

การย้อมสีผ้าไนลอนด้วยสารให้สีจากกากกาแฟ Nylon fabrics dyeing with colorants from coffee grounds

จิรภัทร จิรคุณานนท์ และ นงนุช ศศิธร*

สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: นงนุช ศศิธร Email: Nongnut.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำสารให้สีสกัดจากกากกาแฟมาประยุกต์ใช้ในการย้อมสีเส้นใยไนลอน โดยการสกัดสารให้สีจากกากกาแฟ ใช้อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟต่อน้ำที่ 1 กรัม ต่อ 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการต้มเดือดเป็นเวลา 60 นาที และนำสารละลายสีที่ได้ย้อมบนผ้าไนลอนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ผลการศึกษาพบว่า สารละลายสีที่สกัดได้สามารถย้อมติดสีได้ดีในภาวะการย้อมที่เป็นกรด โดยมีค่าร้อยละของการย้อมติดสีอยู่ที่ร้อยละ 64.86 นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาผลของสารมอร์แดนต์ (Mordants) ต่อลักษณะสีและสมบัติความคงทนของสีของผ้าที่ได้ โดยใช้กระบวนการมอร์แดนต์หลังการย้อม (Post-mordanting) ด้วยอะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟต และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อการขัดถูตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC พบว่า กระบวนการมอร์แดนต์หลังการย้อมมีผลต่อลักษณะสีของผ้า โดยการใช้เฟอร์รัสซัลเฟตมีผลต่อการเปลี่ยนสีของผ้าสูงกว่าการใช้อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟต สำหรับความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อการขัดถู ทั้งที่ไม่ผ่านการทำมอร์แดนต์และหลังทำมอร์แดนต์ค่าความคงทนอยู่ในระดับดี มีค่าอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: กากกาแฟ การย้อมสีสิ่งทอ เส้นใยไนลอน

Abstract

This research investigates the application of natural dye extracted from spent coffee grounds for dyeing nylon fibers. The extraction process utilized a ratio of 1 g of coffee grounds to 10 mL of water (1:10), boiled for 60 minutes. The obtained dye solution was applied to nylon fabric at 100 °C for 60 minutes. The results indicated that the extracted dye exhibited good affinity for nylon under acidic conditions, achieving a dye exhaustion rate of 64.86 %. Additionally, the effects of post-mordanting with aluminum potassium sulfate and ferrous sulfate on color characteristics and colorfastness properties were evaluated. According to AATCC standard testing for colorfastness to washing and crocking, it was found that post-mordanting influenced the final color of the fabric; specifically, ferrous sulfate caused a greater color shift compared to aluminum potassium sulfate. Regarding performance, both non-mordanted and post-mordanted samples demonstrated good colorfastness to washing and crocking.

Keywords: Coffee grounds, Textile dyeing, Nylon fibers

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟในประเทศไทยยังคงได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง สะท้อนจากรายงานของกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ที่ระบุว่าอัตราการบริโภคกาแฟมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี ค.ศ. 2023 ตลาดกาแฟไทยมีมูลค่ารวม 34,470.3 ล้านบาท ขยายตัวร้อยละ 7.34 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2022 และคาดการณ์ว่าจะยังเติบโตต่อเนื่องในปี ค.ศ. 2025 เนื่องจากวัฒนธรรมการดื่มกาแฟได้กลายเป็นส่วนหนึ่งในวิถีชีวิตประจำวันของผู้บริโภค [1] ซึ่งผลจากธุรกิจดังกล่าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดขยะจากกากกาแฟที่เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก จากการศึกษาพบว่า ขยะจากกากกาแฟมีปริมาณขยะฝังกลบมากกว่าหลักล้านตัน ซึ่งถ้ามีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้จะสามารถช่วยลดจำนวนขยะเหล่านี้ [2] โดยในวิธีหนึ่งที่มีการนำกากกาแฟมาใช้ให้เกิดประโยชน์ คือการนำมาใช้ในการย้อมสีสิ่งทอ ซึ่งเป็นการนำสารให้สีที่สามารถสกัดได้จากวัสดุธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในงานด้านสิ่งทอที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความต้องการที่จะลดปริมาณการใช้สีสังเคราะห์ที่ได้จากกระบวนการทางเคมี ซึ่งสีสังเคราะห์หลายชนิดส่งผลต่อลักษณะของน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อม และอาจมีสารเคมีปนเปื้อนตกค้างในน้ำทิ้ง ถึงแม้จะมีการบำบัดแล้วก็ตาม ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดมลภาวะทางน้ำที่มีผลต่อผู้ปฏิบัติงานและชุมชน

การย้อมสีจากธรรมชาติมีความนิยมย้อมบนเส้นใยธรรมชาติเป็นหลักเนื่องจากใช้กระบวนการที่ไม่ซับซ้อน การใช้สีธรรมชาติย้อมบนเส้นใยสังเคราะห์มีทำบ้างเล็กน้อย แต่ไม่เป็นที่นิยมเช่น การย้อมสีธรรมชาติบนเส้นใยพอลิเอสเตอร์ เนื่องจากต้องใช้เทคนิคพิเศษหรือใช้สารเคมี เพื่อทำให้เส้นใยสามารถดูดซับสีย้อมได้ [3-5] จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า การใช้กากกาแฟในการย้อมก็เช่นกัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวกากกาแฟนิยมทำการศึกษากับเส้นใยธรรมชาติ [6-9] ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำกากกาแฟ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากจากธุรกิจร้านกาแฟ มาประยุกต์ใช้ย้อมสีบน "เส้นใยไพลอน" เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากของเสียตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เหตุผลที่เลือกศึกษาเส้นใยไพลอนเนื่องจากเป็นเส้นใยสังเคราะห์ที่มีหมู่ฟังก์ชันทางเคมีคล้ายคลึงกับเส้นใยโปรตีน จึงสามารถใช้กระบวนการย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติได้ดี อีกทั้งยังเป็นเส้นใยที่มีบทบาทสำคัญและถูกนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่หลากหลาย โดยกำหนดแนวทางในการศึกษาตั้งแต่การสกัดสารให้สีจากกากกาแฟให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน การหาภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการย้อม การศึกษาสมบัติการติดสีของสารให้สีสกัดจากกากกาแฟบนเส้นใยไพลอน สมบัติความคงทนของสี และการปรับปรุงความคงทนของสีต่อการใช้งาน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมน้ำสีจากกากกาแฟ

ในการเตรียมน้ำสีสกัดสีสำหรับการทดลอง ใช้กากกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ผ่านกระบวนการขงด้วยเครื่องเอสเปรสโซ (Espresso Machine) นำมาอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำกากกาแฟมาแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปต้มเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และทำการกรองเพื่อแยกกากออก โดยกระบวนการสกัดนี้ใช้อัตราส่วนกากกาแฟต่อน้ำที่ 100 กรัม ต่อ 1,000 มิลลิลิตร (1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)

2.2 การย้อมสีผ้าไพลอนด้วยน้ำสีจากกากกาแฟ

ผ้าที่ใช้ในการศึกษาเป็นผ้าไพลอนถักแนวยืน (Warp-knitted nylon fabric) ทำการย้อมด้วยสารสกัดสีจากกากกาแฟ โดยกำหนดอัตราส่วนน้ำย้อมต่อวัสดุสิ่งทอ (Liquor ratio) เท่ากับ 1:50 (ผ้า 1

กรัม ต่อน้ำสีสกัด 50 มิลลิลิตร) ด้วยเครื่องย้อมระบบอินฟราเรด (IR Starlet DL-6000, Daelim Starlet Co., Ltd.) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ภาวะ ได้แก่ ภาวะที่ 1 น้ำสีสกัดที่ไม่ผ่านการปรับค่า pH และภาวะที่ 2 ภาวะกรด (pH 3) โดยปรับสภาพน้ำย้อมด้วยกรดอะซิติก (CH₃COOH, J.T. Braker Company) สำหรับการศึกษผลของเวลาที่มีต่อลักษณะการติดสี เลือกใช้ภาวะการย้อมที่ 2 (pH 3) โดยแปรผันเวลาในการย้อมที่ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ ภายหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการย้อม นำชิ้นงานทดสอบออกจากสารละลายและทำความสะอาดเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยสารละลายสบู่เทียม ((Sopinol xp-18, บริษัท สดาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด) ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดและปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำผ้าที่ได้ไปศึกษา ลักษณะสี โดยการวัดค่าของสีในระบบ CIE และค่าความเข้มสี (K/S) ตามสมการของ Kubelka-Munk [10] ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Color Quest XE, บริษัท คัลเลอ โกลบอล จำกัด) ภาวะในการวัดไม่รวมความมันเงา (Specular exclude) ทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65

2.3 การคำนวณอัตราการย้อมติดสีและค่าร้อยละของการพ่นสี

การศึกษอัตราการติดสีของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีจากกากกาแฟ ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างสารละลายสีย้อม 2 ระยะเวลา ได้แก่ สารละลายสีย้อมก่อนเริ่มกระบวนการ และสารละลายสีย้อมที่เหลือภายหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการ นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 50 เท่า จากนั้นนำวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง ณ ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) โดยใช้อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS Spectrophotometer HALO DB-20, Dynamica Scientific Ltd.) จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสี ดังแสดงในสมการที่ (1) สำหรับค่าร้อยละของการพ่นสี คำนวณโดยอาศัยค่าความเข้มสีของผ้าที่ผ่านการย้อมและกำจัดสีส่วนเกินแล้ว ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$\text{Exhaustion rate (\%)} = \frac{A_i - A_t}{A_i} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ A_i คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสีย้อมก่อนการย้อม และ A_t คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสีย้อมหลังการย้อม

$$\text{Dye fixation (\%)} = \frac{K/S_A}{K/S_B} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ K/S_A คือ ค่าความเข้มสีของผ้าหลังผ่านการซักล้าง และ K/S_B คือ ค่าความเข้มสีของผ้าก่อนผ่านการซักล้าง

2.4 การศึกษาผลการทำมอร์แดนท์ต่อลักษณะสีของผ้า

เพื่อศึกษาผลของสารมอร์แดนท์ (Mordants) ที่มีต่อลักษณะสีของผ้าในลอนที่ย้อมด้วยสารสกัดจากกากกาแฟ ได้เลือกใช้สารมอร์แดนท์ 2 ชนิด ได้แก่ อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟต (AlK(SO₄)₂·12 H₂O) และเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO₄·7 H₂O (Ajax Finechem Pty Ltd.) โดยใช้วิธีการมอร์แดนท์ภายหลังจากการย้อม (Post-mordanting) ขั้นตอนการทดลองดำเนินโดยนำผ้าที่ผ่านการย้อมสี มาแช่ในสารละลายมอร์แดนท์

ที่มีความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำผ้าตัวอย่างไปล้างทำความสะอาด และตากให้แห้ง จากนั้นนำไปตรวจวัดค่าสีในระบบ CIE ดังวิธีการที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

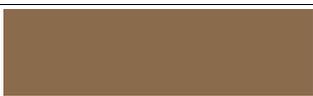
2.5 การทดสอบความคงทนของสี

ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างตามมาตรฐาน AATCC Test Method 61-2003 (Colorfastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated) ภาวะการทดสอบ 1A และทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูตามมาตรฐาน AATCC Test Method 8-2005 (Colorfastness to Crocking: AATCC Crockmeter Method)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยน้ำสีจากกากกาแฟ

ตารางที่ 1 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากกากกาแฟ

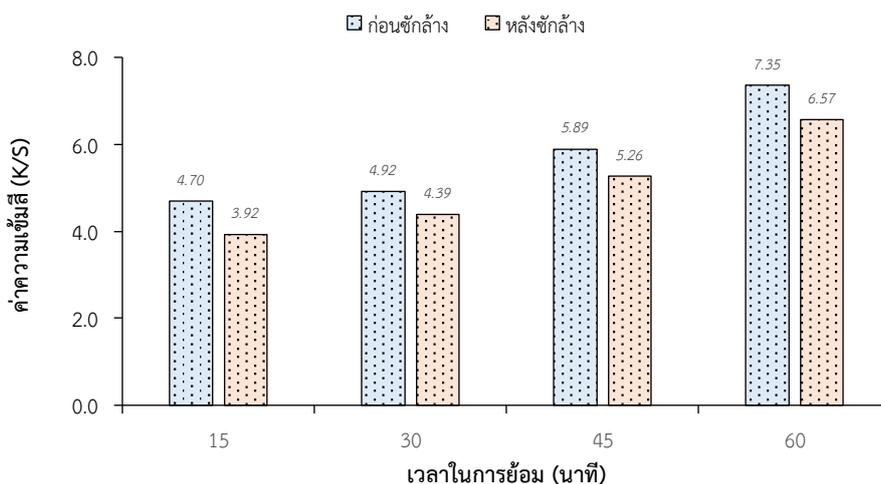
ภาวะการย้อม		ค่าของสี						ลักษณะสี
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
1	ก่อนซักล้าง	56.92	9.82	25.32	27.16	68.80	5.00	
	หลังซักล้าง	63.42	11.77	25.34	27.94	65.09	3.88	
2	ก่อนซักล้าง	47.88	8.82	21.73	23.45	67.90	7.35	
	หลังซักล้าง	53.45	10.99	26.61	28.79	67.56	6.57	

ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อม จากข้อมูลค่าสีในระบบ CIELAB ที่แสดงในตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างภาวะการย้อมทั้ง 2 ภาวะภายหลังจากกระบวนการซัก พบว่าผ้าตัวอย่างมีเฉดสีที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่า a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ามุมของสี (h^* หรือ Hue angle) พบว่าผ้าที่ย้อมในภาวะที่ 2 (pH 3) มีค่า h^* เพิ่มขึ้นจาก 65.09 เป็น 67.56 เมื่อเทียบกับภาวะที่ 1 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า h^* นี้บ่งชี้ว่าสีของผ้ามีความโน้มเอียงไปทางสีเหลืองมากขึ้น เนื่องจากค่ามุมดังกล่าวมีทิศทางเข้าใกล้พิภัก 90 องศา ซึ่งเป็นตำแหน่งของแกนสีเหลืองในปริภูมิสี CIE (CIE Color Space) [11]

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มสีภายหลังจากกระบวนการซัก พบว่าผ้าที่ย้อมในภาวะที่ 1 มีค่าความเข้มสีลดลงจาก 5.00 เป็น 3.88 คิดเป็นการลดลงร้อยละ 22.40 ในขณะที่ผ้าที่ย้อมในภาวะที่ 2 (ปรับสภาวะกรด) มีค่าลดลงจาก 7.35 เป็น 6.57 คิดเป็นการลดลงร้อยละ 10.61 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการย้อมในภาวะกรดมีอัตราการลดลงของความเข้มสีที่ต่ำกว่า ชี้ให้เห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายสีย้อมจากกากกาแฟมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการย้อมติดสีบนเส้นใยไนลอน การปรับสภาพน้ำย้อมให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (pH 3) ส่งเสริมให้เส้นใยไนลอนสามารถดูดซับและยึดเกาะกับโมเลกุลสีได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ค่าความเข้มสีของผ้าที่ได้สูงกว่าการย้อมในภาวะปกติอย่างชัดเจน [12]

ตารางที่ 2 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากกากกาแฟที่เวลาต่างกัน

เวลาในการย้อม (นาทีก)	ค่าของสี						ลักษณะสี
	L*	a*	b*	c*	h*	K/S	
15	63.14	9.98	27.39	29.15	69.99	3.92	
30	60.85	10.11	26.89	28.72	69.40	4.39	
45	57.37	9.52	25.33	27.06	69.41	5.26	
60	53.45	10.99	26.61	28.79	67.56	6.57	



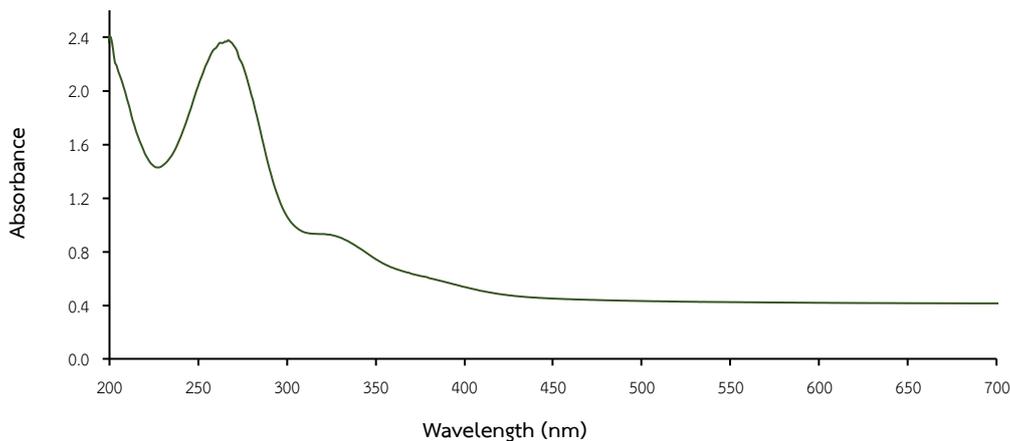
ภาพที่ 1 ค่าความเข้มสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากกากกาแฟที่เวลาต่างกัน

ในการศึกษาผลของระยะเวลาในการย้อม ได้กำหนดอุณหภูมิการย้อมคงที่ไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาจากสมบัติทางความร้อนของเส้นใยไนลอนซึ่งเป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติก ที่มีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature: Tg) อยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียส [13] การใช้อุณหภูมิสูงในการย้อมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้พลังงานความร้อนกระตุ้นให้สายโซ่โมเลกุลในโครงสร้างส่วนอสัณฐาน (Amorphous region) เกิดการเคลื่อนไหวและคลายตัว (Segmental mobility) ส่งผลให้โครงสร้างเส้นใยเปิดออกและเอื้อให้โมเลกุลของสีย้อมสามารถแพร่ เข้าสู่ภายในเส้นใยได้สะดวกขึ้น [12, 14] จากผลการทดลองในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการย้อมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการติดสี กล่าวคือ การเพิ่มระยะเวลาในการย้อมส่งผลให้ค่าความเข้มสีมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบภายหลังกระบวนการซักล้าง พบว่าค่าความเข้มสีมีการลดลงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่แต่สีของผ้ายังคงมีลักษณะเหมือนเดิม ซึ่งเห็นได้จากค่ามุมของสี (h*) ของผ้าตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันในทุก

ช่วงเวลาการทดลอง ทั้งนี้ค่ามุมของสีเป็นพารามิเตอร์ที่ระบุตำแหน่งของเฉดสีบนปริภูมิสี CIE ซึ่งการที่ค่าดังกล่าวมีความใกล้เคียงกัน บ่งชี้ได้ว่าผ้าตัวอย่างมีเฉดสีเดียวกัน หรือจัดอยู่ในกลุ่มสีเดียวกัน [11]

3.2 ผลอัตราการย้อมติดสีและค่าร้อยละของการย้อมสี

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนแสง (Absorption spectrum) ของน้ำสีสกัดจากกากกาแฟ จากการตรวจสอบพบว่าค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) ปรากฏอยู่ในย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV Region) ในการศึกษาจึงได้เลือกกำหนดความยาวคลื่นสำหรับการตรวจวัดที่ 400 นาโนเมตร เนื่องจากเป็นความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วงแสงที่ตามองเห็น (Visible spectrum)

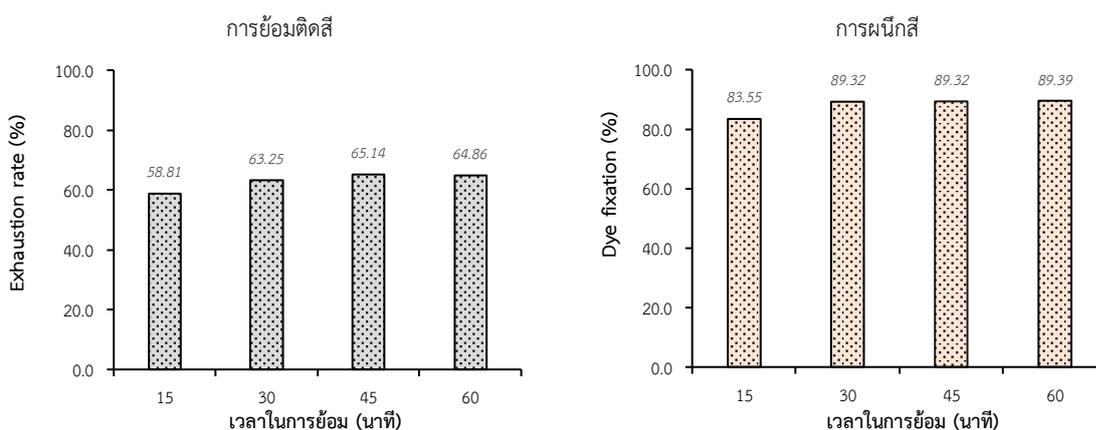


ภาพที่ 2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำสีจากกากกาแฟ (pH 3)

ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของน้ำสีจากกากกาแฟที่ย้อมบนผ้าไนลอนแสดงในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ภาวะความเป็นกรดมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมประสิทธิภาพการย้อมติดของเส้นใยไนลอน โดยการย้อมในภาวะที่ 2 (ภาวะกรด) มีค่าร้อยละการดูดซับสีย้อมสูงถึงร้อยละ 64.86 ในขณะที่การย้อมในภาวะที่ 1 (ไม่ปรับ pH) มีค่าเพียงร้อยละ 22.31 ผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับค่าร้อยละการย้อมสี ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งพบว่าผ้าที่ย้อมในภาวะที่ 2 มีประสิทธิภาพการย้อมสีที่สูงกว่าภาวะที่ 1 (ร้อยละ 89.39 และร้อยละ 77.60 ตามลำดับ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปรับสภาพน้ำย้อมให้เป็นกรดเป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีสกัดจากกากกาแฟบนเส้นใยไนลอน เนื่องจากหมู่ฟังก์ชันอะมิโนในโครงสร้างเส้นใยสามารถจับโปรตอนและเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลสีได้ดีขึ้น [12, 14] สำหรับผลของระยะเวลาในการย้อมและประสิทธิภาพการดูดซับสี ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการย้อมส่งผลให้ร้อยละการดูดซับสีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 45 ถึง 60 นาที พบว่าอัตราการดูดซับสีย้อมเริ่มคงที่และมีค่าลดลงเล็กน้อย ซึ่งคาดว่ากระบวนการย้อมได้เข้าสู่จุดสมดุลของการดูดซับสีย้อมในช่วงเวลาดังกล่าว

ตารางที่ 3 ค่าร้อยละของการย้อมติดสีผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยของน้ำสีสกัดจากกากกาแฟ

ภาวะการย้อม	ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสี (Absorbance)		ร้อยละของการย้อมติดสี (Exhaustion rate, %)
	ก่อนการย้อม	หลังการย้อม	
1	0.2290	0.1779	22.31
2	0.2163	0.0760	64.86



ภาพที่ 3 ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีและการผนึกสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยของน้ำสีสกัดจากกากกาแฟ (ภาวะที่ 2)

3.3 ผลการทำมอร์แดนต์ต่อลักษณะของผ้า

ข้อมูลค่าสีและลักษณะปรากฏของผ้าไนลอนภายหลังกระบวนการมอร์แดนต์ ดังแสดงในตารางที่ 4 ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการมอร์แดนต์และชนิดของสารช่วยติดสีมีอิทธิพลต่อเฉดสีของผ้าที่ได้แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L^*) และค่ามุมของสี (h^*) พบว่าการใช้สารช่วยติดสีอะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟตส่งผลให้ผ้ามีลักษณะสีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการมอร์แดนต์ ทั้งในภาวะการย้อมที่ 1 และ 2 กล่าวคือสารมอร์แดนต์ชนิดนี้มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของเฉดสีเดิมค่อนข้างน้อย ในทางตรงกันข้ามการใช้สารช่วยติดสีเฟอร์รัสซัลเฟต ส่งผลให้ลักษณะสีของผ้าเปลี่ยนแปลงไป โดยผ้ามีสีที่ทึบเข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่างที่ลดต่ำลง ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดจากการที่ไอออนของโลหะเหล็กเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Complex formation) กับโมเลกุลของสีย้อมธรรมชาติ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการดูดกลืนแสงและส่งผลให้สีมีความเข้มที่มากขึ้น [3, 4]

ตารางที่ 4 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากกากกาแฟหลังการทำมอร์แดนต์

ภาวะการย้อม	สารมอร์แดนต์	ค่าของสี						ลักษณะสี
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
1	-	63.4 2	11.7 7	25.3 4	27.9 4	65.0 9	3.88	
	AlK(SO4)2·12 H2O	62.5 1	11.0 3	23.4 2	25.8 9	64.8	4.11	
	FeSO4·7 H2O	57.6 8	7.00	18.4 7	19.7 5	69.2 6	4.25	
2	-	53.4 5	10.9 9	26.6 1	28.7 9	67.5 6	6.57	
	AlK(SO4)2·12 H2O	55.4 6	9.67	23.7 2	25.6 1	67.8 1	5.30	
	FeSO4·7 H2O	49.6 0	4.12	17.2 2	17.7 1	76.5 6	5.81	

3.4 ผลการทดสอบความคงทนของสี

3.4.1 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง

ผลการประเมินสมบัติความคงทนของสีต่อการซักของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสารสกัดจากกากกาแฟ โดยอ้างอิงวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5 จากการพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (Color Change) พบว่าผ้าตัวอย่างมีระดับความคงทนอยู่ในเกณฑ์ดี โดยพบว่ากระบวนการมอร์แดนต์ภายหลังการย้อม (Post-mordanting) มีบทบาทในการช่วยปรับปรุงความคงทนของสีต่อการซักให้ดีขึ้น สำหรับการติดเปื้อนสี (Color Staining) พบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี อย่างไรก็ตามผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการใช้มอร์แดนต์ส่งผลต่อการปรับปรุงสมบัติด้านการติดเปื้อนเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ได้ผ่านการมอร์แดนต์

ตารางที่ 5 ความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีจากกากกาแฟ

ภาวะการย้อม	สารมอร์แดนต์	ระดับความคงทนของสี						
		ค่าการเปลี่ยนแปลงสี	ค่าการติดเปื้อนสี					ขนสัตว์
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิก	
1	-	4	5	5	5	5	5	4-5
	AlK(SO ₄) ₂ ·12 H ₂ O	4-5	5	5	5	5	5	5
	FeSO ₄ ·7 H ₂ O	4-5	5	5	5	5	5	4-5
2	-	4	5	5	5	5	5	4-5
	AlK(SO ₄) ₂ ·12 H ₂ O	4-5	5	5	5	5	5	5
	FeSO ₄ ·7 H ₂ O	4-5	5	5	5	5	5	4-5

3.4.2 ความคงทนของสีต่อการขัดถู

ผลการประเมินความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crocking) ของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสารสกัดจากกากกาแฟ โดยอ้างอิงมาตรฐานการทดสอบ AATCC ดังแสดงในตารางที่ 6 จากการทดสอบพบว่า ผ้าตัวอย่างมีค่าความคงทนของสีอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทั้งใน ภาวะการขัดถูแห้งและภาวะการขัดถูเปียก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสีย้อมมีการแทรกซึมและยึดเกาะกับเส้นใยได้ดี ไม่หลุดลอกออกมาได้ง่ายเมื่อเกิดการเสียดสี อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของสารมอร์แดนต์ พบว่ากระบวนการมอร์แดนต์ภายหลังการย้อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 6 ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีจากกากกาแฟ

ภาวะการย้อม	สารมอร์แดนต์	ระดับความคงทนของสี (ค่าการติดเปื้อนสี)	
		ภาวะแห้ง	ภาวะเปียก
1	-	5	4-5
	AlK(SO ₄) ₂ ·12 H ₂ O	5	4-5
	FeSO ₄ ·7 H ₂ O	5	4-5
2	-	4-5	4
	AlK(SO ₄) ₂ ·12 H ₂ O	5	4-5
	FeSO ₄ ·7 H ₂ O	5	4-5

4. สรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการนำกากกาแฟเหลือทิ้งมาประยุกต์ใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติสำหรับผ้าไนลอน โดยศึกษาปัจจัยด้านภาวะการย้อม ผลของสารมอร์แดนท์ และความคงทนของสี ผลการทดลองพบว่า น้ำสีสกัดจากกากกาแฟสามารถย้อมติดสีเส้นใยไนลอนได้ดีในภาวะที่เป็นกรด โดยมีค่าร้อยละการดูดซับสี เท่ากับ 64.86 และค่าร้อยละการฟีนิกสีเท่ากับ 89.39 เมื่อศึกษาผลของสารมอร์แดนท์โดยใช้วิธีการมอร์แดนท์ภายหลังการย้อม พบว่าชนิดของสารมอร์แดนท์ส่งผลต่อเฉดสีที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การใช้อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟตให้เฉดสีที่มีความสว่าง สดใส และใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการมอร์แดนท์ ในขณะที่การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตส่งผลให้เฉดสีมีความเข้มและทึบลง นอกจากนี้สารมอร์แดนท์ทั้งสองชนิดยังช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีให้อยู่ในเกณฑ์ดี ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากากกาแฟซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมสีสิ่งทอได้ดี

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อการวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] เทรนด์ร้านกาแฟปี 2025 ปรับตัวอย่างไรให้อยู่รอด? [Internet]. <https://www.boncafe.co.th/th/library> [Accessed: {PT DateAccessed}]14 May 2025{/DateAccessed PT}]
- [2] ชูบชีวิตชะยะกากกาแฟ! สตาร์ทอัพไอเดียเจ๋ง สกัดน้ำมันจาก “กากกาแฟ” ทดแทนการใช้น้ำมันปาล์ม [Internet]. <https://www.marketingoops.com/news/biz-news/startup-making-purify-oil-from-used-coffee-grounds/> [Accessed: {PT DateAccessed}]10 October 2022{/DateAccessed PT}]
- [3] Verma, S., & Gupta, G. (2017). Natural dyes and its applications: A brief review. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 4(4), 57-60.
- [4] Vankar, P. S., & Shukla, D. (2019). *New trends in natural dyes for textiles*. Woodhead Publishing.
- [5] Vankar, P. S., & Shukla, D. (2023). *Natural dyes for sustainable textiles*. Elsevier.
- [6] จันทร์ทิพย์ เศรษฐยานนท์ (2561) “การพัฒนาสีย้อมและสารตกแต่งสำเร็จสำหรับสิ่งทอด้วยสารสกัดจากกากกาแฟ” [Online]. Available: http://164.115.28.46/thaixen/search_detail/result/4979
- [7] อรุณ จันทร์คำ. (2557) การพัฒนาสีย้อมธรรมชาติแบบผงจากกากกาแฟสด. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี:อุบลราชธานี.
- [8] Hong, K. H. (2018). Effects of tannin mordanting on coloring and functionalities of wool fabrics dyed with spent coffee grounds. *Fashion and Textiles*, 5(1), 1-11.
- [9] Elabid, A. E., Mahajoub, I. E., & Ahmed, M. A. (2021). Mechanisms and Functional Properties of Colored Coffee Compounds Dyed Cotton Fabrics.

[10] Roderick McDonald, Colour Physics for Industry Second Edition, Society of Dyers and Colourists. 1997.

[11] M. Clark, Handbook of textile and industrial dyeing Volume 1: Principles, processes and types of dyes. Woodhead Publishing Limited, 2011.

[12] Broadbent, A. D. (2001). Basic principles of textile coloration. Society of Dyers & Colourists.

[13] Odian, G. (2004). Principles of polymerization. Fourth edition. A John Wiley & Sons, Inc., publication

[14] Chakraborty, J. N. (Ed.). (2015). Fundamentals and practices in colouration of textiles. Second edition. CRC Press.