của Valenzuela, Rattanachak, hydroquinone được sử dụng như một chất chống oxy hóa, dùng làm thuốc nhuộm, hydroquinone ức chế và tiêu diệt cả vi khuẩn *S. aureus*, *E. cloacae*, *E. coli*, *K. pneumoniae* [103, 104]. Saponin có đặc điểm chung là khi hòa tan trong nước sẽ có tác dụng giảm sức căng bề mặt của dung dịch và tạo nhiều bọt [105]. Do đó, saponin như một chất hoạt động bề mặt được sử dụng trong quá trình xử lý vải bông mà không cần phải bổ sung chất hoạt động bề mặt như quá trình nhuộm vải bông bằng thuốc nhuộm hoạt tính. Vì có sẵn trong quả mặc nưa nên saponin góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Bảng 3.1 Thành phần các chất có trong cao chiết từ quả mặc nưa khô

Stt	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị tính	Hàm lượng
1	Tannin	%	32,1
2	Hydroquinone	%	5,1
3	Saponin	%	16,3

Bảng 3.2 và các Hình 3.1, 3.2, thể hiện khả năng diệt vi khuẩn của tannin chiết tách từ quả mặc nưa đối với vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* với tỷ lệ suy giảm là

88,90 % và 90,50%, của cao chiết đối với hai chủng vi khuẩn là 99,9 %. Trong khi đó dịch chiết từ quả mặc nưa khô có khả năng tiêu diệt đối với hai chủng vi khuẩn này là 81,62 % và 82,36 %, dịch chiết từ quả mặc nưa tươi có khả năng tiêu diệt đối với hai chủng vi khuẩn này là 96,65 % và 92,29 %.



Hình 3.1. Ảnh bề mặt của mẫu đĩa thạch chứa dịch chiết quả mặc nưa tươi và mẫu đối chứng



Hình 3.2. Ảnh bề mặt của mẫu đĩa thạch chứa dịch chiết quả mặc nưa khô và mẫu đối chứng

Có thể thấy trong quả mặc nưa ngoài tannin có khả năng kháng khuẩn thì hydroquinone hay diospyros và một số các hợp chất hữu cơ khác cũng có khả năng tiêu diệt vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus*. Cao tổng chiết tách từ quả mặc nưa có khả năng kháng khuẩn tốt nhất. Điều này có thể do khả năng kháng khuẩn kết hợp của nhiều hợp chất hữu cơ như tannin, hydroquinone, polyphenol, alkaloid, sterol,... trong cao tổng [106, 107]. Với cùng một tỷ lệ nguyên liệu đầu vào, dịch chiết từ quả mặc nưa khô có khả năng kháng khuẩn kém hơn so với dịch chiết từ quả mặc nưa tươi vì trong quá trình sấy, dưới tác động của nhiệt độ và sự bay hơi của nước, một lượng các hợp chất hữu cơ nhạy nhiệt có thể bị phân hủy và thất thoát, đồng thời các hợp chất hữu cơ cũng có thể bị chuyển hóa trong thời gian dài tiếp xúc với nhiệt. Hợp chất diospyros trong quả có thể bị oxy hóa, góp phần làm giảm hoạt tính kháng khuẩn của dịch chiết từ quả mặc nưa khô.

Bảng 3.2. Khả năng kháng khuẩn của tannin và dịch chiết từ dịch chiết quả mặc nưa

Chi tiêu		Kết quả	
Tannin (nồng độ 2 % theo khối lượng)	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$2,0 \times 10^4$
		% Suy giảm	88,90
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^4$
		% Suy giảm	90,50
Cao chiết từ quả mặc nưa khô (nồng độ 2 % theo khối lượng)	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,9 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,4 \times 10^3$
		% Suy giảm	99,99
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,4 \times 10^3$
		% Suy giảm	99,99
Dịch chiết từ quả mặc nưa khô (nồng độ 2 % theo thể tích)	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,5 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,3 \times 10^3$
		% Suy giảm	81,62
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,4 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,2 \times 10^3$
		% Suy giảm	82,36
Dịch chiết từ quả mặc nưa tươi (nồng độ 2 % theo thể tích)	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,9 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,6 \times 10^3$
		% Suy giảm	96,65
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,9 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,2 \times 10^3$
		% Suy giảm	92,29

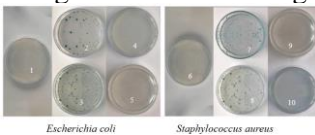
3.2. Lựa chọn dịch chiết từ quả mặc nưa để xử lý vải bông đáp ứng yêu cầu kháng khuẩn

Từ kết quả trong Bảng 3.3, có thể thấy dịch chiết từ quả mặc nưa tươi có khả năng nhuộm màu cho vải bông tốt hơn nhiều so với dịch chiết từ quả mặc nưa khô, thể hiện theo giá trị L^* . Giá trị L^* của vải bông xử lý bằng dịch chiết quả mặc nưa khô có giá trị 74,36, màu nhạt hơn so với dịch chiết từ quả mặc nưa tươi có giá trị 20,02.

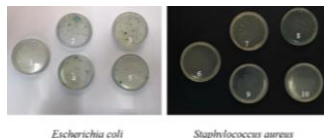
Bảng 3.3. Sự thay đổi màu sắc của vải bông được xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô và mặc nưa tươi

Vải bông	L^*	a^*	b^*	C^*	H^*	ΔE^*	K/S	Ảnh mẫu vải
Không xử lý	90,00 ± 0,02	1,11 ± 0,01	7,60 ± 0,01	7,69 ± 0,01	81,70 ± 0,02		0,07	
Xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô	74,36 ± 0,02	2,41 ± 0,01	9,90 ± 0,01	10,19 ± 0,01	76,92 ± 0,02	6,23 ± 0,01	0,45	
Xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa tươi	20,02 ± 0,02	3,36 ± 0,01	4,46 ± 0,01	5,58 ± 0,01	52,96 ± 0,02	25,09 ± 0,01	18,52	

Độ lệch màu ΔE^* vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô là 6,23, chênh lệch rất lớn so với giá trị ΔE^* của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa tươi ($\Delta E^* = 25,09$). Giá trị K/S của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô và từ quả mặc nưa tươi lần lượt đạt 0,45 và 18,52. Giá trị này cho thấy các hợp chất có trong dịch chiết từ quả mặc nưa tươi trong quá trình xử lý vải bông đã được hấp phụ lên vải bông lớn hơn rất nhiều so với các chất có trong dịch chiết từ quả mặc nưa khô. Như ảnh mẫu vải bông sau xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô có màu nhạt hơn rất nhiều so với mẫu vải xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa tươi. Kết quả trong Bảng 3.4, các Hình 3.3 – 3.4, cho thấy tỷ lệ suy giảm của vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* trên vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa tươi đều đạt 99,9 %, trong khi tỷ lệ suy giảm này đối với vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô là 18,60 % và 22,30 %. Điều này có thể do quả khô cứng hơn so với quả tươi, làm cho các hợp chất có khả năng kháng khuẩn như tannin, hydroquinone, diospyros và một số hợp chất hữu cơ kháng khuẩn khác khó tách ra hơn, do đó, chúng được hấp phụ rất ít hoặc không hấp phụ lên vải bông trong quá trình xử lý, làm cho khả năng kháng khuẩn của vải bông sau xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô giảm mạnh. Vì vậy, với khả năng lên màu và khả năng kháng khuẩn tốt, dịch chiết từ quả mặc nưa tươi được lựa chọn để xử lý kháng khuẩn cho vải bông.



Hình 3.3. Ảnh bề mặt của đĩa thạch vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa tươi và mẫu đối chứng



Hình 3.4. Ảnh bề mặt của đĩa thạch của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa khô và mẫu đối chứng

Bảng 3.4. . Khả năng kháng khuẩn của vải bông xử lý bởi dịch chiết quả mướp đắng

Chi tiêu		Kết quả	
Vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mướp đắng khô	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,6 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,3 \times 10^3$
		% Suy giảm	18,60
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,3 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,1 \times 10^3$
		% Suy giảm	1,6 x 10⁵
Vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mướp đắng tươi	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,0 \times 10^2$
		% Suy giảm	99,9
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,9 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,0 \times 10^2$
		% Suy giảm	99,9

3.3. Tối ưu hóa quy trình xử lý vải bông và tối ưu hóa tỷ lệ thành phần hỗn hợp xử lý vải bông

3.3.1. Tối ưu hóa quy trình xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mướp đắng

Phân tích phương sai ANOVA trong Bảng 3.5 cho thấy hệ số hồi quy tuyến tính (R^2) phù hợp của 2 phương trình hàm mục tiêu Y_1 (tỷ lệ % vi khuẩn *S. aureus* bị tiêu diệt) và Y_2 (tỷ lệ % vi khuẩn *E. coli* bị tiêu diệt) với các biến công nghệ X_1 (nhiệt độ: °C), X_2 (thời gian: phút), X_3 (tỷ lệ dịch chiết từ quả mướp đắng so với nước: tt/tt) theo phương trình bậc hai, lần lượt là 96,94 % và 97,88 %. Hệ số R^2 điều chỉnh của Y_1 và Y_2 lần lượt là 95,63 % và 96,69 %. Các giá trị này xấp xỉ 100 %, cho thấy mô hình được chọn có tính tương thích cao với thực nghiệm.

Bảng 3.5. Phân tích phương sai ANOVA cho các hàm mục tiêu

Yếu tố	Tỷ lệ tiêu diệt vi khuẩn <i>S. aureus</i>		Tỷ lệ tiêu diệt vi khuẩn <i>E. coli</i>	
	Giá trị F	Giá trị P	Giá trị F	Giá trị P
Mô hình	73,94	0,000	107,49	0,000
Tuyến tính	85,70	0,000	127,11	0,000
X_1 (°C)	150,20	0,000	229,75	0,000
X_2 (phút)	0,87	0,367	1,39	0,259
X_3 (v/v)	120,22	0,000	171,12	0,000
Bình phương hiệu chỉnh	28,94	0,000	41,99	0,000
$(X_1)^2$ (°C) ²	71,21	0,000	107,10	0,000
$(X_2)^2$ (phút) ²	0,04	0,835	0,02	0,895
$(X_3)^2$ (tt/tt) ²	19,26	0,001	22,20	0,000

Số liệu trong Bảng 3.5 khẳng định mô hình này có tính tương thích cao với thực nghiệm còn bởi giá trị chuẩn Fisher của mô hình với hai hàm mục tiêu là khá cao ($F = 107,49$ với Y_1 và $F = 73,94$ với Y_2). Mô hình có ý nghĩa thống kê với giá trị $p < 0,05$. Các phương trình hồi quy bậc 2 tương ứng với các hàm mục tiêu Y_1 , Y_2 theo các biến/các yếu tố công nghệ X_1 , X_2 , X_3 lần lượt là:

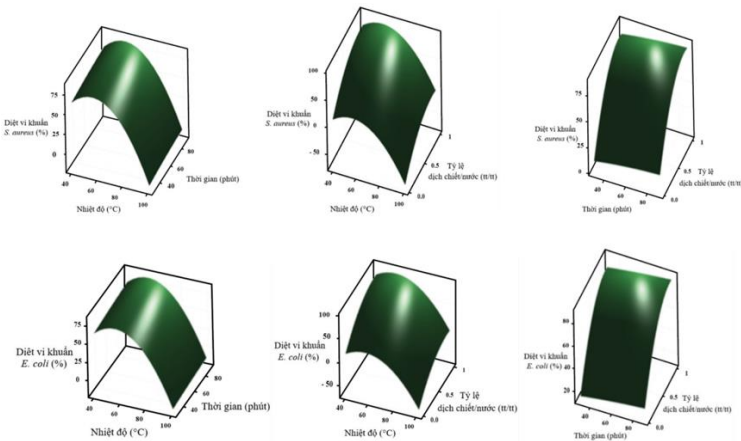
$$Y_1 (\%) = -144,3 + 5,551X_1 + 0,241X_2 + 160,9X_3 - 0,04936(X_1)^2 - 0,00111(X_2)^2 - 90,3(X_3)^2 \quad (3.1)$$

$$Y_2 (\%) = -136,3 + 5,482X_1 + 0,178X_2 + 146,2X_3 - 0,04884(X_1)^2 - 0,00057(X_2)^2 - 78,2(X_3)^2 \quad (3.2)$$

Các hệ số của phương trình bậc 2 với các phân tích ANOVA tương ứng được liệt kê trong Bảng 3.6. Đồ thị bề mặt đáp ứng phản ánh sự phụ thuộc của các hàm mục tiêu vào các biến công nghệ khảo sát được trình bày trên Hình 3.5.

Bảng 3.6. Hệ số của phương trình bậc 2 tương ứng với các hàm mục tiêu và phân tích phương sai ANOVA tương ứng

Điều kiện	Tỷ lệ tiêu diệt vi khuẩn <i>S. aureus</i>					Tỷ lệ tiêu diệt vi khuẩn <i>E. coli</i>				
	Hệ số	Sai số tiêu chuẩn	Giá trị T	Giá trị P	Phân tích phương sai	Hệ số	Sai số tiêu chuẩn	Giá trị T	Giá trị P	Phân tích phương sai
Hằng số	71,17	2,77	25,2	0,000		70,62	2,23	31,62	0,000	
X1 (°C)	-40,76	3,33	-12,26	0,000	1,08	-40,68	2,68	-15,16	0,000	1,08
X2 (phút)	3,22	3,46	0,93	0,367	1,00	3,29	2,79	1,18	0,259	1,00
X3 (tt/tt)	34,53	3,15	10,96	0,000	1,40	33,24	2,54	13,08	0,000	1,40
(X ₁) ² (°C) ²	-44,42	5,26	-8,44	0,000	1,16	-43,96	4,25	-10,35	0,000	1,16
(X ₂) ² (phút) ²	-1,00	4,72	-0,21	0,835	1,17	-0,51	3,81	-0,14	0,895	1,17
(X ₃) ² (tt/tt) ²	-22,12	5,04	-4,39	0,001	1,44	-19,16	4,07	-4,71	0,000	1,44

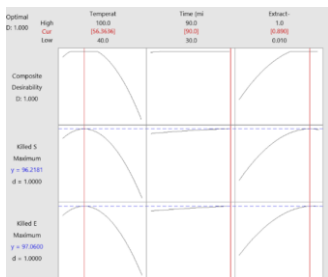


Hình 3.5. Đồ thị bề mặt đáp ứng phản ánh sự phụ thuộc của các hàm mục tiêu vào các biến công nghệ

Một bộ thông số công nghệ tối ưu đã được xác định và các hàm mục tiêu tương ứng được trình bày trong Bảng 3.7 và trên Hình 3.6. Mức độ đáp ứng của bộ thông số tối ưu này so với lý thuyết là 1.

Bảng 3.7. Điều kiện công nghệ tối ưu và các giá trị lý thuyết và thực nghiệm của hàm mục tiêu ở điều kiện tối ưu

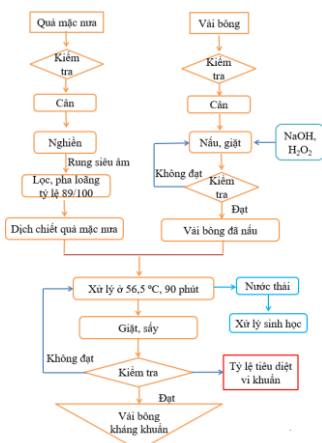
Điều kiện tối ưu			Hàm mục tiêu	Kết quả	
Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Tỷ lệ dịch chiết quả mận nửa/nước (tt/tt)		Lý thuyết	Thực nghiệm
56,5	90	0,89	Tỷ lệ vi khuẩn <i>S. aureus</i> bị tiêu diệt (%)	96,22	99,9
			Tỷ lệ vi khuẩn <i>E. coli</i> bị tiêu diệt (%)	97,06	99,9



Hình 3.6. Mức mong muốn của các hàm mục tiêu ở điều kiện tối ưu

Như vậy, điều kiện tối ưu cho quy trình xử lý vải bông kháng khuẩn bằng dịch chiết từ quả mận nửa là: Nhiệt độ 56,5 °C, thời gian 90 phút và tỷ lệ dịch chiết quả mận nửa/nước 89/100 (tt/tt). Kết quả phân tích cho thấy vải bông được xử lý có khả năng tiêu diệt 99,9% các vi khuẩn *E. coli*, *S. aureus*.

Từ kết quả giải bài toán tối ưu, đơn công nghệ và quy trình công nghệ xử lý vải bông kháng khuẩn như sau:



Hình 3.7. Sơ đồ quy trình xử lý vải bông kháng khuẩn bằng dịch chiết từ quả mận nửa

3.3.2. Tối ưu hóa tỷ lệ thành phần hỗn hợp xử lý vải bông

Các Bảng 3,8 – 3,9 trình bày kết quả xác định thế Zeta của 15 mẫu hỗn hợp lỏng xử lý vải bông theo sự thay đổi tỷ lệ dịch chiết mận nửa với nước (A), hàm lượng zeolite/Ag-Zn (B), hàm lượng tannin (C) theo mô hình Box-Behnken. Có thể thấy, các mẫu hỗn hợp có giá trị thế Zeta ổn định cao, đều nhỏ hơn -40 mV. Kết quả phân tích phương sai ANOVA của mô hình bậc hai đã được áp dụng để tối ưu hóa tỷ lệ thành phần hỗn hợp xử lý vải bông.

Theo đó, tỷ lệ dịch chiết mận nửa với nước (A), hàm lượng zeolite/Ag-Zn (B), hàm lượng tannin (C) là các yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đối với hàm mục tiêu là thế Zeta của hỗn hợp xử lý cho vải bông ($p < 0,05$). Giá trị chuẩn Fisher (giá trị F)

- Đơn công nghệ:
- + Vải bông dệt thoi: M (kg)
- + NaOH: a (gam)
- + H₂O₂: b (ml)
- + Quả mận nửa: M (kg)
- + Khối lượng quả mận nửa/nước (kl/tt): 1/2
- + Tỷ lệ dịch chiết quả mận nửa/nước (tt/tt): 89/100
- + Nhiệt độ xử lý: 56,5 (°C)
- + Thời gian xử lý: 90 (phút)
- + Độ pH: 4,5
- + Dung tỷ: 1/20 (tỷ lệ vải so với dung dịch: kl/tt)

khá cao cho thấy hàm mục tiêu là phù hợp với mô hình bậc hai. Ngoài ra, giá trị hồi quy (R^2) của mô hình này là 0,945, trong khi giá trị hồi quy điều chỉnh là 0,846, giá trị p của mức độ phù hợp là 0,217, cao hơn nhiều so với giá trị 0,05. Sau khi loại bỏ các yếu tố không ảnh hưởng (các yếu tố có giá trị $p > 0,05$) đến thế Zeta của hỗn hợp xử lý vải bông, phương trình thế Zeta của hỗn hợp xử lý vải bông theo các biến trên như sau:

$$\text{Thế Zeta (mV)} = -43,4333 + 0,6875B + 0,729167A^2 + 0,929167 B^2 \quad (3.3)$$

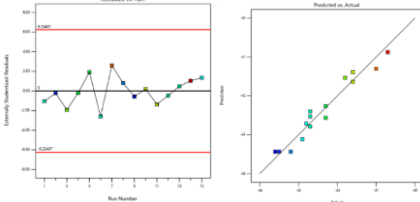
Bảng 3.8. Kết quả xác định thế Zeta của 15 mẫu vải bông theo quy hoạch thực nghiệm

Stt	Tỷ lệ hỗn hợp chiết/nước (tt/tt), A	ZeoliteAg-Zn (%), B	Hàm lượng tannin (%), C	Thế Zeta (mV) $\pm 0,2$; Y
1	0,87	0,05	0,1	-42,7
2	0,91	0,05	0,1	-42,7
3	0,87	0,15	0,1	-40,7
4	0,91	0,15	0,1	-41,0
5	0,87	0,1	0,05	-42,7
6	0,91	0,1	0,05	-42,3
7	0,87	0,1	0,15	-41,6
8	0,91	0,1	0,15	-42,8
9	0,89	0,05	0,05	-42,9
10	0,89	0,15	0,05	-41,8
11	0,89	0,05	0,15	-42,3
12	0,89	0,15	0,15	-42,7
13	0,89	0,1	0,1	-43,5
14	0,89	0,1	0,1	-43,0
15	0,89	0,1	0,1	-42,8

Bảng 3.9. Phân tích ANOVA của mô hình đã thiết lập theo điện thế Zeta (mV)

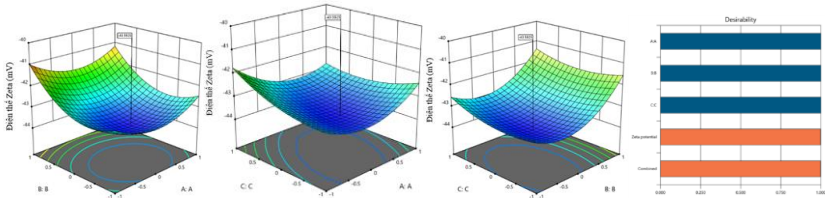
Yếu tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P
Model	9,88	9	1,1	9,56	0,0114*
A-A	0,1512	1	0,1512	1,32	0,3030 ^{NS}
B-B	3,78	1	3,78	32,93	0,0023*
C-C	0,245	1	0,245	2,13	0,2039 ^{NS}
AB	0,0225	1	0,0225	0,1959	0,6765 ^{NS}
AC	0,640	1	0,640	5,57	0,0647 ^{NS}
BC	0,040	1	0,040	0,3483	0,5807 ^{NS}
A ²	1,96	1	1,96	17,10	0,009*
B ²	3,19	1	3,19	27,76	0,0033*
C ²	0,4631	1	0,4631	4,03	0,1009 ^{NS}
Phần dư	0,5742	5	0,114		
Mức độ phù hợp	0,4875	3	0,162	3,75	0,2176 ^{NS}
Sai số thuần	0,0867	2	0,043		
Tổng tương quan	10,46	14			
Giá trị hồi quy R ²	0,9451				
Giá trị hồi quy điều chỉnh R ²	0,8462				
Độ chính xác	9,2463				

Hình 3.8 phản ánh sự phân bố các giá trị thế Zeta của 15 mẫu vải bông được xử lý/thí nghiệm so với dự báo (đường trung tâm). Các giá trị này tập trung gần đường trung tâm, chứng tỏ sự phù hợp thế Zeta của hỗn hợp xử lý các mẫu vải bông thí nghiệm so với dự báo.



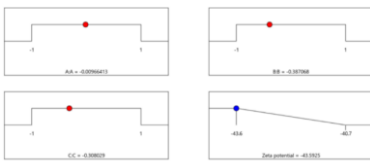
Hình 3.8. Đồ thị phân phối các giá trị thế Zeta thực tế so với giá trị dự báo

Vì vậy, quá trình tối ưu hóa được thực hiện bằng phần mềm Design Expert 23.1.0 với mục tiêu tìm ra giá trị thế Zeta âm nhất trong vùng khảo sát các biến độc lập. Mức quan trọng của thế Zeta với mức ưu tiên là 5.



Hình 3.9. Bề mặt đáp ứng thể hiện tác động tương tác đôi của các biến công nghệ lên thế Zeta của hỗn hợp xử lý vải bông và mức độ mong muốn của thế Zeta

Hình 3.9 thể hiện các bề mặt đáp ứng tác động tương tác đôi của các biến công nghệ (tỷ lệ dịch chiết từ quả mặc nưa/nước, hàm lượng zeolite/Ag-Zn, tannin) lên thế Zeta của hỗn hợp xử lý vải bông. Vùng màu xanh da trời là vùng tối ưu. Vùng màu xanh da trời nhạt, xanh lục và vàng là các vùng mà giá trị tối ưu giảm dần. Điều kiện tối ưu được thể hiện trên Hình 3.10 với giá trị dự báo thế Zeta của hỗn hợp xử lý ở điều kiện tối ưu là -43,59 mV. Điều kiện tối ưu bao gồm tỷ lệ dịch chiết mặc nưa với nước (A) là 89/100 (tt/tt), hàm lượng zeolite/Ag-Zn (B) là 0,083 %, hàm lượng tannin (C) là 0,085 %.



Hình 3.10. Biểu đồ đường dốc của hàm mục tiêu tối ưu

Để kiểm tra tính phù hợp của kết quả dự đoán và kết quả thí nghiệm thực tế, 3 thí nghiệm đã được thực hiện lặp ở điều kiện tối ưu. Như vậy, có sự phù hợp tốt của hàm tính toán thế Zeta theo các yếu tố phản ánh tỷ lệ thành phần hỗn hợp xử lý vải bông theo dự báo và theo thực nghiệm.

Bảng 3.10. Thế Zeta của hỗn hợp xử lý vải bông

Stt	Điều kiện tối ưu			Thực nghiệm	Lý thuyết	RSD (%)
	Tỷ lệ dịch chiết mặc nra so với nước (tt/tt)	Zeolite/Ag-Zn (%)	Tannin (%)	Thế Zeta (mV)	Thế Zeta (mV)	
1	89/100	0,083	0,085	-43,0	-43,59	1,35
2	89/100	0,083	0,085	-43,5	-43,59	0,23
3	89/100	0,083	0,085	-42,8	-43,59	1,81

Từ kết quả giải bài toán tối ưu tỷ lệ thành phần hỗn hợp xử lý vải bông, đơn công nghệ và quy trình công nghệ xử lý vải bông kháng khuẩn như sau:



- Đơn công nghệ:
- + Vải bông dệt thời: M (kg)
- + NaOH: a (gam), H₂O₂: b (ml)
- + Quả mặc nra: M (kg)
- + Khối lượng quả mặc nra/nước (kl/tt): 1/2
- + Tỷ lệ dịch chiết quả mặc nra/nước (tt/tt): 89/100
- + Zeolite Ag/Zn: 0,083 %, tannin: 0,085 % (so với khối lượng vải bông)
- + Nhiệt độ xử lý: 56,5 (°C)
- + Thời gian xử lý: 90 (phút)
- + Độ pH: 4,5
- Dung tỷ: 1/20 (tỷ lệ vải so với dung dịch: (kl/tt)

Hình 3.11. Sơ đồ quy trình xử lý vải bông kháng khuẩn bằng hỗn hợp

3.4. Đặc trưng, tính chất của vải bông kháng khuẩn

3.4.1. Khả năng nhuộm màu đối với vải bông

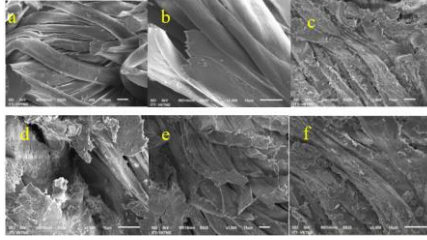
Theo kết quả trong Bảng 3.11, dịch chiết từ quả mặc nra, thuốc nhuộm hoạt tính và hỗn hợp xử lý đều có khả năng nhuộm màu cho vải bông được thể hiện bằng giá trị L* lần lượt là 20,02, 20,68 và 26,78. Độ lệch màu ΔE* của 3 mẫu vải bông đạt 25,09, 21,52 và 22,51.

Bảng 3.11. Sự thay đổi màu sắc của vải bông được xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nra, thuốc nhuộm hoạt tính và xử lý bằng hỗn hợp

Vải bông	L*	a*	b*	C*	H*	ΔE*	K/S	Ảnh mẫu vải
Không xử lý	90,00 ± 0,02	1,11 ± 0,01	7,60 ± 0,01	7,69 ± 0,01	81,70 ± 0,02	0	0,07	
Xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nra	20,02 ± 0,02	3,36 ± 0,01	4,46 ± 0,01	5,58 ± 0,01	52,96 ± 0,02	25,09 ± 0,01	18,52	
Nhuộm bằng thuốc nhuộm hoạt tính	20,68 ± 0,02	3,56 ± 0,01	7,78 ± 0,01	5,96 ± 0,01	53,32 ± 0,02	21,52 ± 0,01	19,36	
Xử lý bằng hỗn hợp	26,78 ± 0,02	2,56 ± 0,01	4,85 ± 0,01	5,49 ± 0,01	62,21 ± 0,02	22,51 ± 0,01	16,09	

3.4.2. Hình thái cấu trúc của vải bông kháng khuẩn

Ảnh SEM trên Hình 3.12 thể hiện sự thay đổi bề mặt vải bông sau xử lý bởi các hợp chất mang màu như diospyros, các tác nhân kháng khuẩn như tannin, saponin, hydroquinone, các hợp chất hữu cơ khác có trong dịch chiết quả mướp nưa và các chất phụ gia kháng khuẩn zeolite/Ag-Zn và tannin đã được hấp phụ vào trong cấu trúc và bám trên bề mặt sợi bông [108].



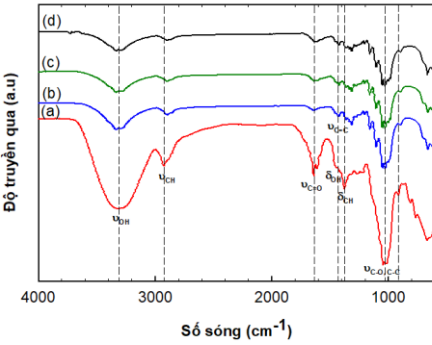
Hình 3.12. Ảnh SEM của vải bông trước khi xử lý (a, b), sau xử lý bằng dịch chiết quả mướp nưa (c, d) và vải bông xử lý bằng hỗn hợp (e, f), độ phóng đại 1000 lần và 2000 lần

Chúng có thể tương tác, liên kết với các đại phân tử cellulose, thấm sâu vào các mao quản của bông, dẫn đến sự thay đổi cấu trúc của sợi, vải bông. Quan sát ảnh SEM của vải bông xử lý kháng khuẩn bằng dịch chiết từ quả mướp nưa và vải bông xử lý bằng hỗn hợp, có thể thấy bông sau xử lý xuất hiện lớp màng mỏng nằm trên bề mặt của bông. Sự thay đổi này là do các hợp chất hữu cơ có trong quả mướp nưa và các chất phụ gia đã đi sâu vào trong cấu trúc của bông như các mao quản của lớp thành xơ cũng như lớp rãnh giữa và nằm phủ đều trên bề mặt của bông...

3.4.3. Phổ hồng ngoại của vải bông kháng khuẩn

Hình 3.13 trình bày phổ IR của dịch chiết quả mướp nưa trong nước (a), vải bông trước xử lý (b), vải bông được xử lý bằng dịch chiết từ quả mướp nưa trong nước (c) và vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu (d). Có thể thấy các vân phổ đặc trưng cho dao động của một số nhóm chức hữu cơ trong phổ IR của dịch chiết từ quả mướp nưa trong nước như dao động của nhóm O-H trong tannin, hydroquinone và saponin ở số sóng 3316 cm^{-1} , dao động của liên kết C=O trong nhóm COOH trong tannin và dao động của liên kết C=C trong vòng thơm ở 1641 cm^{-1} và 1609 cm^{-1} . Ngoài ra, dao động của các liên kết C-H và C-O, C-C còn xuất hiện ở 2924 cm^{-1} , 1379 cm^{-1} , 1046 cm^{-1} . Phổ IR của vải bông

cũng thể hiện các vân phổ hấp thụ đặc trưng của các liên kết O-H, C-H, C-C trong cellulose [109].



Hình 3.13. Phổ IR của dịch chiết quả mặc nưa (a), vải bông chưa xử lý (b), vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa (c) và vải bông xử lý bởi hỗn hợp (d)

Sau khi xử lý với dịch chiết từ quả mặc nưa, cường độ của các vân phổ đặc trưng cho các liên kết O-H, C=O thay đổi nhẹ. Ví dụ, dao động biến dạng của các nhóm O-H trên phổ IR của mẫu vải bông xử lý ở 1631 cm^{-1} do sự trùng lặp, chòong chéo (overlap) dao động biến dạng của liên kết O-H trong cellulose với dao động hóa trị của liên kết C=O trong dịch chiết từ quả mặc nưa. Điều này cho thấy dịch chiết từ quả mặc nưa đã có trên bề mặt và bên trong vải bông sau khi xử lý [110].

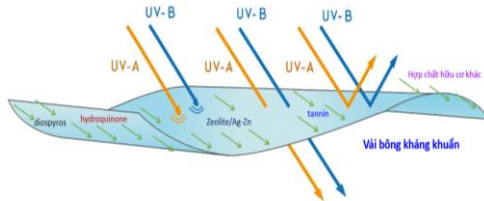
Trên các phổ IR của hỗn hợp xử lý vải bông và vải bông xử lý bởi hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu (chiết mặc nưa với nước 89/100 (tt/tt), hàm lượng zeolite/Ag-Zn 0,083 %, hàm lượng tannin 0,085 %) đều xuất hiện các dao động của các nhóm liên kết O-H, C-O, C=O, C-H và C-C trong hỗn hợp xử lý có tỷ lệ thành phần tối ưu và cellulose với các vân phổ đặc trưng nằm trong khoảng từ 4000 đến 400 cm^{-1} [111]. Quá trình xử lý không làm thay đổi các nhóm chức trong cấu trúc đại phân tử cellulose của vải bông. Không quan sát được các vân phổ đặc trưng cho dao động của các phân tử hỗn hợp xử lý do sự trùng lặp, chòong lẫn (overlap) với dao động của các nhóm chức của cellulose [112]. Tuy nhiên, dao động hóa trị đặc trưng cho liên kết C-O-C ở khoảng 1250 cm^{-1} trên phổ IR của mẫu vải bông xử lý với dịch chiết quả mặc nưa (Hình 3.13c) và vải bông xử lý với hỗn hợp (Hình 3.13d) xuất hiện với cường độ mạnh hơn đáng kể khi so sánh với mẫu vải bông chưa xử lý. Như vậy, dịch chiết từ quả mặc nưa và hỗn hợp xử lý vải bông đã tạo màu và tương tác, liên kết với các đại phân tử cellulose của sợi, vải bông.

3.4.4. Khả năng chống tia cực tím (UV) của vải bông kháng khuẩn

Bảng 3.12 trình bày kết quả chống tia UV của các mẫu vải bông trước xử lý, xử lý bằng dịch chiết từ quả mắc nưa và xử lý bằng hỗn hợp. Như vậy, khả năng chống tia UV của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mắc nưa và vải bông xử lý bằng hỗn hợp tăng đáng kể so với vải bông chưa xử lý (chênh lệch 81,05 % và 80,36 %). Điều này có thể giải thích bởi dịch chiết từ quả mắc nưa và hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu chứa các hợp chất diospyros và polyphenol có thể hấp thụ bức xạ tia UV [113] nên nó có khả năng chống tia UV tốt (giá trị UPF cao và tỷ lệ truyền tia UV-A, UV-B thấp). Tannin, thành phần chính trong dịch chiết được lưu giữ trên sợi bông vải có thể hoạt động như một tấm chắn (barier) tia UV [114]. Ngoài ra, cấu trúc xốp của zeolite/Ag-Zn kết hợp các hợp chất hữu cơ như polyphenol, tannin trong hỗn hợp ở bề mặt của vải bông có thể hấp thụ tia UV như một chất ổn định quang cho các đại phân tử cellulose trong sợi/vải bông [115, 116].

Bảng 3.12. Khả năng chống tia UV của vải bông

Mẫu vải bông	UPF	UV-A Truyền qua (%)	UV-B Truyền qua (%)
Trước xử lý	10,25	12,46	8,54
Xử lý bằng dịch chiết quả mắc nưa	54,08	0,08	0,05
Xử lý bằng hỗn hợp	52,2	1,98	1,28

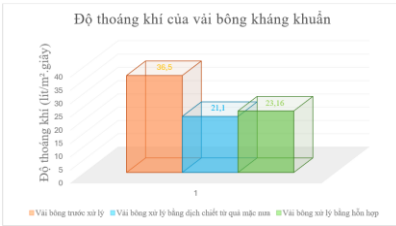


Hình 3.14. Minh họa khả năng chống tia UV của vải bông xử lý kháng khuẩn

3.4.5. Độ thoáng khí của vải bông kháng khuẩn

Kết quả trên Hình 3.15 cho thấy độ thoáng khí của mẫu vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mắc nưa và vải bông xử lý bởi hỗn hợp giảm tương đối (lần lượt là 42,19 %, giảm 36,55 %) có thể là do các phân tử có kích thước nhỏ của dịch chiết từ quả mắc, tannin, zeolite/Ag-Zn nưa đi sâu vào các mao quản của bông, vào vùng xen kẽ giữa các bông và lấp đầy khe hở của bông, dẫn đến cấu trúc của bông chặt chẽ hơn (như đã trình bày ở kết quả phân tích ảnh SEM như đã trình bày ở mục (3.4.2), đã ngăn cản sự thoát khí nên làm giảm độ thoáng khí của vải bông [120]. Tuy nhiên, vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mắc nưa, vải bông xử lý bằng hỗn hợp vẫn đáp ứng yêu cầu về độ thoáng khí [121, 122]. Nguyên nhân tăng độ thoáng khí của vải bông xử

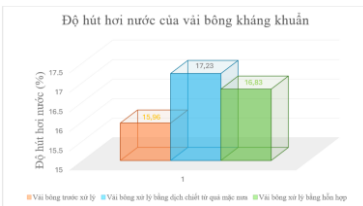
lý bằng hỗn hợp so với vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa có thể do zeolite/Ag-Zn đi sâu vào trong mao quản và phủ đều trên bề mặt vải bông làm giảm sự hình thành lớp màng của hợp chất hữu cơ trên bề mặt vải bông.



Hình 3.15. Độ thoáng khí của vải bông kháng khuẩn

3.4.6. Độ hút hơi nước của vải bông kháng khuẩn

Hình 3.16 thể hiện độ hút hơi nước của vải bông xử lý bằng hỗn hợp tăng nhẹ (5,27 %, 5,17 %) so với độ hút hơi nước của vải bông trước xử lý. Điều này được giải thích bởi các phân tử saponin, tannin, hydroquinone (các chất phân cực, khá ưa nước) đưa vào vải bông dễ tương tác với nước, do đó, các sợi bông bị trương nở nên hút nước mạnh hơn, làm cho vải bông sau xử lý có độ hút hơi nước cao hơn so với vải bông trước xử lý [123, 124]. Khi cho zeolite/Ag-Zn vào hỗn hợp xử lý làm giảm khả năng hút hơi nước của vải bông [125]. Khả năng hút hơi nước của vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu giảm nhẹ so với vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa, có thể do zeolite/Ag-Zn trong hỗn hợp không chứa các nhóm ưa nước, khi xử lý vải bông zeolite/Ag-Zn đã đi sâu vào trong lớp rãnh giữa, các mao quản của bông.



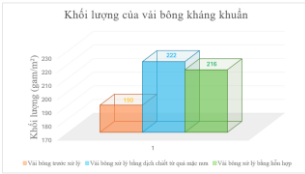
Hình 3.16. Độ hút hơi nước của vải bông kháng khuẩn

3.4.7. Khối lượng của vải bông kháng khuẩn

Kết quả trên Hình 3.17 cho thấy khối lượng của vải bông kháng khuẩn tăng 14,42 % và 12,04 % so với khối lượng của vải bông trước xử lý. Điều này có thể giải thích bởi các phân tử saponin, tannin, hydroquinone, zeolit/Ag-Zn đã thâm sâu vào các mao quản bông, vào vùng xen kẽ giữa cấu trúc của bông và lấp đầy khe hở của vải bông.

Lớp màng này không phủ kín các khe trống trong cấu trúc vải nên độ thoáng khí của vải bông xử lý bằng hỗn hợp tăng nhẹ so với mẫu vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa

Nhờ giảm các hợp chất có chứa các nhóm ưa nước (OH, COOH) như tannin, diospyros, hydroquinone... liên kết với bông nên vải bông xử lý bằng hỗn hợp có độ hút hơi nước giảm nhẹ so với vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa.



Hình 3.17. Khối lượng của vải bông kháng khuẩn

Ngoài ra, chúng cũng tương tác hoặc liên kết với các đại phân tử cellulose trong bông. Do đó, khối lượng của vải bông tăng tương đối, khả năng tạo màng giảm dần đến giảm khối lượng vải bông.

3.4.8. Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của vải bông kháng khuẩn

Theo các số liệu trong các Bảng 3.13 và Bảng 3.14 cho thấy, theo hướng dọc, độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của vải bông xử lý bởi dịch chiết từ quả mặc nửa tăng tương ứng 22,3 % và 19,5 %, vải bông xử lý bằng hỗn hợp tăng tương ứng 16,8 % và 17,2 % so với mẫu vải bông trước xử lý. Theo hướng ngang, độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nửa tăng tương ứng 29,1 % và 25,8 %, của vải bông xử lý bằng hỗn hợp tăng tương ứng 17,6 % và 18 % so với mẫu vải bông trước xử lý.

Bảng 3.13. Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt theo hướng dọc của các mẫu vải bông kháng khuẩn

Vải bông	Độ bền kéo đứt (Nm)					Độ giãn dài khi đứt (mm)				
	Hướng dọc					Hướng dọc				
	L1	L2	L3	TB	Tăng (%)	L1	L2	L3	TB	Tăng (%)
Trước xử lý	519	519	518	519	0	56,16	56,16	56,38	56,23	0
Xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nửa	668	667	668	668	22,3	69,89	69,88	67,90	69,89	19,5
Xử lý bằng hỗn hợp	625	624	624	624	16,8	67,91	67,92	67,90	67,91	17,2

Bảng 3.14. Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt theo hướng ngang của các mẫu vải bông kháng khuẩn

Vải bông	Độ bền kéo đứt (Nm)					Độ giãn dài khi đứt (mm)				
	Hướng ngang					Hướng ngang				
	L1	L2	L3	TB	Tăng (%)	L1	L2	L3	TB	Tăng (%)
Trước xử lý	309	308	309	309	0	33,50	33,39	33,50	33,45	0
Xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nửa	436	435	436	436	29,1	45,09	45,18	45,12	45,23	25,8
Xử lý bằng hỗn hợp	365	374	375	375	17,6	40,80	40,78	40,79	40,79	18

Sự tăng độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của mẫu vải bông kháng khuẩn có thể do tannin trong dịch chiết từ quả mặc nửa liên kết, tương tác với các nhóm OH của vải bông thông qua các liên kết hydro và Van der wall, dẫn tới làm tăng độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của vải bông [126]. Ngoài ra, các hợp chất hữu cơ trong dịch chiết từ quả mặc nửa và zeolite/Ag-Zn đi vào trong và giữa các sợi bông làm cho cấu trúc của vải bông chặt chẽ hơn cũng là một nguyên nhân làm tăng tính chất cơ học của vải bông sau xử lý.

3.4.9. Độ bền màu của vải bông kháng khuẩn

Độ bền màu với giặt của cả 2 mẫu vải bông kháng khuẩn có độ bền màu với giặt khá tốt. Sau 30 lần giặt, độ bền màu của 2 loại vải bông kháng khuẩn giảm 2

cấp được thể hiện trong Bảng 3.15. Điều này có thể giải thích bởi trong quá trình giặt, dung dịch xà phòng đã loại bỏ một phần chất màu diospyros, tannin trên vải bông, rửa trôi các hợp chất hữu cơ bám trên bề mặt vải bông nên làm giảm độ bền màu của vải bông. Tuy nhiên, xà phòng không làm ảnh hưởng nhiều đến các hợp chất hữu cơ, zeolite/Ag-Zn ở sâu bên trong sợi bông, do đó, mẫu vải bông kháng khuẩn sau 30 chu kỳ giặt vẫn có độ bền màu đạt cấp 3. Vải bông được xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa, vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu có độ bền màu với ma sát ở cấp độ 4, 3 (Bảng 3.15) và độ bền màu với ánh sáng ở cấp độ 7, 6 (Bảng 3.16). Vải bông kháng khuẩn có độ bền màu với ma sát ở mức khá, trong khi độ bền màu với ánh sáng ở mức cao. Điều này có thể giải thích bởi diospyros trong dịch chiết và trong hỗn hợp đưa vào vải bông dễ bị oxy hóa bởi oxy không khí và bức xạ ánh sáng làm cho màu sắc của vải bông có thể đậm màu hơn [127]. Độ bền màu với ma sát của vải bông xử lý ở mức khá, có thể do ảnh hưởng mạnh của lực ma sát của thiết bị thử nghiệm và dung môi xăng trắng đã giảm tương tác giữa các phân tử có xử lý và bông [127].

Bảng 3.15. Độ bền màu với giặt của vải bông kháng khuẩn

Chỉ tiêu	Đơn vị	Số lần giặt			
		1	10	20	30
Độ bền màu với giặt của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa	Cấp	5	4	3-4	3
Độ bền màu với giặt của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa	Cấp	5	4	3-4	3

Bảng 3.16. Độ bền màu của vải bông xử lý với ma sát và ánh sáng

Chỉ tiêu	Đơn vị	Độ bền màu với ma sát	Độ bền màu với ánh sáng
Vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa	Cấp	4/5	7/7
Vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa	Cấp	3/5	6/7

3.4.10. Khả năng kháng khuẩn của vải bông

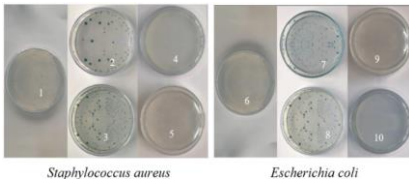
3.4.10.1 Khả năng kháng khuẩn của vải bông sau xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa, vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu

Kết quả thử nghiệm khả năng kháng khuẩn của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa, vải bông xử lý bằng hỗn hợp trên Hình 3.18, trong Bảng 3.17 cho thấy tỷ lệ các vi khuẩn *S. aureus* và *E. coli* bị tiêu diệt đạt 99,9% và 99,99%.

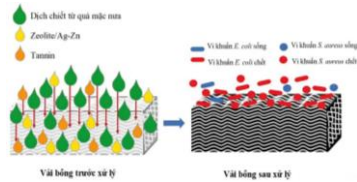
Bảng 3.17. Khả năng kháng khuẩn của vải bông

Chỉ tiêu		Kết quả	
Vải bông xử lý bởi dịch chiết từ quả mặc nưa ở điều kiện tối ưu	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,0 \times 10^2$
		% suy giảm	99,90
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,9 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,0 \times 10^2$
		% suy giảm	99,90
Vải bông xử lý bởi hỗn hợp với tỷ lệ thành phần tối ưu	<i>E. coli</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,0 \times 10^2$
		% suy giảm	99,99
	<i>S. aureus</i>	0 giờ, CFU/mẫu	$1,8 \times 10^5$
		24 giờ, CFU/mẫu	$1,0 \times 10^2$
		% suy giảm	99,99

Khả năng kháng khuẩn tốt của vải bông xử lý là do các tác nhân kháng khuẩn như zeolite/Ag-Zn và tannin, flavonoid trong hỗn hợp xử lý được hấp thụ trên vải bông. Các tác nhân này trung hòa enzyme, phá vỡ thành tế bào và ức chế sự phát triển của các vi khuẩn [128]. Đặc biệt, zeolite/Ag-Zn ổn định với ánh sáng và không bị phân hủy nên là thành phần chính duy trì hoạt tính kháng khuẩn cho vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu. Vì vậy vải bông kháng khuẩn nêu trên có tiềm năng ứng dụng cao trong lĩnh vực dệt may và lĩnh vực y tế...



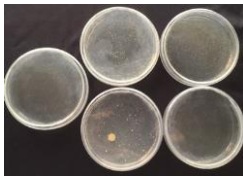
Hình 3.18. Ảnh bề mặt của đĩa thạch chứa dung dịch huyền phù của vải bông xử lý bằng hỗn hợp và mẫu đối chứng



Hình 3.19. Minh họa khả năng diệt khuẩn của vải bông trước và sau xử lý bằng hỗn hợp

3.4.10.2. Khả năng kháng khuẩn của vải bông sau giặt

Kết quả trong Bảng 3.18 và trên Hình 3.15, sau 30 chu trình giặt vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mận tỷ lệ các vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* bị tiêu diệt giảm tương ứng là 69,67 %, 69,55 % so với vải bông trước khi giặt, vải bông xử lý bằng hỗn hợp giảm tương ứng là 14,63 %, 14,21 % so với vải bông xử lý bằng hỗn hợp trước khi giặt. Như vậy, khi tăng số lần giặt, khả năng tiêu diệt vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* của vải bông xử lý giảm dần. Sự giảm hiệu quả kháng khuẩn theo thời gian có thể là do dung dịch xà phòng đã phản ứng hoặc tương tác với các chất hữu cơ xử lý trên vải bông, làm rửa trôi hoặc mất hoạt tính của các chất này, dẫn đến hiệu quả kháng khuẩn của vải giảm dần.



Staphylococcus aureus



Escherichia coli

Hình 3.20. Ảnh bề mặt của đĩa thạch chứa dung dịch huyền phù của vải bông xử lý bằng hỗn hợp sau 30 số lần giặt và mẫu đối chứng

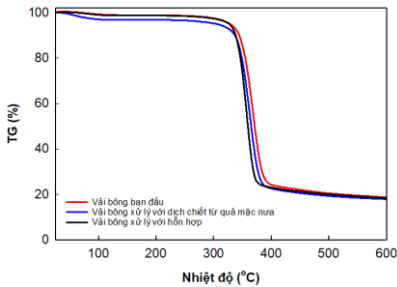
Bảng 3.18. Tỷ lệ suy giảm vi khuẩn (%) của vải bông theo số lần giặt

Số lần giặt		10	20	30
Tỷ lệ suy giảm vi khuẩn của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa (%)	<i>E. coli</i>	71,35	56,65	30,33
	<i>S. aureus</i>	71,44	56,79	30,45
Tỷ lệ suy giảm vi khuẩn của vải bông xử lý bằng hỗn hợp (%)	<i>E. coli</i>	95,05	90,27	85,36
	<i>S. aureus</i>	95,12	90,88	85,78

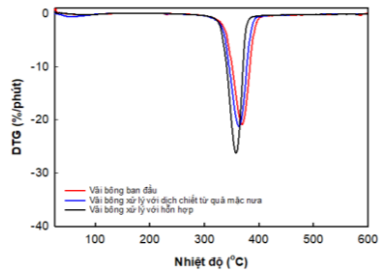
Từ kết quả phân tích khả năng kháng khuẩn của 2 loại vải bông nói trên sau 30 chu kỳ giặt bằng dung dịch xà phòng, có thể ứng dụng vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa cho sản phẩm dùng một lần như khẩu trang y tế, bông tăm... Ứng dụng vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu cho sản phẩm sử dụng nhiều lần như trang phục trong lĩnh vực y tế, các loại khăn bông.

3.4.11. Độ bền nhiệt của vải bông kháng khuẩn

Các Hình 3.21, 3.22, trình bày giản đồ phân tích nhiệt - khối lượng (TGA) và vi phân đường TG (DrTG) của mẫu vải bông trước xử lý, vải bông xử lý bởi dịch chiết từ quả mặc nưa và mẫu vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu. Có thể thấy, ở nhiệt độ thấp hơn 100 °C, vải bông trước xử lý có khối lượng tổn hao 1,22 % là do hơi ẩm trong mẫu bay hơi. Mẫu vải hấp phụ ẩm bởi sợi bông là các đại phân tử cellulose ưa nước và dễ bị hydrat hóa [131]. Khi mẫu được gia nhiệt liên tục đến 300 °C, khối lượng mẫu gần như không thay đổi. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ trên 300 °C, mẫu bị phân hủy mạnh với nhiệt độ bắt đầu phân hủy là 347,7 °C.



Hình 3.21. Giản đồ TG của vải bông trước xử lý, vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa và vải bông xử lý bằng hỗn hợp



Hình 3.22. Giản đồ DTG của vải bông trước xử lý, vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa và vải bông xử lý bằng hỗn hợp

Từ giản đồ DrTG, có thể thấy mẫu vải bông trước xử lý chỉ bị phân hủy theo một giai đoạn với nhiệt độ phân hủy cực đại là 368,7 °C. Sự giảm khối lượng của mẫu trong giai đoạn này (suy giảm 80,51 % khối lượng) chủ yếu là do sự phá vỡ các liên kết C-C trong cấu trúc cellulose của bông tạo thành các hợp chất có khối lượng phân tử thấp hơn (dễ bay hơi) và muội than (phần rắn) [132]. Dư lượng than của mẫu là 18,27 % ở

600 °C là do các chuỗi hydrocarbon trong các đại phân tử cellulose bị phân hủy trong quá trình gia nhiệt ở nhiệt độ cao [133].

3.4.12. Hàm lượng formaldehyde và một số amine thơm của vải bông kháng khuẩn

3.4.12.1. Hàm lượng một số amine thơm của vải bông kháng khuẩn

Kết quả trong Bảng 3.19, cho thấy sau 3 lần thử nghiệm đối với vải bông kháng khuẩn được xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu, không có các amine thơm bị cấm. Điều đó cho thấy vải bông xử lý bằng hỗn hợp trên đảm bảo an toàn, đáp ứng yêu cầu chất lượng theo quy chuẩn Việt Nam QCVN 01:2017/BCT.

Bảng 3.19. Các amine thơm bị cấm không có trong vải bông kháng khuẩn

Xác định hợp chất	Hợp chất		Tiêu chuẩn	Kết quả		
	Phân loại	Mã		Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
Chất màu azo (mg/kg)	4-Amineobiphenyl	92-67-1	EN 14262-1:2012	Không	Không	Không
	Benzidin	92-87-5		Không	Không	Không
	4-Chloro-o-toluidine	95-69-2		Không	Không	Không
	2-Naphtylaminee	91-59-8		Không	Không	Không
	p-Chloroaniline	106-47-8		Không	Không	Không
	2,4- Xylidine	95-68-1		Không	Không	Không
	4,4'-Diamineodiphenylmetan	101-77-9		Không	Không	Không
	3,3'-Diclobenzidine	91-94-1		Không	Không	Không
	3,3'-Dimethoxybenzidine	119-90-4		Không	Không	Không
	3,3'-diclobiphenyl-4,4'-ylendiamine	91-94-1		Không	Không	Không
	3,3'-Dimetylbenzidine	119-93-7		Không	Không	Không
	p-Cresidine	120-71-8		Không	Không	Không
	4,4'-Metylen-bis (2-clo-anilin)	101-14-4		Không	Không	Không
	4,4'-Oxydianiline	101-80-4		Không	Không	Không
	4,4'-Thiodianiline	139-65-1		Không	Không	Không
	o-Toluidine	95-53-4		Không	Không	Không
	2,4-Toluylendiaminee	95-80-7		Không	Không	Không
	2,4,5-Trimetylanilin	137-17-7		Không	Không	Không
	o-Amineoazotoluene	97-56-3		Không	Không	Không
	2-Amineo-4-nitrotoluene	99-55-8		Không	Không	Không
	o-Anisidine(2-methoxyanilin)	90-04-0		Không	Không	Không
4-Amineoazobenzen	60-09-3	Không	Không	Không		
2,4-Xylidine	87-62-7	Không	Không	Không		
2,6-Xylidine	87-62-7	Không	Không	Không		

3.4.12.2. Hàm lượng formaldehyde trong vải bông kháng khuẩn

Kết quả trong Bảng 3.20, cho thấy không có formaldehyde trong vải bông xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu. Theo quy chuẩn Việt

Nam QCVN 01:2017/BCT, sau 3 lần thử nghiệm, vải bông kháng khuẩn này an toàn và đáp ứng được yêu cầu đối với sản phẩm dệt may cho các đối tượng khác nhau, trong đó có trẻ em.

Bảng 3.20. Hàm lượng formaldehyde trong vải bông kháng khuẩn

Stt	Xác định hóa chất	Tiêu chuẩn	Kết quả		
			Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
1	Formaldehyde (mg/kg)	ISO 14184-1: 2011	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
			Không	Không	Không

Từ kết quả phân tích hàm lượng formaldehyde và một số amine thơm trên vải bông kháng khuẩn, có thể thấy vải bông trong nghiên cứu này đạt yêu cầu về tính an toàn đối với người sử dụng, thân thiện với môi trường.

3.5. Đánh giá mức độ ô nhiễm của nước thải sau quá trình xử lý vải bông

Từ kết quả phân tích các chỉ số nước thải (Bảng 3.21), có thể thấy chỉ số BOD tăng tương ứng 25,16 lần, 11,72 lần và 11,6 lần so với chỉ số tiêu chuẩn là 50 mg/l. Chỉ số COD tăng tương ứng 8,93 lần, 9,45 lần và 8,9 lần so với chỉ số tiêu chuẩn là 200 mg/l tăng tương ứng 1,12 lần, giảm tương ứng 0,93 lần và 0,90 lần so với chỉ số tiêu chuẩn là 2100 mg/l. Chỉ số TSS tăng tương ứng 1,86 lần, giảm tương ứng 0,97 lần và 0,93 lần so với chỉ số tiêu chuẩn là 150 mg/l. Chỉ số pH vượt quá giới hạn cho phép 1,07 lần và nằm trong giới hạn pH cho phép so với chỉ số tiêu chuẩn là 5,5 – 9. Điều này có thể giải thích bởi xử lý vải bông bằng thuốc nhuộm tổng hợp, thành phần COD cao là do lượng thuốc xử lý tận trích chưa hết lên vải và cấu tạo mạch vòng của thuốc nhuộm hoạt tính dẫn tới vi sinh khó phân hủy thuốc xử lý tổng hợp hơn. Ngoài ra, dịch chiết từ quả mặc nưa và hỗn hợp xử lý vải bông có chỉ số COD cao chủ yếu là các chất hữu cơ dễ bị phân hủy sinh học, dẫn tới chỉ số BOD cao [136]. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) của nước thải sau quá trình xử lý vải bông thấp hơn thuốc nhuộm hoạt tính bởi dịch chiết từ quả mặc nưa và hỗn hợp xử lý vải bông hòa tan tốt hơn thuốc nhuộm hoạt tính. Mặt khác, hàm lượng đáng kể các chất rắn lơ lửng trong nước thải sau xử lý vải bông đã bị giảm do các tác động siêu âm, cơ hóa và oxy hóa [137]. Giá trị tổng chất rắn hòa tan (TDS) trong nước thải sau xử lý vải bông bằng thuốc nhuộm hoạt tính cao hơn so với nước thải sau xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa là 16,6 %, cao hơn hỗn hợp xử lý vải bông là 19,1 %. Điều này được giải thích là do trong quá trình xử lý hoàn tất vải xử lý bằng thuốc nhuộm hoạt tính, một lượng lớn muối như Na_2SO_3 và các chất phụ trợ đã được sử dụng [138]. Nước thải sau xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa, hỗn hợp xử lý vải bông chủ yếu là các hợp chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học, vì vậy, quá trình xử lý

sinh học nước thải sau xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa, hỗn hợp xử lý vải bông thường được sử dụng vì vận hành đơn giản, linh hoạt, chi phí thấp do khả năng loại bỏ COD tốt, thân thiện với môi trường [139-141]. Đối với nước thải sau xử lý vải bông bằng thuốc nhuộm hoạt tính, do thuốc xử lý tổng hợp này là hợp chất hữu cơ khó bị phân hủy vi sinh vật, mặt khác, trong quá trình xử lý nước thải chứa thuốc nhuộm hoạt tính, cần bổ sung một số hóa chất, dẫn đến xử lý nước thải thuốc nhuộm hoạt tính phức tạp và làm tăng chi phí [142-145].

Bảng 3.21. Thông số nước thải sau xử lý bằng thuốc nhuộm hoạt tính, dịch chiết từ quả mặc nưa và xử lý bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu

Thông số nước thải xử lý	Thuốc nhuộm hoạt tính (mg/l)	Dung dịch xử lý từ quả mặcnưa (mg/l)	Hỗn hợp xử lý vải bông (mg/l)	DOE (mg/l)
BOD ₅	1258	586	580	50
COD	1786	1809	1780	200
TDS	2350	1960	1900	2100
TSS	279	146	140	150
pH	9,5	6	6	5,5 - 9

Kết quả phân tích mức độ ô nhiễm của nước thải (các thông số BOD, COD, TDS, TSS, và pH), cho thấy để giảm ô nhiễm nước thải sau quá trình xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa và xử lý vải bông bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu, NCS dự kiến sẽ áp dụng phương pháp xử lý sinh học cho 2 loại nước thải này vì đơn giản, chi phí thấp do tác nhân sinh học dễ kiếm, không gây ô nhiễm thứ cấp với môi trường nước.

KẾT LUẬN

1. Đã tách chiết và xác định được hàm lượng các chất tannin, hydroquinone và saponin trong dịch chiết quả mặc nưa. Cao chiết từ quả mặc nưa khô chứa 32,1 % tannin, 5,1 % hydroquinone và 16,3 % saponin.

2. Bằng phương pháp quy hoạch hóa thực nghiệm và tối ưu hóa, đã xác định được điều kiện tối ưu cho xử lý vải bông bằng dịch chiết quả mặc nưa để vải bông có khả năng kháng khuẩn cao: Nhiệt độ 56,5 °C, thời gian 90 phút, tỷ lệ dịch chiết mặc nưa với nước là 89/100 (tt/tt). Đã xác định được tỷ lệ thành phần tối ưu của hỗn hợp xử lý vải bông kháng khuẩn: tỷ lệ dịch chiết mặc nưa với nước là 89/100 (tt/tt), hàm lượng zeolite/Ag-Zn là 0,083 %, hàm lượng tannin là 0,085 %.

3. Vải bông được xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa và vải bông xử lý bằng hỗn hợp (dịch chiết quả mặc nưa, zeolite/Ag-Zn và tannin) với tỷ lệ thành phần tối ưu đều có khả năng tiêu diệt 2 chủng vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* đạt 99,9 % và 99,99 %. Khi tăng thời gian tiếp xúc với vi khuẩn, khả năng kháng khuẩn của vải bông xử lý bằng dịch chiết từ quả mặc nưa giảm đáng kể trong khi vải bông xử lý bằng hỗn hợp vẫn duy trì khả năng kháng khuẩn tốt.

4. Sau 30 lần giặt, khả năng kháng khuẩn đối với hai chủng vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* của vải bông xử lý bằng hỗn hợp giảm lần lượt 14,63 % và 14,21 %.

5. Nhờ hiệu quả sử dụng đồng thời hỗn hợp dịch chiết từ quả mặc nưa với zeolite/Ag-Zn và tannin, vải bông xử lý có độ bền màu cao, khả năng chống tia UV tốt (đạt giá trị 52,2 và 54,08); có độ bền đứt và độ giãn dài khi đứt theo hướng dọc tăng 16,8 %, 17,2 %, theo hướng ngang tăng 17,6 %, 18 %; kháng 2 chủng vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* tốt, có độ bền nhiệt cao hơn so với vải bông chưa xử lý; vải không có formaldehyde và các amine thơm bị cấm; đạt yêu cầu về tính an toàn đối với người sử dụng. Quá trình sản xuất thân thiện với môi trường, góp phần vào xu hướng sản xuất xanh trong ngành dệt may.

6. Các chỉ số ô nhiễm nước thải (TDS, TSS, và pH) sau quá trình xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa và xử lý vải bông bằng hỗn hợp có tỷ lệ thành phần tối ưu đều dưới mức cho phép, nước thải có thể xử lý bằng vi sinh vì tỉ lệ BOD/COD nhằm đáp ứng Quy chuẩn quốc gia Việt Nam QCVN 13-MT:2015/BTNMT.

NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

1. Bằng phương pháp rung siêu âm kết hợp phương pháp cô quay chân không đã tách chiết được cao chiết từ quả mặc nưa. Từ cao chiết này đã tách chiết được tannin, hydroquinone, saponin.
2. Xác định được hàm lượng tannin, hydroquinone, saponin trong cao chiết quả mặc nưa. Kháng định trong quả mặc nưa các chất tannin, hydroquinone, saponin có hàm lượng cao.
3. Đã xác định được điều kiện tối ưu của quy trình xử lý vải bông bằng dịch chiết từ quả mặc nưa đạt được khả năng diệt các vi khuẩn *E. coli* và vi khuẩn *S. aureus* đạt 99,9 %.
4. Đã xác định được tỷ lệ tối ưu của hỗn hợp xử lý (dịch chiết mặc nưa/nước 89/100 (tt/tt), hàm lượng zeolite/Ag-Zn 0,083 %, hàm lượng tannin 0,085 %).
5. Đã thiết lập được quy trình xử lý vải bông bằng hỗn hợp có tỷ lệ tối ưu tối ưu (nhiệt độ 56,5 °C, thời gian 90 phút) để xử lý vải bông và kết quả đạt được diệt đạt 99,99 % các vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus*, có tính chất cơ học tốt, bền với tia UV, bền màu, an toàn với người sử dụng, thân thiện với môi trường.

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ XUẤT BẢN LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Nguyen, T. T.**, Nguyen, C. T., Vo, Q. A., Pham, P. T. H., Thai, H. (2024). Factors affecting dyeing and antibacterial behavior of cotton fabrics dyed with extract of *Diospyros mollis* Griff. *Cellulose*, 31(2), 1329-1352. (SCIE, Q1, IF (2024) = 5,9).

2. **Trong Tuan Nguyen**, Thuy Chinh Nguyen, Thi Thu Trang Nguyen, Ha Nguyen Manh, Hoang Thai (2024), Comparative Study on Characteristics and Antibacterial Capacity of Cotton Fabrics Dyed with Reactive Dye and *Diospyros Mollis* Extract, *ChemistryOpen*, e202400130, doi.org/10.1002/open.202400130 (SCIE, Q2, IF (2024) = 2,3).

3. **Nguyen Trong Tuan**, Nguyen Thuy Chinh, Nguyen Thi Kim Anh, Nguyen Thi Thu Trang, Trinh Hoang Nghia, Vo An Quan, Vu Manh Hai, Thai Hoang, Assessment of Properties and Antibacterial Ability of Cotton Fabrics Dyed with Optimal Green Dye from *Diospyros Mollis* (Griff) Fruits, Tannin, and Zeolite Ag – Zn, *Vietnam Journal of Science and Technology* (SCOPUS, Q4) (Đã được chấp nhận đăng, ngày 23/8/2024).