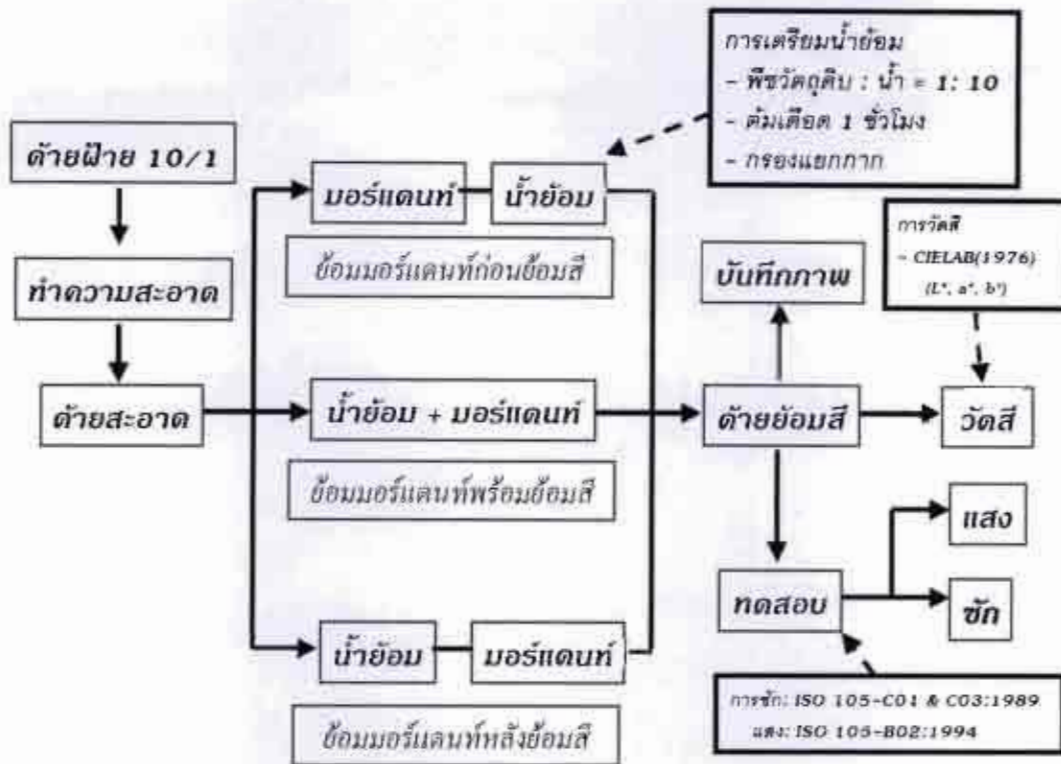




รูปที่ 3.3 แผนภาพทั่วไปของขั้นตอนการย้อมและการศึกษาผลการย้อม

3.3.4 การย้อมครามและห้อม

ในการย้อมในระดับอุตสาหกรรมรอบคอบครั้งนั้น ก่อนการย้อมครามจะทำการเตรียมน้ำครามโดยกระบวนการหมักเพื่อให้อินดิโกที่มีสีน้ำเงินเปลี่ยนจากรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำซึ่งเป็นแอนทราควิโนนแบบไดควิโนนไปเป็นรูปแบบไม่มีสีที่ละลายน้ำโดยใช้แบคทีเรียหรือตัวรีดิวซ์อื่น^{8,33-42} ในประเทศไทยการย้อมแบบพื้นบ้านส่วนมากใช้แบคทีเรียใช้เวลาการเตรียมครามหลายวัน กรามที่เตรียมโดยกรรมวิธีนี้เรียกกันว่า**ครามหมัก** นอกจากนี้อาจมีการใช้ตัวรีดิวซ์อื่น อาทิเช่น กากน้ำตาล ต่าง ๆ การย้อมทำการย้อมที่อุณหภูมิห้อง อินดิโกที่ละลายน้ำจะถูกดูดซับติดด้วยและแพร่เข้าไปในเส้นใย ระหว่างการย้อมทำการยกด้ายขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้สัมผัสอากาศ อินดิโกที่ละลายน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกลับไปเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำโดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศ หลังจากทำการย้อมระยะเวลาหนึ่งแล้วจะนำด้ายขึ้น บีบให้แห้งหมาดก่อนกระดุกตากให้แห้ง ปกติจะทำการย้อมซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนกว่าจะได้สีน้ำเงินตามที่ต้องการ การย้อมครามจึงเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนมากและใช้เวลายาวนาน ในแถบภาคเหนือของประเทศไทยที่มีวัดดูลินเป็นห้อม มีการย้อมสีน้ำเงินโดยใช้ห้อมหมักซึ่งเตรียมได้ด้วยวิธีการคล้ายกันกับการเตรียมคราม

ในการศึกษานี้นอกจากครามหมักจากกลุ่มทอดผ้าแล้ว ได้ใช้ครามที่ซื้อหาได้ในท้องตลาด เพื่อนำมาทดลองย้อมสีน้ำเงินในห้องปฏิบัติการเอง กรามที่ซื้อมาเป็นครามที่กลุ่มทอดผ้าบางกลุ่มใช้

ในการย้อมครามอยู่ มีลักษณะเป็นเกล็ดขนาดใหญ่ มีสีน้ำเงินเข้ม เป็นครามที่นำมาแบ่งบรรจุใหม่ไม่ทราบแหล่งผลิตชัดเจน ผลการทดสอบพบว่าครามนี้ละลายได้บางส่วนในเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายในเอทานอลได้ดีกว่า จึงใช้วิธีการละลายด้วยเอทานอลก่อนเติมน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำให้เป็นเบส และทำการทดสอบย้อมทั้งภาวะที่มิการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวรีดิวซ์และที่ไม่ใช้ตัวรีดิวซ์ ครามที่ละลายในเอทานอล-น้ำ ให้ค่า $\lambda_{\max}$ ที่ 292 และ 668 nm Miliani และคณะ⁴² ละลายอินดิโกในคลอโรฟอร์ม พบว่ามีค่า $\lambda_{\max}$ ที่ 286, 606 และ 710 nm

จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าภาวะที่ไม่ใช้ไฮดรอกไซด์นั้นต้องใช้ครามปริมาณมากจึงจะสามารถย้อมให้เป็นสีน้ำเงินได้ ส่วนการใช้ไฮดรอกไซด์เป็นตัวรีดิวซ์นั้นใช้ความเข้มข้นของครามน้อยกว่า อนึ่งในการย้อมนี้ไม่ได้ต้องการสีน้ำเงินเข้มเหมือนเช่นที่นิยมย้อมกัน แต่ต้องการให้ได้สีน้ำเงินที่พอเหมาะสำหรับการย้อมทับด้วยสีที่สอง หรือย้อมพร้อมกับสีที่สอง หรือเพื่อใช้ในการย้อมทับสีอื่นต่อไป การย้อมด้วยน้ำย้อมเตรียมจากการต้มใบห้อมสด ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C พบว่าใน 30 นาทีแรกผ้าฝ้ายติดสีได้สีเขียว สีดัดไม่ทนหลุดลอกง่าย แต่ถ้าใช้เวลานานกว่า 30 นาทีขึ้นไปสีจะเปลี่ยนเป็นสีออกม่วงถึงสีเทาทั้งนี้เนื่องจากเมื่อถูกความร้อนอินดิโกเปลี่ยนไปเป็นไดเมอร์ของอินดอกซิลมากขึ้น⁴² การย้อมห้อมและครามโดยทั่วไปจึงพยายามไม่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 50°C

การทดลองหาภาวะที่เหมาะสมมีวิธีการดังนี้

ก. การย้อมโดยใช้รีดิวซ์เอเจนต์

สำหรับการย้อมครามโดยใช้ปริมาณคราม 0.2 กรัม ค่อน้ำ 700 มล. ค่อด้าย 70 กรัม หรือคิดเทียบเป็นอัตราส่วนด้ายต่อก่อน้ำต่อคราม 1:10:0.0029 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรค่อน้ำหนัก หรือคิดเป็นการย้อมคราม 0.29% น้ำหนักด้าย มีวิธีการดังนี้

1. ชั่งครามมา 0.2 กรัม (สำหรับด้าย 1 บ่วงหรือประมาณ 70 กรัม) เติมน้ำเอทานอล 2 มล. คนให้เข้ากัน เติมน้ำ 2 มล. และ 2 M NaOH ลงไป 6 มล.
2. ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.00 กรัม ในน้ำ 40 มล. แล้วเติมน้ำเอทานอลนี้ลงไปในส่วนละลายตามข้อ 1 ปรับปริมาตรให้เป็น 700 มล. ด้วยน้ำกลั่น
3. นำสารละลายที่ได้ไปอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลืองอ่อนใส ยกหม้อย้อมลงจากเตา นำด้ายเบอร์ 10/1 ที่ทำความสะอาดแล้ว ลงย้อมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พลิกด้ายกลับเป็นครั้งคราว โดยพยายามไม่ให้ด้ายสัมผัสอากาศ
4. นำด้ายขึ้นบิดให้หมาด ผึ่งลมให้แห้ง สีของด้ายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
5. นำด้ายไปหว่านรวดสี บันทึกภาพ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

การย้อมครามที่ความเข้มข้นอื่น ๆ ใช้อัตราส่วนตามตารางที่ 3.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของน้ำคราม

คราม (กรัม)	0.10	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.50	2.0	4.0
เอธานอล(มล.)	1	2	4	6	8	10	15	20	40
น้ำ (มล.)	1	2	4	6	8	10	15	20	40
NaOH (2M)(มล.)	3	6	12	18	24	30	45	60	120
โซเดียมไดไธโอ ไนต์+ น้ำ - Na ₂ S ₂ O ₄ (กรัม)	0.5	1	2	3	4	5	7.5	10	20
- H ₂ O (มล.)	20	40	80	100	100	200	200	200	400
น้ำ (มล.)	675	650	600	570	560	450	425	400	100
ปริมาตรรวม(มล.)	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ด้าย:น้ำคราม (1:10:X) ค่าของ X	0.00143	0.00286	0.0057	0.0086	0.0114	0.0143	0.0214	0.0286	0.0572
คราม (%ด้าย)	0.143	0.286	0.57	0.86	1.14	1.43	2.14	2.86	5.72
pH น้ำครามก่อนย้อม	11.5	11.8	12.0	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7
pH น้ำครามไม่เติม ไดไธโอไนต์	11.9	12.1	12.3	12.5	12.6	12.7	12.7	12.8	12.9

ข. การย้อมโดยไม่ใช้รีดิวซ์เอเจนต์

1. ชั่งครามปริมาณที่กำหนด สำหรับด้าย 1 ปวงหรือประมาณ 70 กรัม (ตัวอย่างเช่น คราม 4 g/l ต้องชั่งคราม 2.8 g) ละลายในเอธานอลประมาณ 10 มล.เติมน้ำจนได้ปริมาตร 700 มล.
2. นำด้ายเบอร์ 10/1 ที่ทำความสะอาดแล้วด้วยสบู่ ลงย้อมที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. นำด้ายขึ้นบิดให้หมาด ผึ่งลมให้แห้ง สีของด้ายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
4. นำด้ายไปทำการวัดสี บันทึกภาพ และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อไป

3.4 การย้อมมอร์แดนต์

ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการใช้มอร์แดนต์โลหะที่มีต่อการย้อมสีทั้งในแง่ของเฉดสีที่ได้และในแง่ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสงโดยทำการย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบ คือ

- การย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมในน้ำย้อมสีธรรมชาติ ที่เรียกว่า Premordanting

- การย้อมมอร์แดงที่พร้อมกับการย้อมสี ที่เรียกว่า Simultaneous mordanting (หรือ co-mordanting)
- การย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี ที่เรียกว่า After-mordanting (หรือ post mordanting)

ในการนี้ได้ใช้มอร์แดงที่ต่าง ๆ ดังนี้คือ

อลูมิเนียม จาก สารส้ม ซึ่งมีสูตรเคมีเป็น $KAl(SO_4)_2 \cdot 24 H_2O$

ทองแดง จาก จุนสี ซึ่งมีสูตรเคมีเป็น $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$

เหล็ก จาก เฟอรัสซัลเฟต ซึ่งมีสูตรเคมีเป็น $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$

ส่วนผสมและวิธีการทั่วไปในการย้อมมอร์แดง ในกรณีที่ใช้อัตราส่วน ด้าย : สารละลายมอร์แดง : น้ำย้อม = 1 : 10 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและต่อปริมาตร ตามลำดับ และ ด้ายฝ้ายน้ำหนัก 75 g (1 บ่วง) ดังต่อไปนี้

3.4.1 การย้อมมอร์แดงก่อนการย้อมสี

- ละลายมอร์แดงปริมาณที่กำหนดในน้ำกลั่น 750 cm³ โดยให้ความร้อนพออุ่น (ประมาณ 50°C) คนให้ ละลาย
- นำด้ายฝ้าย 75 g ที่ทำความสะอาดแล้ว ลงย้อมและคนอย่างสม่ำเสมอ
- คัมนาน 30 นาทีนำด้ายขึ้นบิดพอหมาด
- นำน้ำย้อมปริมาตร 750 cm³ มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด หลังจากนั้นนำด้ายที่ย้อมมอร์แดงแล้ว ลงย้อม
- รักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำการกววนอย่างสม่ำเสมอ จนครบตามเวลาที่ต้องการหรือทำการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆกันจนถึง 120 นาที (แล้วแต่กรณี)
- นำด้ายขึ้นแล้วล้างให้สะอาด บิดด้ายให้แห้งหมาด คลี่ด้ายให้เส้นด้ายแยกจากกันและกระตุก ด้ายให้คลายตัว แวนตากให้แห้งในที่ร่ม
- นำด้ายที่แห้งแล้วไปวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

3.4.2 การย้อมมอร์แดงที่พร้อมกับการย้อมสี

- ละลายมอร์แดงปริมาณที่กำหนดในน้ำย้อมปริมาตร 750 cm³ แล้วให้ความร้อนจนอุณหภูมิถึงที่กำหนด
- นำด้ายฝ้าย 75 g ที่ทำความสะอาดแล้วลงย้อม
- รักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำการกววนอย่างสม่ำเสมอ จนครบตามเวลาที่ต้องการหรือทำการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับไปที่เวลาต่างๆกันจนถึง 120 นาที (แล้วแต่กรณี)

- นำด้วยขึ้นแล้วล้างให้สะอาด บิดด้วยให้แห้งหมาด ถัดด้วยให้เส้นด้วยแยกจากกันและกระตุกด้วยให้คลายตัว แขนงตากให้แห้งในที่ร่ม
- นำด้วยที่แห้งแล้วไปวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

3.4.3 การย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสี

- นำน้ำย้อมปริมาตร 750 cm^3 มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด
- นำด้วยฝ้าย 75 g ที่ทำความสะอาดแล้วลงย้อม ตามวิธีการที่กำหนด ระหว่างย้อมทำการกวนอย่างสม่ำเสมอ
- นำด้วยขึ้นบิดพอหมาด
- ละลายมอร์แดงที่ปริมาณที่กำหนด ในน้ำกลั่น 750 cm^3 โดยให้ความร้อนพออุ่น คนให้ละลายหมด
- นำด้วยที่ย้อมสีแล้ว ลงย้อมในสารละลายมอร์แดงที่เตรียมไว้เป็นเวลา 30 นาที ให้ความร้อนประมาณ $40 - 50^\circ\text{C}$ คนอย่างสม่ำเสมอ
- นำด้วยขึ้นแล้วล้างให้สะอาด บิดด้วยให้แห้งหมาด ถัดด้วยให้เส้นด้วยแยกจากกันและกระตุกด้วยให้คลายตัว แขนงตากให้แห้งในที่ร่ม
- นำด้วยที่แห้งแล้วไปวัดสี และทดสอบความคงทนของสี

3.5 การย้อมสีแบบพหุ

การย้อมสีแบบพหุเป็นการย้อมสีที่ใช้สารสีจากวัตถุดิบหลายชนิด ในที่นี้กำหนดไว้ที่วัตถุดิบ 2 ชนิด เพื่อให้เกิดความหลากหลายของเฉดสีเขียว สีนํ้าตาล และสีดำ การย้อมสีเขียวได้ใช้สีน้ำเงินจากครามและจากห้อม ทดลองย้อมร่วมกับสีเหลืองจากแก่นขนุน ดอกคำฝอยหรือสีเหลืองออกเขียวจากใบต้วแดง ใบขี้เหล็กฝรั่ง ใบสาบเสือและอื่น ๆ การย้อมให้ได้สีนํ้าตาลและสีดำนั้น สามารถใช้พืชให้สีชนิดเดียวกันได้แต่ต้องใช้มอร์แดงต่างชนิดกัน สีนํ้าตาลใช้มอร์แดง อลูมิเนียม หรือทองแดง ส่วนสีดำใช้มอร์แดงที่เล็ก วัตถุดิบหลักที่เลือกใช้ได้แก่เปลือกต้นรูกฟ้า และใบหูกวาง ส่วนวัตถุดิบที่สองหรือวัตถุดิบรองใช้พืชที่ให้สีเหลืองหรือเหลืองออกเขียวกลุ่มเดียวกับที่ใช้ในการย้อมสีเขียว

การทดลองย้อมสีแบบใช้พืช 2 ชนิดนี้ ได้ทำการศึกษาตัวแปร 2 อย่างได้แก่

1. ลำดับหรือวิธีการย้อมสีจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 แบบดังนี้
 - ย้อมสีจากวัตถุดิบที่หนึ่งก่อนย้อมสีจากวัตถุดิบที่สอง
 - ย้อมสีจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดพร้อมกัน
 - ย้อมสีจากวัตถุดิบที่สองก่อนย้อมสีจากวัตถุดิบที่หนึ่ง

2. ความเข้มข้นของสีย้อมโดยวิธีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนวัตถุดิบที่ให้สีเหลืองหรือเหลืองเขียวต่าง ๆ กันโดยใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อวัตถุดิบ ระหว่าง 1:10:0.2 ถึง 1:10:2 ส่วนวัตถุดิบหลักจะใช้อัตราส่วนคงที่ที่ 1: 10: 1 สำหรับวัตถุดิบบางชนิดจะทำการปรับเปลี่ยนเพียง 2 ค่าในช่วงไม่เกิน 1:10:1 ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มของสีย้อมได้จากวัตถุดิบหลัก

ในการย้อมได้ใช้ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมวัตถุดิบแต่ละชนิดทั้งในแง่ อุณหภูมิ เวลา ชนิดของมอร์แดนท์ ความเข้มข้นของมอร์แดนท์ และวิธีย้อมมอร์แดนท์ที่ได้ศึกษาไว้แล้วเป็นหลักในการย้อมสีในกรณีที่มีลำดับการย้อมสีจากวัตถุดิบ 2 ชนิด หลังจากย้อมสีจากวัตถุดิบแรกแล้วจะผึ่งตากด้ายให้แห้งในที่ร่มก่อนนำไปย้อมสีที่สองถัดไป สำหรับการทดลองย้อมสีจากวัตถุดิบสองชนิดพร้อมกันนั้นจะเลือกใช้ภาวะที่เหมาะสมจากวัตถุดิบตัวใดตัวหนึ่งเป็นหลักและหากวัตถุดิบทั้งคู่ใช้มอร์แดนท์ต่างชนิดกันจะเลือกใช้มอร์แดนท์ตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น

ขั้นตอนทั่วไปของการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. การย้อมสีทีบ่กัน

- ทำความสะอาดด้าย ตามวิธีการในข้อ 3.1
- ทำการเตรียมน้ำย้อมจากวัตถุดิบ**ชนิดแรก**ตามวิธีการและอัตราส่วนที่กำหนด ตามวิธีการในข้อ 3.2
- ทำการย้อมสีด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากวัตถุดิบตัวแรก โดยวิธีการตามข้อ 3.3.3 และย้อมมอร์แดนท์(ถ้ามี) ตามวิธีการในข้อ 3.4
- ด้ายที่ย้อมแล้วบิดให้แห้งหมาด กระตุกตากในที่ร่มให้แห้ง
- ทำการเตรียมน้ำย้อมจากวัตถุดิบ**ชนิดที่สอง**ตามวิธีการและอัตราส่วนที่กำหนด ตามวิธีการในข้อ 3.2
- ทำการย้อมสีด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากวัตถุดิบที่สอง โดยวิธีการตามข้อ 3.3.3 และย้อมมอร์แดนท์(ถ้ามี) ตามวิธีการในข้อ 3.4
- ด้ายที่ย้อมแล้วบิดให้แห้งหมาด กระตุกตากในที่ร่มให้แห้ง
- นำด้ายไปวัดสี บันทึกภาพ ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง

2. การย้อมสีทั้งสองพร้อมกัน

- ทำความสะอาดด้าย ตามวิธีการในข้อ 3.1
- ทำการเตรียมน้ำย้อมจากวัตถุดิบ**ชนิดแรก** และทำการเตรียมน้ำย้อมจากวัตถุดิบ**ชนิดที่สอง** ตามวิธีการและอัตราส่วนที่กำหนด ตามวิธีการในข้อ 3.2 ทั้งนี้เตรียมน้ำย้อมให้มีความเข้มข้นมากกว่าที่ต้องการหลังผสม 1 เท่า
- กรณีที่ต้องย้อมมอร์แดนท์ก่อนย้อมสี ทำการย้อมมอร์แดนท์ตามวิธีการในข้อ 3.4 สำหรับการย้อม

บทที่ 4

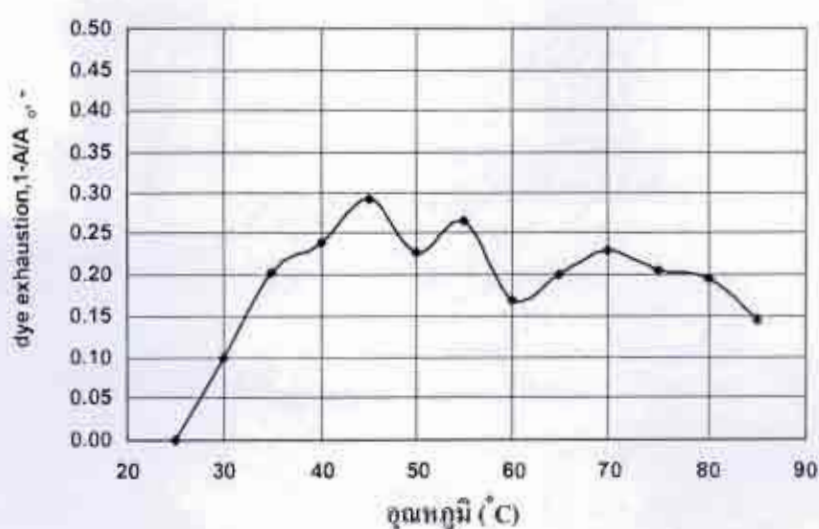
การย้อมสีเขียว

การย้อมสีเขียวโดยใช้วัตถุดิบให้สีสองชนิดนี้ ใช้การย้อมสีน้ำเงินจากครามและห้อมและสีเหลืองจากแก่นขนุน ดอกคำฝอย ขมิ้นชัน หรือเหลืองออกเขียวจากใบต้วแดง ใบจีเหล็กฝรั่ง ใบสาบเสือ และใบหูกวาง ซึ่งการย้อมโดยใช้วัตถุดิบ 4 ชนิดหลังนี้ได้ดำเนินการหาภาวะที่เหมาะสมไว้แล้ว¹ และได้ใช้ภาวะที่เหมาะสมนั้นเป็นหลักในการศึกษานี้ ยกเว้นส่วนอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำอาจเปลี่ยนแปลงไปเพื่อเปลี่ยนเฉดของสีเขียวที่จะย้อม ส่วนวัตถุดิบให้สีเหลืองนั้นไม่ได้ทำการศึกษาไว้ก่อนและไม่สามารถสืบค้นข้อมูลภาวะเหมาะสมที่มีผู้อื่นทำการทดลองไว้ก่อนจึงต้องทำการศึกษหาภาวะที่เหมาะสมในการย้อมครั้งนี้

4.1 การย้อมด้วยวัตถุดิบที่ให้สีเหลือง

4.1.1 การย้อมด้วยแก่นขนุน

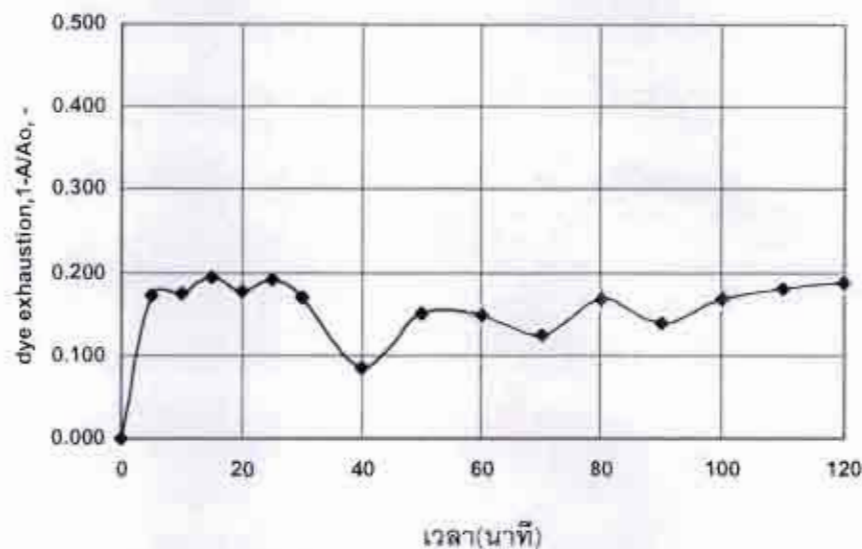
ได้ทำการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อม โดยทำการติดตามปริมาณสีที่ถูกใช้ไป (dye exhaustion) เมื่อทำการย้อมด้วยผ้าเยอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่ก่อนทำการย้อม ในน้ำย้อมแก่นขนุน ใช้อัตราส่วนแก่นขนุนต่อน้ำต่อผ้า เป็น 1:10:1 น้ำย้อมมี pH 7.3 มีค่า $\lambda_{\max}$ ที่ 395-400 nm โดยมีขั้นตอนการทดลองตามข้อ 3.3.1 ทำการย้อมในบีกเกอร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.1 และได้เลือกอุณหภูมิไว้ 4 ค่า เพื่อทำการหาเวลาการย้อมที่เหมาะสม



รูปที่ 4.1 การดูชั้นน้ำย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยผ้าเยอร์ 10/1

จากกราฟพบว่า การดูดซับสีสูงสุดประมาณ 20% การย้อมสามารถใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 40°C ขึ้นไป และได้เลือกใช้อุณหภูมิที่ $40, 60, 75^{\circ}\text{C}$ และที่ภาวะต้มเดือด (ประมาณ $90-95^{\circ}\text{C}$) ในการหาเวลาที่เหมาะสมต่อไป

ผลการติดตามการดูดซับสีน้ำย้อมเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการย้อมด้วยผ้าด้วยน้ำย้อมจากแก่นขนุนภายใต้ภาวะที่อุณหภูมิคงที่ที่ 75°C ใช้อัตราส่วนแก่นขนุนต่อน้ำคือ 1:10:1 โดยมีขั้นตอนตามข้อ 3.3.2 ทำการย้อมในบีกเกอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การดูดซับน้ำย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 75°C ที่เวลาต่าง ๆ โดยด้วยผ้าเบอร์ 10/1

ลักษณะกราฟที่ได้จะคล้ายกับการย้อมด้วยวัตถุดิบอื่นที่ได้เคยศึกษาแล้ว¹ การดูดซับสีเริ่มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่อการย้อมผ่านไป 5 นาที อุณหภูมิที่เลือกใช้ไม่มีผลต่อการดูดซับสีสูงสุด เวลาที่เหมาะสมในการย้อมด้วยผ้าด้วยน้ำย้อมจากแก่นขนุนจึงสามารถเลือกเวลา 60 นาทีเท่ากับวัตถุดิบอื่นได้ ซึ่งจะทำให้มีเวลามากพอที่สารสีจะแพร่ลึกเข้าไปในเส้นใยได้ และเวลา 60 นาทีที่เท่ากับวัตถุดิบอื่นนี้จะทำให้ง่ายในการดำเนินการต่อไป

ได้ทำการทดลองย้อมสีจากแก่นขนุนโดยการปรับสภาพความเป็นกรด-เบสของน้ำย้อมให้มีพีเอช = 9 ทำการย้อมด้วยเบอร์ 10/1 ภายใต้ภาวะที่อุณหภูมิคงที่ 70°C เวลา 60 นาที และศึกษาการย้อมมอร์แดนท์โดยใช้ Cu มอร์แดนท์ จาก $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ให้มีปริมาณ Cu 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.0 %owf. โดยทำการย้อม Cu เป็นมอร์แดนท์ ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที ดังนี้

1. ย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (Premordanting)
2. ย้อมมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี (Simultaneously mordanting)
3. ย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (Aftermordanting)

ตามวิธีการในข้อ 3.4 ได้สี ผลการวัดสีและผลการทดสอบความคงทนของสีดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 และตารางที่ 4.1

สีที่ย้อมได้

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 40 °C



code

JF4S9T40

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 60 °C



ครั้งที่ 1 JF4S9T60



ครั้งที่ 2 JF4S9T62



ครั้งที่ 3 JF4S9T63

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 75 °C



ครั้งที่ 1 JF4S9T70



ครั้งที่ 2 JF4S9T72

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 70 °C ปรับ pH = 9.0 ด้วย NaOH



ชักก่อนตากแห้ง JF4SB9W7



ไม่ชักก่อนตากแห้ง JF4SB9N7

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 90 °C



JF4S9T90

รูปที่ 4.3 สีเส้นด้ายเบอร์ 10/1 ที่ย้อมด้วยสีย้อมจากแก่นขนุนที่ภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 120 นาที

การย้อมแก่นขนุนนั้นพบว่าควรย้อมที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 1 ชั่วโมงได้สีออกทางสีน้ำตาลปนเหลือง และสีจะออกน้ำตาลมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการย้อมให้สูงขึ้น หลังย้อมแล้วถ้านำด้ายบิดให้แห้งหมาดก่อนตากให้แห้งจะได้สีเข้มเป็นสีกรัก แต่ถ้าชักก่อนตากสีจะอ่อนกว่าและออกน้ำตาลมากขึ้น การใช้มอร์แดนต์ Cu ช่วยในการย้อมพบว่าสีที่ได้เข้มขึ้นและมีสีออกเขียวมากขึ้น สำหรับความเข้มข้นของ Cu มอร์แดนต์ที่ใช้ในช่วง 0.25 ถึง 1.0%owf. พบว่าไม่มีผลต่อสีที่ได้ แต่การย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสีจะได้สีเหลืองสว่างออกเขียวมากกว่า การย้อมมอร์แดนต์ก่อนและย้อมพร้อมย้อมสีไม่มีผลต่อสีที่ย้อมได้ แต่จะมีผลต่อระยะเวลาการทำงาน กล่าวคือมีผลต่อขั้นตอนการทำงาน การย้อมมอร์แดนต์พร้อมย้อมสีอาจมีปัญหาการใช้ประโยชน์น้ำย้อมซ้ำ

ผลการทดสอบความคงทนของสีนั้นพบว่าสีติดไม่แน่น ไม่ว่าจะใช้หรือไม่ใช้ Cu มอร์แดนต์ การซีดจางของสีเทียบเท่ากับสเกลทหารระดับ 2/3 เป็นส่วนใหญ่ สีที่ตกไปเกาะติดบนเส้นใยในลอนและฝ้ายที่ซักร่วมกัน อนึ่งพบว่าการใช้ Cu มอร์แดนต์ทำให้สีทนต่อแสงมากขึ้นจากระดับ Blue wool มาตรฐาน 1 ถึง 2 ไปเป็น 4 เป็นส่วนใหญ่ การย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสีแม้จะให้สีที่มีความทนทานต่อการเปื้อนติดสีสูงกว่าแต่สีที่ได้มีการซีดจางของสีมากกว่าการย้อมสองแบบแรก ความทนทานของสีต่อแสงมีแนวโน้มต่ำกว่า และสีมีสีออกเหลืองมากกว่าการย้อมสองแบบแรก

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดนต์ Cu แบบย้อมก่อนย้อมสี(*premordanting*)



0.25%owf., JF4SCAP1 0.5%owf., JF4SCBP1 0.75%owf., JF4SCCP1 1.0%owf., JF4SC1P1

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดนต์ Cu แบบย้อมพร้อม(*simultaneously mordanting*)



0.25%owf., JF4SCAS1 0.5%owf., JF4SCBS1 0.75%owf., JF4SCCS1 1.0%owf., JF4SC1S1

ย้อมแก่นขนุนที่อุณหภูมิ 70 °C ย้อมมอร์แดนต์ Cu แบบย้อมหลังย้อมสี(*aftermordanting*)



0.25%owf., JF4SCAA1 0.5%owf., JF4SCBA1 0.75%owf., JF4SCCA1 1.0%owf., JF4SC1A1

รูปที่ 4.4 ผลของความเข้มข้นและวิธีการย้อม Cu มอร์แดนต์ต่อสีเส้นด้ายเบอร์ 10/1 ย้อมด้วยสีย้อมจากแก่นขนุนที่ภาวะอุณหภูมิคงที่ 70 °C เวลา 60 นาที

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดสีและความคงทนของสีจากแกนขนุนย้อมที่อุณหภูมิต่าง ๆ เวลา 120 นาที

ลำดับ ที่	รหัส	วัดสี			ผลการพิจารณา		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ คงทน ต่อการ ซัก
		L*	a*	b*	ข้อดีข้อเสีย		ซักที่ 60°C						ซักที่ 40°C						
					60°C	40°C	wo	aur	pol	nyl	col	cel	wo	aur	Pol	nyl	col	cel	
หาอุณหภูมิ																			
1	JF4S9T06	+70.37	+6.47	+32.87	2/3-2	2/3	5	5	5	2	4	5	5	5	5	2	4	5	2
หาเวลา(โดยรวม 120 นาที)																			
2	JF4S9T40	+70.67	+7.54	+32.67	2	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	1
3	JF4S9T60	+68.44	+7.36	+40.23	2/3	2/3	5	5	5	4	5	5	5	5	4-5	4	4-5	5	1
4	JF4S9T62	+71.37	+6.06	+33.39	2/3	2/3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	1
5	JF4S9T63	+70.13	+7.10	+36.9	2/3	2/3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4-5	4-5	1
6	JF4S9T70	+65.53	+9.21	+37.83	2/3	2/3	5	5	5	4	4-5	5	5	5	5	4	4-5	4	1
7	JF4S9T72	+68.87	+7.43	+29.09	2/3	2/3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4-5	5	1
8	JF4S9T90	+67.84	+8.54	+28.16	3	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4-5	4-5	1
น้ำย้อม pH = 9																			
9	JF4SB9N7	+63.46	+11.88	+38.65	2/3	2/3	5	5	4-5	4	4-5	5	4-5	5	4-5	4	4-5	4-5	1
10	JF4SB9W7	+76.05	+4.77	+28.89	2	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	1
11	JF4SBCAN	+51.50	+10.84	+40.73	2/3	2/3	5	5	5	4	4-5	5	5	4-5	4-5	4-3	4	4-5	2
12	JF4SBCAW	+55.57	+9.57	+37.96	2/3	2/3	5	5	5	4	4-5	5	5	5	5	4-3	4	5	2
13	JF4SC1A1	+67.99	+1.28	+35.40	2/3	2/3	5	5	4	3	4	5	5	5	5	3	4	5	3
14	JF4SCZ01	+58.91	+6.83	+50.59	2/3	3	5	4	4	2	3	4	5	4	3	1	3	4	4
ย้อมมอร์แกนก่อนย้อมสี																			
15	JF4SCAP1	+55.51	+7.71	+52.06	2/3	3	5	5	4	3	4	5	4	5	4	2	3	4	4
16	JF4SCBP1	+56.83	+7.76	+50.34	2/3-2	2/3	4	5	4	1	3	4	5	4	4	1	3	4	4
17	JF4SCCP1	+56.98	+7.32	+50.04	2/3	3	5	4	4	2	3	4	4	4	4	1	3	4	4
18	JF4SC1P1	+57.32	+7.89	+51.57	2/3	3	5	5	5	2	4	5	4	4	4	1	3	4	3/4
ย้อมมอร์แกนพร้อมย้อมสี																			
19	JF4SCAS1	+59.56	+6.85	+48.07	2	2/3	4	4	4	1	3	4	4	3	3	1	2	3	4
20	JF4SCBS1	+53.89	+9.78	+45.22	2/3	3	5	5	5	3	4	5	4	4	4	2	3	4	4
21	JF4SCCS1	+55.38	+8.68	+45.17	2/3-2	2/3	5	4	4	2	3	4	5	4	4	2	3	4	3/4
22	JF4SC1S1	+57.58	+7.84	+44.49	2/3	3	5	5	5	2	4	5	4	4	4	2	3	4	4
23	JF4SC1S2	+54.64	+9.37	+47.57	2/3	3	4	4	4	3	4	5	5	5	5	2	3	5	4

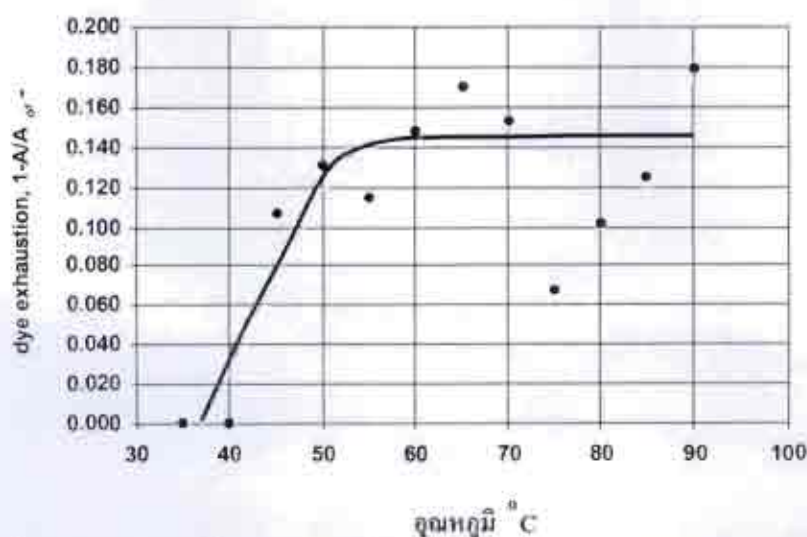
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส	วัดสี			ผลการซักล้าง		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ คงทน ต่อแสง
		L*	a*	b*	ของสีซักที่		ซักที่ 60°C						ซักที่ 40°C						
					60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	
ข้อมูลย้อมเส้นใยสังเคราะห์																			
24	JF4S9Z01	+68.74	+5.60	+39.37	2	2	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	4	5	2/3
25	JF4SCAA1	+66.37	0.95	+27.75	2	2/3	5	5	4	2	4	5	5	5	5	2	3	5	3/4
26	JF4SCBA1	+66.91	+1.63	+26.89	2/3	2/3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	5	5	4
27	JF4SCCA1	+67.11	+1.31	+26.66	2	2/3	5	5	5	3	4	5	5	5	5	3	4	5	4

4.1.2 การย้อมด้วยไขมันชั้น

การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อม ได้ทำการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับ เมื่อทำการย้อมด้วยฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่อ่อนทำการย้อมในน้ำย้อมเหง้าไขมันชั้น โดยใช้เหง้าไขมันชั้นที่หั่นเป็นแว่นบาง ๆ อัตราส่วนไขมันต่อน้ำคือ 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรต่อน้ำหนัก น้ำย้อมมีค่า $\lambda_{\max}$ ที่ 433 nm มีขั้นตอนการทดลองตามข้อ 3.3.1 ทำการย้อมในบีกเกอร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.5

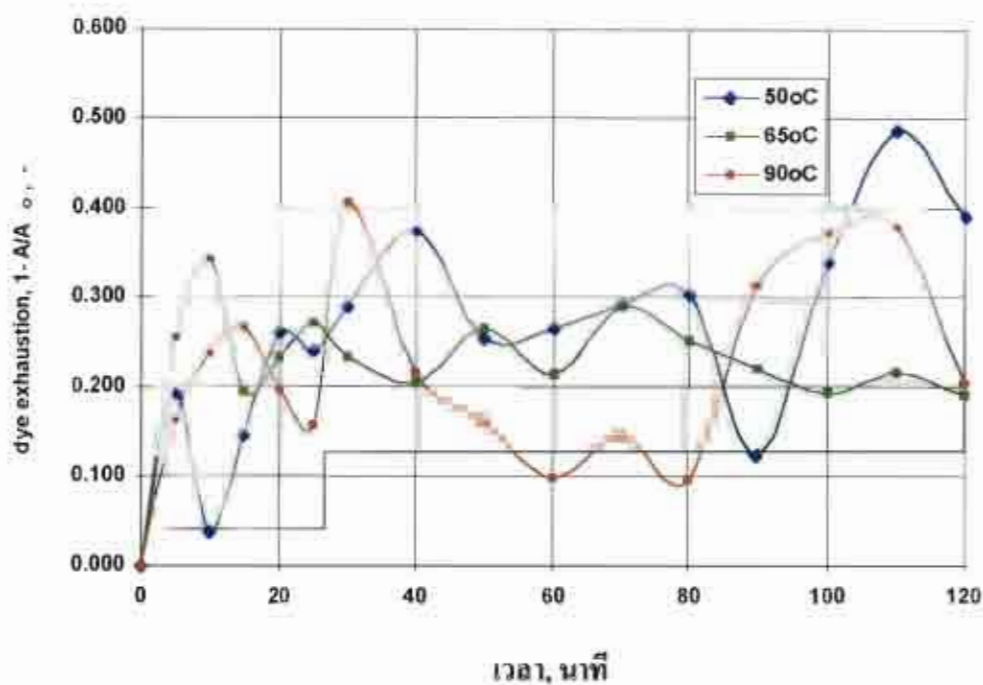
และได้เลือกอุณหภูมิไว้ 3 ค่าที่ 50, 65°C และที่ภาวะต้มเดือด(90°C) เพื่อทำการหาเวลาการย้อมที่เหมาะสม



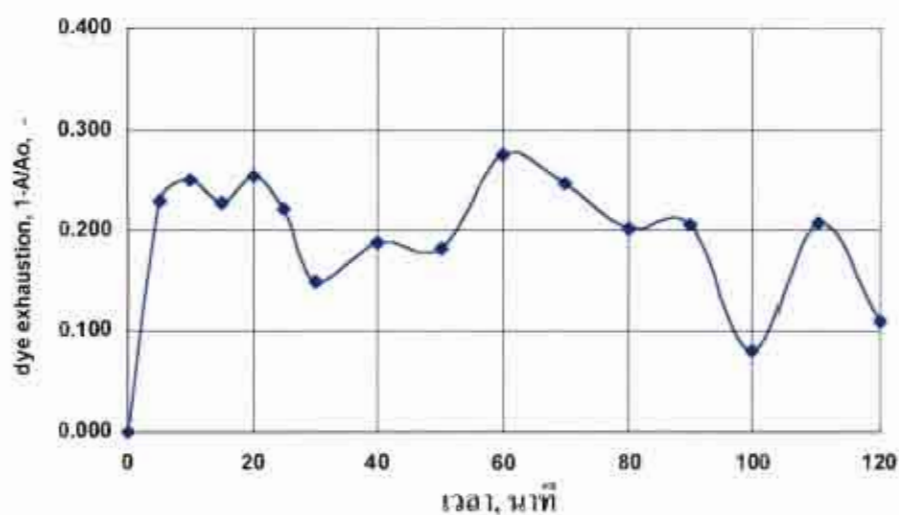
รูปที่ 4.5 การดูดซับน้ำย้อมเหง้าไขมันชั้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยฝ้ายเบอร์ 10/1

ผลการติดตามการดูดซับสีน้ำย้อมเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการย้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากไขมันภายใต้ภาวะที่อุณหภูมิคงที่ที่ 65°C ใช้อัตราส่วนไขมันต่อน้ำคือ 1:10:1 โดยมี

ขั้นตอนตามข้อ 3.3.2 ทำการย้อมในบีกเกอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.6 การหาเวลาที่เหมาะสมในการย้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากเหง้าขมิ้นชันที่ปรับ pH น้ำย้อมให้ =10 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้ภาวะที่อุณหภูมิคงที่ที่ 65°C แสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 การดูดซับน้ำย้อมขมิ้นชันที่อุณหภูมิคงที่ ที่เวลาต่าง ๆ โดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1



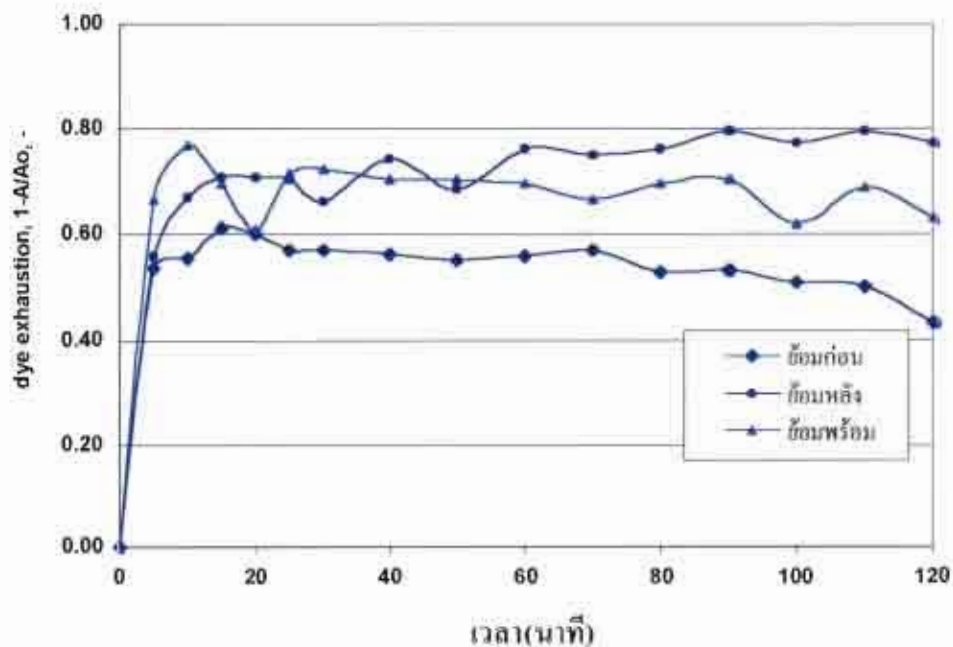
รูปที่ 4.7 การดูดซับน้ำย้อมขมิ้นชัน pH 10 ที่อุณหภูมิ 65°C ที่เวลาต่าง ๆ โดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1

ลักษณะกราฟที่ได้จะคล้ายกับการย้อมด้วยแก่นขนุน อุณหภูมิที่เลือกใช้ไม่มีผลต่อการดูดซับสีสูงสุด เวลาที่เหมาะสมในการย้อมด้วยน้ำย้อมจากขมิ้นชันจึงสามารถเลือกเวลา 60 นาทีเท่ากับวัตถุดิบอื่นได้ซึ่งจะทำให้มีเวลามากพอที่สารสีจะแพร่ลึกเข้าไปในเส้นใยได้

ได้ทำการทดลองย้อมสีจากขมิ้นชัน โดยการปรับสภาพความเป็นกรด-เบสของน้ำย้อมให้มี pH = 10 ทำการย้อมด้วยเบอร์ 10/1 ภายใต้ภาวะที่อุณหภูมิคงที่ 65 °C เวลา 60 นาที และศึกษาการย้อมมอร์แดนต์โดยใช้ Al มอร์แดนต์ จาก $KAl(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ ให้มีปริมาณ Al 5.0 %owf. โดยทำการย้อม Al มอร์แดนต์ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที ยกเว้นกรณีย้อมพร้อมที่ใช้อุณหภูมิเดียวกันกับน้ำย้อม ดังนี้

1. ย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี (Premordanting)
2. ย้อมมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสี(Simultaneously mordanting)
3. ย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (Aftermordanting)

ตามวิธีการในข้อ 3.4 ได้สี ผลการวัดสีและผลการทดสอบความคงทนของสีดังรูปที่ 4.8 - 4.10 และตารางที่ 4.2 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.8 ผลของการย้อม Al มอร์แดนต์ต่อการดูดซับน้ำย้อมขมิ้นชัน pH 10 ที่อุณหภูมิ 65°C ที่เวลาด่าง ๆ โดยด้วยฝ้ายเบอร์ 10/1

ผลการทดลอง

สีที่ย้อมได้

ย้อมภายใต้ภาวะอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 2°C เวลา รวม 120 นาที



สีกัดด้วยน้ำ, TU4S9_01

+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pH 10, TU4B9U01

ย้อมภายใต้ภาวะอุณหภูมิคงที่ เวลา 120 นาที

อุณหภูมิ 50°C , TU4S9T51 65°C , TU4S9T61 90°C , TU4S9T91 90°C , #2, TU4S9T92

รูปที่ 4.9 สีเส้นด้ายเบอร์ 10/1 ที่ย้อมด้วยสีย้อมจากขมิ้นชันที่ภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 120 นาที

วิธีย้อมมอร์แดงต่างกันใช้ AI มอร์แดงที่ 5% w/v. ย้อมภายใต้ภาวะอุณหภูมิคงที่

- ย้อมมอร์แดงก่อนย้อมสี



ครั้งที่ 1

TU4SA5P1



ครั้งที่ 2

TU4SA5P2

- ย้อมมอร์แดงพร้อมย้อมสี



ครั้งที่ 1

TU4SA5S1



ครั้งที่ 2

TU4SA5S2

- ย้อมมอร์แดงหลังย้อมสี



ครั้งที่ 1

TU4SA5A1



ครั้งที่ 2

TU4SA5A2

รูปที่ 4.10 ผลของวิธีการย้อม AI มอร์แดงต่อสีเส้นด้ายเบอร์ 10/1 ย้อมด้วยสีย้อมจากขมิ้นชันที่ภาวะอุณหภูมิคงที่ 65°C เวลา 60 นาที

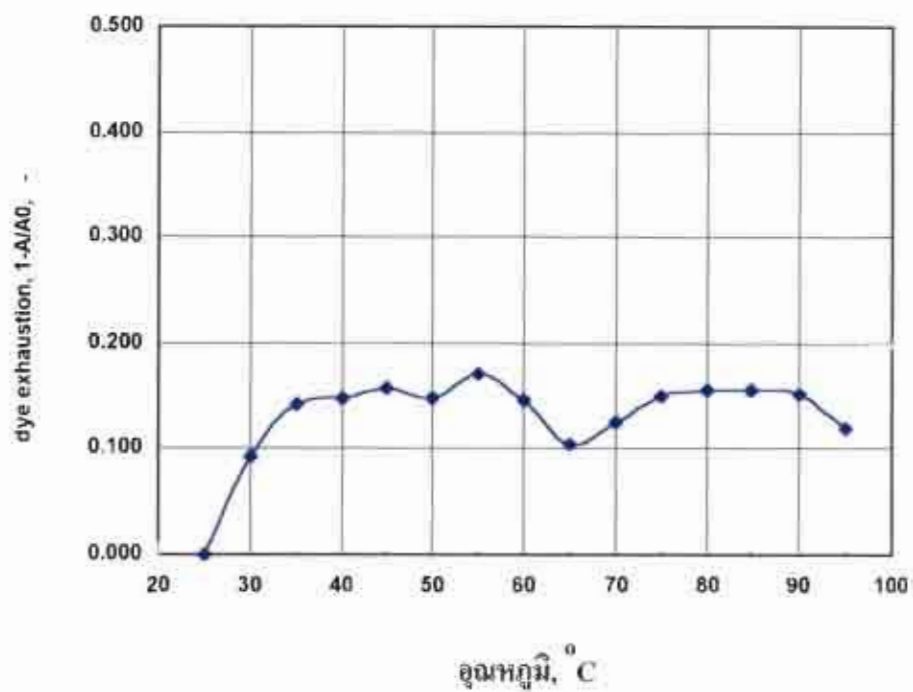
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดสีและความคงทนของสีจากหมึกชั้นข้อมที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ

ลำดับ ที่	รหัส	วัดสี			ผลการจัดจาง		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ คงทน ต่อแสง
		L*	a*	b*	ของสีซักผ้า		ซักที่ 60°C						ซักที่ 40°C						
					60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	
1	TU4S9_01	+76.20	+2.38	+37.34	4/5	4	4-5	4-5	4-5	3	4	3-4	5	5	4-5	2	3-4	3	1
2	TU4B9U01	+81.59	+2.82	+15.91	4/5	4/5	5	5	4	3-4	5	4	5	5	5	3-4	5	4	1
3	TU4S9T51	+78.33	+0.68	+32.78	2	2	5	5	5	4	4	4-5	5	5	5	4	4	4	1
4	TU4S9T61	+75.20	+1.61	+35.59	2	2	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	4	1
5	TU4S9T92	+77.52	+1.46	+27.03	2	2	5	5	5	4	4-5	4-5	5	5	5	4	5	5	1
6	TU4SA5P2	+74.66	+7.07	+56.22	2/3	2/3	4-5	4-5	4-5	3	3	3	4-5	4-5	4-5	3	3-4	4	2
7	TU4SA5S2	+75.69	+5.85	+60.37	3	3	4-5	4-5	4-5	2	3	3	5	4-5	4-5	3	3	3	2
8	TU4SA5A2	+76.24	+3.65	+49.81	2	2/3	5	5	5	3	4	4	5	5	5	4	4	4-5	2

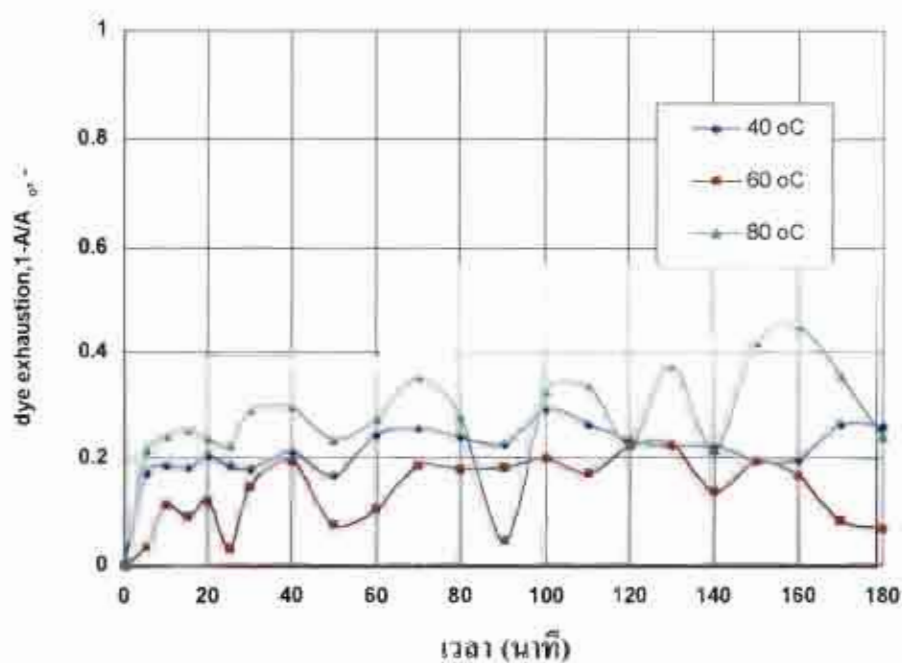
การข้อมด้วยหมึกชั้นนั้นพบว่าควรใช้อุณหภูมิในช่วง 65-70 °C เวลา 60 นาทีเช่นเดียวกับการข้อมด้วยแกนขนุน สีที่ได้จะมีสีเหลืองมากกว่าแกนขนุน อุณหภูมิการข้อมที่เพิ่มขึ้นทำให้สีออกโทนน้ำตาลมากขึ้น สีที่ได้ดีดไม่ทนเช่นเดียวกันกับขนุน มอร์แดนต์ AI ทำให้สีออกเหลืองมากขึ้น ทำให้ความคงทนของสีต่อการซักเพิ่มจากสเกลทหารระดับ 2 ไปเป็น 2/3 ถึง 3 เป็นส่วนใหญ่ ความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มจาก 1 เป็น 2 โดยไม่ขึ้นกับวิธีการข้อมมอร์แดนต์ แต่ระหว่างการซักนั้นสีจะไปติดบนเส้นใยอื่นจะมากกว่าเมื่อเทียบกับการข้อมด้วยแกนขนุน และมีแนวโน้มว่าการใช้ มอร์แดนต์ AI ทำให้สีติดบนเส้นใยอื่นได้มากขึ้น

4.1.3 การข้อมด้วยดอกคำฝอย

การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการข้อม ได้ทำการติดตามปริมาณสีที่ถูกดูดซับ เมื่อทำการข้อมด้วยฝ้ายเบอร์ 10/1 ทำความสะอาดด้วยสบู่ก่อนทำการข้อมในน้ำข้อมดอกคำฝอย โดยใช้อัตราส่วนดอกคำฝอยต่อน้ำคั่วด้วย 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรค่อน้ำหนัก น้ำข้อมมี pH 5.6 มีค่า λ_{max} ที่ 403 nm (มี peak ที่ 330 nm อีก 1 peak ขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย) ทำการข้อมในบีกเกอร์ ใช้ขั้นตอนการทดลองตามข้อ 3.3.1 ได้ผลดังรูปที่ 4.11 และได้เลือกอุณหภูมิไว้ 3 ค่าที่ 40, 60 และที่ 80°C ทำการทดลองหาเวลาการข้อมที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนตามข้อ 3.3.2 ทำการข้อมในบีกเกอร์ ใช้เวลาในการข้อม 180 นาที ผลการดูดซับสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 การดูดซับน้ำย้อมดอกคำฝอยที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1

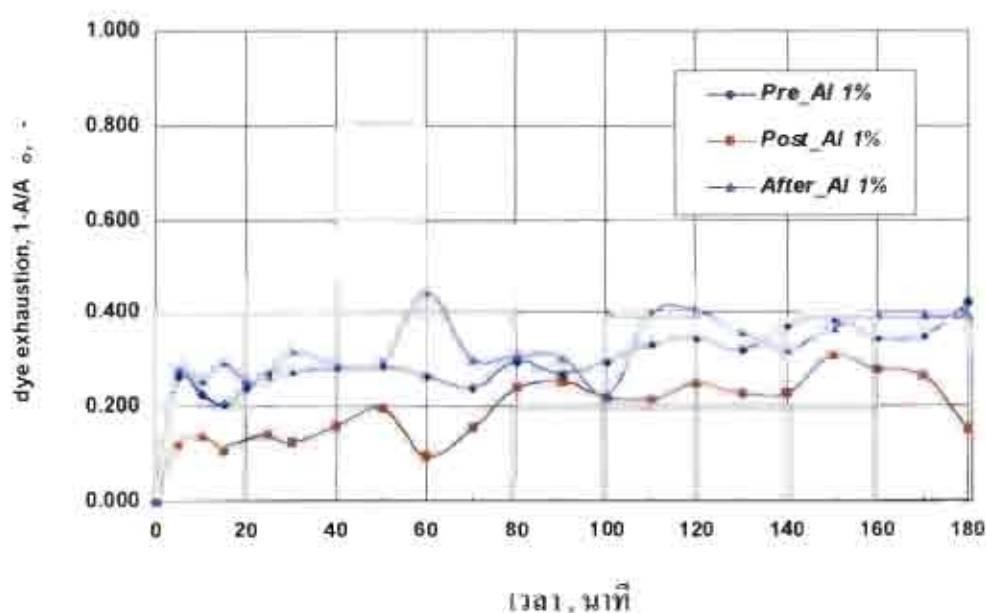


รูปที่ 4.12 การดูดซับน้ำย้อมดอกคำฝอยที่อุณหภูมิคงที่ ที่เวลาต่าง ๆ โดยด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1

ได้ทำการศึกษาผลของการย้อมมอร์แดงที่อลูมิเนียม(Al) จาก $KAl(SO_4)_2 \cdot 24H_2O$ ให้มีปริมาณ Al 1%owf. ในการย้อมด้วยผ้าด้วยน้ำย้อมจากดอกคำฝอย ที่อุณหภูมิคงที่ $80^{\circ}C$ เวลา 180 นาทีโดยมีวิธีการย้อมมอร์แดงที่ตามข้อ 3.4 ทำการย้อม Al มอร์แดงที่อุณหภูมิ $65^{\circ}C$ เป็นเวลา 30 นาที ยกเว้นกรณีย้อมพร้อมที่ใช้อุณหภูมิเดียวกันกับน้ำย้อม ดังนี้

1. ย้อมมอร์แดงก่อนการย้อมสี (Premordanting)
2. ย้อมมอร์แดงพร้อมการย้อมสี(Simultaneously mordanting)
3. ย้อมมอร์แดงหลังการย้อมสี (Aftermordanting)

ผลการดูดซับสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.13 ผลการวัดสีและผลการทดสอบความคงทนของสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.14 และตารางที่ 4.3 ทั้งนี้ได้ทำการย้อมน้ำย้อมดอกคำฝอยโดยทำการย้อม มอร์แดงที่ Al 1.0%owf. ก่อนการย้อมสี ทำการย้อมสีที่อุณหภูมิคงที่ $80^{\circ}C$ เวลา 60, 120 และ 180 นาที เพื่อทำการเปรียบเทียบผลต่อไป



รูปที่ 4.13 ผลของการย้อม Al มอร์แดงที่คือการดูดซับน้ำย้อมดอกคำฝอย ที่อุณหภูมิ $80^{\circ}C$ ที่เวลาต่าง ๆ โดยด้วยผ้าเบอร์ 10/1

สีที่ย้อมได้

ย้อมภายใต้ภาวะอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 2°C



KF4S9U90

ย้อมภายใต้ภาวะอุณหภูมิคงที่ เวลา 120 นาที



อุณหภูมิ 40°C, KF4S9T40

60°C, KF4S9T60

80°C, KF4S9T81

80°C, #2, KF4S9T82

วิธีย้อมมอร์แดนต์ต่างกันใช้ Al มอร์แดนต์ 1%owf. ย้อมภายใต้ภาวะอุณหภูมิคงที่ 80°C



ย้อมก่อน, KF4SA1P8

ย้อมพร้อม, KF4SA1S8

ย้อมหลัง, KF4SA1A8

ย้อมมอร์แดนต์ Al 1%owf. ก่อนย้อมสี ย้อมสีภายใต้ภาวะอุณหภูมิคงที่ 80°C เวลาต่างกัน



ย้อมสี 1 ชม., KF4SA1PX

ย้อมสี 2 ชม., KF4SA1PY

ย้อมสี 3 ชม., KF4SA1PZ

รูปที่ 4.14 สีเส้นด้ายเบอร์ 10/1 ที่ย้อมด้วยสีย้อมจากดอกคำฝอยที่ภาวะต่าง ๆ

การย้อมด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากดอกคำฝอย ควรใช้เวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที ถ้าทำการย้อมที่อุณหภูมิปานกลาง (< 60°C) สีจะออกแดง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นสีจะออกเหลืองสว่างมากกว่า การใช้ Al มอร์แดนต์ย้อมก่อน หรือย้อมพร้อมกับการย้อมสีทำให้เส้นด้ายมีสีเข้มขึ้น มีสีเหลืองอมเขียวมากขึ้น ส่วนการย้อมมอร์แดนต์หลังการย้อมสีไม่มีผลต่อเฉดสีแต่อย่างใด สีที่ย้อมได้ติดไม่ทน ชีดาง่ายเทียบเท่าสเกลเทา 1 ถึง 1/2 การย้อม มอร์แดนต์ไม่ช่วยให้สีติดทนขึ้น เว้นแต่จะย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสีและทำการย้อมสีนาน 3 ชั่วโมง การชีดางของสีจะน้อยลงทำให้สเกลเทาเพิ่มเท่าตัวเป็น 2 ถึง 2/3 ได้ ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับต่ำมากเทียบเท่ากับ Blue wool เบอร์ 1 การย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสีทำให้สีทนต่อแสงดีขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดสีและความคงทนของสีจากดอกคำฝอยซ้อนที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ

ลำดับ ที่	รหัส	วัดสี			ผลการจัดจาง		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ คงทน	
		L*	a*	b*	ของสีซีกที่		ซีกที่ 60°C						ซีกที่ 40°C							
					60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel		
1	KF4S9T40	+71.75	+7.82	+25.24	1/2	1/2	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	1
2	KF4S9T60	+74.29	+7.84	+26.40	1/2	1/2	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	1
3	KF4S9T81	+74.82	+3.62	+26.30	1/2	1/2	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	1
4	KF4S9T82	+78.22	+1.41	+27.94	1	1	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	1
5	KF4S9U90	+76.63	+3.03	+32.71	1	1	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
6	KF4SA1P8	+66.52	+5.07	+40.97	1	1	5	5	5	4	5	5	5	4-5	4-5	4	4	4-5	1	
7	KF4SA1S8	+67.73	+5.55	+37.01	1	1	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	1	
8	KF4SA1A8	+75.52	+2.35	+26.32	1	1	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	
9	KF4SA1P1	+74.47	+2.48	+35.07	1/2	1/2	5	5	5	4-5	4-5	5	4	4	4	4	4	4	1-2	
10	KF4SA1PX	+70.63	+4.94	+38.22	1/2	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	4	5	1-2	
11	KF4SA1PY	+69.96	+4.69	+37.27	1/2	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	4	4	1-2	
12	KF4SA1PZ	+67.85	+4.45	+37.86	2	2/3-2	5	5	5	3	4	5	4	5	4	3	4	5	1-2	

4.2 การย้อมครามทับสีเหลือง

ได้ทำการย้อมเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีเหลืองหรือเขียวเหลือง โดยทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนวัตถุดิบให้สีด่อน้ำต่างๆ กันในการต้มสกัดสี เป็นผลให้น้ำย้อมมีความเข้มข้นของสารสีแตกต่างกัน ส่วนชนิดของมอร์แดนต์ ปริมาณหรืออัตราส่วนที่ใช้ และวิธีการย้อมมอร์แดนต์ที่ใช้วิธีการที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้ว หลังจากการย้อมด้วยสีเหลืองหรือเขียวเหลืองรองพื้นแล้ว ได้ทำการย้อมทับด้วยสีน้ำเงินเพื่อให้ได้สีเขียวตามต้องการ โดยทำการย้อมครามหมักและครามที่มีการใช้และไม่ใช้โซเดียมไดโซไอบไนต์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์

4.2.1 การย้อมครามทับด้วยย้อมแก่นขนุน

ได้ทำการย้อมด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากแก่นขนุนจาก 2 แหล่ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนวัตถุดิบให้สีด่อน้ำก่อนทำการสกัดสี ย้อมมอร์แดนต์ทองแดงในสารละลายที่มีทองแดง 1%owf. ก่อนทำการย้อมสี ทำการย้อมสีที่อุณหภูมิคงที่ 70°C เวลา 60 นาที ในเครื่องย้อมแบบหม้อหมุน ก่อนนำไปย้อมทับด้วยสารละลายครามความเข้มข้น 0.14 g/l ใช้โซเดียมไดโซไอบไนต์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์

เพื่อให้สารสีอินดิโกเปลี่ยนจากรูปที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นรูปที่ละลายน้ำและสามารถดูดซึมเข้าไปในเส้นใยด้วยฝ้ายได้ง่าย และใช้ครามหมัก ในที่นี้ได้อัตราส่วนปริมาณด้ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนต่าง ๆ ได้แก่ 1:10:0.2, 1:10:0.4, 1:10:0.6, 1:10:0.8, 1:10:1, 1:10:1.5, และ 1:10:2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรค่อน้ำหนัก โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดด้วยฝ้าย ตามวิธีการในข้อ 3.1
2. ย้อมด้วยฝ้ายด้วยสารละลายมอร์แดง 1%owf. ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 ที่อุณหภูมิคงที่ ประมาณ 65 °C เวลา 30 นาที
3. ย้อมด้วยในน้ำย้อมแก่นขนุนความเข้มข้นที่กำหนด ที่อุณหภูมิคงที่ 70 °C เวลา 60 นาที ในเครื่องย้อมแบบหม้อหุงต้ม ใช้อัตราส่วนด้ายค่อน้ำย้อม 1:10 ตามวิธีการในข้อ 3.3.3
4. ย้อมด้วยตามข้อ 3 ในน้ำย้อมครามใช้คราม 0.1 กรัมต่อบ่งใช้โซเดียมไดโซไอน์และครามหมักตามวิธีการในข้อ 3.3.4 อัตราส่วนด้ายค่อน้ำย้อม 1:10
5. นำด้ายตัวอย่างที่ย้อมสีแล้วตามข้อ 3 และด้ายที่ย้อมได้ตามข้อ 4 ไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม นำไปซักด้วยน้ำสะอาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่มซ้ำอีกครั้ง
6. นำด้ายไปทำการวัดสีตามระบบ CIE Lab บันทึกภาพ และทำการทดสอบความคงทนของสี

สีที่ได้จากการย้อมได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.15 ส่วนผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.4

สีเหลือง(กรีก)ที่ย้อมได้มีความเข้มเพิ่มตามปริมาณหรือความเข้มข้นของแก่นขนุนที่ใช้ ดังรูปที่ 4.14 พบว่าแก่นขนุนจาก 2 แหล่งนี้ให้สีที่มีความเข้มของสีเหลืองที่แตกต่างกัน น้ำย้อมที่มีความเข้มข้นทัดเทียมกัน จะให้ค่า L^* a^* ใกล้เคียงกัน แต่แก่นขนุนจากแหล่งที่ 1 มีค่า b^* มากกว่าซึ่งแสดงว่ามีสีออกเหลืองมากกว่า เนื่องจากไม่สามารถระบุได้ว่าแก่นขนุนทั้ง 2 แหล่งที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นแก่นขนุนจากต้นขนุนสายพันธุ์ใด จึงไม่สามารถระบุได้ว่าสีที่แตกต่างกันนี้เป็นผลจากสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน จากอายุของต้นขนุน อายุของการเก็บรักษาแก่นขนุน(หลังตัดต้น) หรือจากแหล่งเพาะปลูก ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.4

หลังการย้อมทับด้วยครามพบว่าด้ายที่ย้อมรองพื้นด้วยน้ำย้อมจากแก่นขนุนที่เจือจางที่สุดคือ อัตราส่วนด้ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนเป็น 1:10:0.2 มีสีออกน้ำเงินมากกว่าสีเขียวจึงจะเห็นได้จากค่า b^* ที่เป็นบวกน้อยลงมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ย้อมแก่นขนุนอย่างเดียว โทนสีจะออกเขียวมากขึ้นตามการเพิ่มของความเข้มข้นของขนุน และจะออกเหลืองมากที่อัตราส่วนด้ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนเป็น 1:10:2 สีด้ายจะมีดำนขึ้น (ค่า L^* ลดลง) ทั้งนี้ไม่ขึ้นกับแหล่ง/ชนิดของขนุนที่ใช้ในการศึกษานี้ ส่วนผสมที่น่าจะใช้ได้ในแง่ของสีเขียวน่าจะอยู่ในช่วงอัตราส่วนด้ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนเป็น 1:10:0.8 ถึง 1:10:1.5 เว้นแต่ต้องการให้โทนสีออกทงน้ำเงินปนเขียว หรือออกเหลืองมากก็จะสามารถใช้อัตราส่วนอื่น ๆ ได้ สีของเส้นด้ายที่ได้จากการย้อมแก่นขนุนย้อมทับด้วยครามหมัก จะมีสีออกน้ำเงินมากกว่าการ

ข้อมทับด้วยคราม มีลักษณะการเปลี่ยนสีของสีสม่ำเสมอต่ำกว่า สีจะออกเขียวเหลืองเมื่อใช้อัตราส่วน ค่ายค่อน้ำต่อแก่นขนุน 1:10:1.5

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักพบว่าค่ายข้อมน้ำข้อมแก่นขนุนจาก แหล่งที่ 2 ซึ่งให้สีเหลืองเข้มกว่า สีตกมากขึ้นตามการเพิ่มอัตราส่วนวัตถุดิบค่อน้ำคือค่ายมากกว่าสีที่ได้ จากแก่นขนุนจากแหล่งที่ 1 การเปลี่ยนสีของสีบนผ้ามาตรฐานพบว่าส่วนมากไม่เปลี่ยนสีผ้าขนสัตว์(wo) อคริลิก(acr) พอลิเอสเตอร์(pol) และเซลลูโลสอะซิเตท (cel) ผลของสเกลเทาส่วนมากอยู่ในระดับ 4 และ 5 แต่จะมีการเปลี่ยนสีบนไนลอน(nyl) และฝ้าย(cot) ผลสเกลเทาอยู่ในช่วง 3 ถึง 4 แต่ขนุนจาก แหล่งที่ 1 จะมีการเปลี่ยนสีบนผ้าไนลอนและฝ้ายมากกว่าและเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนเพิ่มวัตถุดิบค่อน้ำ ค่าย จะเห็นว่าผลสเกลเทาอยู่ในช่วง 1/2 ถึง 4 ส่วนผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงมีค่า ทดเทียบกันไม่ขึ้นกับแหล่งวัตถุดิบและอัตราส่วนวัตถุดิบค่อน้ำค่ายแต่อย่างใด

เมื่อทำการข้อมทับด้วยครามสีตกง่ายขึ้นเมื่อซัก ผลสเกลเทาลดลงจาก 3 ถึง 4 ไป อยู่ในช่วง 1/2 ถึง 2/3 แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสี ส่วนความคงทนของสีต่อแสงนั้นพบว่าเพิ่มขึ้น ประมาณ 1 ระดับเมื่อเทียบกับผลที่ได้ของค่ายที่ข้อมแก่นขนุนอย่างเดียว เมื่อพิจารณาค่าความคงทนของ สีต่อการซักการข้อมครามหมักทับสีแก่นขนุนจะพบว่าความคงทนของสีต่อการซักของสีจะดีกว่ากรณี การใช้คราม ส่วนการเปลี่ยนสีบนผ้ามาตรฐานนั้น พบว่ามีค่าทดเทียบกัน ความคงทนของสีต่อแสงมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ใช้ครามและสารรีดิวซ์ประมาณ blue wool 0.5 ระดับ

การข้อมทับแก่นขนุนด้วยครามใช้รีดิวซ์ซึ่งเอเจนต์นั้นสีเขียวที่ได้มีแนวโน้มติดไม่ สม่ำเสมอ มีสีเหลืองเข้มค่อนข้างมากซึ่งเชื่อว่าการใช้ครามน้อยเกินไป การหาปริมาณครามที่ เหมาะสมนั้นได้ใช้ภาวะการข้อมแก่นขนุนคงที่ที่อัตราส่วนค่ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนเป็น 1:10:1 และปรับ เปลี่ยนความเข้มข้นของครามต่าง ๆ กัน และทำการข้อมสองแบบคือ

- ข้อมขนุนก่อนข้อมทับด้วยคราม
- ข้อมแก่นขนุนข้อมทับด้วยครามและข้อมทับอีกครั้งด้วยแก่นขนุน

ผลการทดลองเมื่อข้อมค่ายฝ้ายด้วยสารละลายย้อมรีดิวซ์แดง 1%owf. ก่อน ข้อมด้วยน้ำข้อมแก่นขนุนอัตราส่วนค่ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนเป็น 1:10:1 โดยนำหนักค่อน้ำปริมาตรค่อน้ำหนัก แล้วข้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมค่อน้ำข้อม 700 มล. ค่อค่าย 1 บ่วง (70 กรัม) ได้สีดังในรูปที่ 4.16 และผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตาราง ที่ 4.5 สำหรับการข้อมแก่นขนุนก่อนและหลังการข้อมคราม ได้ทำการข้อมค่ายฝ้ายด้วยสารละลายย้อมรีดิวซ์แดง 1%owf. ก่อนข้อมด้วยน้ำข้อมแก่นขนุนอัตราส่วนค่ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนเป็น 1:10:1 โดย นำหนักค่อน้ำปริมาตรค่อน้ำหนัก แล้วข้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมค่อน้ำ ข้อม 700 มล. ค่อค่าย 1 บ่วง (70 กรัม) และทำการข้อมทับด้วยสารละลายย้อมรีดิวซ์แดง 1%owf. ก่อนข้อมด้วยน้ำข้อมแก่นขนุนอัตราส่วนค่ายค่อน้ำต่อแก่นขนุนเป็น 1:10:1 โดยนำหนักค่อน้ำปริมาตรค่อน้ำ

หนักอีกครั้งหนึ่ง ได้ติดตั้งแสดงในรูปที่ 4.16 และผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.5

อัตราส่วน	แก่นขนุนจากแหล่งที่ 1			แก่นขนุนจากแหล่งที่ 2		
ด้วยน้ำ: แก่นขนุน	แก่นขนุน	ทับด้วยคราม	แก่นขนุน	ทับด้วยคราม	ทับด้วยครามหมัก	
1:10:0.2						
	JFC4SC1P_Z02	JFC4SC1PAIG102	JFF4SC1P_Z02	JFF4SC1PAIG102	JF4SC1PAKRSK202	
1:10:0.4						
	JFC4SC1P_Z04	JFC4SC1PAIG104	JFF4SC1P_Z04	JFF4SC1PAIG104	JF4SC1PAKRSK204	
1:10:0.6						
	JFC4SC1P_Z06	JFC4SC1PAIG106	JFF4SC1P_Z06	JFF4SC1PAIG106	JF4SC1PAKRSK206	
1:10:0.8						
	JFC4SC1P_Z08	JFC4SC1PAIG108	JFF4SC1P_Z08	JFF4SC1PAIG108	JF4SC1PAKRSK208	
1:10:1						
	JFC4SC1P_ZX	JFC4SC1PAIG1X	JFF4SC1P_ZX	JFF4SC1PAIG1X	JF4SC1PAKRSK2X	
1:10:1.5						
	JFC4SC1P_ZY	JFC4SC1PAIG1Y	JFF4SC1P_ZY	JFF4SC1PAIG1Y	JF4SC1PAKRSK2Y	
1:10:2						
	JFC4SC1P_ZZ	JFC4SC1PAIG1Z	JFF4SC1P_ZZ	JFF4SC1PAIG1Z		

รูปที่ 4.14 ด้ายที่ย้อมด้วยแก่นขนุนความเข้มข้นต่าง ๆ และที่ย้อมทับด้วยคราม

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดสีและความคงทนของสีย้อมแก่ขนุนความเข้มข้นต่างๆ และย้อมทับด้วยคราม

ลำดับ	X	รหัส	การวัดสี			ผลการจัดจสี		ผลการป้อนติดของสี												ความคงทน	
			L*	a*	b*	ของสีซักที่	ซักที่ 60 °C						ซักที่ 40 °C								
							60 °C	40 °C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot		cel
แทนขนุนจากแหล่งที่ 1																					
1	0.2	JFC4SC1P_Z02	+68.54	+2.98	+31.95	4/5	4/5	5	4/5	5	3/4	3/4	5	5	5	5	4/5	3/4	5	4	
2	0.4	JFC4SC1P_Z04	+66.72	+4.28	+39.30	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	3	5	4	
3	0.6	JFC4SC1P_Z06	+64.13	+5.84	+45.19	4	4	5	5	5	2/3	2/3	5	5	5	5	3	3	5	4	
4	0.8	JFC4SC1P_Z08	+63.69	+5.70	+48.19	4	4	5	5	5	2	2	5	5	5	5	2/3	2/3	5	4	
5	1.0	JFC4SC1P_ZX	+61.86	+7.14	+50.57	4	4	5	5	5	2/3	2/3	5	5	5	5	3	3	5	4	
6	1.5	JFC4SC1P_ZY	+60.25	+7.35	+54.29	4	4	5	5	5	1/2	1/2	4/5	5	5	5	2/3	2/3	5	4	
7	2.0	JFC4SC1P_ZZ	+59.06	+8.08	+55.06	4	4	5	5	5	1/2	1/2	5	5	5	5	1/2	1/2	5	4	
แทนขนุนจากแหล่งที่ 1 ย้อมทับด้วยคราม																					
8	0.2	JFC4SC1PAIG102	+60.04	+3.65	+11.95	2	2	5	5	5	3	4/5	5	5	5	5	3	4/5	5	5	
9	0.4	JFC4SC1PAIG104	+57.08	+2.97	+8.91	2	2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	3/4	5	5	5	
10	0.6	JFC4SC1PAIG106	+54.33	+4.33	+14.39	1/2	1/2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	1/4	5	5	5	
11	0.8	JFC4SC1PAIG108	+53.68	+4.31	+16.04	1/2	1/2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	5	
12	1.0	JFC4SC1PAIG1X	+53.84	+2.63	+34.20	1/2	1/2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	5	
13	1.5	JFC4SC1PAIG1Y	+51.63	+1.63	+40.34	1/2	2	5	5	5	3	5	4/5	5	5	5	3/4	5	5	5	
14	2.0	JFC4SC1PAIG1Z	+50.94	+0.94	+44.44	1/2	1/2	5	5	5	3	3/4	4/5	5	5	5	4	3/4	5	5	
แทนขนุนจากแหล่งที่ 2																					
15	0.2	JFF4SC1P_Z02	+68.07	+2.68	+24.94	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	3-4	
16	0.4	JFF4SC1P_Z04	+63.95	+4.65	+29.74	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	3-4	
17	0.6	JFF4SC1P_Z06	+59.50	+5.79	+32.53	4	4	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3/4	3/4	5	3-4	
18	0.8	JFF4SC1P_Z08	+57.70	+7.63	+35.61	3	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3/4	3/4	5	4	
19	1.0	JFF4SC1P_ZX	+57.57	+7.65	+36.84	3/4	3/4	5	5	5	3	3/4	5	5	5	5	3/4	3/4	5	4	
20	1.5	JFF4SC1P_ZY	+55.89	+8.87	+39.85	3	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3	3	5	4	
21	2.0	JFF4SC1P_ZZ	+55.95	+8.38	+41.37	3	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3/4	3/4	5	4	
แทนขนุนจากแหล่งที่ 2 ย้อมทับด้วยคราม																					
22	0.2	JFF4SC1PAIG102	+55.48	+3.16	+6.26	2	2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	5	
23	0.4	JFF4SC1PAIG104	+54.98	+1.14	+8.58	1/2	1/2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	3/4	5	5	6	
24	0.6	JFF4SC1PAIG106	+51.86	+2.05	+9.76	2	2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	3/4	5	5	6	
25	0.8	JFF4SC1PAIG108	+55.78	+2.61	+12.46	2/3	2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	6	
26	1.0	JFF4SC1PAIG1X	+51.62	+0.21	+22.37	2/3	2	5	5	5	2/3	4	5	5	5	5	3	3	5	5	
27	1.5	JFF4SC1PAIG1Y	+49.14	+0.09	+26.02	2/3	3	5	5	5	1/2	3	5	5	5	5	3	2/3	5	5	
28	2.0	JFF4SC1PAIG1Z	+47.42	+2.09	+32.43	2	2/3	5	5	5	2	2/3	5	5	5	5	3	3	5	5	

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ลำดับ	X	รหัส	การวัดสี			ผลการจัดจำ		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความทน
			L*	a*	b*	ของสีซิกที่		ซิกที่ 60 °C						ซิกที่ 40 °C						
						60 °C	40 °C	wo	acr	pol	nyl	col	cel	wo	acr	pol	nyl	col	cel	
เกณฑ์ชนวนยึดกับด้วยความหนัก																				
1	0.2	JF4SC1PAKRSK202	+51.46	-6.24	-7.25	3	3/4	5	5	5	2/3	5	5	5	5	5	3	5	5	4-5
2	0.4	JF4SC1PAKRSK204	+52.29	-6.14	-4.08	3	3	5	5	5	2/3	5	5	5	5	5	3	5	5	4-5
3	0.6	JF4SC1PAKRSK206	+50.94	-7.08	-2.98	2/3	3	5	5	5	2/3	5	5	5	5	5	3	5	5	4-5
4	0.8	JF4SC1PAKRSK208	+49.28	-7.39	-1.70	3	3	5	5	5	2	5	5	5	5	5	2/3	5	5	5
5	1.0	JF4SC1PAKRSK2X	+49.52	-7.17	-0.36	2/3	3	5	5	5	2/3	5	5	5	5	5	3	5	5	4
6	1.5	JF4SC1PAKRSK2Y	+49.59	-7.12	+9.19	3/4	3/4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	3/4	5	5	3-4

คราม (กรัม)

เกณฑ์ชนวนจากแหล่งที่ 2 อัตราส่วน ด้ายน้ำ:เกณฑ์ชนวน = 1:10:1

ต่อด้าย 1 บ่วง

เกณฑ์ชนวน

ทับด้วยคราม

ทับด้วย เกณฑ์ชนวน

0.1



JFF4SC1P_ZX



JFF4SC1PAIG1X

0.4



JFC4SC1PXZ



JF4SC1PAIG04X



JF4SC1PAIGA JFC1PX04X

0.6



JF4SC1PAIG06X



JF4SC1PAIGA JFC1PX06X

0.8



JF4SC1PAIG08X



JF4SC1PAIGA JFC1PX08X

1.0



JF4SC1PAIGXX



JF4SC1PAIGA JFC1PXXX

2.0



JF4SC1PAIGZX



JF4SC1PAIGA JFC1PXZX

รูปที่ 4.15 ด้ายที่ข้อมด้วยเกณฑ์ชนวนก่อนและหลังข้อมครามความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดสีและความคงทนของสีย้อมแก่ขนุนก่อนและหลังย้อมครามความเข้มข้นต่างๆ

ลำดับ	ยี่ห้อ	รหัส	การวัดสี			ผลการชิตจาก		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความคงทน
			L*	a*	b*	ของสีซักที่		ซักที่ 60 °C						ซักที่ 40 °C						
						60 °C	40 °C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	
ย้อมแก่นขนุน(จากถ้างที่ 2)																				
1	-	JF4SC1PXZ	+55.12	+11.13	+51.61	2/3	4	5	5	5	3	4	5	4	4	4	3	3	4	3-4
แก่นขนุน ย้อมทับด้วยคราม																				
2	0.1	JF4SC1PAIG1X	+51.62	+0.21	+22.37	2/3	2	5	5	5	2/3	4	5	5	5	5	3	3	5	5
3	0.4	JF4SC1PAIG04X	+40.85	-6.23	+9.02	3	3/4	5	5	5	2	5	3	5	5	5	3	4	4	4-5
4	0.6	JF4SC1PAIG06X	+36.74	-6.50	+4.73	2/3	3	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	4	4-5
5	0.8	JF4SC1PAIG08X	+36.79	-4.47	+1.62	3	3/4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	4-5
6	1.0	JF4SC1PAIGXX	+34.61	-4.55	-5.06	3	3/4	5	5	5	2	5	3	5	5	5	3	5	4	4-5
7	2.0	JF4SC1PAIGZX	+29.59	-3.93	-7.45	3/4	3/4	4	5	5	2	4	3	4	4	4	3	5	4	5-6
แก่นขนุนย้อมทับด้วยครามย้อมทับด้วยแก่นขนุน																				
8	0.4	JF4SC1PAIGA/JFC1PX04X	+42.65	-8.52	+29.37	2/3	4	5	5	5	3	4	3	4	4	4	3	3	4	4-5
9	0.6	JF4SC1PAIGA/JFC1PX06X	+36.84	-11.02	+22.46	2	4	5	5	5	3	5	3	3	4	4	2	2	4	4-5
10	0.8	JF4SC1PAIGA/JFC1PX08X	+34.73	-11.96	+18.88	2	4/5	5	5	5	3	5	4	4	4	5	3	4	4	4-5
11	1.0	JF4SC1PAIGA/JFC1PXXX	+34.91	-11.95	+19.14	3	4	5	5	5	4	5	4	4	4	4	3	2	4	4-5
12	2.0	JF4SC1PAIGA/JFC1PXZX	+31.06	-11.70	+12.70	3	4	5	5	5	3	5	3	3	4	4	2	2	4	4-5

จากข้อมูลลำดับที่ 2 ถึง 7 ในตารางจะเห็นว่า การเพิ่มความเข้มข้นของครามทำให้สีเขียวเข้มขึ้น และมีเจดสีน้ำเงินมากขึ้นเมื่อใช้ครามมากกว่า 1 กรัมต่อด้าย 1 บ่วง ถ้า L* ลดลงมาก เมื่อเพิ่มคราม ถ้า a* ไปทางลบหรือสีเขียวมากและจะกลับเป็นลบน้อยลงเมื่อใช้คราม 0.8 กรัมต่อบ่วงขึ้นไป ส่วนค่า b* ลดลงอย่างรวดเร็วจากเหลือง(ค่าเป็นบวก)ไปทางสีน้ำเงิน(ค่าเป็นลบ) การตกสีของสีเมื่อซักลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณครามแต่จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีและความคงทนของสีต่อแสง **การย้อมครามกับแก่ขนุนจึงควรใช้ครามในช่วง 0.6 ถึง 1.0 กรัมต่อบ่วง และใช้ด้ายต่อน้ำต่อแก่ขนุนอัตราส่วน 1:10:1**

ในกรณีที่ทำกรย้อมแก่ขนุนก่อนและย้อมหลังการย้อมครามนั้นจากข้อมูลในลำดับที่ 8 ถึง 11 ของตารางจะเห็นว่าสีจะเขียวเข้มขึ้น ถ้า a* เป็นลบมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ได้ย้อมแก่ขนุนทับครามอีกครั้ง ถ้า b* กลับเป็นบวกแสดงว่าออกเหลืองมากขึ้นเนื่องจากการย้อมแก่ขนุนทับอีกครั้ง แต่ถ้า b* ลดลงไปทางสีน้ำเงินมากขึ้นเมื่อย้อมทับด้ายที่ผ่านการย้อมครามที่มีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น การย้อมแก่ขนุนทับอีกครั้งนั้นนอกจากจะให้สีเขียวมากขึ้นแล้วพบว่าสีที่ย้อมได้มีความสว่างมากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าค่า L* เป็นบวกมากขึ้นเมื่อเทียบกับภาวะเดียวกัน การซักที่อุณหภูมิสูงพบว่าด้ายที่ย้อมครามความเข้มข้นต่ำนั้นสีจะตกสีมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ย้อมแก่ขนุนหลังย้อมคราม แต่จะไม่มีผลเมื่อใช้คราม 1 กรัมต่อบ่วงขึ้นไป

การย้อมแก่นขนุนก่อนและหลังย้อมครามนั้น จึงควรใช้ครามในช่วง 0.8 ถึง 2.0 กรัมต่อบัวง หรือคราม 1.14 ถึง 2.86 กรัมต่อลิตร และใช้ด้ายต่อน้ำต่อแก่นขนุนอัตราส่วน 1:10:1 ซึ่งจะ ให้สีเขียวถึงเขียวเข้มที่มีคุณสมบัติในแง่ความคงทนของสีอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4.2.2 การย้อมครามทับด้วยย้อมดอกคำฝอย

ได้ทำการย้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากดอกคำฝอยแห้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลง อัตราส่วนวัตถุดิบให้สัดส่วนในการสกัดสี ได้ทำการย้อมมอร์แดงที่อุณหภูมิเย็น โดยใช้สารละลายสารส้ม ที่มีอุณหภูมิ 1%owf. ก่อนทำการย้อมสี ทำการย้อมสีที่อุณหภูมิคงที่ 80°C เวลา 60 นาที ในเครื่อง ย้อมแบบหม้อหมุน โดย

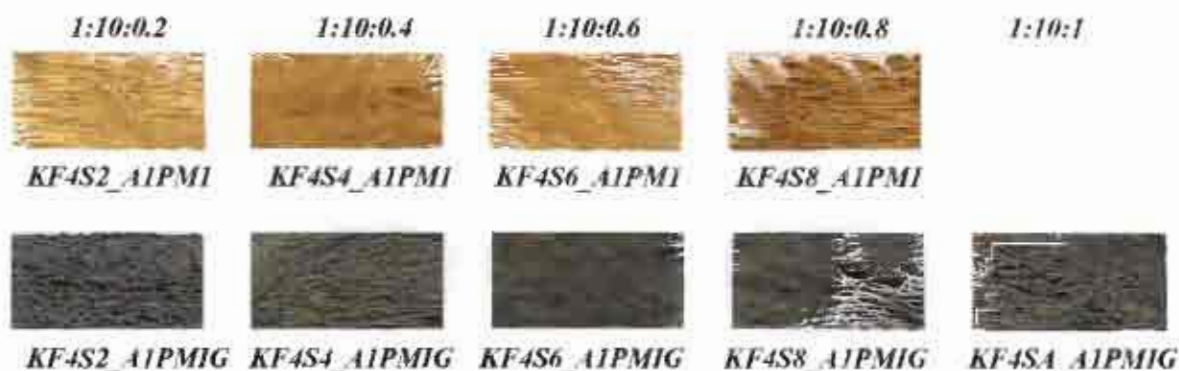
1. ใช้อัตราส่วนปริมาณด้ายต่อน้ำต่อดอกคำฝอยแห้งเป็น 1:10:0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ย้อมทับด้วย คราม 4 g/l ในน้ำโดยไม่ใช้รีดิวซ์เอเจนต์
2. ใช้อัตราส่วนปริมาณด้ายต่อน้ำต่อดอกคำฝอยแห้งเป็น 1:10:0.1-0.5 ก่อนนำไปย้อมทับด้วย สารละลายครามความเข้มข้น 0.05 และ 0.1 กรัม/ด้าย 1 บัวง ใช้ไดโซโซไนด์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์ โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้าย ตามวิธีการ ในข้อ 3.1
2. ย้อมด้ายฝ้ายด้วยสารละลายมอร์แดงที่อุณหภูมิเย็น 1%owf. ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 ที่อุณหภูมิ คงที่ ประมาณ 65 °C เวลา 30 นาที
3. ย้อมด้ายในน้ำย้อมดอกคำฝอยความเข้มข้นที่กำหนด ที่อุณหภูมิคงที่ 80 °C เวลา 60 นาที ในเครื่องย้อมแบบหม้อหมุน ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม 1:10 ตามวิธีการในข้อ 3.3.3
4. ย้อมด้ายตามข้อ 3 ในน้ำย้อมครามตามวิธีการในข้อ 3.3.4 อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม 1:10
5. นำด้ายตัวอย่างที่ย้อมสีแล้วตามข้อ 3 และด้ายที่ย้อมได้ตามข้อ 4 ไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม นำ ไปซักด้วยน้ำสะอาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่มซ้ำอีกครั้ง
6. นำด้ายไปทำการวัดสีตามระบบ CIE Lab บันทึกภาพ และทำการทดสอบความคงทนของสี

สีที่ได้จากการย้อมได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.16 ส่วนผลการวัดสีและการทดสอบ ความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.6

ย้อมดอกคำฝอยก่อนย้อมทับด้วยคราม 4 g/l โดยไม่ใช้รีดิวซิงเอเจนต์

染料: น้ำดอกคำฝอย



ย้อมดอกคำฝอยก่อนย้อมทับด้วยครามโดยใช้รีดิวซิงเอเจนต์



รูปที่ 4.16 ด้ายที่ย้อมด้วยดอกคำฝอยความเข้มข้นต่าง ๆ ย้อมทับด้วยคราม

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดสีและความทึบของสี ย้อมดอกคำฝอยก่อนย้อมทับด้วยคราม

ลำดับ	คราม	สี	ผง	รหัส	วัดสี			ผลการย้อม		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ
					L*	a*	b*	ของสีซักที่		ซักที่ 60 °C						ซักที่ 40 °C						
								60 °C	40 °C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	
1	-	0.1	KF4SA1P_Z012	+75.44	+2.43	+38.65	2	2	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4	5	2	
2	-	0.2	KF4SA1P_Z022	+72.88	+3.96	+38.83	2	2	5	5	5	4/5	4	5	5	5	5	5	4/5	5	2	
3	-	0.3	KF4SA1P_Z032	+70.98	+2.88	+39.01	2	2	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	2	
4	-	0.4	KF4SA1P_Z042	+70.66	+3.01	+37.46	2	2	5	4/5	5	5	4/5	5	5	4/5	5	4/5	4	5	2	
5	-	0.5	KF4SA1P_Z052	+67.11	+3.75	+41.61	2	2	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	2	
6	0.05	0.1	KF4SA1PAIGB01	+62.49	-8.32	+5.65	1/2	1/2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4/5	5	5	3	
7	0.05	0.2	KF4SA1PAIGB02	+59.35	-8.04	+4.93	2/3	2/3	5	5	5	3/4	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	3	
8	0.05	0.3	KF4SA1PAIGB03	+60.13	-8.90	+10.67	1/2	2	5	5	5	3/4	5	5	5	5	5	4/5	5	5	3	
9	0.05	0.4	KF4SA1PAIGB04	+61.32	-7.11	+13.78	2/3	2/3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4/5	5	5	3	
10	0.05	0.5	KF4SA1PAIGB05	+60.91	-7.46	+10.48	2/3	2/3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4/5	5	5	3	
11	-	0.1	KF4SA1P_Z01	+75.18	+2.39	+32.56	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	
12	-	0.2	KF4SA1P_Z02	+71.22	+2.91	+38.96	1	1	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	3/4	5	5	2	
13	-	0.3	KF4SA1P_Z03	+69.91	+2.96	+40.29	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5	5	2	
14	-	0.4	KF4SA1P_Z04	+68.46	+2.94	+40.97	1/2	1/2	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	2	
15	-	0.5	KF4SA1P_Z05	+66.94	+3.50	+40.18	1/2	1/2	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	2	
16	0.1	0.1	KF4SA1PAIG101	+58.86	-7.61	-3.27	3	3	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	3-4	
17	0.1	0.2	KF4SA1PAIG102	+57.44	-8.26	-2.35	2/3	2/3	5	5	5	4	4/5	5	5	5	5	3/4	4	5	3-4	
18	0.1	0.3	KF4SA1PAIG103	+54.01	-8.92	+1.01	2/3	3	5	5	5	3	4/5	5	5	5	5	4	4	5	3-4	
19	0.1	0.4	KF4SA1PAIG104	+53.37	-8.45	+2.29	3	3	5	5	5	3	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	3-4	
20	0.1	0.5	KF4SA1PAIG105	+54.64	-8.43	-0.48	3	3	5	5	5	3	4/5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	5	3-4	
21	-	0.2	KF4S2_A1PM1	+71.16	+2.44	+36.86	1/2	1/2	4	4	3	2/3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	
22	-	0.4	KF4S4_A1PM1	+63.01	+6.49	+44.73	1/2	1/2	4	4	3	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	3	
23	-	0.6	KF4S6_A1PM1	+67.48	+4.33	+42.82	1	1/2	4	4	4	2/3	4	3	3	4	4	3	4	4	3-4	
24	-	0.8	KF4S8_A1PM1	+64.78	+5.83	+47.38	2	2	4	4	3	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	3-4	
25	4*	0.2	KF4S2_A1PMIG	+50.81	-6.34	+6.15	2	2	4	3/4	3	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	3-4	
26	4*	0.4	KF4S4_A1PMIG	+54.25	-6.23	+11.85	1/2	2/3	4	4	4	2/3	4	2/3	4	4	4	2/3	4	2/3	3-4	
27	4*	0.6	KF4S6_A1PMIG	+51.78	-5.42	+9.01	2	2	4	4	4	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	3-4	
28	4*	0.8	KF4S8_A1PMIG	+55.10	-4.56	+9.81	2	2	4	4	4	2	3	2	3	3	4	3	4	3	3-4	
29	4*	1.0	KF4SA_A1PMIG	+53.80	-4.95	+10.49	2/3	2	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	4	3	4	3	3-4	

4* = คราม 4.0 กรัมต่อลิตร ไม่ใช้วิธีชิงเยนต์

เมื่อใช้ดอกคำฝอยอัตราส่วนด้วยต่อน้ำต่อดอกคำฝอย 1:10:0.2 ถึง 1:10:1 ทำการช้อนด้วยเครื่องช้อนนั้นพบว่า สีเหลืองที่ช้อนติดบนด้วยมีสีเข้มมากขึ้นตามปริมาณหรือความเข้มข้นของดอกคำฝอยที่ใช้ สีที่ได้ผลชัดเจนเมื่อช้อนมีผลความคงทนต่อการขีดจางของสีเทียบเท่าสเกลเทา 1 ถึง 2 การเปื้อนติดสีอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง และเมื่อนำไปช้อนทับด้วยคราม 4 g/l ในน้ำ พบว่าได้สีเขียวเข้มปนดำ การช้อนครามทับช่วยให้สีจืดน้อยลง แต่ไม่มีผลต่อการเปื้อนติดสีและความคงทนของสีต่อแสงการช้อนแบบไม่ใช้รีดิวซึ่งเอเจนต์ช่วยนี้ต้องใช้ปริมาณครามมากแต่เนื่องจากการดูดซับสีเกิดได้จำกัดจึงมีสารสีจากดอกคำฝอยและครามเหลือในน้ำช้อนมาก การช้อนแบบนี้จึงไม่เหมาะสมในแง่ต้นทุนการผลิต

ผลการทดลองเมื่อลดอัตราส่วนการใช้ดอกคำฝอยลง โดยใช้ด้วยต่อน้ำต่อดอกคำฝอยในช่วง 1:10:0.1 ถึง 1:10:0.5 แล้วทำการช้อนทับด้วยครามความเข้มข้น 0.05 กรัมต่อบัว และ 0.1 กรัมต่อบัว ใช้โซเดียมไดโครโอไรด์เป็นรีดิวซึ่งเอเจนต์ สีที่ได้จากการช้อนในน้ำช้อนดอกคำฝอยมีสีเหลืองน้อยลง เมื่อช้อนทับด้วยครามความเข้มข้น 0.05 กรัมต่อบัว สีที่ช้อนได้จะมีสีเขียวไม่สม่ำเสมอ บางส่วนยังทงมีสีเหลืองอยู่ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของครามเป็น 0.1 กรัมต่อบัว จะได้เจดสีออกน้ำเงินมาก ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงนั้นพบว่า การช้อนทับด้วยครามทำให้สีมีความคงทนต่อแสงเพิ่มขึ้น 1 ระดับ ทั้งนี้ไม่ว่าจะช้อนทับด้วยคราม 0.05 หรือ 0.1 กรัมต่อบัว ก็ตาม

การช้อนสีเขียวโดยทำการช้อนครามทับสีเหลืองจากดอกคำฝอยนั้น มีปัญหาที่ต้นทุนดอกคำฝอยมีค่าสูง อย่างไรก็ตามภาวะการช้อนด้วยฝ้ายที่เหมาะสมอาจใช้ภาวะดังต่อไปนี้

ช้อนมอร์แดงที่อุณหภูมิ 0.1 %owf. ช้อนที่ 65°C เวลา 30 นาทีก่อนช้อนในน้ำช้อนดอกคำฝอยใช้อัตราส่วนด้วยต่อน้ำต่อดอกคำฝอย 1:10:0.3 ทำการช้อนที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการช้อนทับด้วยครามความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อด้าย 1 บ่วง ใช้โซเดียมไดโครโอไรด์เป็นรีดิวซึ่งเอเจนต์ ที่อุณหภูมิปานกลาง

4.2.3 การช้อนครามทับด้วยช้อนใบเตยแดง

ได้ทำการช้อนด้วยฝ้ายด้วยน้ำช้อนจากใบเตยแดง โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนวัตถุดิบให้สีต่อน้ำในการสกดสี ทำการช้อนสีที่อุณหภูมิคงที่ 70°C เวลา 60 นาที ในเครื่องช้อนแบบหม้อหมุน ทำการช้อนมอร์แดงที่ทองแดง โดยใช้สารละลายจุนสีที่มีทองแดง 0.25%owf. หลังทำการช้อนสี ก่อนนำไปช้อนทับด้วยครามหมักหรือทับด้วยครามความเข้มข้น 0.1 g/l ใช้ไดโครโอไรด์เป็นรีดิวซึ่งเอเจนต์ ใช้อัตราส่วนด้วยต่อน้ำต่อใบเตยแดงต่าง ๆ คือ 1:10:0.2, 1:10:0.4, 1:10:0.6, 1:10:0.8, 1:10:1, 1:10:1.5, และ 1:10:2 โดยน้ำหนักต่อปริมาณต่อน้ำหนัก โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดด้วยฝ้าย ตามวิธีการในข้อ 3.1
2. ช้อนด้วยในน้ำช้อนใบเตยแดงความเข้มข้นที่กำหนด ที่อุณหภูมิคงที่ 70 °C เวลา 60 นาที ในเครื่องช้อนแบบหม้อหมุนใช้อัตราส่วนด้วยต่อน้ำช้อน 1:10 ตามวิธีการในข้อ 3.3.3

3. ย้อมด้วยฝ้ายด้วยสารละลายมอร์แดง 0.25%owf ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 ที่อุณหภูมิคงที่ ประมาณ 65 °C เวลา 30 นาที
4. ย้อมด้วยตามข้อ 3 ในน้ำย้อมครามหมักหรือครามความเข้มข้นที่กำหนด ตามวิธีการในข้อ 3.3.4 อัตราส่วนผ้าต่อน้ำย้อม 1:10
5. นำผ้าตัวอย่างที่ย้อมสีแล้วตามข้อ 3 และผ้าที่ย้อมได้ตามข้อ 4 ไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม นำไปซักด้วยน้ำสะอาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่มซ้ำอีกครั้ง
6. นำผ้าไปทำการวัดสีตามระบบ CIE Lab บันทึกภาพ และทำการทดสอบความคงทนของสีที่ข้อมได้ แสดงไว้ในรูปที่ 4.17 การวัดสี และการทดสอบความคงทนของสีแสดงได้ดังตารางที่ 4.7

อัตราส่วน	ย้อมด้วย	ย้อมทับด้วยคราม	ย้อมด้วย
ผ้า:น้ำ: ตัวแดง	Cu มอร์แดง	0.1 g/l +dithionite	ทับด้วยครามหมัก
1:10:0.2	 TD4SCAA_Z02	 TD4SCAAAIG102	 TD4SCAPAKRSK202
1:10:0.4	 TD4SCAA_Z04	 TD4SCAAAIG104	 TD4SCAPAKRSK204
1:10:0.6	 TD4SCAA_Z06	 TD4SCAAAIG106	 TD4SCAPAKRSK206
1:10:0.8	 TD4SCAA_Z08	 TD4SCAAAIG108	 TD4SCAPAKRSK208
1:10:1	 TD4SCAA_ZX	 TD4SCAAAIGIX	 TD4SCAPAKRSK2X
1:10:1.5	 TD4SCAA_ZY	 TD4SCAAAIGIY	 TD4SCAPAKRSK2Y
1:10:2	 TD4SCAA_ZZ	 TD4SCAAAIGIZ	

รูปที่ 4.17 ผ้าที่ย้อมด้วยน้ำย้อมใบตัวแดงความเข้มข้นต่างๆ แล้วย้อมทับด้วยคราม

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดสีและความคงทนของสี ย้อมใบด้วงย้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ

สี	ตัว	คราม	รหัส	วัดสี			ผลการจัดขาว		ผลการแป้นดัดของสี												ความคงทน	
				L*	a*	b*	ของสีซักที่		ซักที่ 60°C						ซักที่ 40°C							
							60°C	40°C	wo	acr	poi	nyl	col	cel	wo	acr	poi	nyl	col	cel		
สีผ้า	แดง	น้ำ																				
1	0.2	-	TD4SCAA_Z02	+65.95	-0.29	+19.81	4/5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	
2	0.4	+	TD4SCAA_Z04	+66.27	-0.30	+21.52	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	6	
3	0.6	-	TD4SCAA_Z06	+64.97	+0.40	+23.31	4/5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	6	
4	0.8	+	TD4SCAA_Z08	+63.33	+0.04	+25.03	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	6	
5	1.0	+	TD4SCAA_ZX	+62.02	+1.88	+27.54	4/5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	
6	1.5	-	TD4SCAA_ZY	+60.10	+1.19	+29.17	5	5	5	4/5	5	4	4	5	5	4/5	5	4	4	5	5	
7	2.0	-	TD4SCAA_ZZ	+60.71	+1.07	+29.30	5	5	5	5	5	4/5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	
8	0.2	0.1	TD4SCAAAIG102	+61.79	-2.98	+15.40	3	3	5	5	5	3	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	6	
9	0.4	0.1	TD4SCAAAIG104	+60.67	-1.53	+18.33	2/3	2/3	5	5	5	4	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	6	
10	0.6	0.1	TD4SCAAAIG106	+58.30	-0.69	+19.34	4	4	5	5	5	3	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	6	
11	0.8	0.1	TD4SCAAAIG108	+56.27	-0.77	+20.04	3/4	3/4	5	5	5	4	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	6	
12	1.0	0.1	TD4SCAAAIG1X	+57.68	+1.71	+25.91	3/4	4	5	5	5	3/4	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	6	
13	1.5	0.1	TD4SCAAAIG1Y	+53.93	-0.05	+23.90	3/4	4	5	5	5	3/4	4/5	5	5	5	3	4/5	4/5	5	5	
14	2.0	0.1	TD4SCAAAIG1Z	+55.43	+1.41	+26.32	4/5	4	5	5	5	3/4	4/5	5	5	5	5	4/5	4	5	5	
15	0.2	หนัก	TD4SCAPAKRSK202	+51.18	-7.04	-3.69	3	3/4	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	4	5	5	3-4	
16	0.4	0.4	TD4SCAPAKRSK204	+50.01	-6.84	-2.62	3	3/4	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	3/4	5	5	4-5	
17	0.6	0.6	TD4SCAPAKRSK206	+51.38	-6.96	-1.20	3/4	3/4	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	4	5	5	4-5	
18	0.8	0.8	TD4SCAPAKRSK208	+47.79	-7.72	+0.18	3/4	4	5	5	5	3	5	3	5	5	5	3/4	5	5	4-5	
19	1.0	1.0	TD4SCAPAKRSK2X	+48.94	-6.68	+4.19	3/4	4	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	3	5	5	4-5	
20	1.5	1.5	TD4SCAPAKRSK2Y	+52.69	-6.40	+2.26	2	3	5	3	5	2/3	5	3	5	5	5	3	5	5	4-5	

การเพิ่มปริมาณตัวแดงในน้ำย้อมนั้นทำให้สีเข้มข้น ความสว่าง (L*) ลดลงและ
เฉดสีที่ย้อมได้จะออกเหลืองมากขึ้น(a* และ b*เป็นบวกมากขึ้น) ค่ายที่ผ่านการย้อมตัวแดงที่ความเข้มข้น
ต่ำเมื่อทำการย้อมทับด้วยครามจะได้สีเขียว เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตัวแดงหลังการย้อมครามสีที่ได้จะ
ออกเหลืองมากขึ้นและมีมากขึ้น (L* ลดลง) ความคงทนของสีต่อการซักนั้นพบว่าการดกสีหรือการซีด
จางของสีอยู่ในเกณฑ์ดีมาก(ผลทดสอบ 4/5 ถึง 5) และการแป้นดัดสีบนผ้ามาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
(ผลทดสอบ 4 ถึง 5) ไม่ขึ้นกับทั้งความเข้มข้นของตัวแดงเช่นกัน เมื่อย้อมทับด้วยครามการดกสีหรือการ
ซีดจางของสีถึงซักลดลงส่วนมากมีผลของสเกลทดสอบลดลง 1 ระดับ ส่วนการแป้นดัดสีบนผ้ามาตรฐานมี
ค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของตัวแดง หลังจากย้อมทับด้วยครามแล้วพบว่าการซักที่อุณหภูมิสูงสีที่
ตกจะไปเป็นดินบนในถ่อนมากขึ้นแต่การแป้นดัดบนผ้าอื่นไม่เปลี่ยนแปลง

สีของเส้นด้ายที่ได้จากการย้อมใบดิวแดงแล้วย้อมทับด้วยครามหมักพบว่าจะมีสีออกน้ำเงินมากกว่าการย้อมทับด้วยครามใช้รีดิวซึ่งเอเจนต์ มีลักษณะการเปลี่ยนสีของสีสม่ำเสมอ น้อยกว่า สีออกเขียวเหลืองเมื่อใช้ดิวแดงต่อน้ำอัตราส่วน 1:10 และ 1.5:10 เมื่อพิจารณาค่าความคงทนของสีต่อการซักแล้ว พบว่าความคงทนของสีต่อการซักนั้นการซักของสีมีค่าที่ด้อยกว่าการย้อมทับด้วยครามใช้รีดิวซึ่งเอเจนต์ ส่วนการเปลี่ยนสีบนผ้ามาตรฐานนั้นสีที่ตกจะเปลี่ยนสีในล่อนมากกว่า

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของด้ายย้อมด้วยดิวแดง และดิวแดงย้อมทับด้วยครามมีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดีมากเทียบเท่ากับ blue wool No. 5 และ 6 การย้อมครามหมักทับสีดิวแดงจะทนต่อแสงน้อยกว่ากรณีที่ใช้ครามและสารรีดิวซ์ประมาณ 0.5-1 ระดับ

การที่สีเขียวติดไม่สม่ำเสมอ มีสีเหลืองแซมค่อนข้างมากซึ่งเชื่อว่าเกิดจากการใช้ครามน้อยเกินไปเช่นเดียวกับที่พบในการย้อมด้วยแก่นขนุน การหาปริมาณครามที่เหมาะสมนั้น ได้ใช้ภาวะการย้อมใบดิวแดงครั้งที่อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบดิวแดงเป็น 1:10:1 และปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของครามต่าง ๆ กัน และทำการย้อมสองแบบเพื่อเปรียบเทียบผล ดังนี้

- ย้อมใบดิวแดงก่อนย้อมทับด้วยคราม
- ย้อมใบดิวแดงย้อมทับด้วยครามและย้อมทับอีกครั้งด้วยใบดิวแดง

ผลการทดลองเมื่อย้อมด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมใบดิวแดง ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบดิวแดงเป็น 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรค่อน้ำหนัก ก่อนย้อมด้วยสารละลายมอร์แดนท์ทองแดง 0.25%owf. แล้วย้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมค่อน้ำย้อม 700 มล. ต่อด้าย 1 บ่วง (70 กรัม) ได้สีดังในรูปที่ 4.18 และผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.8 สำหรับการย้อมใบดิวแดงก่อนและหลังการย้อมคราม ได้ทำการย้อมด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมใบดิวแดงอัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบดิวแดงเป็น 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรค่อน้ำหนัก ก่อนย้อมด้วยสารละลายมอร์แดนท์ทองแดง 0.25%owf. แล้วย้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมค่อน้ำย้อม 700 มล. ต่อด้าย 1 บ่วง (70 กรัม) และทำการย้อมทับด้วยน้ำย้อมใบดิวแดงอัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบดิวแดงเป็น 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรค่อน้ำหนัก ก่อนย้อมด้วยสารละลายมอร์แดนท์ทองแดง 0.25%owf. อีกครั้งหนึ่ง ได้สีดังแสดงในรูปที่ 4.18 และผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.8

พิจารณาสีที่ย้อมได้ในรูปที่ 4.18 เทียบกับรูปที่ 4.17 จะเห็นว่า การเพิ่มความเข้มข้นของครามที่ใช้ย้อมทับด้ายที่ผ่านการย้อมดิวแดง (อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบดิวแดงครั้งที่ 1:10:1) มาแล้วนั้น จะให้ด้ายที่มีสีน้ำเงินมากขึ้นและสีที่ย้อมได้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ค่า L^* มีค่าลดลง a^* เป็นลบมากขึ้นแสดงว่าเจดสีไปทางสีเขียวมากขึ้น ในขณะที่ค่าของ b^* เป็นบวกน้อยลงหรือสีไปทางน้ำเงินมากขึ้นเมื่อใช้ครามความเข้มข้นมากขึ้นในการย้อมทับด้ายที่ผ่านการย้อมดิวแดง ด้ายที่ย้อมครามแล้วนั้นเมื่อนำไปทำการย้อมทับด้วยน้ำย้อมดิวแดงอีกครั้งหนึ่ง(ความเข้มข้นเท่าเดิมคืออัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบ

ตัวแดงเป็น 1:10:1) จะเห็นว่าสีที่ย้อมได้จะมีสีเขียวที่มีความเข้มมากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของครามที่ย้อมด้วยก่อนหน้านั้น ที่ภาวะเดียวกันด้วยหลังย้อมด้วยตัวแดงที่ครามมีค่า a^* เป็นลบมากขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านการย้อมคราม หรือเจดสีไปทางเขียวมากขึ้น ส่วนค่า b^* ไปทางบวกมากขึ้นหรือสีเหลืองมากขึ้น

ผลการทดสอบความคงทนของสีจะเห็นว่าตัวอย่างที่ทำการย้อมครามความเข้มข้นต่างๆ ระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมต่อตัวอย่าง 1 บัว่ง ที่บดด้วยตัวแดงอัตราส่วนตัวอย่างต่อน้ำต่อใบตัวแดงคงที่ 1:10:1 นั้น มีการตกสีหรือการซีดจางของสีหลังการซักและการแปรงขัดสีคงที่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของครามที่ใช้ย้อม และการย้อมทับด้วยตัวแดงอีกครั้งหนึ่งนั้นนอกจากจะมีผลทำให้ได้สีเขียวที่สม่ำเสมอมากขึ้นแล้วยังมีผลทำให้ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้ช่วงความเข้มข้นของครามที่ควรใช้คือระหว่าง 0.6 ถึง 2 กรัมต่อบัว่ง

คราม (กรัม) ใบตัวแดง : อัตราส่วนใบตัวแดง:น้ำ:ตัวอย่าง = 1:10:1

ตัวอย่าง 1 บัว่ง	ใบตัวแดง	ทับด้วยคราม	ทับด้วยใบตัวแดง
0.1			
	TD4SCAA_ZX	TD4SCAAAIGIX	
0.4			
	TD4SCAAXZ	TD4SCAAAIG04X	TD4SCAAAIGATDCAAX04X
0.6			
		TD4SCAAAIG06X	TD4SCAAAIGATDCAAX06X
0.8			
		TD4SCAAAIG08X	TD4SCAAAIGATDCAAX08X
1.0			
		TD4SCAAAIGXX	TD4SCAAAIGATDCAAXXX
2.0			
		TD4SCAAAIGZX	TD4SCAAAIGATDCAAXZX

รูปที่ 4.18 ตัวอย่างที่ย้อมด้วยใบตัวแดงก่อนและหลังการย้อมครามความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดสีและความทนของสีย้อมใบต้วแดงและย้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ

ลำดับ	क्रम บั่ว	รหัส	การวัดสี			ผลการชั่งของสี		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ ทน
			L*	a*	b*	ของสีซักที่		ซักที่ 60 °C						ซักที่ 40 °C						
						60 °C	40 °C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	
ย้อมใบต้วแดง																				
1		TD4SCAAAXZ	+60.12	+0.58	+35.18	2	3	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4-5
ใบต้วแดง ย้อมทับด้วยคราม																				
2	0.1	TD4SCAAAIG1X	+57.68	+1.71	+25.91	3/4	4	5	5	5	3/4	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	6
3	0.4	TD4SCAAAIG04X	+47.78	-8.31	-1.70	3	3	5	5	5	2	5	3	5	5	5	4	5	4	3-4
4	0.6	TD4SCAAAIG06X	+41.64	-8.46	-7.55	3	3	5	5	5	2	5	3	5	5	4	3	4	4	3-4
5	0.8	TD4SCAAAIG08X	+37.77	-8.03	-7.79	3	3	5	5	5	2	5	4	5	5	5	4	5	5	3
6	1.0	TD4SCAAAIGXX	+39.20	-7.42	-10.90	3	3	5	5	5	3	5	4	5	5	5	3	5	4	3-4
7	2.0	TD4SCAAAIGZX	+31.83	-5.03	-12.71	3	3	5	5	5	2	5	3	4	5	4	3	5	4	5-6
ใบต้วแดงย้อมทับด้วยครามย้อมทับด้วยใบต้วแดง																				
8	0.4	TD4SCAAAIGATDCAAX04X	+45.19	-10.47	+10.68	3/4	4	5	5	5	2	5	3	5	5	5	4	5	5	5-6
9	0.6	TD4SCAAAIGATDCAAX06X	+41.88	-10.15	+7.04	3	4	5	5	5	2	5	3	5	5	5	4	5	5	5-6
10	0.8	TD4SCAAAIGATDCAAX08X	+39.05	-10.54	+4.23	3/4	4	5	5	5	3	5	3	5	5	5	4	5	5	5-6
11	1.0	TD4SCAAAIGATDCAAXXX	+40.08	-10.75	+4.76	3/4	3/4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	5-6
12	2.0	TD4SCAAAIGATDCAAXZX	+35.22	-9.85	+0.11	3	4	5	5	5	3	4	3	5	5	5	4	4	4	5-6

การย้อมด้วยไฟได้สีเขียวโดยใช้ต้วแดงและครามแบบทำการย้อมต้วแดงก่อนและ
หลังการย้อมครามนี้ ควรใช้วิธีการย้อมต้วแดงที่ 70°C เวลา 1 ชั่วโมง ใช้ด้ายต่อน้ำต้วแดง อัตรา
ส่วน 1:10:1 จากนั้นทำการย้อมสารละลายมอร์แดงที่ทองแดงที่มีความเข้มข้นทองแดงเป็น 0.25%
ของนน.ด้ายที่อุณหภูมิประมาณ 65°C เวลา 30 นาที ก่อนย้อมครามความเข้มข้น 0.6 ถึง 2.0 กรัมต่อบ่วง
หรือ 0.86 ถึง 2.86 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิปานกลาง จากนั้นย้อมทับด้วยต้วแดงและมอร์แดงที่ทองแดง
ซ้ำอีกครั้งโดยใช้ภาวการย้อมเดิม ทั้งนี้ความเข้มข้นของครามที่ใช้จะขึ้นอยู่กับเจดสีเขียวและระดับความ
เข้มของสีเขียวที่ต้องการ

4.2.4 การย้อมครามทับด้วยย้อมใบต้วเหลือง

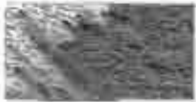
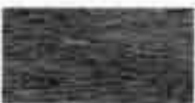
ได้ทำการย้อมด้วยไฟด้วยน้ำย้อมจากใบต้วเหลืองนี้ โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตรา
ส่วนวัตถุดิบให้ต่อน้ำในการสกัดสี ทำการย้อมสีที่อุณหภูมิคงที่ 70°C เวลา 60 นาที ในเครื่องย้อมแบบ
หม้อหมุน ทำการย้อมมอร์แดงที่ทองแดง โดยใช้สารละลายจนสีที่มีทองแดง 1 %owf. หลังทำการย้อมสี
ก่อนนำไปย้อมทับด้วยครามความเข้มข้น 0.1, 0.2, 4.0 กรัมต่อบ่วง ใช้โซเดียมไดโครโอไนต์เป็น

รีดิวซ์เอเจนต์ และครวม 4.0 กรัมต่อลิตรในน้ำโดยไม่มีตัวรีดิวซ์ ในการศึกษานี้ ได้ใช้อัตราส่วนปริมาณ
 ด้ายต่อน้ำย้อมไข้เหล็กฝรัง่ต่าง ๆ คือ 1:10:0.2, 1:10:0.4, 1:10:0.6, 1:10:0.8, 1:10:1, 1:10:1.5, และ
 1:10:2 โดยน้ำหนักต่อน้ำย้อมต่อน้ำหนัก โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดด้ายฝ้าย ตามวิธีการในข้อ 3.1
2. ย้อมด้ายในน้ำย้อมไข้เหล็กฝรัง่ความเข้มข้นที่กำหนด ที่อุณหภูมิคงที่ 70 °C เวลา 60 นาที ในเครื่องย้อมแบบหม้อหมุน ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม 1:10 ตามวิธีการในข้อ 3.3.3
3. ย้อมด้ายฝ้ายด้วยสารละลายมอร์แดง 1%owf. ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 ที่อุณหภูมิคงที่ ประมาณ 65 °C เวลา 30 นาที
4. ย้อมด้ายตามข้อ 3 ในน้ำย้อมครวมใช้ความเข้มข้นที่กำหนด ตามวิธีการ ในข้อ 3.3.4 อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม 1:10
5. นำด้ายตัวอย่างที่ย้อมสีแล้วตามข้อ 3 และด้ายที่ย้อมได้ตามข้อ 4 ไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม นำไปซักด้วยน้ำสะอาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่มซ้ำอีกครั้ง
6. นำด้ายไปทำการวัดสีตามระบบ CIE Lab บันทึกภาพ และทำการทดสอบความคงทนของสีที่ย้อมได้ แสดงไว้ในรูปที่ 4.19 และ 4.20 และผลการวัดสี การทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.9

ด้าย:น้ำ:ไข้เหล็กฝรัง่	ย้อมไข้เหล็กฝรัง่	ครวม 4.0 g/l ไม่ใช้รีดิวซ์เอเจนต์
1:10:0.2		CS4S2_CIAM  CS4S2_CIAMIG6
1:10:0.4		CS4S4_CIAM  CS4S4_CIAMIG6
1:10:0.6		CS4S6_CIAM  CS4S6_CIAMIG6
1:10:0.8		CS4S8_CIAM  CS4S8_CIAMIG6
1:10:1		CS4SX_CIAM  CS4SX_CIAMIG6
1:10:1.5		CS4SY_CIAM  CS4SY_CIAMIG6
1:10:2		CS4SZ_CIAM  CS4SZ_CIAMIG6

รูปที่ 4.19 ด้ายที่ย้อมด้วยไข้เหล็กฝรัง่ความเข้มข้นต่าง ๆ และที่ย้อมทับด้วยครวม 4.0g/l ในน้ำ

อัตราส่วน	ด้วยน้ำ:ซีเหล็กฝรั่ง	ด้วยน้ำ:ซีเหล็กฝรั่ง	ด้วยย้อมด้วย
คราม	1:10:1.5	1:10:2	ครามอย่างเดียว
0.0 g/l			
	CS4SB_C1AM	CS4SC_C1AM	
0.1 g/l + dithionite			
	CS4SB_C1AMIG_1	CS4SC_C1AMIG_1	IG4S9Z_1
0.2 g/l + dithionite			
	CS4SB_C1AMIG_2	CS4SC_C1AMIG_2	IG4S9Z_2
4.0 g/l + dithionite			
	CS4SB_C1AMIG_4	CS4SC_C1AMIG_4	

รูปที่ 4.20 ด้ายที่ย้อมด้วยซีเหล็กฝรั่ง และที่ย้อมทับด้วยคราม ความเข้มข้นต่าง ๆ

ที่ความเข้มข้นของซีเหล็กฝรั่งน้อย สีที่ย้อมได้จะมีสีเขียวอ่อน เจดสีจะออกเหลืองมากขึ้นตามการเพิ่มปริมาณหรือความเข้มข้นของซีเหล็กฝรั่งที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 เมื่อทำการย้อมทับด้วยคราม 4.0 g/l โดยไม่มีรีดิวซิงเอเจนต์ พบว่าสีที่ได้มีสีน้ำเงินอมเขียวมากกว่าจะได้สีเขียวที่ต้องการ ผลการทดสอบความคงทนของสี แสดงว่าการติดของสีของด้ายที่ย้อมซีเหล็กฝรั่งอย่างเดียวเท่ากับที่ย้อมซีเหล็กฝรั่งแล้วย้อมทับด้วยครามมีความคงทนพดเทียบกันคือเทียบเท่าสเกลเทา 2 ถึง 3/4 ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของซีเหล็กฝรั่งในน้ำย้อม แต่มีแนวโน้มว่าการย้อมครามทับนี้ จะทำให้สีจะตกสีดงว่าประมาณ 1/2 ระดับของสเกลเทา การเปลี่ยนติดของสีบนผ้ามาตรฐานส่วนมากอยู่ในระดับปานกลาง (สเกลเทา = 2/3 ถึง 3) ถึง ดี (สเกลเทา = 4) ส่วนผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงพบว่าด้ายที่ย้อมด้วยซีเหล็กฝรั่งนี้มีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดีมากสำหรับสีย้อมธรรมชาติ คือ เทียบเท่ากับผ้าขนสัตว์มาตรฐาน เบอร์ 4 ถึง 4/5 การย้อมทับด้วยครามทำให้ความคงทนลดลงประมาณ 1/2 ระดับในบางตัวอย่าง การย้อมด้วยน้ำย้อมซีเหล็กฝรั่งเตรียมจากอัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อซีเหล็กฝรั่งน้อยกว่า 1:10:1 จากนั้นนำมาย้อมทับด้วยครามนั้นจะให้ด้ายที่มีสีออกน้ำเงินมากกว่าที่จะเป็นสีเขียว

การย้อมให้ได้สีเขียวจึงคิดว่าน่าจะต้องเพิ่มอัตราส่วนซีเหล็กฝรั่งต่อน้ำ ให้มากขึ้น ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อซีเหล็กฝรั่ง 1:10:1.5 และ 1:10:2 ย้อมทับด้วยครามความเข้มข้น 0.1, 0.2 และ 4.0 g/บ่วง โดยใช้โซเดียมไดไฮไดรไรต์เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ เทียบกับผลการย้อมเมื่อย้อม

ทับด้วยคราบความเข้มข้น 4.0 g/l ในสารละลายน้ำได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.20 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.9

ผ้าที่ผ่านการย้อมในน้ำย้อมใบ้เหล็กฝรั่งใช้อัตราส่วนผ้าต่อน้ำย้อมต่อซีเหล็กฝรั่ง 1:10:1.5 และ 1:10:2 เมื่อย้อมทับด้วยคราบพบว่าผลการวัดสี สีมีความสว่างลดลง(L* ลดลง) สีออกน้ำเงินมากกว่าจะเป็นสีเขียว ค่า b* มีค่าเป็นบวกน้อยลง การใช้คราบ 4.0 g/บ่งโดยใช้ไดโรโอไนต์เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ ไม่มีผลต่อสีที่ได้เนื่องจากว่าไดโรโอไนต์เป็นสารจำกัด และเมื่อเทียบกับการย้อมทับด้วยคราบ 4.0 g/l ในน้ำพบว่าสีที่ได้จากการย้อมทับด้วยคราบ 4.0 g/l ในน้ำ จะออกเขียวมากกว่า พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนใบ้เหล็กฝรั่งต่อน้ำย้อมและการใช้คราบแบบต่างๆ ข้างต้นนี้ไม่มีผลต่อการติดของสีและการเปลี่ยนสีหลังซัก และต่อความคงทนของสีต่อแสงแต่ประการใด

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดสีและความคงทนของสี ย้อมซีเหล็กฝรั่งก่อนย้อมทับด้วยคราบ

ลำดับ	สีฝรั่ง	ความเข้มข้น	อื่นๆ	รหัส	วัดสี			ผลการวัด		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความคงทน
					L*	a*	b*	ของสีรักสี		ซักที่ 60 °C						ซักที่ 40 °C						
								60 °C	40 °C	wh	acr	pol	nyl	cot	cel	wh	acr	pol	nyl	cot	cel	
1	0.2	-	-	CS4S2_CIAM	+72.83	-8.22	+16.52	2	3/4	4	4	3	2	4	2/3	4	4	4	4	4	4	4
2	0.4	-	-	CS4S4_CIAM	+72.03	-7.05	+16.47	3	3/4	4	4	4	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	4
3	0.6	-	-	CS4S6_CIAM	+74.11	-7.42	+16.13	2/3	4	4	4	4	2/3	4	3	4	4	4	3	4	3	5
4	0.8	-	-	CS4S8_CIAM	+71.22	-5.67	+20.42	3	3	4	4	4	2/3	4	3	4	4	4	3	4	4	5
5	1.0	-	-	CS4SA_CIAM	+73.51	-8.25	+20.81	2/3	3	4	4	4	2/3	2/3	2/3	4	4	4	3	4	3	5
6	1.5	-	-	CS4SB_CIAM	+73.33	-6.12	+21.93	2/3	2	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	4	3	4	4	4
7	2.0	-	-	CS4SC_CIAM	+71.88	-6.46	+24.20	2/3	3	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	3	3	4	4	4
8	0.2	4.0*	น้ำ	CS4S2_CIAMIG6	+60.12	-3.32	+0.83	2/3	2	4	4	4	2/3	4	3	4	4	3	2/3	4	2/3	4
9	0.4	4.0*	น้ำ	CS4S4_CIAMIG6	+59.09	-3.36	+1.88	2/3	2/3	4	4	3	2/3	4	2/3	4	4	3	2/3	4	2/3	4
10	0.6	4.0*	น้ำ	CS4S6_CIAMIG6	+58.30	-4.07	+2.87	2/3	2/3	4	4	4	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	4
11	0.8	4.0*	น้ำ	CS4S8_CIAMIG6	+56.71	-4.24	+2.87	2	2/3	4/5	4	4	2	3	2/3	4	4	3	2/3	4	3	4
12	1.0	4.0*	น้ำ	CS4SA_CIAMIG6	+56.12	-4.37	+1.37	2/3	2/3	4	4	4	2	3	2	3/4	4	4	3	4	3	4
13	1.5	4.0*	น้ำ	CS4SB_CIAMIG6	+59.54	-3.98	+2.14	2	2/3	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	4	2	3/4	2/3	4
14	2.0	4.0*	น้ำ	CS4SC_CIAMIG6	+59.68	-4.79	+2.43	2/3	2	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	4	3	4	3	5
15	1.5	0.1	dihho	CS4SB_CIAMIG_1	+58.57	-10.51	+16.69	2/3	2	5	5	4	2/3	4	2/3	5	4	4	2/3	5	2/3	5
16	1.5	0.2	dihho	CS4SB_CIAMIG_2	+48.70	-10.23	+6.83	2/3	2/3	4	4	3	2/3	4	2/3	4	4	3	2/3	4	2/3	5
17	1.5	4.0	dihho	CS4SB_CIAMIG_4	+46.87	-7.81	+5.32	3	2/3	5	5	5	4	4	5	3	4	3	2/3	5	2/3	5
18	1.5	4.0*	น้ำ	CS4SB_CIAMIG_6	+55.90	-7.16	+12.41	2	2/3	5	5	5	5	4/5	5	3	4	4	2/3	4	2/3	5
19	2.0	0.1	dihho	CS4SC_CIAMIG_1	+61.25	-10.07	+17.98	3	3	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	4	3	4	3	5
20	2.0	0.2	dihho	CS4SC_CIAMIG_2	+53.34	-11.46	+11.63	2/3	2/3	4	4	4	2/3	3	2/3	4	4	4	2/3	5	2/3	5
21	2.0	4.0	dihho	CS4SC_CIAMIG_4	+43.99	-7.53	+5.47	3	2/3	5	5	5	4/5	4/5	5	3	3	3	2/3	3	2/3	5
22	2.0	4.0*	น้ำ	CS4SC_CIAMIG_6	+55.08	-7.48	+10.84	1/2	2	5	5	5	4/5	4/5	5	3	4	4	2/3	3	2/3	5

* กรั้มต่อลิตร

การข้อมทับด้วยคราม 4.0 g/l โดยไม่ใช้ตัวรีดิวซ์นั้น พบว่าทำให้ความคงทนของสีต่อแสงลดลง 1 ระดับ แต่การข้อมทับด้วยครามใช้โคโรนาโอไนต์เป็นตัวรีดิวซ์กลับช่วยเพิ่มความคงทนของสีต่อแสง 1 ระดับเช่นเดียวกันกับผลที่ได้จากการข้อมครามทับด้วยข้อมด้วยแก่นขนุนและดอกคำฝอย

4.2.5 การข้อมครามทับด้วยข้อมใบหูกวาง

ได้ใช้ภาวะการข้อมใบหูกวางคงที่ที่อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบหูกวาง 1:10:1 และปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของครามต่าง ๆ กัน และทำการข้อมสองแบบเพื่อเปรียบเทียบผลดังนี้

- ข้อมใบหูกวางก่อนข้อมทับด้วยคราม
- ข้อมใบหูกวางข้อมทับด้วยครามและข้อมทับอีกครั้งด้วยใบหูกวาง

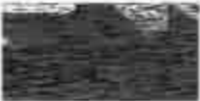
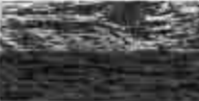
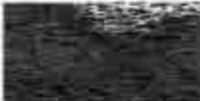
ผลการทดลองเมื่อข้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำข้อมใบหูกวางอัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบหูกวาง 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรต่อน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที ก่อนข้อมด้วยสารละลายมอร์แดนที่ลูมิเนียม 0.25%owf. แล้วข้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมต่อน้ำข้อม 700 มล. ต่อด้าย 1 บ่วง (70 กรัม) ได้สีดังในรูปที่ 4.21 และผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.10 สำหรับการข้อมใบหูกวางก่อนและหลังการข้อมคราม ได้ทำการข้อมด้วยฝ้ายด้วยน้ำข้อมใบหูกวางอัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบหูกวาง 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรต่อน้ำหนัก ก่อนข้อมด้วยสารละลายมอร์แดนที่ลูมิเนียม 0.25%owf. แล้วข้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่างๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมต่อน้ำข้อม 700 มล. ต่อด้าย 1 บ่วง (70 กรัม) และทำการข้อมทับด้วยน้ำข้อมใบหูกวางอัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบหูกวาง 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรต่อน้ำหนัก ก่อนข้อมด้วยสารละลายมอร์แดนที่ลูมิเนียม 0.25%owf. อีกครั้งหนึ่ง ได้สีดังแสดงในรูปที่ 4.21 และผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.10

ฝ้ายที่ผ่านการข้อมในน้ำข้อมจากใบหูกวางโดยใช้ลูมิเนียมเป็นมอร์แดนที่มีสีเหลืองออกน้ำตาล (ค่า b^* เป็นบวกมาก เจดสีออกเหลือง ส่วน a^* เป็นลบเล็กน้อย คือมีเจดสีเขียวปนเล็กน้อย) มีความสว่างมาก (L^* มีค่าเป็นบวกมาก) เมื่อข้อมทับด้วยครามจะเห็นว่าค่า L^* ลดลงไปเหลือสองในสามของค่าเดิม ค่า b^* ลดลงมากและมีค่าเป็นลบ (เจดสีน้ำเงิน) เมื่อใช้คราม 1 กรัมต่อบ่วงขึ้นไป ส่วนค่า a^* ไปทางสีเขียวมากขึ้น คือเป็นลบมากขึ้น พบว่าสีเขียวที่ได้จะมีเจดออกทางน้ำเงินมากขึ้นตามการเพิ่มปริมาณคราม ความคงทนของสีต่อการซักนั้นพบว่าการซีดจางของสีอยู่ในเกณฑ์ปานกลางค่อนข้างต่ำ สเกลเทาอยู่ประมาณ 2/3 ถึง 3 แต่จะไม่ขึ้นกับปริมาณของครามที่ใช้ การเปื้อนติดสีบนผ้าอื่นนั้นอยู่ในเกณฑ์ดี ถึง ดีมาก แต่ไม่ดีเท่าการข้อมหูกวางอย่างเดียว พบว่าความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้นมากเมื่อใช้ครามปริมาณ 0.8 กรัมต่อบ่วงขึ้นไป

เมื่อทำการข้อมใบหูกวางทับอีกครั้งพบว่าเส้นด้ายมีสีเขียวมากขึ้นและออกเหลืองมากขึ้น a^* เป็นลบมากขึ้น และค่า b^* ไปทางบวกมากขึ้น นอกจากนี้พบว่าสีของด้ายมีความสว่างเพิ่มขึ้น

แต่จะน้อยกว่าการย้อมด้วยไฮดรอกซิดอย่างเดียวน ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักนั้นพบว่าผ้าย้อม การซีดจางของสีลดน้อยลง สเกลเทาอยู่ที่ 4 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และดีกว่ากรณีที่ย้อมครามทับไฮดรอกซิดอย่าง เดียว การเปลี่ยนสีมีผลการทดสอบที่ดีขึ้น และความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดีไม่ว่าจะใช้คราม ความเข้มข้นเท่าใดย้อมผ้าก่อนย้อมทับด้วยไฮดรอกซิด

การย้อมด้วยผ้าให้ได้สีเขียวโดยการย้อมไฮดรอกซิดและครามนั้น ให้ย้อมด้วยผ้าในน้ำ ย้อมไฮดรอกซิดที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนผ้าต่อน้ำต่อไฮดรอกซิด เป็น 1:10:1 ย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที ทำการย้อมมอร์แดงที่อุณหภูมิความเข้มข้น 0.25%owf. หลังย้อมสี จากนั้นย้อมทับด้วยคราม ความเข้มข้น 0.6 – 1 กรัมต่อบัวง หรือ 0.86 ถึง 1.43 กรัมต่ออัตร แล้วทำการย้อมในน้ำย้อมไฮดรอกซิดและ ตามด้วยอุณหภูมิย้อมมอร์แดงที่ซ้ำอีกครั้งหนึ่งจะให้สีเขียวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งในแง่ของสีเขียวที่ได้ ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง

คราม (กรัม)		ไฮดรอกซิด : อัตราส่วนไฮดรอกซิด:น้ำ:ผ้า = 1:10:1		
ต่อผ้า 1บัวง	ไฮดรอกซิด	ทับด้วยคราม	ทับด้วยไฮดรอกซิด	
0.4	 HK4SAAAXZ	 HK4SAAAAIG04X	 HK4SAAAAIGA HKAAAX04X	
0.6		 HK4SAAAAIG06X	 HK4SAAAAIGA HKAAAX06X	
0.8		 HK4SAAAAIG08X	 HK4SAAAAIGA HKAAAX08X	
1.0		 HK4SAAAAIGXX	 HK4SAAAAIGA HKAAAXXX	
2.0		 HK4SAAAAIGZX	 HK4SAAAAIGA HKAAAXZX	

รูปที่ 4.21 ผ้าที่ย้อมด้วยไฮดรอกซิดและที่ย้อมทับด้วยครามความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดสีและความคงทนของสีย้อมใบหูกวางและย้อมทับด้วยक्रमความเข้มข้นต่างๆ

ลำดับ	ความ ยว บว	รหัส	การวัดสี			ผลการจัดจาง		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ คงทน ต่อแสง
			L*	a*	b*	ของสีจกที่		ซักที่ 60 °C						ซักที่ 40 °C						
						60 °C	40 °C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	
ย้อมใบหูกวาง																				
1		HK4SAAAXZ	+68.57	-0.34	+29.67	3	3/4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5
ใบหูกวาง ย้อมทับด้วยคราม																				
3	0.4	HK4SAAAIG04X	+47.76	-10.85	+5.46	2/3	3	5	5	5	3	4	3	5	5	5	4	5	5	3
4	0.6	HK4SAAAIG06X	+43.99	-10.85	+1.92	3	3/4	5	5	5	3	4	3	5	5	5	4	5	5	3
5	0.8	HK4SAAAIG08X	+41.77	-11.83	+2.36	2/3	3/4	5	5	5	3	4	3	5	5	5	4	4	5	3-4
6	1.0	HK4SAAAIGXX	+37.73	-10.24	-1.89	2	2/3	5	5	5	2	4	3	5	5	5	4	5	5	4-5
7	2.0	HK4SAAAIGZX	+30.50	-8.04	-5.66	3	3	4	5	4	2	4	3	5	5	5	4	5	5	5-6
ใบหูกวางย้อมทับด้วยคราม ย้อมทับด้วยใบหูกวาง																				
8	0.4	HK4SAAAIGAHKAAAX04X	+48.17	-12.55	+8.90	3/4	3/4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	4
9	0.6	HK4SAAAIGAHKAAAX06X	+43.34	-12.49	+5.79	3/4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4
10	0.8	HK4SAAAIGAHKAAAX08X	+42.65	-11.89	+4.96	4	4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	4-5
11	1.0	HK4SAAAIGAHKAAAXXX	+41.58	-11.61	+3.09	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	4-5
12	2.0	HK4SAAAIGAHKAAAXZX	+34.30	-10.39	-0.85	3/4	3/4	5	5	5	3	4	3	5	5	5	4	5	5	4-5

4.3 การย้อมक्रमพร้อมกับการย้อมสีเหลือง

ได้ทำการศึกษาการย้อมสีเขียวด้วยพืชให้สีธรรมชาติ 2 ชนิดพร้อมกัน โดยใช้วิธีเตรียมน้ำย้อมจากวัตถุดิบแต่ละชนิดแยกกัน ก่อนนำมาผสมกันในอัตราส่วน 1 คือ 1 โดยปริมาตร มีภาวะการทดลองต่างๆ ดังนี้

1. เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสีเหลืองโดยการเปลี่ยนอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำในขั้นตอนการสกัดสี โดยใช้อัตราส่วนเดียวกันกับที่ย้อมแบบย้อมสีน้ำเงินทับ สีเหลืองได้จากแก่นขามุน ดอกคำฝอย ใบตัวแดง ใบขี้เหล็กฝรั่ง และสาบเสือ
2. ใช้วัตถุดิบให้สีน้ำเงิน เป็นक्रमและความหมัก

สำหรับการย้อมด้วยใบตัวแดงหรือด้วยใบขี้เหล็กฝรั่งนั้น ปกติจะย้อมมอร์แดงที่ทองแดงหลังการย้อมสี แต่ในกรณีการย้อมแบบพร้อมกันนี้ได้ใช้วิธีการย้อมมอร์แดงที่ทองแดงก่อนการย้อมสีแทน เนื่องจาก การย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อมสีผสมอาจมีปัญหาเกี่ยวกับสีน้ำเงินได้

ภาวะที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่

-ความเข้มข้นของสีโดยใช้พืชต่อน้ำต่างๆ คือ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.5, และ 2:10

สำหรับดอกคำฝอยได้เพิ่มอัตราส่วน 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, และ 0.75:10

- มอร์แคนท์ แก่นขนุน จี๊เหล็กฝรั่ง และสาบเสือ ใช้มอร์แคนท์ทองแดง 1.0%owf.
ด้วงแดง ใช้มอร์แคนท์ทองแดง 0.25 %owf.
ดอกคำฝอย ใช้มอร์แคนท์อูนิเนียม 1.0%owf.

- สีนํ้าเงิน

- คราม 0.1 g/l ใช้โซเดียมไดไฮโอไนด์ เป็นรีดิวซ์เอเจนต์
- ครามหมักจากสกลนคร

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. เตรียมน้ำย้อมจากวัตถุดิบให้สีเหลืองโดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อนํ้าเป็น 2 เท่าของอัตราส่วนที่ต้องการเช่น กรณี ที่ต้องการให้อัตราส่วนขณะย้อมเป็นด้ายต่อนํ้าต่อวัตถุดิบเป็น 1:10:0.2 จะทำการเตรียมโดยใช้อัตราส่วน 1:10:0.4 โดยใช้เวลาในการสกัดสี 1 ชม. ตามวิธีการในข้อ 3.2
2. เตรียมสารละลายครามให้มีความเข้มข้น 0.2 g/l โดยใช้โซเดียม ไดไฮโอไนด์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์ ทำการอุ่นจนสารละลายมีสีเหลืองใส หรือเตรียมครามหมักโดยใช้วิธีการในข้อ 3.3.4
3. เตรียมและย้อมมอร์แคนท์อูนิเนียมจากสารส้มหรือทองแดงจากจุลินทรีย์ตามวิธีการในข้อ 3.4.1 ใช้อุณหภูมิ 65°C เวลา 30 นาที นำด้ายขึ้น บิดให้แห้งหมาด
4. ผสมน้ำย้อมตามข้อ 1 กับน้ำครามตามข้อ 2 เข้าด้วยกันในอัตราส่วน 1:1 โดย นำด้ายลงย้อมโดยใช้ภาวะอุณหภูมิและเวลาสำหรับการย้อมสีเหลืองเป็นหลัก
5. เมื่อครบเวลาที่ต้องการ นำด้ายออก บิดให้แห้งหมาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่ม
6. นำด้ายไปทำการบันทึกภาพ วัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง ต่อไป

สีที่ได้จากการย้อมแก่นขนุน ดอกคำฝอย ใบด้วงแดง และใบจี๊เหล็กฝรั่ง ใบสาบเสือพร้อมครามหรือครามหมัก ได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ และผลการทดสอบความคงทนของสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ

อัตราส่วน ค้ำย : น้ำ : แก่นขนุน	ย้อมแก่นขนุน Cu มอร์แดนท์	ย้อมแก่นขนุนพร้อมคราม 0.1 g/l + dithionite	ย้อมแก่นขนุนพร้อม ครามหมัก
1:10:0.2	 JFF4SC1P_Z02	 JFF4SC1PSIG102	 JF4SC1PSKRSK102
1:10:0.4	 JFF4SC1P_Z04	 JFF4SC1PSIG104	 JF4SC1PSKRSK104
1:10:0.6	 JFF4SC1P_Z06	 JFF4SC1PSIG106	 JF4SC1PSKRSK106
1:10:0.8	 JFF4SC1P_Z08	 JFF4SC1PSIG108	 JF4SC1PSKRSK108
1:10:1	 JFF4SC1P_ZX	 JFF4SC1PSIG1X	 JF4SC1PSKRSK1X
1:10:1.5	 JFF4SC1P_ZY	 JFF4SC1PSIG1Y	 JF4SC1PSKRSK1Y

รูปที่ 4.22 ค้ำยที่ย้อมด้วยน้ำย้อมแก่นขนุนความเข้มข้นต่างๆพร้อมย้อมครามหรือครามหมัก

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดสีและความคงทนของสี ย้อมแก่นขนุนพร้อมคราม

ลำดับ สี	แก่น ขนุน	รหัส	วัดสี			ผลการวัด		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความ คงทน
			L*	a*	b*	ของสีจริง		ซักที่ 60°C						ซักที่ 40°C						
						60°C	40°C	wh	acc	pol	nyl	cot	cel	wh	acc	pol	nyl	cot	cel	
1	0.2	JFF4SC1P_Z02	+68.07	+2.68	+24.94	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	3-4
2	0.4	JFF4SC1P_Z04	+63.95	+4.65	+29.74	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	3-4
3	0.6	JFF4SC1P_Z06	+59.50	+5.79	+32.53	4	4	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3/4	3/4	5	3-4
4	0.8	JFF4SC1P_Z08	+57.20	+7.63	+35.61	3	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3/4	3/4	5	4
5	1.0	JFF4SC1P_ZX	+57.57	+7.65	+36.84	3/4	3/4	5	5	5	3	3/4	5	5	5	5	3/4	3/4	5	4
6	1.5	JFF4SC1P_ZY	+55.89	+8.87	+39.85	3	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3	3	5	4
7	2.0	JFF4SC1P_ZZ	+55.95	+8.38	+41.32	3	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3/4	3/4	5	4
8	0.2	JFF4SC1PSIG102	+55.34	-2.88	+11.26	2/3	3	5	5	5	2/3	5	2/3	5	5	5	4	5	4/5	5
9	0.4	JFF4SC1PSIG104	+53.40	-0.35	+21.27	2	2/3	4/5	5	5	3/4	5	4	5	5	5	4/5	5	4/5	4
10	0.6	JFF4SC1PSIG106	+53.79	+1.32	+25.03	1/2	2	5	5	5	2/3	5	2/3	5	5	5	4/5	5	4/5	3-4
11	0.8	JFF4SC1PSIG108	+50.97	+4.19	+27.87	2	3	5	5	5	3	5	2/3	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4
12	1.0	JFF4SC1PSIG1X	+53.42	+4.76	+32.11	1/2	3	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4/5	5	5	3-4
13	1.5	JFF4SC1PSIG1Y	+55.25	+7.91	+38.15	2	3	5	5	5	4	5	4/5	5	5	5	4	4/5	5	3-4
รวมทุก																				
14	0.2	JF4SC1PSKRSK102	+52.41	-4.47	-7.50	n/a														
15	0.4	JF4SC1PSKRSK104	+48.71	-4.58	-6.99	n/a														
16	0.6	JF4SC1PSKRSK106	+47.82	-3.98	-8.84	n/a														
17	0.8	JF4SC1PSKRSK108	+51.92	-4.09	-5.01	n/a														
18	1.0	JF4SC1PSKRSK1X	+54.54	-4.48	+4.09	n/a														
19	1.5	JF4SC1PSKRSK1Y	+50.15	-4.69	-5.12	n/a														

n/a = ไม่ได้ทำการทดสอบ

อัตราส่วน ย้อมดอกคำฝอย ดอกคำฝอยพร้อมคราม ดอกคำฝอยพร้อมครามหมัก

ด้าย : น้ำ : ดอกคำฝอย AI มอร์แดนท์ 0.1 g/l +dithionite

1:10:0.1



KF4SA1PSKRSK201

1:10:0.2



KF4S2_A1PM1



KF4SA1PSIG102



KF4SA1PSKRSK202

1:10:0.3



KF4SA1PSKRSK203

1:10:0.4



KF4S4_A1PM1



KF4SA1PSIG104



KF4SA1PSKRSK204

1:10:0.5



KF4SA1PSKRSK205

1:10:0.6



KF4S6_A1PM1



KF4SA1PSIG106

1:10:0.75



KF4SA1PSKRSK207

1:10:0.8



KF4S8_A1PM1



KF4SA1PSIG108

1:10:1



KF4SA1PSIG1X

1:10:1.5



KF4SA1PSIG1Y

1:10:2

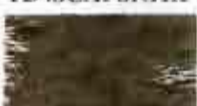


KF4SA1PSIG1Z

รูปที่ 4.23 ด้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมดอกคำฝอยความเข้มข้นต่างๆพร้อมย้อมครามและครามหมัก

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดสีและความทนของสี ย้อมดอกคำฝอยพร้อมขี้มครามและครามหมัก

ลำดับ	ค่าผ้อย	รหัส	วัดสี			ผลการเจียร		ผลการบ่อนดสีของสี												รวม คะแนน ดีออก
			L*	a*	b*	ของสีซิกกี		ซักที่ 60°C						ซักที่ 40°C						
						60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	vel	wo	acr	pol	nyl	cot	vel	
1	0.2	KF4S2_A1PM1	+71.16	+2.44	+36.86	1/2	1/2	4	4	3	2/3	4	3	4	4	4	3	4	3	3
2	0.4	KF4S4_A1PM1	+63.01	+6.49	+44.73	1/2	1/2	4	4	3	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	3
3	0.6	KF4S6_A1PM1	+67.48	+4.33	+42.82	1	1/2	4	4	4	2/3	4	3	3	4	4	3	4	4	3-4
4	0.8	KF4S8_A1PM1	+64.78	+5.83	+47.38	2	2	4	4	3	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	3-4
5	1.0	KF4SA_A1PM1	+53.80	+4.93	+10.49	2/3	2	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	4	3	4	3	3-4
6	0.2	KF4SA1PSIG102	+62.83	-9.35	+5.10	2/3	2/3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	2
7	0.4	KF4SA1PSIG104	+61.60	-10.69	+14.27	2/3	2/3	5	5	5	3/4	3	3/4	5	5	5	4/5	5	5	2
8	0.6	KF4SA1PSIG106	+63.81	-10.52	+11.02	3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	2
9	0.8	KF4SA1PSIG108	+67.96	-6.16	+35.16	1/2	2	5	5	5	3	5	3	5	5	5	4/5	5	5	2
10	1.0	KF4SA1PSIG1X	+71.61	+5.68	+36.87	1/2	2	5	5	5	3	5	3/4	5	5	5	4/5	5	5	2
11	1.5	KF4SA1PSIG1Y	+68.32	+5.80	+36.53	2	2/3	5	5	5	3	5	3/4	5	5	5	5	5	5	3
12	2.0	KF4SA1PSIG1Z	+70.71	+4.07	+41.65	1/2	2	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4/5	5	5	3
13	0.1	KF4SA1PSKR5K201	+63.45	-4.72	+1.84	1/2	2	5	5	5	3	5	2/3	5	5	5	3/4	5	5	3
14	0.2	KF4SA1PSKR5K202	+63.10	-4.53	+2.79	2/3	2/3	5	5	5	3	5	4/5	5	5	5	4	5	5	3-4
15	0.2	KF4SA1PSKR5K203	+63.15	+4.89	+3.24	2/3	3	5	5	5	2/3	5	4/5	5	5	5	3/5	5	5	3-4
16	0.4	KF4SA1PSKR5K204	+63.55	+4.71	+6.69	2	2/3	5	5	5	2/3	5	4/5	5	5	5	3	5	5	2-3
17	0.5	KF4SA1PSKR5K205	+62.62	+5.21	+6.08	2	2/3	5	5	5	3	5	3/4	5	5	5	3/4	5	5	2-3
18	0.75	KF4SA1PSKR5K207	+59.85	+4.77	+8.60	2	2/3	5	5	5	3	5	3/4	5	5	5	3/4	5	5	2-3

อัตราส่วน	ย้อมใบตัวแดง	ย้อมใบตัวแดงพร้อมคราม	ย้อมใบตัวแดงพร้อมครามหมัก
ด้าย : น้ำ : ใบตัวแดง	Cu มอร์แดงท์	0.1 g/l +dithionite	
1:10:0.2	 TD4SCAA_Z02	 TD4SCAPSIG102	 TD4SCAPS KRSK102
1:10:0.4	 TD4SCAA_Z04	 TD4SCAPSIG104	 TD4SCAPS KRSK104
1:10:0.6	 TD4SCAA_Z06	 TD4SCAPSIG106	 TD4SCAPS KRSK106
1:10:0.8	 TD4SCAA_Z08	 TD4SCAPSIG108	 TD4SCAPS KRSK108
1:10:1	 TD4SCAA_ZX	 TD4SCAPSIG1X	 TD4SCAPS KRSK1X
1:10:1.5	 TD4SCAA_ZY	 TD4SCAPSIG1Y	 TD4SCAPS KRSK1Y

รูปที่ 4.24 ด้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมใบตัวแดงความเข้มข้นต่างๆพร้อมย้อมครามและครามหมัก

ตารางที่ 4.13 ผลการวัดสีและความคงทนของสี ย้อมใบไม้แดงพร้อมย้อมครามและความหมัก

ลำดับ	ใบไม้	รหัส	ค่าสี			ผลการย้อม		ผลการเปลี่ยนสีของสี												ความคงทน		
			L*	a*	b*	ของสีซักผ้า		ซักที่ 60°C						ซักที่ 40°C								
						60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel			
1	0.2	TD4SCAA_Z02	+65.95	-0.29	+19.81	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5	4/5	5	5
2	0.4	TD4SCAA_Z04	+66.27	-0.30	+21.52	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	4/5	5	6
3	0.6	TD4SCAA_Z06	+64.97	+0.40	+23.31	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5	4/5	5	6
4	0.8	TD4SCAA_Z08	+63.33	+0.04	+25.03	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	4/5	5	6
5	1.0	TD4SCAA_ZX	+62.02	+1.88	+27.54	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5	4/5	5	5
6	1.5	TD4SCAA_ZY	+60.10	+1.19	+29.17	5	5	5	5	4/5	5	4	4	5	5	4/5	5	4	4	5	5	5
7	0.2	TD4SCAPSIG102	+58.29	-6.90	+21.20	3	3	5	5	5	2/3	5	2/3	5	5	5	5	4/5	5	5	5	5
8	0.4	TD4SCAPSIG104	+54.05	-8.00	+22.38	2/3	3	5	5	5	3	3	3	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5
9	0.6	TD4SCAPSIG106	+55.42	-5.55	+29.30	3	3/4	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	5	4	4	4/5	5	5
10	0.8	TD4SCAPSIG108	+50.73	-6.44	+25.83	2/3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	4/5	4	4/5	5	5
11	1.0	TD4SCAPSIG1X	+51.46	-6.90	+25.19	2/3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5
12	1.5	TD4SCAPSIG1Y	+48.06	-6.65	+23.89	1/2	2	5	5	5	2/3	5	2/3	5	5	5	5	4	4	4/5	5	5
13	0.2	TD4SCAPSKRSK102	+50.24	-4.32	-5.60	n/a																
14	0.4	TD4SCAPSKRSK104	+48.64	-5.52	-3.96	n/a																
15	0.6	TD4SCAPSKRSK106	+49.31	-5.49	-2.29	n/a																
16	0.8	TD4SCAPSKRSK108	+50.28	-5.14	+1.72	n/a																
17	1.0	TD4SCAPSKRSK1X	+58.10	-3.02	+9.58	n/a																
18	1.5	TD4SCAPSKRSK1Y	+51.71	-4.37	+10.98	n/a																

n/a = ไม่ได้ทำการทดสอบ

อัตราส่วน ย้อมใบซีเหล็กฝรั่ง ใบซีเหล็กฝรั่งพร้อมคราม ใบซีเหล็กฝรั่งพร้อมครามหมัก
 ด้วยน้ำ: ใบซีเหล็กฝรั่ง Cu นอร์แดนที่ 0.1 g/l +dithionite

1:10:0.2



CS4S2_C1AM



CS4SC1PSIG102



CS4SC1PSKRISK202

1:10:0.4



CS4S4_C1AM



CS4SC1PSIG104



CS4SC1PSKRISK204

1:10:0.6



CS4S6_C1AM



CS4SC1PSIG106



CS4SC1PSKRISK206

1:10:0.8



CS4S8_C1AM



CS4SC1PSIG108



CS4SC1PSKRISK208

1:10:1



CS4SA_C1AM



CS4SC1PSIG1X



CS4SC1PSKRISK2X

1:10:1.5



CS4SB_C1AM



CS4SC1PSIG1Y



CS4SC1PSKRISK2Y

1:10:2



CS4SC_C1AM



CS4SC1PSIG1Z

รูปที่ 4.25 ด้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมใบซีเหล็กฝรั่งความเข้มข้นต่างๆพร้อมย้อมครามและครามหมัก

ตารางที่ 4.14 ผลการวัดสีและความทนของสี ย้อมสีหลักฟุ้งพร้อมครามและความหมัก

สีหลัก		รหัส	วัดสี			ผลการจัด		ผลการหมักดองสี														ความคงทน
สีหลัก	สีรอง		L*	a*	b*	ของสีหลัก		ซักที่ 60 °C							ซักที่ 40 °C							
ลำดับ	10					60 °C	40 °C	wh	acr	pol	pyl	ent	zel	wh	acr	pol	pyl	ent	zel			
1	0.2	CS4S2_CIAM	+72.83	-8.22	+16.52	2	3/4	4	4	3	2	4	2/3	4	4	4	4	4	4	4	4	
2	0.4	CS4S4_CIAM	+72.03	-7.05	+16.47	3	3/4	4	4	4	2/3	4	2/3	4	4	4	3	4	3	4	4	
3	0.6	CS4S6_CIAM	+74.11	-7.42	+16.13	2/3	4	4	4	4	2/3	4	3	4	4	4	3	4	3	5	5	
4	0.8	CS4S8_CIAM	+71.22	-5.67	+20.42	3	3	4	4	4	2/3	4	3	4	4	4	3	4	4	5	5	
5	1.0	CS4SA_CIAM	+73.51	-8.25	+20.81	2/3	3	4	4	4	2/3	2/3	2/3	4	4	4	3	4	3	5	5	
6	1.5	CS4SB_CIAM	+71.33	-6.12	+21.93	2/3	2	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	4	3	4	4	4	4	
7	2.0	CS4SC_CIAM	+71.88	-6.46	+24.20	2/3	3	4	4	3	2/3	3	2/3	4	4	3	3	4	4	4	4	
8	0.2	CS4SC1PSIG102	+68.03	-4.68	+5.48	3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	4/5	5	5	2	2	
9	0.4	CS4SC1PSIG104	+66.90	-5.13	+7.70	2/3	2/3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	4/5	5	5	2	2	
10	0.6	CS4SC1PSIG106	+68.55	-5.62	+8.63	1/2	2	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	4/5	5	5	2	2	
11	0.8	CS4SC1PSIG108	+73.20	-4.78	+147.38	1/2	1/2	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	4/5	5	5	3	3	
12	1.0	CS4SC1PSIG1X	+72.20	-5.35	+13.19	1/2	2	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	4	5	5	1	1	
13	1.5	CS4SC1PSIG1Y	+70.53	-4.86	+11.58	2	2	5	5	5	3	5	3	5	5	5	4/5	5	5	3	3	
14	2.0	CS4SC1PSIG1Z	+69.38	-5.32	+14.29	2/3	2/3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	4	4	
15	0.2	CS4SC1PSKRSK202	+53.89	-6.52	+0.47	2/3	3	5	5	5	2/3	5	2/3	5	5	5	3	5	5	4	4	
16	0.4	CS4SC1PSKRSK204	+52.46	-7.81	+6.85	2/3	2/3	5	5	5	2/3	5	3/4	5	5	5	3	5	5	4/5	4/5	
17	0.6	CS4SC1PSKRSK206	+52.48	-7.77	+7.61	3	3/4	5	5	5	3	5	3/4	5	5	5	3/4	5	5	4/5	4/5	
18	0.8	CS4SC1PSKRSK208	+53.89	-7.14	+7.75	3	3/4	5	5	5	2/3	5	4/5	5	5	5	3	5	5	4	4	
19	1.0	CS4SC1PSKRSK2X	+52.49	-6.88	+11.61	2	2/3	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	3	5	5	4	4	
20	1.5	CS4SC1PSKRSK2Y	+51.06	-7.42	+9.89	2	2/3	5	5	5	2/3	5	3	5	5	5	2/3	5	5	4	4	

อัตราส่วน	ข้อมูลใบสาบเสือ	ข้อมูลใบสาบเสือพร้อมคราม
ด้วย : น้ำ : ใบสาบเสือ	Cu มอร์ดินท์	รหัส
		0.1 g/l +dithionite
		รหัส
1:10:0.2		 SS4SC1PSIG102
1:10:0.4		 SS4SC1PSIG104
1:10:0.6		 SS4SC1PSIG106
1:10:0.8		 SS4SC1PSIG108
1:10:1	 SS4SC1A1	 SS4SC1PSIG1X
1:10:1.5		 SS4SC1PSIG1Y
1:10:2		 SS4SC1PSIG1Z

รูปที่ 4.26 ตัวอย่างที่ใช้น้ำขี้มูลใบสาบเสือความเข้มข้นต่างๆพร้อมกับการขี้มูลด้วยคราม

ตารางที่ 4.15 ผลการวัดสีและความคงทนของสี ขี้มูลใบสาบเสือพร้อมคราม

ลำดับ	ใบสาบ เสือ	รหัส	วัดสี			ผลการจัด		ผลการเปลี่ยนสีของสี														ความ คงทน ต่อแสง
			L*	a*	b*	ของสีจิกที่		จิกที่ 60°C						จิกที่ 40°C								
						60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	Col	cel	wo	acr	pol	nyl	col	cel			
1	1.0	SS4SC1A1	+69.93	-2.74	+18.96	2	2	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3-4	
2	0.2	SS4SC1PSIG102	+68.36	-6.09	+10.27	2	2/3	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
3	0.4	SS4SC1PSIG104	+64.89	-6.05	+9.21	2/3	3	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
4	0.6	SS4SC1PSIG106	+67.52	-7.55	+13.57	3/4	4	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
5	0.8	SS4SC1PSIG108	+64.86	-7.94	+13.75	3/4	3/4	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
6	1.0	SS4SC1PSIG1X	+65.95	-9.46	+18.77	3/4	3/4	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
7	1.5	SS4SC1PSIG1Y	+64.28	-9.07	+19.55	3/4	4	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
8	2.0	SS4SC1PSIG1Z	+64.86	8.34	+21.04	4	4	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	

ภายใต้ภาวะเดียวกันของวัตถุดิบให้สีเหลืองและความเข้มข้นของน้ำย้อม การย้อมสีน้ำเงินพร้อมกับสีเหลืองจะให้สีที่ออกเหลืองมากกว่าสีที่ได้จากการย้อมสีน้ำเงินทับสีเหลือง แต่การติดของสีมีความสม่ำเสมอน้อยกว่า ทั้งนี้ข้อสังเกตนี้ไม่ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบให้สีเหลืองและความเข้มข้นของน้ำย้อม ผลทดสอบความคงทนของสีต่อการซักได้แก่การขีดข่วนของสีและการเปื้อนติดสีบนผ้ามาตรฐานนั้น ผลการทดสอบด้วยผ้าที่ย้อม 2 สีพร้อมกันนั้นจะให้ผลที่คล้ายกันกับการย้อมสีน้ำเงินทับ คือ ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของวัตถุดิบให้สีเหลืองหรือเขียวเหลืองในน้ำย้อม

สีเขียวที่ได้จากการย้อมสีเหลืองพร้อมครามหมักจะมีดีกว่าสีที่ย้อมได้จากการใช้ครามที่มีโคโรไดไรโอไรด์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์ สีเขียวที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีเหลืองในส่วนผสม แต่ถ้าใช้น้อยๆ ในช่วงอัตราส่วนด้วยต่อน้ำต่อวัตถุดิบ 1:10:0.2-0.6 มีแนวโน้มจะออกสีน้ำเงินมากกว่าสีเขียว ยกเว้นกรณีของดอกคำฝอย ที่ต้องใช้สีเหลืองในช่วงอัตราส่วน 1:10:0.1-0.5 อยู่แล้วนั้น สีจะออกน้ำเงินเมื่ออัตราส่วนด้วยต่อน้ำต่อวัตถุดิบน้อยกว่า 1:10:0.2 นอกจากนี้พบว่าสีเหลืองติดบนเส้นใยได้ไม่ดีเท่าสีน้ำเงิน ทำให้สีตกหลุดง่ายเมื่อทำการซัก

ผลการทดสอบโดยรวมนั้นความคงทนของสีต่อการซักทั้งการขีดข่วนของสีหลังการซัก และการเปื้อนติดสีจะใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการใช้คราม แต่จะมีปัญหาที่มีตะกอนหรือมีผงละเอียดติดบนเส้นด้วยมากกว่า ทั้งนี้เป็นผลจากการที่การเตรียมเนื้อครามหมักมีการใช้ปูนเป็นส่วนประกอบซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนเป็นเม็ดขนาดต่างๆ กัน เมื่อเตรียมน้ำครามจึงยังมีส่วนที่ไม่ละลายและแขวนลอยอยู่ในน้ำคราม โดยปกติขณะทำการย้อมต้องทำการขยำด้วยในน้ำคราม ดังนั้นนอกจากตะกอนขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่แล้วยังทำให้เกิดการกววนเอาตะกอนขนาดโตกว่าที่นอนก้นอยู่ฟุ้งลอยขึ้นมาและติดลงไปกับเส้นด้วยหลังย้อมได้

พบว่าการย้อมครามหมักพร้อมสีเหลืองนั้นมีค่าความคงทนของสีต่อแสงที่ทดสอบกันหรือดีกว่าการย้อมทับสีเหลืองโดยใช้ครามที่มีสารรีดิวซ์ โดยที่เมื่อย้อมครามหมักพร้อมสีเหลืองจากดอกคำฝอยผลการทดสอบความคงทนต่อแสงเพิ่มขึ้นเทียบกับ blue wool ประมาณ 0.5-1.5 ระดับ แต่กรณีของการย้อมครามหมักพร้อมสีจากใบขี้เหล็กฝรั่งนั้นพบว่าค่าความคงทนของสีต่อแสงทดสอบกัน

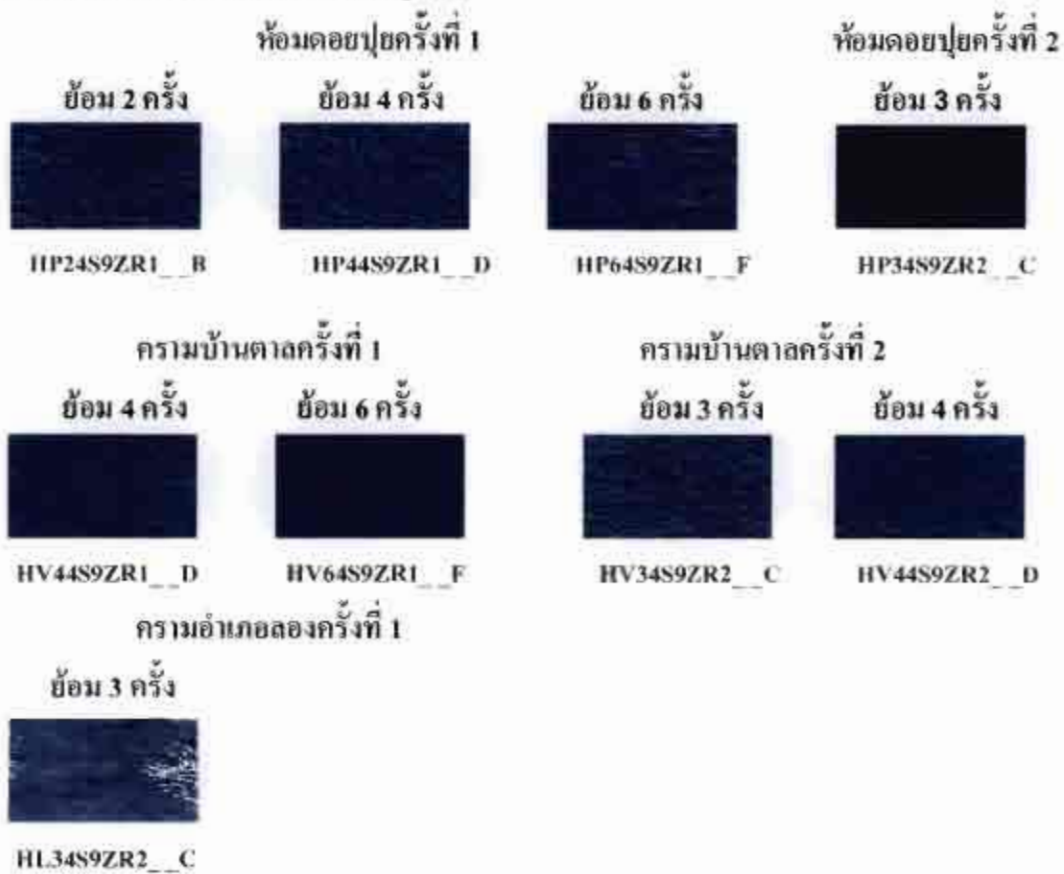
เมื่อเปรียบเทียบการย้อมสีน้ำเงินทับเหลืองกับการย้อมสีน้ำเงินพร้อมสีเหลืองนั้นจะได้สีเขียวที่แตกต่างกันโดยการย้อมแบบแรกจะออกสีน้ำเงินมากกว่า แต่การย้อมแบบหลังจะออกเหลืองมากกว่า และการย้อมแบบหลังมีข้อเด่นที่ลดขั้นตอนการทำงานลงและประหยัดเวลาที่ต้องใช้ในการย้อม แต่มีความเสี่ยงมากกว่าในการย้อมสีติดไม่สม่ำเสมอ หากพิจารณาในแง่ความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงแล้วการย้อมทั้งสองแบบให้ผลไม่ต่างกันมากนัก

4.4 การขอมสืเหลืองทับครามและห้อม

ได้ทำการขอมเส้นด้ายฝ้ายด้วยน้ำขอมจากพืชที่ให้สีเหลือง โดยใช้ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่ผ่านการขอมให้เป็นสีน้ำเงินด้วยห้อมหรือขอมครามจากกลุ่มทอผ้า พบว่าด้ายที่ขอมสีน้ำเงินมาจากแหล่งต่างกันมีความเข้มของสีที่ต่างกัน และนอกจากนี้พบว่าด้ายที่ขอมสีน้ำเงินโดยกลุ่มทอผ้าเดิมแต่ทำการขอมต่างช่วงเวลากันหลาย ๆ เดือนนั้นมีความเข้มของสีน้ำเงินแตกต่างกันแม้จำนวนครั้งการขอมทับด้วยห้อมหรือครามจะเท่ากันดังแสดงในรูปที่ 4.27 และผลการวัดสีและทดสอบความคงทนได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.16 ความแตกต่างของสีน้ำเงินนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลัก 2 ประการ ได้แก่ สาเหตุแรกมาจากวิธีการเตรียมน้ำขอมที่ปกติจะใช้วิธีเติมครามใหม่ลงในน้ำขอมเดิมเพื่อทดแทนเนื้อครามส่วนที่หายไป เนื่องจากการขอมครั้งก่อน ๆ ทำให้น้ำขอมมีความเข้มข้น ไม่แน่นอน และสาเหตุที่ 2 คาดว่ามาจากการที่ธรรมชาติของการขอมครามนั้นครามในรูปสารประกอบที่ไม่มีจะเข้าไปเกาะติดเส้นใยระหว่างการขอม จากนั้นจึงถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศกลับไปเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำซึ่งมีสีน้ำเงิน ระหว่างการขอมผู้ขอมมักจะขยี้เส้นด้ายขึ้นมาสัมผัสอากาศเป็นครั้งคราว ไม่มีวิธีการปฏิบัติที่แน่นอน จึงทำให้มีความยุ่งยากในการควบคุมระดับความเข้มของเจดสีให้มีความสม่ำเสมอระหว่างการขอมแต่ละรุ่น การใช้ด้ายที่ผ่านการขอมห้อมหรือขอมครามจากกลุ่มทอผ้าเป็นฐานก่อนทำการขอมทับด้วยสีเหลืองในการวิจัยนี้ ทำให้มีความยุ่งยากในการเปรียบเทียบผล ด้วยเหตุนี้การขอมทับด้วยสีเหลืองเพื่อดูสีเขียวและเปรียบเทียบผลจึงจะทำการขอมสีเหลืองทับด้ายที่ขอมสีน้ำเงินจากกลุ่มทอผ้าเพื่อดูสีและความคงทนของสีที่ได้ ส่วนการเปรียบเทียบผลการขอมจะใช้ด้ายขอมครามในห้องปฏิบัติการที่ใช้โซเดียมไดไรโอไนต์เป็นรีดิวซ์จันเจนด์เป็นหลัก ตัวอย่างของสีที่ขอมได้เมื่อใช้ครามความเข้มข้นต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ 4.27 และผลการทดสอบสีได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.16 ซึ่งจะเห็นว่าสีน้ำเงินที่ได้มีความเข้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณครามที่ใช้ ความคงทนของสีต่อการซักนั้นพบว่าการซัดดสีค่อนข้างคงที่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของคราม การเปื้อนติดสีนั้นพบว่าถ้าใช้ครามน้อยกว่า 1 กรัมต่อด้ายหนึ่งบ่วงหรือเทียบเป็นคราม 1.4% น้ำหนักด้ายจะมีการเปื้อนติดสีระดับเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก แต่การเปื้อนติดสีบนผ้าในลอนและฝ้ายจะมากขึ้นเมื่อใช้คราม 2.0 ถึง 3.0 กรัมต่อบ่วง หรือเทียบเป็นคราม 3 ถึง 4.3% น้ำหนักด้าย

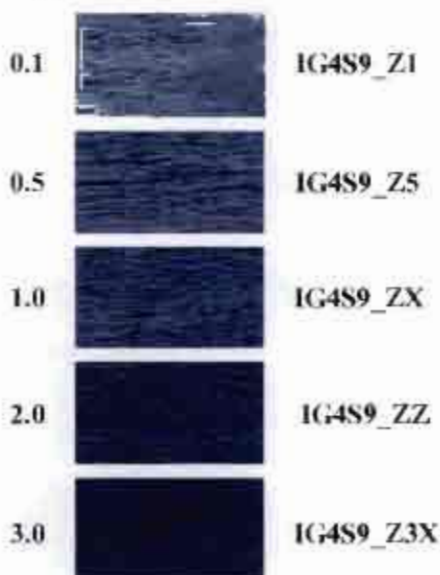
ในการขอมสีเหลืองทับสีน้ำเงินนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนวัตถุดิบให้สีเหลืองต่อน้ำต่างๆ กันในการต้มสกัดสี เป็นผลให้น้ำขอมมีความเข้มข้นของสารสีแตกต่างกัน ส่วนชนิดของมอร์แดนต์ ปริมาณหรืออัตราส่วนที่ใช้ และวิธีการขอมมอร์แดนต์ได้ใช้ข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้ว อนึ่งในการขอมนี้ได้ทำการขอมทั้งแบบการขอมสีเหลืองทับสีน้ำเงินเพียงครั้งเดียวและแบบที่ทำการขอมสีเหลืองทับสีน้ำเงิน 2 ครั้ง

ตัวอย่างสีของด้ายที่ย้อมสีน้ำเงินจากหมูบ้าน

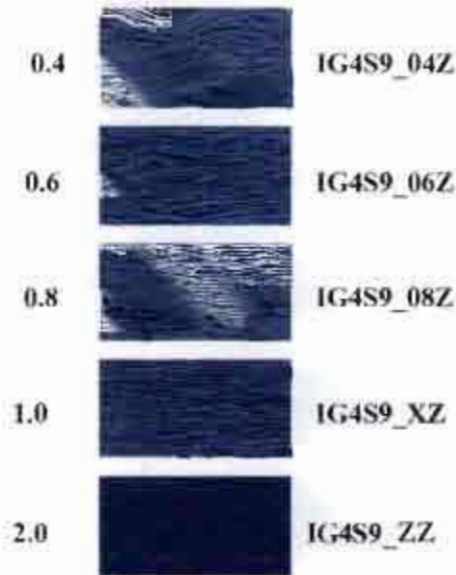


สีของด้ายที่ย้อมสีน้ำเงินด้วยครามความเข้มข้นต่าง ๆ ใช้ไดโครโอโนตริคัลวีมิงเอนต์

คราม(๕/บัวง)



คราม(๕/บัวง)



รูปที่ 4.27 สีของด้ายที่ย้อมด้วยหม้อมหรือย้อมด้วยครามจากกลุ่มทอดผ้าและครามใช้ไดโครโอโนตริคัลวีมิงเอนต์

ตารางที่ 4.16 ผลการวัดสีและความคงทนของสีด้วยที่ข้อมด้วยห้อยหรือคราม

ลำดับ ที่	คราม X (10:1)	รหัส	วัดสี			ผลการจัดจำ		ผลการเปลี่ยนสี														ความ คงทน ต่อแสง
			L*	a*	b*	ของสีซิกที่		ซิกที่ 60 °C						ซิกที่ 40 °C								
						60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel			
1	n/a	HP4S9ZR1_B	+34.33	-3.20	-16.15	4/5	4/5	4-5	4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	3	4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	3	4	
2	n/a	HP4S9ZR1_D	+28.80	-2.31	-15.91	4	4/5	4-5	4-5	3	2-3	4-5	3	4	3	3	2-3	3-4	3	4		
3	n/a	HP34S9ZR2_C	+15.14	+2.76	-12.44	4/5	5	5	5	5	3	4	4	4	4	4	3	4	3	5		
4	n/a	HV44S9ZR1_D	+30.45	-3.03	-14.74	4/5	4	5	5	5	3	5	4	5	5	4	3	4	5	5		
5	n/a	HV64S9ZR1_F	+28.93	-2.31	-15.30	4/5	4/5	5	5	4	2	4	3	5	5	4	3	4	4	5		
6	n/a	HV34S9ZR2_C	+34.04	-4.17	14.34	4	4/5	5	5	4	2	5	3	5	5	5	4	3	5	5		
7	n/a	HV4S9ZR2_D	+28.93	-2.31	-15.30	4	4	5	5	4	3	4	3	5	5	5	4	5	5	5		
8	n/a	HL34S9ZR1_C	+42.22	-4.00	17.16	4/5	4/5	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	4		
9	0.1	IG4S9_Z12	+60.37	-5.42	-9.57	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	3-4		
10	0.5	IG4S9_Z52	+48.13	-4.81	-15.81	4	4/5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	3-4		
11	1.0	IG4S9_ZX2	+40.08	-3.28	-17.94	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5		
12	2.0	IG4S9_ZZ2	+31.42	-1.19	-18.29	5	4/5	3	4	3	1	2	2	2	4	3	1	2	2	5		
13	3.0	IG4S9_Z3X2	+27.51	+0.26	-18.15	5	4/5	1	4	4	2	3	3	2	4	3	2	2	2	5		
14	0.4	IG4S9_04Z	+48.27	-4.76	-16.21	4/5	4/5	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	3		
15	0.6	IG4S9_06Z	+43.35	-4.37	-17.17	4/5	4/5	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	3		
16	0.8	IG4S9_08Z	+39.90	-3.44	-17.65	4/5	4/5	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	3		
17	1.0	IG4S9_XZ	+37.55	-2.49	-18.35	4/5	4/5	5	5	4	2	5	4	5	5	4	3	5	5	3		
18	2.0	IG4S9_ZZ	+25.85	+0.05	-16.86	4/5	5	5	5	4	2	5	3	3	4	3	2	4	4	5		

4.4.1 การย้อมแก่นขนุนทับด้วยข้อมครามและห้อย

ได้ทำการย้อมสีเหลืองจากแก่นขนุนทับด้วยฝ้ายเบอร์ 10/1 ผ่านการทำความสะอาดด้วยสบู่อ้อมสีน้ำเงินโดยข้อม

1. ครามโดยใช้โซเดียมไดโครโอไนต์เป็นรีฟิวซิงเอเจนต์ ตามวิธีการในข้อ 3.3.4
2. ครามหมัก ตามวิธีการในข้อ 3.3.4
3. ห้อย/ครามข้อม โดยกลุ่มทอดผ้าหรือกลุ่มข้อมห้อย/คราม

ด้วยฝ้ายเบอร์ 10/1 ผ่านการย้อมสีน้ำเงินแล้ว นำไปข้อมทับด้วยสีเหลืองโดย

- ข้อมด้วยมอร์แดนท์ Cu I%owf. แบบ Premordant ที่ 60–65°C เวลา 30 นาที

- ย้อมในน้ำย้อมจากแก่นขนุนเตรียมโดยใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อแก่นขนุน = 1 : 10 : 1 และ 1:10:0.5 เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 70°C
- เมื่อถึงเวลานำด้ายขึ้นจากน้ำย้อมแล้วบิดให้หมาด ก่อนนำไปตากให้แห้ง
- นำด้ายไปบันทึกภาพ วัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป

ทั้งนี้ด้ายที่ย้อมสีน้ำเงินตามข้อ 2 และ 3 จะทำการย้อมแก่นขนุนทับครั้งเดียวให้เวลาการย้อมต่างกันระหว่าง 15 ถึง 60 นาทีและบางตัวอย่างทำการย้อมแก่นขนุนทับक्रम 2 ครั้งเวลาการย้อมครั้งที่ครั้งละ 60 นาที ส่วนด้ายที่ย้อมक्रमตามข้อ 1 คือที่ทำการย้อมด้วยक्रमใช้โซเดียมไดโครโอไรด์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์ได้ทำการทดลองย้อมक्रमความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมต่อด้าย 1 บ่วง ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อแก่นขนุน = 1 : 10 : 1 และ 1:10: 0.5 คงที่ ทำการย้อมแก่นขนุนทับक्रम 2 ครั้ง ผลการทดลองได้รวบรวมไว้ในรูปที่ 4.28 สำหรับ การย้อมที่ใช้ด้ายต่อน้ำต่อแก่นขนุนอัตราส่วน 1:10:1 และรูปที่ 4.29 สำหรับการย้อมที่ใช้ด้ายต่อน้ำต่อแก่นขนุนอัตราส่วน 1:10:0.5 ผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีแสดงได้ดังตารางที่ 4.17

การย้อมแก่นขนุนทับสีน้ำเงินจากห้อมโดยใช้เวลาการย้อมต่างกันนั้นจะเห็นว่าเมื่อใช้เวลาในการย้อมสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นจาก 15 นาทีไปเป็น 45 และ 60 นาที สีที่ย้อมได้มีความเข้มมากขึ้น สีที่ได้กลับมามีสีเหลืองน้อยลงและออกเดสีน้ำเงินมากขึ้น ค่า a^* เป็นลบน้อยลงและค่า b^* เป็นบวกน้อยลง แต่การเพิ่มเวลาในการย้อมสีเหลืองทับนี้ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อการซัก และต่อแสงแต่อย่างใด สีเหลืองที่ย้อมทับนี้ทำให้การซีดจางของสีหรือการเปลี่ยนของสีหลังซักลดลงเมื่อเทียบกับด้ายย้อมห้อมจะเห็นว่าสเกลเทาลดจากระดับ 4 ถึง 4/5 ลงไปเป็น 2/3 ถึง 3 แต่การเปรียบเทียบผ่านมาตรฐานอื่นดีขึ้นยกเว้นในล่อน ความคงทนของสีต่อแสงดีกว่าที่ได้จากห้อมอย่างเดียว จะเห็นว่าค่า blue wool เพิ่มขึ้น จาก 4 ของห้อม ไปเป็น 4/5 ถึง 5 เมื่อย้อมสีเหลืองทับสีของห้อม

การย้อมแก่นขนุนทับक्रमที่ย้อมจากกลุ่มทอด้านนั้นจะเห็นว่าสีที่ได้ขึ้นอยู่กับกราย้อมक्रमของแต่ละแหล่ง ด้ายย้อมक्रम 3 ครั้งและ 4 ครั้งจากบ้านดามมีสีน้ำเงินเข้มมากเมื่อย้อมทับด้วยแก่นขนุนครั้งเดียวสีจะออกน้ำเงินมากกว่า และเมื่อย้อมแก่นขนุนทับครั้งที่ 2 จึงจะมีสีออกเขียว ส่วนด้ายย้อมक्रम 2 ครั้งจากกลุ่มลอนนั้นสีน้ำเงินอ่อนกว่าของบ้านดามและของคอกปูยกเมื่อย้อมทับด้วยแก่นขนุนไม่ว่าจะให้ความเข้มข้นของน้ำย้อมมากหรือน้อยสีที่ได้มีสีออกเหลืองมากกว่าสีออกเขียว

การย้อมสีเหลืองจากแก่นขนุนทับक्रमโดยใช้รีดิวซ์เอเจนต์นั้นพบว่าที่ความเข้มข้นแก่นขนุนครั้งที่สีที่ได้มีความสว่างลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของक्रम (L^* เป็นบวกน้อยลง) สีเขียวมากขึ้น (a^* เป็นลบมากขึ้น) และสีออกเหลืองน้อยลง (b^* เป็นบวกน้อยลง) ที่ความเข้มข้นของक्रमครั้งที่การใช้แก่นขนุนที่มีความเข้มข้นน้อยลงพบว่าให้สีสว่างมากขึ้น (L^* เป็นบวกมากกว่า) สีออกเขียวมากขึ้นเล็กน้อย (a^* เป็นลบมากขึ้นเล็กน้อย) และสีออกเหลืองน้อยลง (b^* เป็นบวกน้อยกว่า) แต่ผลการทดสอบความคงทนของสีทั้งต่อการซักและต่อแสงนั้นพบว่าค่อนข้างคงที่ไม่ขึ้นกับทั้งความเข้มข้นของक्रमและ

ย้อมแก่นขนุน 1 ครั้ง กับห้อม/คราม ย้อม 15 นาที 30 นาที, 60 นาที,			
			
HP4S9ZR1_R HP42CBPAJF1 HP42CBPAJF2 HP42CBPAJF4			
ย้อมแก่นขนุน 1 ครั้ง กับคราม			
			
HV44S9_AJFC1PX HV34S9_AJFC1PX HL24S9_AJFC1PX			
ย้อมแก่นขนุน 2 ครั้ง กับคราม			
			
HV44S9_2AJFC1PX HV34S9_2AJFC1PX HL24S9_2AJFC1PX			
คราม ๕/บัวจ	ย้อมคราม 1 ครั้ง	ทับด้วยแก่นขนุน 1 ครั้ง	ทับด้วยแก่นขนุน ครั้งที่ 2
0.0		 JF4SC1PXZ	 2JF4SC1PXZ
0.4	 IG4S9_04Z	 IG4S9_AJFC1PX04	 IG4S9_2AJFC1PX04
0.6	 IG4S9_06Z	 IG4S9_AJFC1PX06	 IG4S9_2AJFC1PX06
0.8	 IG4S9_08Z	 IG4S9_AJFC1PX08	 IG4S9_2AJFC1PX08
1.0	 IG4S9_XZ	 IG4S9_AJFC1PXX	 IG4S9_2AJFC1PXX
2.0	 IG4S9_ZZ	 IG4S9_AJFC1PXZ	 IG4S9_2AJFC1PXZ

รูปที่ 4.28 สีเส้นด้ายฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีน้ำเงินก่อนย้อมทับด้วยสีเหลืองจากแก่นขนุน(1:10:1)

ย้อมแก่นขนุน 1 ครั้ง ทับคราม



HV44S9_AJFC1P06



HV34S9_AJFC1P06



HL24S9_AJFC1P06

ย้อมแก่นขนุน 2 ครั้ง ทับคราม



HV44S9_2AJFC1P06



HV34S9_2AJFC1P06



HL24S9_2AJFC1P06

คราม g/บัวง	ย้อมคราม 1 ครั้ง	ทับด้วยแก่นขนุน 1 ครั้ง	ทับด้วยแก่นขนุน ครั้งที่ 2
0.0		 JF4SC1P05Z	 2JF4SC1P05Z
0.4	 IG4S9_04Z	 IG4S9_AJFC1P0504	 IG4S9_2AJFC1P0504
0.6	 IG4S9_06Z	 IG4S9_AJFC1P0506	 IG4S9_2AJFC1P0506
0.8	 IG4S9_08Z	 IG4S9_AJFC1P0508	 IG4S9_2AJFC1P0508
1.0	 IG4S9_XZ	 IG4S9_AJFC1P05X	 IG4S9_2AJFC1P05X
2.0	 IG4S9_ZZ	 IG4S9_AJFC1P05Z	 IG4S9_2AJFC1P05Z

รูปที่ 4.29 สีเส้นด้ายฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีน้ำเงินก่อนย้อมทับด้วยสีเหลืองจากแก่นขนุน(1:10:0.5)

ตารางที่ 4.17 ผลการวัดสีและความคงทนของสีด้วยข้อบ่งชี้หรือक्रमก่อนขัดสีด้วยแผ่นขนุน

ลำดับ ที่	ชนิด สี	ชนิด สี	รหัส	วัดสี			ผลการขัดขาว		ผลการเปลี่ยนสี												ความ คงทน สี
				L*	a*	b*	ของสีขัดขาว		สีที่ 60 °C						สีที่ 40 °C						
							60 °C	40 °C	wo	acr	poi	nyl	cot	cel	wo	acr	poi	nyl	cot	cel	
1	-	n/a	HP4S9ZR1__B	+34.33	-3.20	+16.15	4/5	4/5	4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	3	4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	3	4
2	-	n/a	HP4S9ZR1__D	+28.80	-2.31	+15.91	4	4/5	4-5	4-5	3	2-3	4-5	3	4	3	3	2-3	3-4	5	4
3	1	n/a	HP42CBPAJF1	+36.01	-10.65	+12.28	2/3	2/3	5	5	5	2	4	4	5	5	5	2	4	4	5
4	1	n/a	HP42CBPAJF2	+34.23	-10.97	+9.97	2/3	2/3	5	5	5	2	4	4	5	5	5	2	4	4	4/5
5	1	n/a	HP42CBPAJF4	+33.62	-9.43	+9.50	2/3	3	5	5	5	2	4	4	5	5	5	2	4	4	4/5
6	1	n/a	HV44S9_AJFC1PX	+22.40	-9.22	+12.33	3/4	4	5	5	5	1	2	3	4	5	5	1	1	4	6
7	1	n/a	HV44S9_2AJFC1PX	+21.82	-7.28	+14.04	3/4	4	5	5	5	1	2	3	4	5	5	1	1	4	6
8	1	n/a	HV34S9_AJFA1AX1	+26.53	-9.34	+16.65	3/4	4	5	5	5	2	3	4	4	4	4	1	1	4	5
9	1	n/a	HV34S9_2AJFA1AX1	+25.31	-6.32	+17.70	4	4/5	5	5	4	1	1	3	4	4	4	1	1	3	5
10	1	n/a	HL24S9_AJFC1PX1	+36.91	+4.56	+31.79	3/4	4	5	5	5	2	3	4	4	5	5	1	1	4	6
11	1	n/a	HL24S9_2AJFC1PX1	+39.89	+5.51	+34.28	3/4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	2	2	4	5
12	0.6	n/a	HV44S9_AJFC1P06	+23.09	-9.44	+8.53	3	4/5	5	5	5	1	1	3	4	4	4	1	1	3	6
13	0.6	n/a	HV44S9_2AJFC1P06	+23.87	-8.00	+13.51	3/4	4/5	5	5	5	1	2	3	4	4	4	1	1	4	6
14	0.6	n/a	HV34S9_AJFA1A061	+26.89	-9.41	+13.00	3/4	4	5	5	4	1	1	3	4	5	4	1	1	4	5
15	0.6	n/a	HV34S9_2AJFA1A061	+27.04	-7.68	+16.12	3/4	4	5	5	5	1	1	3	4	4	4	1	1	3	5
16	0.6	n/a	HL24S9_AJFC1P061	+37.81	+4.41	+25.79	3	4	5	5	5	2	4	4	5	5	5	2	3	4	6
17	0.6	n/a	HL24S9_2AJFC1P061	+37.29	+6.06	34.02	3/4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	1	1	4	5
18	1	-	IF4SC1PXZ	+54.49	+9.74	+58.56	4	4/5	5	5	5	2	2	5	3	4	4	1	1	3	3-4
19	1	0.4	IG4S9_AJFC1PX04	+40.99	-8.13	+35.33	3/4	4	5	5	5	1	1	4	4	4	4	1	1	4	4
20	1	0.6	IG4S9_AJFC1PX06	+36.76	-8.94	+31.59	4	4	5	5	5	1	1	4	4	4	4	1	1	4	4
21	1	0.8	IG4S9_AJFC1PX08	+35.85	-11.50	+25.73	3/4	4	5	5	5	1	1	5	3	3	4	1	1	4	4-5
22	1	1.0	IG4S9_AJFC1PX06	+34.23	-9.22	+27.45	4	4/5	4	4	4	1	1	4	4	4	4	1	1	4	4-5
23	1	2.0	IG4S9_AJFC1PXZ	+30.77	-10.84	+19.67	4	4/5	5	5	5	1	1	4	4	4	4	1	1	4	4-5
24	1	-	2IF4SC1PXZ	+51.17	+11.58	+57.00	4	4/5	4	4	4	1	1	4	4	4	4	1	1	4	4
25	1	0.4	IG4S9_2AJFC1PX04	+39.66	-0.20	+39.45	3/4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4	1	1	4	4
26	1	0.6	IG4S9_2AJFC1PX06	+35.20	-4.86	+32.94	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	54	1	1	4	4
27	1	0.8	IG4S9_2AJFC1PX08	+32.25	-5.23	+29.56	4	4	5	5	5	1	1	4	3	4	4	1	1	3	4
28	1	1.0	IG4S9_2AJFC1PX06	+32.83	-5.67	+29.29	4	4	4	4	4	1	1	4	3	4	4	1	1	3	4
29	1	2.0	IG4S9_2AJFC1PXZ	+30.19	-7.78	+24.20	4	4	4	4	4	1	1	4	3	4	4	1	1	3	4

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

ลำดับ	ขนาด	ความ	รหัส	โวลต์			ผลการจัดจำแนก		ผลการเปลี่ยนสี												ความ	
				L*	a*	b*	ของสี		สีที่ 60 °C						สีที่ 40 °C							
							60 °C	40 °C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel		
ตัว	X	g/																				ตัว
ที่	(0-1)	นิ้ว																				ตัว
30	0.5	-	IF4SC1P05Z	+56.72	+6.94	+51.43	4	4/5	5	5	5	2	2	5	4	4	4	2	2	4		3-4
31	0.5	0.4	IG4S9_AJFC1P0504	+42.95	-8.32	+30.24	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4	1	1	4		4
32	0.5	0.6	IG4S9_AJFC1P0506	+39.03	-10.43	+23.83	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4	1	1	4		4
33	0.5	0.8	IG4S9_AJFC1P0508	+37.72	-11.45	+21.08	4	4	4	4	4	1	1	5	3	4	4	1	1	4		4-5
34	0.5	1.0	IG4S9_AJFC1P05X	+36.25	+11.22	+19.44	4	4	5	5	5	1	1	4	3	4	4	1	1	4		4-5
35	0.5	2.0	IG4S9_AJFC1P05Z	+31.10	+11.05	+14.49	4	4/5	5	5	5	2	2	4	4	4	4	1	1	4		5
36	0.5	-	2IF4SC1P05Z	+49.00	+10.41	+51.21	4	4/5	5	4	4	1	1	4	4	4	4	1	1	4		4
37	0.5	0.4	IG4S9_2AJFC1P0504	+37.61	-2.04	+34.55	4	4/5	3	3	4	1	1	4	3	4	4	1	1	4		5
38	0.5	0.6	IG4S9_2AJFC1P0506	+36.54	-4.15	+32.23	4/5	4/5	4	4	4	1	1	4	3	4	4	1	1	4		5
39	0.5	0.8	IG4S9_2AJFC1P0508	+35.55	-4.45	+31.32	4/5	4/5	4	4	4	1	1	4	3	4	4	1	1	4		5
40	0.5	1.0	IG4S9_2AJFC1P05X	+32.26	-6.05	+27.08	4	4	4	4	4	1	1	4	3	4	4	1	1	4		5-6
41	0.5	2.0	IG4S9_2AJFC1P05Z	+49.41	+10.51	+21.93	4	4	4	4	4	1	1	4	3	4	4	1	1	4		5-6

ความเข้มข้นของแกนขนุน เมื่อเทียบกับการย้อมแกนขนุนทับห้อมหรือทับครามจากกลุ่มตัวอย่างพบว่า การย้อมของสีหลังซักจะดีกว่าการย้อมของสีที่ได้จากย้อมแกนขนุนทับห้อม แต่สีที่ตกนั้นจะเปลี่ยนสีในล่อน และผ้าอย่างมากกว่า ส่วนความคงทนของสีต่อแสงมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

ที่ความเข้มข้นของแกนขนุนครั้งที่ การย้อมแกนขนุนทับครั้งที่ 2 นั้น จะให้สีที่มีความสว่างมากขึ้น (L* เป็นบวกมากกว่า) สีออกเขียวอ่อนลง (a* เป็นลบน้อยลง) และออกเหลืองมากขึ้น (b* เป็นบวกมากกว่า) เมื่อเทียบกับการย้อมครั้งเดียว สีเหลืองจากแกนขนุนมีความเข้มของสีมากกว่านั้น แม้จะลดอัตราส่วนแกนขนุนค่อน้ำจาก 1:10 ลงไปเป็น 1:20 แล้วก็ตามก็ยังได้สีออกเหลืองมากกว่าเขียว

4.4.2 การย้อมใบต้วแดงทับด้วยย้อมครามและห้อม

ได้ทำการย้อมด้วยผ้าที่ย้อมสีน้ำเงินด้วยห้อมหรือด้วยครามก่อนแล้ว ในน้ำย้อมจากใบต้วแดง โดยนำไปย้อมในมอร์แดนท์ Cu 0.25 หรือ 1%owf. ที่อุณหภูมิ 60-65°C เวลา 30 นาที ก่อนนำไปย้อมในน้ำย้อมต้วแดง ใช้อัตราส่วนผ้าค่อน้ำค่อใบต้วแดงแห้ง = 1 : 10 : 1 ที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 1 ชม. นำผ้าขึ้น บิดให้แห้งหมาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่มนำผ้าไปบันทึกภาพ วัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป ทั้งนี้ผ้าที่ย้อมสีน้ำเงินตามข้อ 2 และ 3 จะทำการย้อมใบต้วแดงทับครั้งเดียวและ บางตัวอย่างทำการย้อมใบต้วแดง ทับคราม 2 ครั้งเวลาการย้อมครั้งที่ครั้งละ 60 นาที ส่วนผ้าที่ย้อม

ความตามข้อ 1 คือที่ทำการย้อมด้วยครามใช้โซเดียมไดไฮโอไนด์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์ ได้ทำการทดลอง ย้อมครามความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ระหว่าง 0.4 ถึง 2.0 กรัมต่อด้าย 1 บ่วง ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบต้ว แดงแห้ง = 1 : 10 : 1 คงที่ ทำการย้อมใบต้วแดงทับคราม 2 ครั้ง สีของด้ายที่ย้อมได้ แสดงไว้ในรูปที่ 4.30 ส่วนผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนของสีแสดงได้ดังตารางที่ 4.18

ผลการย้อมด้ายแดงทับด้ายย้อมหม้อมหรือย้อมครามจากกลุ่มทอด้านนั้น พบว่าสีที่ได้ ขึ้นอยู่กับความเข้มของสีน้ำเงินที่ย้อมรองพื้นไว้ ด้ายย้อมหม้อม 2 ครั้งจากคอกยปู(HP) ให้สีเขียวออก เหลืองสีไม่ค่อยสม่ำเสมอ ด้ายย้อมคราม 2 ครั้งจากกลุ่มสอง(HL)เมื่อนำไปย้อมทับด้วยด้ายแดงให้สีเขียว ปนน้ำตาลสีติดสม่ำเสมอ แต่หากเป็นด้ายที่ผ่านการย้อมหม้อมมา 3-4 ครั้งทั้งจากกลุ่มคอกยปู และกลุ่ม บ้านตาล(HV)พบว่าสีที่ได้จะเป็นสีเขียวออกน้ำตาล

การย้อมทับด้วยด้ายแดง 2 ครั้งนั้นด้ายย้อมคราม 2 ครั้งจากกลุ่มสองให้สีเขียวออก เหลือง ส่วนด้ายย้อมคราม 3 ครั้งจากบ้านตาลให้สีเขียวเข้มออกน้ำตาลและจะเป็นสีน้ำตาลอมเขียวเมื่อใช้ ด้ายที่ผ่านการย้อมครามมา 4 ครั้ง ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักพบว่า สีถึงดีมากทั้งการซัก จางของสีและการเปลี่ยนติดสี การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

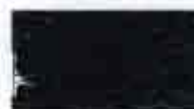
การย้อมด้ายแดงทับด้ายย้อมครามรวม 2 ครั้ง โดยด้ายผ่านการย้อมครามความเข้ม ข้นต่าง ๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2 กรัมต่อด้ายหนึ่งบ่วงนั้น พบว่าการย้อมด้ายแดงครั้งแรกจะได้สีจากเขียวไป ถึงเขียวเข้มมน้ำเงิน ตามการเพิ่มของสีน้ำเงินของด้าย สีเขียวจะอ่อนลงเมื่อทำการย้อมด้ายแดงทับเป็น ครั้งที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักพบว่า ด้ายที่ผ่านการย้อมด้ายแดง 1 ครั้งทับครามนั้นมี ผลทดสอบการติดจางของสีมากกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการติดจางของสีที่ได้จากการย้อมด้ายด้วยด้าย แดงอย่างเดียว การเปลี่ยนติดสีบนผ้ามาตรฐานนั้นพบว่าในล่อนและฝ้ายจะเปลี่ยนติดสีมากกว่าผลที่ได้จาก การย้อมด้วยด้ายแดงอย่างเดียว ส่วนความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน การย้อมด้ายแดงทับ ครั้งที่ 2 พบว่าการติดจางของสีดีขึ้นและดีกว่าที่ได้จากการย้อมด้ายแดง 1 และ 2 ครั้งอย่างเดียว แต่จะด้อย กว่าด้ายที่ผ่านการย้อมครามอย่างเดียวตามตารางที่ 4.16 ผลทดสอบการเปลี่ยนติดสีนั้นพบว่ามี การเปลี่ยนติด ฟ้าในล่อนและฝ้ายมากเมื่อย้อมคราม 2 กรัมต่อบ่วงซึ่งน่าจะเกิดจากการที่ครามมากเกินไปสีจึงตกมาก และไปเปลี่ยนติดผ้าอื่นได้ซึ่งผลดังกล่าวนี้จะเหมือนกันกับผลที่ได้จากการย้อมด้วยครามความเข้มข้นเดียว กันหรือมากกว่า (ตารางที่ 4.16)

การย้อมด้ายแดงทับครามนั้นภาวะที่เหมาะสมควรใช้ด้ายย้อมหม้อมหรือย้อมคราม 3 ถึง 4 ครั้ง หรือให้ได้สีเทียบเท่ากับการย้อมคราม 0.6-1.0 กรัมต่อบ่วง หรือ 0.86-1.43% น้ำหนักด้าย ก่อน นำไปทำการย้อมทับด้วยน้ำย้อมด้ายแดง 2 ครั้ง ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อใบต้วแดง 1:10:1 ทำการย้อมที่ อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที ทำการย้อมมอร์แดนท์ทองแดงความเข้มข้น 0.25 - 1%owf. แบบย้อมก่อน ย้อมสี ที่อุณหภูมิ 50-60°C เวลา 30 นาที

ข้อมูลตัวแดงทับหุ้ม/คราม

	ข้อมูลหุ้ม 2 ครั้ง	ทับด้วยตัวแดง 1 ครั้ง	ข้อมูลหุ้ม 4 ครั้ง	ทับด้วยตัวแดง 1 ครั้ง
				
	HP4S9ZR1_B	HP4SA1PATDB	HP4S9ZR1_D	HP4SA1PATDD
ข้อมูลตัวแดง 1 ครั้ง				
	HV34S9_ATDC1PX	HV34S9_ATDC1PX1	HV44S9_ATDC1PX	HL24S9_ATDC1PX
ข้อมูลตัวแดง 2 ครั้ง				
	HV34S9_2ATDC1PX	HV34S9_2ATDC1PX1	HV44S9_2ATDC1PX	HL24S9_2ATDC1PX

ข้อมูลตัวแดงทับครามความเข้มข้นต่างกัน

คราม	ข้อมูลคราม	ทับด้วยใบตัวแดง	ทับด้วยใบตัวแดง
สูง/บว่ง	1 ครั้ง	1 ครั้ง	ครั้งที่ 2
0.0			
		TD4SCAPX	2TD4SCAPX
0.4			
	IG4S9_04Z	IG4S9_ATDCAPX04	IG4S9_2ATDCAPX04
0.6			
	IG4S9_06Z	IG4S9_ATDCAPX06	IG4S9_2ATDCAPX06
0.8			
	IG4S9_08Z	IG4S9_ATDCAPX08	IG4S9_2ATDCAPX08
1.0			
	IG4S9_XZ	IG4S9_ATDCAPXX	IG4S9_2ATDCAPXX
2.0			
	IG4S9_ZZ	IG4S9_ATDCAPXZ	IG4S9_2ATDCAPXZ

รูปที่ 4.30 สีเส้นดำจากการย้อมสีน้ำเงินก่อนย้อมทับด้วยสีเหลืองจากใบตัวแดง

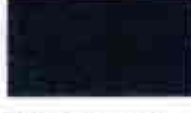
ตารางที่ 4.18 ผลการวัดสีและความคงทนของสีน้ำเงินหม่นซ้อนทับด้วยสีเหลืองจากใบคิ้วแดง

ตัว จัด ที่	ความ ข 10:1	ความ บ บว	รหัส	วัดสี			ผลการขีดขวาง		ผลการเขียนติดสี														ความ คงทน ต่อแสง
				L*	a*	B*	ของสีซีกที่		ซีกที่ 60 °C						ซีกที่ 40 °C								
							60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	Cel	wo	acr	pol	nyl	cot	cel			
1	-	n/a	HP4S9ZR1_B	+34.33	-3.20	-16.13	4/5	4/5	4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	3	4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	3	4		
2	1	n/a	HP4SCAAATDB	+33.47	-9.20	+2.98	1/2	2/3	4-5	4-5	4-5	3	4-5	3-4	4	4-5	4	3-4	3-4	4	4		
3	-	n/a	HP4S9ZR1_D	+28.80	-2.31	-15.91	4	4/5	4-5	4-5	3	2-3	4-5	3	4	3	3	2-3	3-4	3	4		
4	1	n/a	HP4SCAAATDD	+27.40	-7.37	-5.87	3	3/4	4-5	4-5	4	3	4-5	3	4	3-4	3-4	4	4-5	4	5		
5	1	n/a	HV34S9_ATDC1PX	+32.84	-8.00	-1.49	4	4/5	5	5	5	3	4	3	5	5	5	3	5	4	6		
6	1	n/a	HV34S9_2ATDC1PX	+31.96	-9.62	+6.94	3/4	4	4	5	5	2	5	3	5	5	4	3	3	3	6		
7	1	n/a	HV34S9_ATDC1PX1	+30.01	-9.44	+3.07	3/4	4	5	5	4	3	4	3	5	5	5	3	3	4	6		
8	1	n/a	HV34S9_2ATDC1PX1	+28.48	-8.47	+6.17	3/4	4	5	5	5	3	4	3	5	5	4	3	4	4	6		
9	1	n/a	HV44S9_ATDC1PX	+24.57	-7.29	-3.18	4/5	4/5	5	5	5	3	4	3	5	5	5	2	4	4	6		
10	1	n/a	HV44S9_2ATDC1PX	+23.49	-7.71	-0.52	4	4/5	5	5	4	2	4	3	5	5	4	2	3	3	6		
11	1	n/a	HL24S9_ATDC1PX1	+41.62	-2.80	+18.31	4	4	5	5	5	3	4	4	5	4	4	3	4	4	6		
12	1	n/a	HL24S9_2ATDC1PX1	+40.79	-2.18	+24.45	4	4	5	5	5	3	5	4	5	4	4	3	4	4	5		
13	1	-	TD4SCAPZ	+56.85	-2.79	+27.78	3	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	3	4	4-5		
14	1	0.4	IG4S9_TDCAPX04	+44.87	+10.62	+10.12	2	2	5	5	5	3	4	5	5	5	5	2	2	4	4-5		
15	1	0.6	IG4S9_TDCAPX06	+43.35	+11.01	+7.92	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	2	2	4	4-5		
16	1	0.8	IG4S9_TDCAPX08	+37.08	+10.50	+3.13	3/4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	2	2	4	4-5		
17	1	1.0	IG4S9_TDCAPXX	+37.78	+10.08	+3.50	2	3	5	5	5	3	3	4	5	5	4	2	2	4	4-5		
18	1	2.0	IG4S9_TDCAPXZ	+32.26	+8.99	-2.04	3/4	3/4	5	5	5	2	3	4	5	5	4	2	2	4	4-5		
19	1	-	2TD4SCAPX	+53.95	-1.56	+28.50	3	3/4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	3	4	4-5		
20	1	0.4	IG4S9_2TD4SCAPX04	+44.77	-8.04	+15.32	3	3/4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	3	3	4	4-5		
21	1	0.6	IG4S9_2TD4SCAPX06	+40.48	-8.85	+11.97	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	2	2	5	4-5		
21	1	0.8	IG4S9_2TD4SCAPX08	+39.18	+10.02	+6.72	3/4	3/4	5	5	5	3	4	4	4	4	4	2	2	4	4-5		
22	1	1.0	IG4S9_2TD4SCAPXX	+36.73	+10.32	+7.20	3/4	3	5	5	5	2	3	4	5	5	5	3	3	4	5-6		
23	1	2.0	IG4S9_2TD4SCAPXZ	+32.29	-9.46	+3.58	4	4	5	5	5	2	3	4	4	4	4	2	2	4	5-6		

4.4.3 การย้อมใบพืชเหล็กฝรั่งทับด้วยย้อมคราม

ได้ทำการย้อมผ้าฝ้ายที่ย้อมสีน้ำเงินด้วยหม้อมหรือด้วยครามก่อนแล้วในน้ำย้อมจากใบพืชเหล็กฝรั่ง โดยทำการย้อมในมอร์แดนท์ Cu 1%owf. ที่อุณหภูมิ 60-65°C เวลา 30 นาที ก่อนนำไปย้อมในน้ำย้อมจากใบพืชเหล็กฝรั่ง ใช้อัตราส่วนผ้าต่อน้ำต่อใบพืชเหล็กฝรั่งแห้ง=1:10:1 ที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 1 ชม. นำผ้าขึ้น บิดให้แห้งหมาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่มนำผ้าไปบันทึกภาพ วัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป ทั้งนี้ผ้าที่ย้อมสีแล้วบางตัวอย่างได้ทำการย้อมใบพืชเหล็กฝรั่งทับคราม 2 ครั้ง สีของผ้าที่ย้อมได้ แสดงไว้ในรูปที่ 4.31 ส่วนผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนแสดงได้ดังตารางที่ 4.19

ย้อมพืชเหล็กฝรั่งทับคราม

คราม	ย้อมคราม	ทับด้วยใบพืชเหล็กฝรั่ง	ทับด้วยใบพืชเหล็กฝรั่ง
g/บ่วง	1 ครั้ง	1 ครั้ง	ครั้งที่ 2
0.0		 CS4SC1PXZ2	 2CS4SC1PXZ2
0.4		 IG4S9_ACSC1PX04	 IG4S9_2ACSC1PX04
0.6		 IG4S9_ACSC1PX06	 IG4S9_2ACSC1PX06
0.8		 IG4S9_ACSC1PX08	 IG4S9_2ACSC1PX08
1.0	 IG4S9_XZ	 IG4S9_ACSC1PXX	 IG4S9_2ACSC1PXX
2.0	 IG4S9_ZZ	 IG4S9_ACSC1PXZ	 IG4S9_2ACSC1PXZ

รูปที่ 4.31 สีเส้นผ้าจากการย้อมสีน้ำเงินก่อนย้อมทับด้วยสีเหลืองจากใบพืชเหล็กฝรั่ง

ตารางที่ 4.19 ผลการวัดสีและความคงทนของสีน้ำเงินห้อมย้อมทับด้วยสีเหลืองจากใบขี้เหล็กฝรั่ง

ลำดับ ที่	ความ ยว บ่ง	รหัส	วัดสี			ผลการจัดจำ		ผลการเปลี่ยนติดสี												ความ คงทน ต่อการ
			L*	a*	b*	ของสีซิกที		ซิกที 60 °C						ซิกที 40 °C						
						60°C	40°C	wo	acr	pol	nyl	cot	cel	Wo	acr	pol	nyl	cot	cel	
1	-	CS4SC1PZ	+61.71	-6.39	+29.10	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4
2	1	IG4S9_ACSC1PX04	+44.39	-12.15	+8.58	3/4	4	5	5	5	3	3	5	5	5	5	2	2	5	4-5
3	1	IG4S9_ACSC1PX06	+41.81	-11.27	+8.15	4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	2	2	5	4-5
4	1	IG4S9_ACSC1PX08	+38.27	-11.13	+3.67	4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	2	2	5	5-6
5	1	IG4S9_ACSC1PXX	+37.35	-10.17	-0.35	4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	2	2	5	5-6
6	1	IG4S9_ACSC1PXZ	+30.18	-8.21	-3.89	4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	4	2	2	5	5-6
7	-	2CSC1PXZ	+57.09	-3.27	+29.51	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	3	5	5-6
8	1	IG4S9_2CSC1PX04	+45.05	-11.13	+13.06	4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	2	2	5	5-6
9	1	IG4S9_2CSC1PX06	+42.22	-10.64	+7.29	4	4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	2	2	5	5-6
10	1	IG4S9_2CSC1PX08	+38.62	-10.19	+3.13	3/4	4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	2	2	5	4-5
11	1	IG4S9_2CSC1PXX	+38.09	-10.02	+2.60	4	4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	2	2	5	4-5
12	1	IG4S9_2CSC1PXZ	+31.05	-8.44	-1.19	4	3/4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	2	2	5	4-5

การย้อมสีเหลืองทับด้วยย้อมครามรวม 2 ครั้ง โดยดำเนินการย้อมครามความเข้มข้นต่าง ๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2 กรัมต่อผ้าหนึ่งบว่งนั้น พบว่าการย้อมสีเหลืองครั้งแรกจะได้สีจากเขียวไปถึงเขียวเข้มอมน้ำเงิน ตามการเพิ่มของสีน้ำเงินของผ้า สีที่ได้อ่อนกว่าการย้อมโดยใช้ดินแดง สีเขียวจะอ่อนลงเมื่อทำการย้อมสีเหลืองทับเป็นครั้งที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักพบว่า การย้อมสีเหลือง 1 และ 2 ครั้งทับครานั้นไม่มีต่อการซีดจางของสีเมื่อเทียบกับการซีดจางของสีที่ได้จากการย้อมด้วยสีเหลืองอย่างเดียว การเปลี่ยนติดสีบนผ้ามาตรฐานนั้นพบว่าในล่อนและฝ้ายจะเปลี่ยนติดสีมากกว่าผลที่ได้จากการย้อมด้วยสีเหลืองอย่างเดียว ส่วนความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการย้อมสีเหลืองอย่างเดียว และอยู่ระดับเดียวกันกับผ้าย้อมครามอย่างเดียวตามตารางที่ 4.16

การย้อมสีเหลืองทับครานั้นภาวะที่เหมาะสมควรใช้ผ้าย้อมห้อมหรือย้อมคราม 3 ถึง 4 ครั้ง หรือให้ได้สีเทียบเท่ากับการย้อมคราม 0.86-1.43% น้ำหนักผ้า ก่อนนำไปทำการย้อมทับด้วยน้ำย้อมสีเหลือง 2 ครั้ง ใช้อัตราส่วนผ้าต่อน้ำต่อใบขี้เหล็กฝรั่ง 1:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาที ทำการย้อมมอร์แดงที่ทองแดงความเข้มข้น 1%owf. แบบย้อมก่อนย้อมสี ที่อุณหภูมิ 60-65°C เวลา 30 นาที

4.4.3 การย้อมใบหูกวางทับด้วยย้อมคราม

ได้ทำการย้อมด้วยฝ้ายที่ย้อมสีน้ำเงินด้วยหอมหรือด้วยครามก่อนแล้ว ในน้ำย้อมจากใบหูกวาง โดยนำไปย้อมในมอร์แดงที่ $Al\ 0.25\%owf$ ที่อุณหภูมิ $60-65^{\circ}C$ เวลา 30 นาที ก่อนนำไปย้อมในน้ำย้อมหูกวาง ใช้อัตราส่วนย้อมต่อน้ำต่อใบหูกวางแห้ง = 1 : 10 : 1 ที่อุณหภูมิ $70^{\circ}C$ เวลา 1 ชม. นำผ้าขึ้น บิดให้แห้งหมาด ก่อนตากให้แห้งในที่ร่มนำผ้าไปบันทึกภาพ วัดสี และทดสอบความคงทนของสีต่อไป ทั้งนี้ผ้าที่ย้อมสีน้ำเงินตามข้อ 2 และ 3 จะทำการย้อมใบหูกวางทับครั้งเดียว ส่วนผ้าที่ย้อมครามตามข้อ 1 ก็ทำการย้อมด้วยครามใช้โซเดียมไดโครโอไนต์เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ ได้ทำการทดลองย้อมใบหูกวางทับคราม 2 ครั้ง สีของผ้าที่ย้อมได้ แสดงไว้ในรูปที่ 4.32 ส่วนผลการวัดสีและการทดสอบความคงทนแสดงได้ดังตารางที่ 4.20

การย้อมหูกวางทับหอมหรือครามจากกลุ่มทอผ้านั้นพบว่าสีที่ได้ออกน้ำเงินเข้มเขียวมากกว่าสีเขียวไม่ว่าจะทำการย้อมหูกวาง 1 หรือ 2 ครั้งทับสีน้ำเงิน ทั้งนี้เนื่องจากสีน้ำเงินเข้มมากไปพบว่าด้วยฝ้ายที่ย้อมคราม 2 ครั้งจากกลุ่มลองเท่านั้นที่ให้สีเขียวออกเหลืองแต่สีที่ได้ไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก พบว่าสีมีความคงทนต่อการซักของสีหลังซักในเกณฑ์ดี มีการเปลี่ยนสีบนผ้าในล่อนได้มากและติดบนฝ้ายเล็กน้อย ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับดีมากเทียบเท่ากับผ้าย้อมครามเลขที่เดียว และจะทนกว่าผ้าที่ย้อมเฉพาะหูกวางอย่างเดียวมาก

การย้อมหูกวางทับด้วยย้อมครามรวม 2 ครั้ง โดยผ้าผ่านการย้อมครามความเข้มข้นต่าง ๆ กันระหว่าง 0.4 ถึง 2 กรัมต่อผ้าหนึ่งบ่วงนั้น พบว่าการย้อมหูกวางครั้งแรกจะได้สีจากเขียวไปถึงเขียวเข้มอมน้ำเงินตามการเพิ่มของสีน้ำเงินของผ้า สีที่ได้ออกเขียวมากกว่าการย้อมโดยใช้เหล็กฝรั่ง สีเขียวจะอ่อนลงเมื่อทำการย้อมหูกวางทับเป็นครั้งที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักพบว่าการย้อมหูกวาง 1 และ 2 ครั้งทับครามนั้นไม่มีการซีดจางของสีเมื่อเทียบกับการซักของสีที่ได้จากการย้อมด้วยหูกวางอย่างเดียว การเปลี่ยนสีบนผ้ามาตรฐานนั้นพบว่าในล่อนและฝ้ายจะเปลี่ยนสีมากกว่าผลที่ได้จากการย้อมด้วยหูกวางอย่างเดียว ส่วนความคงทนของสีต่อแสงนั้นพบว่าการย้อมหูกวางทับครั้งเดียวสีจะมีความคงทนต่อแสงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการย้อมหูกวางอย่างเดียว และอยู่ระดับเดียวกันกับผ้าย้อมครามอย่างเดียวตามตารางที่ 4.16 แต่เมื่อทำการย้อมหูกวางทับครั้งที่ 2 ความคงทนของสีต่อแสงลดลงไปอยู่ระดับเดียวกันกับหูกวาง ซึ่งถือว่าเป็นผลจากการที่มีหูกวางดูดซับบนผ้าชั้นนอกมากนั่นเอง

การย้อมหูกวางทับครามนั้นภาวะที่เหมาะสมควรใช้ผ้าย้อมหอมหรือย้อมครามไม่เกิน 3 ครั้ง หรือให้ได้สีเทียบเท่ากับการย้อมคราม 0.86 - 1.43% น้ำหนักผ้า ก่อนนำไปทำการย้อมทับด้วยน้ำย้อมหูกวาง 2 ครั้ง ใช้อัตราส่วนย้อมต่อน้ำต่อใบหูกวาง 1:10:1 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ $70^{\circ}C$ เวลา 60 นาที ทำการย้อมมอร์แดงที่อุณหภูมิความเข้มข้น 0.25-1%owf. แบบย้อมหลังย้อมสี ที่อุณหภูมิ $60-65^{\circ}C$ เวลา 30 นาที

ข้อมูลทูลวางทับห่อ/คราม

ข้อมูลทูลวาง 1 ครั้ง



HD44S9_AHKAAAX



HV44S9_AHKAAAX



HV44S9_AHKA1AX



HV34S9_AHKA1AX



HL24S9_AHKA1AX

ข้อมูลทูลวาง 2 ครั้ง



HD44S9_2AHKAAAX



HV44S9_2AHKAAAX



HV44S9_2AHKA1AX



HV34S9_2AHKA1AX



HL24S9_2AHKA1AX

ข้อมูลทูลวางทับคราม

คราม

ข้อมูลคราม

ทับด้วยใบทูลวาง

ทับด้วยใบทูลวาง

๒/ป่วง

1 ครั้ง

1 ครั้ง

ครั้งที่ 2

0.0



HK4SAAAXZ2



2HK4SAAAXZ2

0.4



IG4S9_04Z



IG4S9_AHKAAAX04



IG4S9_2AHKAAAX04

0.6



IG4S9_06Z



IG4S9_AHKAAAX06



IG4S9_2AHKAAAX06

0.8



IG4S9_08Z



IG4S9_AHKAAAX08



IG4S9_2AHKAAAX08

1.0



IG4S9_XZ



IG4S9_AHKAAAXX



IG4S9_2AHKAAAXX

2.0



IG4S9_ZZ



IG4S9_AHKAAAXZ



IG4S9_2AHKAAAXZ

รูปที่ 4.32 สีเส้นด้ายจากการย้อมสีน้ำเงินก่อนย้อมทับด้วยสีเหลืองจากใบทูลวาง

ตารางที่ 4.20 ผลการวัดสีและความคงทนของสีน้ำเงินห้อมขัดกับด้วยสีเหลืองจากใบหูกวาง

ลำดับ ที่	Al %	ความ ยว บว	รหัส	วัดสี			ผลการจัดวาง		ผลการเปลี่ยนสี												ความ คงทน ต่อ แสง
				L*	a*	b*	ของสีหลักที่		สีที่ 60 °C						สีที่ 40 °C						
							60°C	40°C	Wo	acr	pol	nyl	col	cel	wo	acr	pol	nyl	col	cel	
1	0.25	n/a	HD44S9_AHKAAAX	+20.77	-4.61	-8.28	4	4	5	5	5	2	4	3	5	5	5	4	5	4	4-5
2	0.25	n/a	HD44S9_2AHKAAAX	+22.24	-7.00	-4.31	4	4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	4-5
3	0.25	n/a	HV44S9_AHKAAAX	+21.03	-4.22	-8.75	4	4	5	5	5	2	5	4	5	5	5	4	5	4	5-6
4	0.25	n/a	HV44S9_2AHKAAAX	+21.88	-7.38	-4.01	3/4	3/4	5	5	5	3	4	3	5	5	5	4	5	5	5-6
5	1	n/a	HV44S9_AHKA1AX	+27.35	-7.29	-5.37	4/5	4/5	5	5	4	3	4	3	5	5	5	3	5	4	6
6	1	n/a	HV44S9_2AHKA1AX	+25.27	-8.85	-1.00	4/5	4/5	5	5	5	3	4	3	5	5	5	3	4	4	5
7	1	n/a	HV44S9_AHKA1AX1	+31.10	-8.05	-5.19	4	4	5	5	4	3	3	3	5	5	5	3	4	4	6
8	1	n/a	HV44S9_2AHKA1AX1	+31.24	-9.90	+1.27	3/4	3/4	5	5	5	3	4	3	5	5	5	3	4	4	6
9	1	n/a	HL24S9_AHKA1AX	+49.27	-6.36	+28.23	4	4	5	5	5	3	3	4	5	4	4	3	4	4	5
10	1	n/a	HL24S9_2AHKA1AX	+47.03	-6.50	+32.22	3/4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	1	2	3	3-4
11	0.25	-	HK4SAAAXZ	+67.05	-4.63	+29.22	3	3/4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	4	5	2-3
12	0.25	0.4	IG4S9_AHKAAAX04	+46.18	-12.32	+6.87	3/4	3/4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	3	3	5	3
13	0.25	0.6	IG4S9_AHKAAAX06	+46.19	-12.96	+5.68	4	4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	2	2	5	4-5
14	0.25	0.8	IG4S9_AHKAAAX08	+40.10	-11.69	-0.30	3/4	3/4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	2	2	5	4-5
15	0.25	1.0	IG4S9_AHKAAAXX	+38.66	-11.84	-0.51	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	2	2	5	4-5
16	0.25	2.0	IG4S9_AHKAAAXZ	+34.85	-10.19	-3.57	4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	3	3	5	5-6
17	0.25	-	2HK4SAAAXZ	+61.19	-4.35	+34.86	3/4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	4	5	3-4
18	0.25	0.4	IG4S9_2AHKAAAX04	+46.13	-13.36	+15.77	3/4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	3	3	5	3
19	0.25	0.6	IG4S9_2AHKAAAX06	+43.76	-13.62	+11.26	3/4	3/4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	2	2	5	3
20	0.25	0.8	IG4S9_2AHKAAAX08	+40.91	-13.70	+6.91	3/4	4	5	5	5	3	3	4	5	5	5	2	2	5	3-4
21	0.25	1.0	IG4S9_2AHKAAAXX	+37.86	-13.38	+5.04	3/4	4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	2	2	5	3-4
22	0.25	2.0	IG4S9_2AHKAAAXZ	+33.82	-12.04	+2.93	3/4	3/4	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3	3	5	3-4

4.5 สรุปผลการย้อมสีเขียว

การย้อมสีเขียวโดยใช้พืชวัตถุดิบ 2 ชนิดนี้ได้ใช้วิธีการย้อมสีน้ำเงินและย้อมสีเหลือง โดยจะเป็นการย้อมสีน้ำเงินก่อนจากนั้นย้อมทับด้วยสีเหลือง การย้อมสีน้ำเงินพร้อมสีเหลือง และการย้อมสีเหลืองก่อนจากนั้นย้อมสีน้ำเงินทับ

สีน้ำเงินได้จากการย้อมด้วยฝ้ายด้วยอินดิโกจากครามและห้อม โดยแบบแรกเป็นการย้อมจากกลุ่มทอผ้ารวม 3 แหล่ง ได้แก่ย้อมจากกลุ่มทอผ้าคอกปุยอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มทอผ้าบ้านศาลอำเภอฮอดจังหวัดเชียงใหม่ และจากกลุ่มอำเภอคลองจังหวัดแพร่ โดยกำหนดให้ย้อม 3-6 ครั้ง ปรากฏว่าฝ้ายที่ย้อมจำนวนครั้งเท่ากันแต่ต่างกลุ่มกันมีสีเข้มไม่เท่ากัน ฝ้ายที่ย้อมจากกลุ่มเดียวกันแต่ต่างเวลากันสีน้ำเงินเข้มไม่เท่ากัน แบบที่สองเป็นการย้อมด้วยห้อมหรือครามในห้อมปฏิบัติการโดยมีการเตรียม 2 แบบคือแบบที่หนึ่งใช้วิธีการหมักโดยใช้วิธีการของกลุ่มทอผ้าซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนอินดิโกจากรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นรูปแบบที่ละลายน้ำด้วยเบคทีเรียและด่าง ส่วนแบบที่สองใช้วิธีรีดิวซ์โดยใช้โซเดียมไดไฮโอไนด์เป็นรีดิวซ์เอเจนต์ในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบผลได้ใช้วิธีการย้อมแบบสุดท้ายซึ่งสามารถควบคุมการย้อมสีน้ำเงินได้ดีกว่า และในกรณีที่ต้องการศึกษาผลของความเข้มข้นของครามได้ทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของครามระหว่าง 0.1 ถึง 2 กรัมต่อฝ้ายหนึ่งบ่วงหรือเทียบเท่า 0.14 ถึง 2.86%อน. ฝ้าย

สีเหลืองได้จากแก่นขนุน ดอกคำฝอย ขมิ้นชัน ส่วนสีเหลืองออกเขียวได้จากใบดิวแดง ใบขี้เหล็กฝรั่ง ใบสาบเสือ และใบหูกวางโดยใช้มอร์แดนต์ทองแดงความเข้มข้น 0.25 ถึง 1%owf. ยกเว้นดอกคำฝอย ขมิ้นชัน และใบหูกวางใช้มอร์แดนต์อลูมิเนียม ในกรณีที่ศึกษาการย้อมโดยใช้ความเข้มข้นของสีที่ ได้ใช้อัตราส่วนฝ้ายต่อน้ำต่อพืชวัตถุดิบเท่ากับ 1:10:0.5 หรือ 1:10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรต่อน้ำหนัก ส่วนกรณีที่ต้องการศึกษาผลของความเข้มข้นของสีเหลืองได้ใช้วิธีเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนฝ้ายต่อน้ำต่อพืชวัตถุดิบระหว่าง 1:10:0.1 ถึง 1:10:2 ผลการทดลองพบว่าวัตถุดิบทุกตัวสามารถใช้เป็นแหล่งของสีเหลือง เหลือง-น้ำตาล ถึงเขียวออกเหลืองได้ ยกเว้นดอกคำฝอยไม่เหมาะกับการนำมาย้อมเนื่องจากต้นทุนราคาวัตถุดิบสูง และสีที่ย้อมได้นั้นสีดกง่ายระหว่างการซัก ส่วนขมิ้นชันนั้นมีปัญหาคลายกันคือสีที่ย้อมได้ไม่ทนต่อการซัก สีดกง่ายและไม่ทนต่อแสงเช่นเดียวกัน

วัตถุดิบให้สีเหลืองที่ใช้ในการศึกษานี้วัตถุดิบที่เหมาะสมเรียงลำดับตามความคงทนของสีที่ได้จากมากไปน้อย ได้แก่

ใบดิวแดง > ใบหูกวาง > ใบขี้เหล็กฝรั่ง ~ ใบสาบเสือ > แก่นขนุน > คำฝอย ~ ขมิ้นชัน

ทั้งนี้ความคงทนของสีนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ส่วนประกอบของน้ำย้อมมีมีสารสีส่วนที่เป็นแทนนินมากน้อยต่างกันด้วยซึ่งจะเห็นจากผลวิเคราะห์ส่วนประกอบว่าใบดิวแดง ใบหูกวาง มีแทนนินสูง เมื่อเทียบกับพืชอื่น อย่างไรก็ตามใบขี้เหล็กฝรั่งและใบสาบเสือแม้ว่าจะมีแทนนินไม่มากนักแต่ก็ให้สีที่มีความคงทนระดับดีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้