NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ NHUỘM TỐI ƯU CHO VẢI POLYESTER BẰNG THUỐC NHUỘM DISPERSE BLUE 2BLN

STUDY ON OPTIMIZED DYING TECHNOLOGY FOR POLYESTER FABRIC WITH DISPERSE BLUE 2BLN

Lưu Thị Tho[1,*], Trần Mỹ Hạnh[1], Vương Văn Mạnh[1], Hoàng Ngọc Hà[1], Nguyễn Thị Ngọc Đông[1], Nguyễn Thị Kim Thu[2], Nguyễn Như Tùng[3]

DOI: http://doi.org/10.57001/huih5804.2024.385

TÓM TẮT

Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ nhuộm cho vải polyester bằng thuốc nhuộm phân tán nhằm xây dựng được công nghệ nhuộm tối ưu. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã sử dụng thuốc nhuộm Disperse Blue 2BLN để nhuộm cho vải polyester bằng phương pháp tận trích. Thực nghiệm nhằm tìm ra được nồng độ bão hòa của thuốc nhuộm, sau đó nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của các yếu tố: Nồng độ thuốc nhộm, nồng độ axit, thời gian sử dụng đến cường độ lên màu theo phương pháp Taguchi L25. Các mẫu vải sau khi nhuộm được đánh giá cường độ lên màu của thuốc nhuộm thông qua giá trị K/S sử dụng máy đo màu quang phổ Xritex. Các kết quả K/S tiếp tục được xử lý bằng phần mềm Minitab 2020. Kết quả cho thấy, khi nồng độ thuốc nhuộm tăng thì cường độ lên màu của thuốc nhuộm tăng. Tuy nhiên, khi tăng đến một nồng độ thuốc nhuộm nhất định thì cường độ lên màu sẽ không tiếp tục tăng và đạt giá trị bão hòa. Ảnh hưởng đồng thời của 03 thông số: X3 (thời gian) là thông số ảnh hưởng nhiều nhất đến cường độ lên màu (chiếm 48,59%), X1 (nồng độ thuốc nhuộm) và X2 (nồng độ axit) ít ảnh hưởng đến cường độ lên màu (1,07% đối với X1 và 0,09% đối với X2). Kết quả nghiên cứu đã đưa ra được công nghệ nhuộm tối ưu cho vải polyester bằng thuốc nhuộm phân tán giúp sử dụng thuốc nhuộm, chất trợ hiệu quả, giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Từ khóa: *Vải polyester, thuốc nhuộm phân tán, nồng độ thuốc nhuộm, chất trợ, công nghệ nhuộm,cường độ lên màu, giá trị K/S.*

ABSTRACT

Studying the influence of some optimal dyeing technology parameters for polyester fabrics with disperse dyes in order to develop the optimal dyeing technology. In this study, the authors used Disperse Blue 2BLN dye to dye polyester fabrics by exhaust method. Experiment to find out the saturation concentration of the dye, then study the simultaneous influence of the factors: Dye concentration, acid concentration, time of use on the intensity of coloration according to Taguchi L25 method. After dyeing, fabric samples are evaluated for dye intensity through K/S value using Xritex spectrophotometer. The K/S results were further processed by Minitab 2020. The results showed that as the dye concentration increased, the dye intensity increased. However, when increasing to a certain dye concentration, the color intensity will not continue to increase and reach the saturation value. Simultaneous influence of 03 parameters: X3 (time) is the parameter that most affects the intensity of color (48.59%), X1 (dye concentration) and X2 (acid concentration) had little effect on color intensity (1.07% for X_1 and 0.09% for X_2). The research results have provided the optimal dyeing technology for polyester fabrics with disperse dyes, which helps to use dyes and auxiliaries effectively, reducing environmental pollution.

Keywords: *Polyester fabric, dye dispersion, dye concentration, auxiliaries, dyeing technology, color intensity, K/S value.*

[1]Khoa Công nghệ may và Thiết kế thời trang, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

[2]Đại học Bách khoa Hà Nội

[3]Trường Quốc tế, Đại học Quốc gia Hà Nội

[*]Email: luuthitho1973@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/3/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/6/2024

Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2024

1. GIỚI THIỆU

Vải polyester có một số tính chất ưu việt như: Độ bền tốt, khả năng chống nhàu, kháng nước, giá thành rẻ,… nên vải polyester được sử dụng 50% trong tổng số xơ dệt để sản xuất các mặt hàng may mặc. Bên cạnh đó, vải còn được sử dụng rộng rãi nhiều lĩnh vực công nghiệp như sản xuất đồ nội thất, vật liệu cách điện,…

Thuốc nhuộm phân tán là những hợp chất không ion, không tan trong nước ở nhiệt độ phòng và tan ít ở nhiệt độ cao nhưng lại tan tốt trong các sợi tổng hợp kỵ nước như polyester.

Nhóm tác giả Soufien Dhouib, Abdelaziz Lallam, Sakli Faouzi đã nghiên cứu công nghệ nhuộm sợi Polyester bằng thuốc nhuộm phân tán. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã chỉ ra đường đẳng nhiệt hấp phụ của thuốc nhuộm phân tán có phân tử nhỏ và lớn trên các loại sợi polyester tại các nhiệt độ khác nhau (130°C, 115°C và 105°C). Các đường đẳng nhiệt được vẽ bằng cách sử dụng một dải nồng độ thuốc nhuộm khác nhau. Một độ lệch đáng kể từ Nernst đã được quan sát cho tất cả các đường đẳng nhiệt được vẽ. Langmuir đã được thử nghiệm và có vẻ phù hợp tốt với các đường cong thử nghiệm. Sự phân bố của thuốc nhuộm phân tán giữa chất nền polyester và nước và độ hòa tan bão hòa của các thuốc nhuộm này trong sợi polyester được so sánh bằng cách xem xét độ kết tinh và diện tích bề mặt của xơ [1].

Tác giả Morsy Ahmed El-Apasery đã nghiên cứu hiệu suất nhuộm của thuốc nhuộm phân tán trên vải Polyester sử dụng chất bền màu. Tác giả sử dụng phương pháp nhuộm nhiệt độ thấp, 2% thuốc nhuộm phân tán với sự có mặt của Matexil DA-N làm chất phân tán và chất đều màu ở nhiệt độ 100°C, thời gian nhuộm là 1 giờ. Các yếu tố được khảo sát trong quá trình đã được kiểm tra theo các thử nghiệm của Hiệp hội các nhà hóa học và tạo màu Dệt may Hoa Kỳ là độ bền màu giặt, độ bền màu ma xát, thấm mồ hôi và độ bền màu ánh sáng trong chất bền màu. Trong nghiên cứu này, sử dụng thuốc nhuộm phân tán để nhuộm vải polyester ở 100°C và cho kết quả tuyệt vời về độ bền màu mồ hôi, cọ xát và giặt tẩy, nhưng độ bền ánh sáng chỉ ở mức tốt. Việc cải thiện đặc tính độ bền màu ánh sáng của vải polyester nhuộm bằng cách sử dụng các hạt Nano Oxit kẽm đang được nghiên cứu [2].

Nhóm tác giả Jingru Chen, Liujun Pei, Wenhua Shi, Jingyuan Yi, Jiping Wang đã nghiên cứu ảnh hưởng của chất phân tán đối với quá trình nhuộm phân tán trong hệ thống nhuộm vải polyester không nước silicone. Nghiên cứu quan hệ giữa chất phân tán và hiệu suất nhuộm vải polyester. Kết quả cho thấy lượng chất phân tán NNO ảnh hưởng đến hiệu suất nhuộm phân tán. Độ bền màu giặt, độ bền màu ma sát và độ bền màu ánh sáng của vải nhuộm đều ở mức trung bình. Chất phân tán có tính ưa nước tốt hơn có thể làm giảm độ hòa tan của thuốc nhuộm trong môi trường nhuộm và tăng hiệu suất nhuộm [3].

Nhóm tác giả Ali A. Ali, Malek Alshukur, Ashraf M. Ashmawy, Ammar M. Mahmoud, Ahmed Saleh, Hesham S. Nassar, Bo Yao đã nghiên cứu nhuộm vải polyester sử dụng thuốc nhuộm phân tán diazo mới có nguồn gốc từ benzen 1, 4-bis (2-amino-1, 3, 4-thiadiazolyl). Bốn loại thuốc nhuộm này được tổng hợp dựa trên 5, 5'-(1, 4-phenylene) bis (1, 3, 4-thiadiazol-2-amine) dưới dạng hợp chất diazonium. Dữ liệu quang phổ hấp thụ UV/Vis của các thuốc nhuộm phân tán này trong khi nhuộm vải polyester đã được nghiên cứu. Sau đó, đặc tính nhuộm của các loại thuốc nhuộm này trên vải polyester đã được nghiên cứu trong điều kiện axit. Kết quả cho thấy rằng, việc tăng nhiệt độ nhuộm từ 80°C lên 100°C dẫn đến sự gia tăng khả năng hấp thụ thuốc nhuộm đối với tất cả các loại thuốc nhuộm, nhưng việc tăng thêm nhiệt độ lên 130°C dẫn đến sự hấp thụ thuốc nhuộm tăng lên khoảng 50% từ 55,9% lên 91,4% [4].

Nhóm tác giả Trương Phi Nam, Nguyễn Văn Thông, Lưu Văn Chinh, Võ Thị Hồng Bình, Vũ Lượng đã nghiên cứu xây dựng công nghệ tối ưu nhuộm tận trích một số loại vải PES/Wool. Nhóm tác giả đã nghiên cứu về các tính chất nhuộm màu của thốc nhuộm phân tán, axit trên các vật liệu len, PES và PES/Wool. Nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm được ghép mỗi mẫu với 06 nồng độ thuốc nhuộm trên vải PES 100% của các loại thuốc nhuộm lựa chọn thuộc nhóm ít dây màu lên len để thấy rõ hơn về khả năng tận trích cũng như độ tương hợp trong đơn phối ghép màu. Nồng độ của mỗi loại thuốc nhuộm trong đơn nhuộm ghép màu là 0,3% (tương ứng với cường độ màu trung) và mỗi loại 1,0% (tương ứng với màu đậm). Kết quả cho thấy: Mỗi loại thuốc nhuộm trong đơn ghép màu có tốc độ tận trích và mức tận trích tối đa cũng khác nhau. Trong cùng đơn nhuộm của màu đậm, độ tận trích của thuốc nhuộm Lanaset ở 100°C (82 - 90%) thấp hơn so với ở 120°C (88 - 97%). Đối với màu nhạt nhuộm thuốc Lanaset thì độ tận trích của thuốc nhuộm ở cả nhiệt độ 100°C và 120°C đều đạt mức rất cao (98 - 100%). Căn cứ trên biểu đồ tận trích của mỗi thuốc nhuộm, trong quá trình lựa chọn phối ghép màu các loại thuốc nhuộm có độ tương thích cao để đạt được chất lượng màu ghép ổn định nhất [5].

Tác giả Lê Thúy Nhung, Nguyễn Cẩm Hường đã nghiên cứu xây dựng quy trình kiểm tra đánh giá chất lượng độ bền màu của vải sau nhuộm. Các tác giả sử dụng hai loại vải lụa Habotai và vải tre để xây dựng quy trình đánh giá chất lượng độ bền màu giặt và ủi sau nhuộm với sự hỗ trợ của tủ so màu và thước xám. Các yếu tố được khảo sát trong quá trình đánh giá độ bền màu là giặt và ủi (khô, ẩm và ướt). Kết quả thu được sau khi đánh giá là chất lượng độ bền màu vải lụa Habotai và vải tre sau nhuộm đạt cấp độ 4 - 5 và phù hợp với kết quả được gửi đánh giá tại trung tâm kiểm tra chất lượng [6].

Nghiên cứu này sử dụng vải 100% polyester dệt thoi vân điểm được nhuộm bằng thuốc nhuộm phân tán thông qua việc nghiên cứu ảnh hưởng của thuốc nhuộm, ảnh hưởng của nồng độ axit và ảnh hưởng thời gian nhằm góp phần đưa ra quy trình công nghệ nhuộm tối ưu cho vải polyester bằng thuốc nhuộm phân tán.

2. ĐỐI TƯ0etNG PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Vật liệu: Nghiên cứu sử dụng vải dệt thoi kiểu dệt vân điểm có thành phần 100% polyeser sau tiền xử lý được cung cấp bởi Tổng công ty Dệt may Nam Định.

Các chỉ tiêu kỹ thuật chính của vải nghiên cứu được thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1. Chỉ tiêu kỹ thuật của vải polyester nghiên cứu

TT	Loại vải	Thành phần	Kiểu dệt	Độ dày của vải (mm)	Mật độ sợi (sợi/10cm)		Màu sắc
					Dọc	Ngang	
1	Dệt thoi	100% polyeser	Vân điểm	0,28	480	364	Màu trắng

- Thuốc nhuộm phân tán Disperse Blue 2BLN được cung cấp bởi hãng Qingdao Sanhuan Colorchem CO.LTD - Trung Quốc được sử dụng để nhuộm màu cho vải polyester.

- Axit axetic CH_3COOH: Tạo môi trường nhuộm pH = 4 - 5.

- Chất đều màu: Giúp cho thuốc nhuộm phân bố đều trên vải.

2.2. Nội dung nghiên cứu

2.2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng nồng độ thuốc nhuộm sử dụng đến cường độ lên màu của thuốc nhuộm phân tán

- Thực nghiệm sử dụng vải 100% polyester dệt thoi sau tiền xử lý được nhuộm trong cùng một điều kiện công nghệ (nhiệt độ, thời gian, nồng độ axit) nhưng tại 06 nồng độ thuốc nhuộm khác nhau (1%, 2%, 3%, 4%, 5% và 6%).

- Cường độ lên màu của mẫu vải sau nhuộm được thông qua giá trị K/S.

- Lựa chọn được nồng độ thuốc nhuộm bão hòa.

2.2.2. Nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit và thời gian nhuộm đến cường độ lên màu của vải

- Thực nghiệm trên 05 khoảng nồng độ của thuốc nhuộm, 05 nồng độ axit, 05 mức thời gian, sử dụng phương pháp Taguchi L25 để thiết kế mô hình thí nghiệm.

- Cường độ lên màu của mẫu vải sau nhuộm thông qua giá trị K/S.

- Phân tích, xử lý số liệu trên phần mềm Minitab 2020.

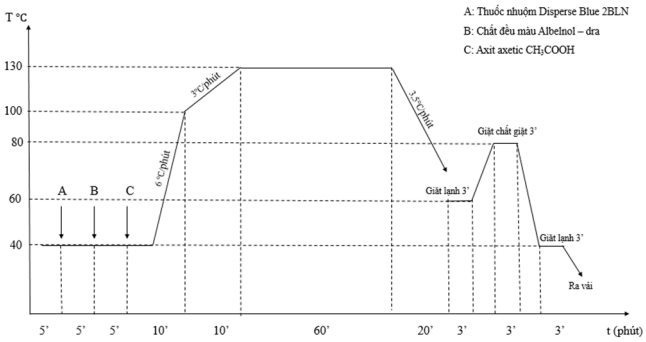
2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp đưa thuốc nhuộm lên vải

Nghiên cứu sử dụng phương pháp nhuộm tận trích để nhuộm màu cho vải polyester. Đây là phương pháp dễ dàng áp dụng trên quy mô công nghiệp và được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam cũng như trên thế giới.

Quy trình thực nghiệm tiến hành như sau:

Chuẩn bị vải → Cấp thuốc nhuộm + chất đều màu + axit axetic → Gia nhiệt → Nhuộm ở nhiệt độ 130°C, thời gian nhuộm 60 phút → Hạ nhiệt 80°C → Giặt lạnh, nóng → Sấy khô → Đánh giá cường độ lên màu thông qua giá trị K/S.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ nhuộm

2.3.2. Ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm đến cường độ lên màu của vải

Mẫu thí nghiệm được chuẩn bị theo tiêu chuẩn ISO 139 gồm 06 mẫu vải được cắt tương đương với khối lượng là 05g. Chuẩn bị 100 ml dung dịch nhuộm (cho một mẫu) trong đó gồm: dung dịch thuốc nhuộm pha loãng hòa tan nước mềm, sau đó bổ sung chất bền màu và axit CH_3COOH cho đủ 100ml. Ảnh hưởng nồng độ thuốc nhuộm đến cường độ lên màu của vải được mã hóa theo bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm đến cường độ lên màu của vải

STT	Nội dung thực nghiệm	Màu	Ký hiệu	Nồng độ hóa chất, thuốc nhuộm
1	Ảnh hưởng nồng độ thuốc nhuộm đến cường độ lên màu	Disperse Blue 2BLN	B1	1%
			B2	2%
			B3	3%
			B4	4%
			B5	5%
			B6	6%

Kiểm tra cường độ lên màu các mẫu sau nhuộm thông qua giá trị K/S trên máy đo màu quang phổ Xritex. Sau đó, xác định nồng độ thuốc nhuộm bão hòa, sử dụng nồng độ thuốc nhuộm tối ưu cho thực nghiệm tiếp theo.

2.3.3. Ảnh hưởng đồng thời của nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit và thời gian nhuộm theo phương pháp Taguchi L25

Trong quá trình nhuộm có rất nhiều các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ lên màu của thuốc, trong thực nghiệm này lựa chọn 03 thông số quan trọng (nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit, thời gian nhuộm) để nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của 03 thông số này đến cường độ lên màu của vải.

Nghiên cứu sử dụng phương pháp Taguchi L25 để thiết kế ma trận thực nghiệm gồm 25 mẫu thí nghiệm khác nhau. Thiết lập 05 khoảng nồng độ của thuốc nhuộm, 05 nồng độ axit, 05 mức thời gian cho thí nghiệm này. Mẫu thí nghiệm được chuẩn bị theo tiêu chuẩn ISO 139 gồm 25 mẫu vải được cắt tương đương với khối lượng là 05g. Chuẩn bị 100 ml dung dịch nhuộm (cho một mẫu) trong đó gồm: dung dịch thuốc nhuộm pha loãng hòa tan nước mềm, sau đó bổ sung chất bền màu và axit axetic CH_3COOH cho đủ 100ml.

Kiểm tra cường độ lên màu các mẫu vải sau nhuộm thông qua giá trị K/S.

Sau đó xử lý số liệu trên phần mềm Minitab 2020 để phân tích được ảnh hưởng đồng thời của thuốc nhuộm phân tán, ảnh hưởng nồng độ axit, thời gian.

Bảng 3. Mã hóa phương pháp Taguchi L25 đối với màu nhuộm Disperse Blue 2BLN

Số mã hóa	X1 (Nồng độ thuốc nhuộm)	X2 (Nồng độ Axit)	X3 (Thời gian nhuộm)
1	2 %	0 %	20 phút
2	3 %	0,75 %	35 phút
3	4 %	1,5 %	50 phút
4	5 %	2,25%	65 phút
5	6 %	3 %	80 phút

Bảng 4. Thiết lập ma trận thí nghiệm theo phương pháp Taguchi L25

Mẫu	X_1	X_2	X_3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	1	4	4
5	1	5	5
6	2	1	2
7	2	2	3
8	2	3	4
9	2	4	5
10	2	5	1
11	3	1	3
12	3	2	4
13	3	3	5
14	3	4	1
15	3	5	2
16	4	1	4
17	4	2	5
18	4	3	1
19	4	4	2
20	4	5	3
21	5	1	5
22	5	2	1
23	5	3	2
24	5	4	3
25	5	5	4

2.3.4. Phương pháp đánh giá cường độ lên màu của vải

- Phương pháp đánh giá

Phương pháp đánh giá cường độ màu và độ lệch màu được tiến hành trên thiết bị đo màu quang phổ Xritex và phương pháp so màu trong hệ tọa độ vuông góc CIELab và hệ tọa độ cực CIELCH, xác định được các thông số màu của mẫu thí nghiệm như a*, b*, L*, C*, H*. Sau khi tính toán ΔE*, xác nhận được có sự khác biệt giữa các thay đổi nồng độ hóa chất. Giá trị K/S của các mẫu vải sau nhuộm được đánh giá theo phương trình Kubeka-Munk [7]:

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (1)$$

Trong đó:

R: Hệ số phản xạ của màu tại một bước sóng nhất định < 1.

K: Hệ số hấp phụ.

S: Hệ số tán xạ.

- Quy trình thực hiện

Bước 1: Chuẩn bị mẫu chuẩn và mẫu so sánh.

Bước 2: Đo màu để lựa chọn bước sóng λ_{max}.

Bước 3: Đo màu mẫu chuẩn - mẫu so sánh.

Bước 4: Nhận thông số màu, ΔE*, biểu đồ bước sóng,…

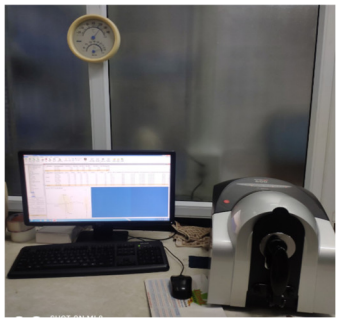
Bước 5: So sánh, đánh giá cường độ lên màu của thiết bị đo màu quang phổ.

Bước 6: Xác định mẫu có cường độ lên màu tại bước sóng lớn nhất.

2.3.5. Một số thiết bị sử dụng trong nghiên cứu

Hình 2. Cân điện tử

Hình 3. Máy nhuộm DYE -2



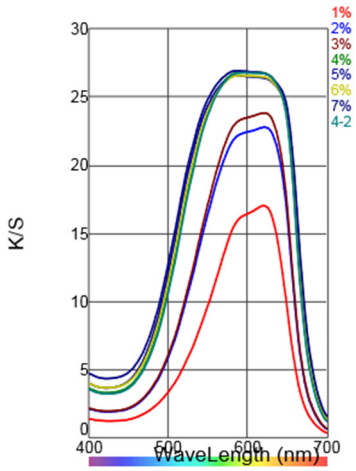
Hình 4. Máy đo màu quang phổ Xritex

06 mẫu vải được chuẩn bị trong điều kiện tiêu chuẩn ISO 139 được cắt tương đương với khối lượng là 05g, được nhuộm với cùng một loại thuốc nhuộm là Disperse Blue 2BLN tại 06 mức nồng độ thuốc nhuộm khác nhau (1%, 2%, 3%, 4%, 5% và 6%) trong cùng điều kiện công nghệ (nồng độ axit là 1g/l, thời gian nhuộm là 60 phút) theo phương pháp nhuộm tận trích. Các mẫu vải sau nhuộm được đo màu trên máy đo màu quang phổ Xritex để xác định bước sóng λ_{max} và cường độ lên màu thông qua giá trị K/S tại bước sóng λ_{max} được thể hiện trên hình 5.

- Nơi thí nghiệm: Quá trình thực nghiệm được tiến hành tại phòng thí nghiệm Công ty Trách nghiệm hữu hạn Trường Thịnh.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm đến cường độ lên màu của vải



Bước sóng (nm)

Hình 5. Khả năng hấp thụ thuốc nhuộm phân tán Disperse Blue 2BLN

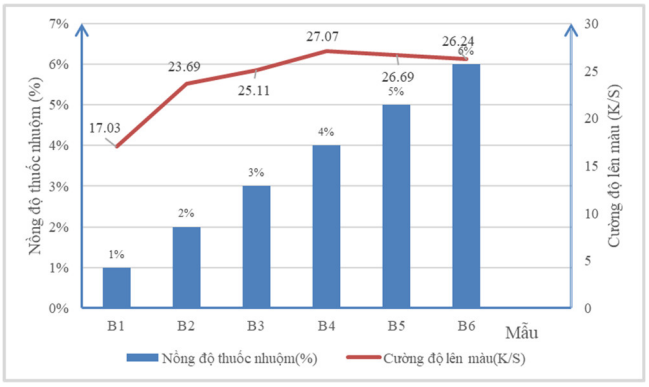
06 mẫu vải được chuẩn bị trong điều kiện tiêu chuẩn ISO 139 được cắt tương đương với khối lượng là 05g, được nhuộm với cùng một loại thuốc nhuộm là Disperse Blue 2BLN tại 06 mức nồng độ thuốc nhuộm khác nhau (1%, 2%, 3%, 4%, 5% và 6%) trong cùng điều kiện công nghệ (nồng độ axit là 1g/l, thời gian nhuộm là 60 phút) theo phương pháp nhuộm tận trích. Các mẫu vải sau nhuộm được đo màu trên máy đo màu quang phổ Xritex để xác định bước sóng λ_{max} và cường độ lên màu thông qua giá trị K/S tại bước sóng λ_{max} được thể hiện trên hình 5.

Từ kết quả hình 5 cho thấy, khả năng hấp thụ thuốc nhuộm phân tán Disperse Blue 2BLN của các mẫu vải sau nhuộm có giá trị K/S cao nhất tại vị trí có bước sóng 620nm, nên giá trị cường độ lên màu K/S sẽ được xét tại bước sóng 620nm. Kết quả được thể hiện trên bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm Disperse Blue 2BLN đến cường độ lên màu của vải

STT	Mẫu thí nghiệm	Nồng độ thuốc nhuộm (%)	Giá trị K/S (cường độ lên màu)
1	B1	1,00	17,03
2	B2	2,00	23,69
3	B3	3,00	25,11
4	B4	4,00	27,07
5	B5	5,00	26,69
6	B6	6,00	26,24

Các kết quả trên bảng 5 được thể hiện trên hình 6.

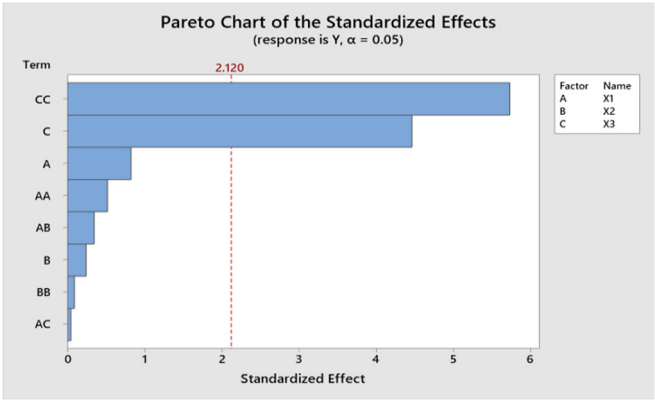


Hình 6. Ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm đến cường độ lên màu K/S của vải

Từ các kết quả trên bảng 5 và hình 6 cho thấy: nồng độ thuốc nhuộm có ảnh hưởng đến cường độ lên màu của vải. Khi tăng nồng độ thuốc nhuộm thì cường độ lên màu của vải sau nhuộm cũng tăng lên. Tuy nhiên, khi nồng độ thuốc nhuộm càng tăng thì cường độ lên màu của vải cũng không tăng và còn có xu hướng giảm nhẹ, cụ thể như sau:

Khi tăng nồng độ thuốc nhuộm thì 1% - 3% thì giá trị K/S tăng từ 17,03 - 25,11, tiếp tục tăng nồng độ thuốc nhuộm từ 3% - 4% thì giá trị K/S tăng 25,11 - 27,07. Khi tiếp tục tăng nồng độ thuốc nhuộm từ 5% - 6% thì giá trị K/S giảm nhẹ là 26,69 - 26,24. Như vậy, nồng độ thuốc nhuộm tại 4% đạt độ bão hòa, nồng độ này được lựa chọn tiếp tục nghiên cứu cho nội dung tiếp theo. Đây là nồng độ thuốc nhuộm tối ưu nhất. Nồng độ thuốc nhuộm sử dụng cao hơn sẽ gây lãng phí thuốc nhuộm, hóa chất, nước, gây ô nhuộm môi trường cũng như ảnh hưởng đến giá thành và chất lượng sản phẩm.

3.2. Kết quả ảnh hưởng đồng thời nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit, thời gian ảnh hưởng tới cường độ lên màu của vải bằng thí nghiệm Taguchi L25



Hình 7. Đồ thị Pareto về ảnh hưởng của các nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit và thời gian nhuộm đến cường độ lên màu của vải

Từ các kết quả nghiên cứu của nội dung 3.1, thực nghiệm lựa chọn 05 nồng độ thuốc nhuộm (02 nồng độ trước và 02 nồng độ sau nồng độ thuốc nhuộm bão hòa) là: 2%, 3%; 4%, 5% và 6%. Kết quả mức độ ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit, thời gian nhuộm đến cường độ lên màu của vải được thể hiện trên hình 7.

Từ kết quả trên hình 7 cho thấy: C tương ứng X3 (thời gian nhuộm) có mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến cường độ lên màu của vải, sau đó đến A tương ứng X1 (nồng độ thuốc nhuộm) và cuối cùng B tương ứng X2 (nồng độ axit).

Bảng 6. Ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit và thời gian nhuộm đến cường độ lên màu của vải

Nguồn	DF	Seq SS	Chỉ số nhiễu sắc	Adj SS	Adj MS	Giá trị F	Giá trị P
Mô hình	8	1195,08	86,04%	1195,08	149,385	12,32	0,000
Tuyến tính	3	690,97	49,74%	244,99	81,663	6,74	0,004
X1	1	14,87	1,07%	8,23	8,228	0,68	0,422
X2	1	1,19	0,09%	0,72	0,718	0,06	0,811
X3	1	674,91	48,59%	240,94	240,939	19,87	0,000
Bậc 2	3	501,87	36,13%	405,67	135,223	11,15	0,000
X1*X1	1	3,28	0,24%	3,28	3,279	0,27	0,610
X2*X2	1	0,20	0,01%	0,10	0,098	0,01	0,929
X3*X3	1	498,38	35,88%	397,57	397,568	32,79	0,000
Cặp đôi tương tác	2	2,24	0,16%	2,24	1,119	0,09	0,912
X1*X2	1	2,21	0,16%	1,47	1,467	0,12	0,733
X1*X3	1	0,02	0,00%	0,02	0,024	0,00	0,965
Lỗi	16	193,97	13,96%	193,97	12,123		
Tổng	24	1389,04	100,00%				

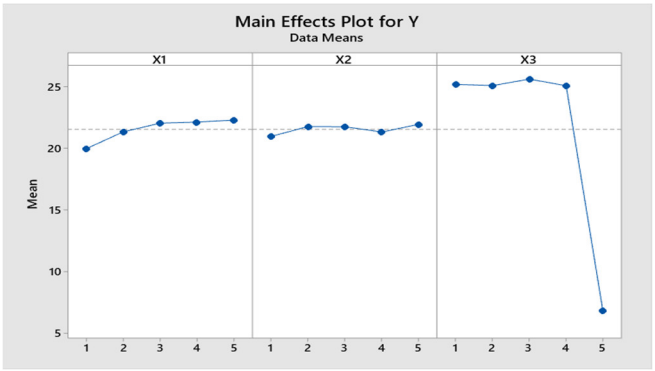
Kết quả trên bảng 6 cho thấy: X3 (thời gian nhuộm) là thông số có ảnh hưởng nhiều nhất đến cường độ lên màu của vải (chiếm 48,59%). X1 (nồng độ thuốc nhuộm) và X2 (nồng độ axit) ít ảnh hưởng đến cường độ lên màu (1,07% đối với X1 và 0,09% đối với X2).

Mô hình hồi quy của cường độ lên màu ở dạng biến mã hóa được mô tả bằng phương trình:

$$Y = -23,4 + 1,67\,X1 + 0,64\,X2 + 10,55\,X3 - 0,054\,X1*X1 - 0,011\,X2*X2 - 0,688\,X3*X3 - 0,042\,X1*X2 - 0,005\,X1*X3$$

Hệ số tương quan của mô hình là: $R^2 = 86,04\%$. Như vậy, mô hình hồi quy này đảm bảo khả năng tin cậy khi sử dụng để dự đoán cường độ lên màu.

Kết quả xu hướng của nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit và thời gian nhuộm đến cường độ lên màu của vải được thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit và thời gian nhuộm đến cường độ lên màu K/S

Trong đó: Y là giá trị K/S; X1 là nồng độ thuốc nhuộm; X2 là nồng độ axit; X3 là thời gian.

Từ kết quả trên hình 8 cho thấy: Xu hướng ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit và thời gian nhuộm đến cường độ lên màu của vải như sau: X1 càng lớn thì cường độ lên màu càng lớn, nhưng khi X1 = 5, Y có xu hướng giảm; X2 tăng thì Y có xu hướng tăng, nhưng tăng nhẹ; X3 tăng thì Y có xu hướng tăng, nhưng khi X3 = 3, Y có xu hướng giảm, khi X3 > 4 thì Y có xu hướng giảm rất nhanh.

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, quy trình công nghệ nhuộm vải 100% polyster bằng thuốc nhuộm phần tán được tối ưu như sau:

- Đơn công nghệ nhuộm:

STT	Quá trình	Hóa chất	Nồng độ
1	Nhuộm	Disperse Blue 2BLN	4,00%
2		Axit CH_3COOH	1,75%
3		Chất đều màu Albenol - dra	1g/l
4	Giặt	Chất giặt	1g/l

- Điều kiện công nghệ: Nhiệt độ: 130°C, thời gian: 60 phút

- Quy trình thực hiện:

Chuẩn bị vải → Cấp thuốc nhuộm + chất đều màu + axit axetic → Gia nhiệt → Nhuộm ở nhiệt độ 130°C, thời gian 60 phút → Hạ nhiệt 80°C → Giặt lạnh, nóng → Sấy khô → Đánh giá cường độ lên màu thông qua giá trị K/S.

4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Khi tăng nồng độ thuốc nhuộm thì cường độ lên màu của vải sau nhuộm cũng tăng, tuy nhiên khi nồng độ thuốc nhuộm càng tăng thì cường độ lên màu của vải sau nhuộm không tăng (đạt nồng độ thuốc nhuộm bão hòa).

- Ảnh hưởng đồng thời nồng độ thuốc nhuộm, nồng độ axit, thời gian theo phương pháp Taguchi L25 cho thấy: Thời gian có mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến cường độ lên màu của vải sau nhuộm (48,59%) khi thời gian tăng thì cường độ lên màu của vải sau nhuộm cũng tăng, tuy nhiên thời gian càng tăng thì cường độ lên màu giảm và giảm rất nhanh; sau đó đến ảnh hưởng của nồng độ thuốc nhuộm (1,07%); cuối cùng ảnh hưởng nồng độ axit ảnh hưởng ít nhất đến cường độ lên màu của vải sau nhuộm (0,09%) khi nồng độ axit tăng thì cường độ lên màu tăng, tuy nhiên nồng độ axit càng tăng thì cường độ lên màu của vải có xu hướng giảm.

- Quy trình công nghệ nhuộm tối ưu cho vải 100% polyster bằng thuốc nhuộm phân tán:

+ Đơn công nghệ nhuộm:

STT	Quá trình	Hóa chất	Nồng độ
1	Nhuộm	Thuốc nhuộm Disperse Blue 2BLN	4,00%
2		Axit axetic CH_3COOH	1,75%
3		Chất đều màu Albelnol - dra	1g/l
4	Giặt	Chất giặt	1g/l

Điều kiện công nghệ: Nhiệt độ: 130°C, thời gian: 60 phút.

- Quy trình thực hiện:

Chuẩn bị vải → Cấp thuốc nhuộm + chất đều màu + axit axetic → Gia nhiệt → Nhuộm ở nhiệt độ 130°C, thời gian 60 phút → Hạ nhiệt 80°C → Giặt lạnh, nóng → Sấy khô → Đánh giá cường độ lên màu thông qua giá trị K/S.

Kết quả là bước đầu gợi ý cho các doanh nghiệp sản xuất vải tham khảo áp dụng vào thực tế sản xuất nhằm tiết kiệm hóa chất, thuốc nhuộm, chi phí, nhân công, giảm giá thành sản phẩm, góp phần giảm thiểu sự ô nhiễm môi trường.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Công ty trách nhiệm hữu hạn Trường Thịnh, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi để nhóm tác giả thực hiện các nội dung nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Dhouib S, Lallam A, Sakli F., "Study of Dyeing Behavior of Polyester Fibers with Disperse Dyes," *Textile Research Journal*, 76(4), 271-280, 2006. doi: 10.1177/0040517506061243.

[2]. Al-Etaibi AM, El-Apasery MA., "Dyeing Performance of Disperse Dyes on Polyester Fabrics Using Eco-Friendly Carrier and Their Antioxidant and

Anticancer Activities," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 4603, 2019. https://doi.org/10.3390/ijerph16234603.

[3]. Chen J, Pei L, Shi W, Yi J, Wang J., "Effect of Dispersant on Disperse Dyeing in Silicone Waterless Dyeing System," *Polymers,* 15(4), 1046, 2023. https://doi.org/10.3390/polym15041046.

[4]. Ali A.A., Alshukur M., Ashmawy A.M., Mahmoud A.M., Saleh A., Nassar H.S., Yao B., "Dyeing of polyester fabrics using novel diazo disperse dyes derived from 1, 4-bis (2-amino-1, 3, 4-thiadiazolyl) benzene," *Research Journal of Textile and Apparel,* 28, 3, 478-492, 2022. https://doi.org/10.1108/RJTA-04-2022-0035.

[5]. Truong Phi Nam, Nguyen Van Thong, Luu Van Chinh, Vo Thi Hong Binh, Vu Luong, *Research and develop optimal technology for exhaust dyeing of some PES/Wool fabrics*. Research topic, Ministry of Industry and Trade, Hanoi, 2010. (in Vietnamese)

[6]. Le Thuy Nhung, Nguyen Cam Huong, "Developing the process for assessing the color fastness of dyed fabric," *Vietnam Trade and Industry Review*, 20, 2021. (in Vietnamese)

[7]. António Pedro Souto, Fernando Ribeiro Oliveira, Noémia Carneiro, *"Polyamide 6.6 Modified by DBD Plasma Treatment for Anionic Dyeing Processes," Textile Dyeing*, 243-260, 2021.

AUTHORS INFORMATION

Luu Thi Tho[1], Tran My Hanh[1], Vuong Van Manh[1], Hoang Ngoc Ha[1], Nguyen Thi Ngoc Dong[1], Nguyen Thi Kim Thu[2], Nguyen Nhu Tung[3]

[1]Faculty of Garment Technology & Fashion Design, Hanoi University of Industry, Vietnam

[2]Hanoi University of Science and Technology, Vietnam

[3]International School, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam