



การเตรียมน้ำย้อมสีครามจากใบเบือก

Preparation of indigo dye from *Marsdenia tinctoria* R. Br

โครงการวิจัย

ของ

ปิยะดา สุวรรณ

ศรันยา ราชัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

17 มิถุนายน 2556

ลิขสิทธิ์นี้เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



การเตรียมน้ำย้อมสีครามจากใบเบือก

Preparation of indigo dye from *Marsdenia tinctoria* R. Br

โครงการวิจัย

ของ

นางสาวปิยะดา สุวรรณ

นางสาวศรันยา ราชัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

17 มิถุนายน 2556

ลิขสิทธิ์นี้เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกที่ผู้วิจัยใคร่ขอกราบพระคุณ ผศ.อนูรัตน์ สายทอง กรรมการที่ปรึกษางานวิจัยในครั้งนี้ได้ให้ความรู้ คำแนะนำตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้การเขียนวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด นอกจากนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. พรกมล สาส์อง ผศ.สุตกมล ลาโสภา อาจารย์ศุภกร อาจหาญ อาจารย์ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์ ที่ให้คำแนะนำในการค้นคว้าข้อมูล ความรู้ในด้านต่างๆ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เทคนิคและวิธีการทดลองวิจัย ขอขอบพระคุณ ผศ. นิยม ชลิตะนาวัน คุณอรรรคเดช ราชลินธุ์ คุณภีระพัฒน์ ปัตตุมมา ที่ได้ส่งเสริมและให้ความช่วยเหลือในด้านของอุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบคุณคุณยายบุญนำ การุณ คุณยายกุหลาบ อุปสรรค ที่ได้ส่งเสริมสนับสนุนใบเบิกที่ใช้ในวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาเคมี ชั้นปีที่ 4 รุ่นที่ 11 ที่ช่วยในการสืบค้นข้อมูลแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด และให้กำลังใจในการศึกษาค้นคว้าตลอดมา

ขอขอบพระคุณคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จ ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

ปิยะดา สุวรรณ
ศรัณยา ราชัย

ResearchTitle Preparation of indigo dye from *Marsdeniaincitoria* R. Br
Researcher Piyada Suwan
Saranya Rachai
Advisor Assistant Professor.Anurat Saithong
Degree Bachelor of Science
University Rajabhat SakonNaKhon University

ABSTRACT

The objectives of this research were to investigate the right proportion of *Marsdeniaincitoria* R.Br. and cinders to prepare biological dye and *Marsdeniaincitoria* R.Br flour and $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4/\text{NaOH}$ reducer to prepare chemical dye of indigo dye quantity measurements. From the measurements of absorbance and durability of indigo on cotton, The results revealed that the proportion of *Marsdeniaincitoria* R.Br and cinders about 500:200 ml. was suitable for biological dye adhered to the blue – green cotton, durable for washing at moderate level, and color was durable to light at high level. Also, the proportion of *Marsdeniaincitoria* R.Br flour and $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4/\text{NaOH}$ about 0.0500:12.5000:17.5000 gram with 500 ml of dye was suitable to proportion chemical dye, adhered to blue – green cotton, was the level durable for washing at moderate level, and was durable to light at highest level. The absorbance values of both biological dye and chemical dye were high of intensity and quantity.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อไทย	
บทคัดย่ออังกฤษ	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	ซี
สารบัญภาพ	ซี
คำย่อและสัญลักษณ์	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 วิธีสังเคราะห์	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	3
1.6 ข้อจำกัด	3
1.7 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	30
3.2 วิธีการวิจัย	32
3.3 วิธีดำเนินงาน	33

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน	39
4.2 การเตรียมน้ำย้อม	41
4.3 การทดสอบความคงทนของสีผ้าฝ้ายหลังการย้อม	47
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 อภิปรายผลการวิจัย	50
5.2 สรุปผลการวิจัย	52
5.3 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก ภาพกิจกรรมงานวิจัยและเครื่องมือ	57
ภาคผนวก ข ผลการวิจัย	71
ภาคผนวก ค แสดงวิธีการคำนวณความเข้มข้นกราฟมาตรฐานและ	73
ประวัติผู้วิจัย	75

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ครามสกุล <i>Indigofera</i> วงศ์ Papilionaceae (<i>Leguminosae</i>) 15 ชนิด	7
4.1 แสดงความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของอินดิโก และค่าการกลืนดูดกลืนแสง	39
4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของอินดิโกที่ความเข้มข้นต่างๆ	40
4.3 แสดงการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และสีฟ้าฝ่ายจากการย้อม	41
4.4 แสดงการหาค่าปริมาณของสีครามที่เกิดในน้ำย้อม โดย วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) สัดส่วน 500:200 มิลลิลิตร	44
4.5 แสดงการหาค่าปริมาณของสีครามที่เกิดในน้ำย้อม โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) สัดส่วน 500:250 มิลลิลิตร	44
4.6 แสดงการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี โดยผงเปลือก 0.0500, 0.1000 กรัม ในปริมาตร 500 มิลลิลิตร	46
4.7 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง ของน้ำย้อมทางชีวภาพ สัดส่วนเนื้อเปลือกน้ำต่าง 500:200	47
4.8 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง ของน้ำย้อมทางเคมี ใช้ผงเปลือก: Na ₂ S ₂ O ₄ : NaOH 0.1000:12.5000:17.5000 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร	48
4.9 แสดงการตกติดสีจากการซักผ้าฝ่าย ด้วยผงซักฟอกมาตรฐาน โดยใช้มาตรฐาน Gray scale ในการวัด	48
4.10 แสดงผลการทดสอบการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดด	49

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ต้นและดอกครามขน (<i>Indigofera hirsuta</i> L.)	8
2.2 ต้นและดอกครามป่า (<i>Tephrosia purpurea</i> Pers.)	9
2.3 ต้นและดอกครามบ้าน (<i>Indigofera arrecta</i> Horchs.)	9
2.4 ต้นและดอกครามบ้าน (<i>Indigofera tinctoria</i> L.)	10
2.5 ต้นและดอกห้อม (<i>Baphicanthus cusia</i> (Nees.) Bremek)	11
2.6 ต้นและดอกเปือก (<i>Marsdenia tinctoria</i> R.Br.)	12
2.7 โครงสร้างของสีคราม	13
2.8 ปฏิกริยาการสังเคราะห์สีครามจากแนพทาลีน	14
2.9 ปฏิกริยาทั้งหมดของกระบวนการย้อม	15
2.10 ปฏิกริยารีดักชันการเตรียมสีคราม	16
2.11 ปฏิกริยาของการย้อมสีคราม	16
2.12 แสดงการทำงานของเครื่องย้อม-วิลีเบลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	25
3.1 แผนผังการทดลอง	32
4.1 แสดงกราฟมาตรฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับ ความเข้มข้นของอินดิโกมาตรฐาน	40
4.2 แสดงผ้าที่ย้อมด้วยน้ำย้อมเตรียมด้วยวิธีทางชีวภาพ	43
4.3 ผ้าย้อมด้วยน้ำย้อมทางชีวภาพ ปริมาณน้ำต่าง 200 และ 250 มิลลิลิตร	45
4.4 แสดงผ้าย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี ใช้ผงเปือก 0.0500 กรัม	46
4.5 แสดงผ้าย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี ใช้ผงเปือก 0.1000 กรัม	47
ก1 ต้นเปือก	57
ก2 ใบเปือก	57
ก3 ดอกเปือก	57
ก4 ผลเปือก	57
ก5 การแยกชั้นของเนื้อเปือก	58

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ก6 น้ำเปือกผสมปูนขาว	58
ก7 น้ำเปือกที่ให้อากาศ	58
ก8 ผงเปือก	58
ก9 น้ำย้อมทางชีวภาพ	59
ก10 น้ำย้อมทางเคมี	59
ก11 การเตรียมกากกล้วยสับ ทำน้ำต่าง	60
ก12 น้ำต่าง	60
ก13 ถังเตรียมน้ำย้อม	61
ก14 ผงซักฟอกมาตรฐาน	61
ก15 ผ้า Multifiber	62
ก16 การทดสอบผ้าต่อการซักล้าง	62
ก17 การเตรียมผ้าตัวอย่าง ทดสอบต่อการซักล้าง	63
ก18 ผ้าหลังการทดสอบต่อการซักล้าง (ผ้าตัวอย่างจากน้ำย้อมทางเคมี)	63
ก19 ผ้าหลังการทดสอบต่อการซักล้าง (ผ้าตัวอย่างจากน้ำย้อมทางชีวภาพ)	64
ก20 ผ้าขนสัตว์มาตรฐาน (blue wood)	64
ก21 การเตรียมผ้าตัวอย่างเทียบกับผ้ามาตรฐานทดสอบความคงทนต่อแสงแดด	65
ก22 แสดงการทดสอบกับแสงแดด	65
ก23 แสดงผ้าฝ้ายตัวอย่าง ที่ผ่านการทดสอบกับแสงแดด	66
ก24 แสดงผ้าขนสัตว์มาตรฐาน (blue wood) ที่ผ่านการทดสอบกับแสงแดด	66
ก25 เครื่องชั่ง	67
ก26 เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	67
ก27 เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge)	68
ก28 ตู้อบ	68
ก29 เกรย์สเกลสำหรับการอ่านค่าเปลี่ยนแปลงสี และการปนเปื้อนสี	69
ข1 แสดงการวัดค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ช่วง ความยาวคลื่น 350-600 นาโนเมตร ของ indigo มาตรฐาน	71
ข2 แสดงพีคค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุดของ indigo	71

บทที่ 1

บทนำ

ผ้าย้อมครามเป็นผ้าย้อมสีธรรมชาติที่มีมานาน แต่ไม่มีหลักฐานว่านานเท่าใด เมื่อมีสีสังเคราะห์ที่ราคาถูก ย้อมง่าย ให้สีเข้ม ทนต่อแดดและการซักล้างที่ดีกว่า และผลจากกรรมวิธีในการทำผ้าย้อมครามที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนทำให้การย้อมครามเลือนหายไป แต่เมื่อผลของการใช้สีสังเคราะห์กระทบต่อสุขภาพของคนและสิ่งแวดล้อม ความนิยมในสีธรรมชาติจึงกลับมา ขณะที่ความรู้เรื่องการเตรียมสีย้อม และการย้อม อยู่ในความทรงจำของผู้สูงอายุในชนบทเพียงไม่กี่คน การฟื้นฟูกระบวนการทำผ้าย้อมครามจึงเกิดขึ้นจากการถ่ายทอดความรู้ และฝึกปฏิบัติจากครูเหล่านี้ จนมีผ้าย้อมครามปรากฏต่อสังคม เป็นสินค้าส่งออกทั้งในและต่างประเทศ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ด้วยการดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคปัจจุบันมีความรวดเร็ว ฉับไว และมีความทันสมัยในด้านต่าง ๆ มีการพัฒนาขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับสมัยก่อน ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ก็ต้องมีกระบวนการผลิตที่รวดเร็ว และง่ายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ ทันต่อจำนวนผู้บริโภค ในด้านของการผลิตสีสังเคราะห์ก็เช่นเดียวกัน แต่ในการใช้สีสังเคราะห์มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ทำให้มนุษย์มีความสนใจกลับมาใช้สีจากธรรมชาติ สีครามเป็นอีกสีธรรมชาติที่มีผู้สนใจศึกษาถึงกระบวนการย้อม กระบวนการปลูก รวมไปถึงการทอผ้าย้อมครามจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ผ้าย้อมคราม

ผ้าย้อมครามได้รับการยอมรับในความสวยงาม ความดี คุณค่าทางวัฒนธรรมและภูมิปัญญา กลายเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ที่ทำรายได้ระดับต้นๆของจังหวัดสกลนคร และยังสามารถเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศ แต่มีปัญหาทั้งเรื่องปริมาณและคุณภาพที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ควบคุมยาก และผู้ทำการย้อมครามมักเชื่อฝังใจในข้อมูลที่ได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษที่บางอย่างไม่จำเป็น ทำให้กระบวนการผลิตผ้าย้อมคราม มีความซับซ้อนและควบคุมยาก แต่ถ้าผู้ศึกษาได้มีการพัฒนาและค้นคว้ากระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผ้าย้อมครามให้มีเพียงพอต่อความต้องการจะแก้ปัญหาดังกล่าว พืชที่เป็นแหล่งสีครามนอกจากครามและฮ่อมยั้งแล้วมีพืชที่สามารถให้สี

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสีครามทั้งในและต่างประเทศ เลือกศึกษาต้นเปือกเป็นแหล่งสีในเขต จังหวัดสกลนคร ใบบือกจากบ้านอุนคง ตำบลนาใน อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร และทำการวิจัยในช่วงฤดูฝน

1.6 ข้อจำกัด

การวัดค่าพีเอช ในงานวิจัยในครั้งนี้ใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ในการวัด จึงทำให้ค่าพีเอชที่ได้มีค่าที่ไม่ละเอียด เนื่องจากการวัดพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ทำให้ตะกอนของสีครามเกาะติดหัวแคโทด ซึ่งการกำจัดตะกอนของสีครามที่ติดกับหัวแคโทดทำได้ยากและอาจเสียได้ งานวิจัยครั้งนี้จึงใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลแทนการใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **น้ำครามหรือน้ำเปือก** หมายถึง สารละลายไม่มีสีที่ได้จากครามหรือเปือก
2. **สีคราม** หมายถึง สารที่ได้จากต้นครามหรือต้นเปือกมีสีน้ำเงิน ไม่ละลายน้ำ
3. **เนื้อครามหรือเนื้อเปือก** หมายถึง ของแข็งผสมระหว่างปูนขาวกับสีครามในรูปออกซิไดส์ (indigo blue) สีน้ำเงิน
4. **ปูนขาว (CaO)** หมายถึง สารเคมีที่ได้จากการเผาหินปูนจนสุก ทิ้งให้เย็น แล้วรดด้วยน้ำจะเกิดความร้อนสูงและควันสีขาว ก้อนหินปูนแตกเป็นผง เมื่อเย็นจึงนำไปใช้ได้
5. **น้ำด่าง** หมายถึง สารละลายจากขี้เถ้า เตรียมจากภาชนะเจาะรูด้านล่างและกรองด้วยใยวัสดุเพื่อกรองขี้เถ้า บรรจุขี้เถ้าขึ้นให้เต็มภาชนะแล้วกดให้แน่น เติมน้ำให้เต็มภาชนะและกรองเอาน้ำขี้เถ้า
6. **ขี้เถ้า** หมายถึง ขี้เถ้าจากการเผาพืชบางชนิด เช่น กาบมะพร้าว ต้นเพกา ใบยูคาลิปตัส ต้นส้มป่อย ต้นมะละกอ (ที่เนาเปื่อยตากจนแห้ง) เหง้ากล้วย ต้นส้มอม กาบजू เปลือกหอยกาบ
7. **น้ำย้อมคราม** หมายถึง ของเหลวผสมระหว่างเนื้อครามกับน้ำขี้เถ้า สภาวะที่เหมาะสมแก่การย้อมคราม
8. **หม้อย้อมหรือหม้อนิล** หมายถึง ภาชนะที่ใช้เตรียมสีคราม ส่วนใหญ่นิยมใช้โถงดิน แต่ตามครัวเรือนจะใช้ภาชนะเก่าๆ เช่นโถงแตก หม้อนึ่งข้าวเก่าตามแต่จะหาได้ เนื่องจากการทำสีครามสกปรก จึงไม่ใช้ภาชนะใหม่

9. **โจกคราม** หมายถึง การใช้ภาชนะ เช่น ถ้วย ชันหรือกระบวย ตักน้ำย้อมจากหม้อมครามยกขึ้นสูงประมาณ 1 ฟุต แล้วเทกลับหม้อเดิม เพื่อสังเกตสี กลิ่น ฟอง และเติมอากาศให้น้ำย้อม
10. **หม้อนิลหนึ** หมายถึง ภาวะที่น้ำครามไม่สามารถย้อมได้หรือย้อมแล้วเกิดผิตสีไปจากสีที่ต้องการ ลักษณะสีน้ำครามจะเป็นสีน้ำเงินไม่ละลายน้ำ ฟองแตกยุบ
11. **เตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ** หมายถึง การเตรียมน้ำย้อม โดยใช้การวิธีการหมัก ตามภูมิปัญญาชาวบ้าน
12. **เตรียมน้ำย้อมทางเคมี** หมายถึง การเตรียมน้ำย้อมโดยใช้ โซเดียมไดไธโอไนต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) เป็นตัวรีดิวซ์

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องโดยการศึกษาความรู้ทั่วไปเรื่องพืชที่เป็นแหล่งสีคราม ศึกษาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสีครามและกระบวนการย้อม ศึกษาการตรวจสอบความคงทนของสีบนผืนผ้า และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชที่เป็นแหล่งสีคราม

2.1.1.คราม

คราม (Indigo plant) เป็นไม้พุ่มอยู่ในวงศ์ (Family) Papilionaceae หรือ Leguminosae ถิ่นกำเนิดในเขตร้อน เช่น แอฟริกาเขตร้อน จีน อินเดีย และออสเตรเลีย (Standley & Steymark, 1964) ครามมีอยู่ประมาณ 700–800 ชนิด (Bailey & Steymark' 1976) ครามที่เป็นพืชในสกุล Indigofera ที่พบในป่าของประเทศไทยมีอย่างน้อย 16 ชนิด (มูลนิธิโครงการหลวง, 2552:229) แต่ที่นำมาใช้ประโยชน์มากอยู่ 3 ชนิด คือ *Indigofera tinctoria* L., *Indigofera arrecta* Hochs. และ *Indigofera suffruticosa* Mill. เป็นพืชที่ให้สีน้ำเงินหรือสีคราม (อนุรัตน์ สายทอง, 2543) ในประเทศไทยมีครามมาจากพืช 5 วงศ์ คือ

2.1.1.1 วงศ์ Acanthaceae มี 5 สกุล คือ

1. ครามฮ่อม หรือฮ่อมเมือง (*Baphicanthus cusia* (Nees.) Bremek. หรือ *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze) เป็นไม้พุ่ม พบในป่าดิบในที่สูงทางภาคเหนือของไทย
2. คราม หรือครามแงะ (*Tetraglochidium bibracteatum*) เป็นไม้พุ่ม
3. ครามแหละ หรือสันเหยียะ (*Strobilanthes anfracyurosa* C.B. Clake) เป็นไม้พุ่มสูง พบในป่าดิบในที่สูงทางภาคเหนือของไทย
4. ครามเหลี่ยม หรือสันแหะ (*Strobilanthes lanceifolius* T. Anderson) เป็นไม้พุ่ม พบในป่าดิบในที่สูงทางภาคเหนือของไทย
5. ครามลัวะ หรือสันโย (*Strobilanthes penstemonoides* (Nee) T. Anderson) พบในป่าดิบเขาที่มีอากาศเย็นทางภาคเหนือของไทย (มูลนิธิโครงการหลวง, 2552)

2.1.1.2 วงศ์ Asclepiadaceae มี 1 สกุล คือ ครามเถา หรือเปือก (*Marsdenia tinctoria* R.) เป็นไม้เถา

2.1.1.3 วงศ์ Euphorbiaceae มี 1 สกุล คือ ครามน้ำ (*Breynia restrisa* Aiston.) เป็นไม้พุ่ม

2.1.1.4 วงศ์ Verbenaceae มี 1 สกุล คือ ครามป่า (*Coryopteris paniculata* Clarke) เป็น
ไม้พุ่ม

2.1.1.5 วงศ์ Leguminosae หรือ Papilionaceae มี 2 สกุล คือ ครามป่า (*Tephrosia
purpurea* Pera.) เป็นไม้พุ่ม และ คราม (*Indigofera* spp.) เป็นไม้พุ่มที่พบในป่าของไทยมีอย่างน้อย
16 ชนิด (อังคณา เทียนกล้า สุรชาติ เทียนกล้า และอนุรัตน์ สายทอง, 2552)

ตารางที่ 2.1 ครามสกุล *Indigofera* วงศ์ Papilionaceae (*Leguminosae*) 15 ชนิด

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อท้องถิ่น/ชื่ออื่น	ลักษณะต้น
<i>Indigofera coloneura</i> Kurtz.	จุกยาเหมื่อ จำปุดิบ ครามขาว	ไม้พุ่มสูง 1-2 เมตร
<i>I.elliptica</i> Roxb.	ครามดอย (ภาคเหนือ)	ไม้พุ่ม
<i>I.hirsuta</i> L.	ครามขน	ไม้พุ่มสูง 1.5 เมตร
<i>I.lacei</i> Hoss.	ครามเขา	ไม้พุ่ม
<i>I.saiamensis</i> Hoss	จำผักชี โสนนง	ไม้พุ่ม
<i>I.galegoides</i> DC.	ครามป่า ปายเสมา	ไม้พุ่ม
<i>I.squalida</i> Prain.	ป่าหึงเม่น	ไม้พุ่ม
<i>I.spicata</i> Forsk.Trh.	ครามเครีอ	ไม้เลื้อย
<i>I.suffruticosa</i> Mill.	ครามเดือน ครามใหญ่ ครามป่า	ไม้พุ่มสูง 2.5 เมตร
<i>I.tinctoria</i> L.	ครามเล็ก ครามบ้าน	ไม้พุ่มสูง 0.9-1.2 เมตร
<i>I.trifoliata</i> L.	ลูกพวน โสนเถา ลูกขี้เหล็ก	ไม้เลื้อย
<i>I.uncinata</i> Roxb.	ชะคราม	ไม้พุ่ม
<i>I.zolligeriana</i> Mig	ครามช้า ครามหลวง หน่อค่อมี่	ไม้พุ่ม
<i>I.dosua</i> Buch Ham.ex.D.Don.	ครามป่า (เขียงใหม่) ครามดิน	ไม้พุ่ม
<i>I.arrecta</i> Horchs.	ครามบ้าน	ไม้พุ่ม

ที่มา: ดัดแปลงจากอนูรัตน์. สายทอง (2543); องค์การสวนพฤกษศาสตร์.(2538);มูลนิธิโครงการหลวง.(2552)

ในประเทศไทยมีการนำครามจากพืชหลายสกุลมาทำสีครามและนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น การย้อมผ้า การเป็นยาพื้นบ้านสมุนไพร และเป็นพืชคลุมดิน ครามในสกุลต่าง ๆ มีดังนี้

1. *Indigofera hirsuta* L. ครามขนหรือขี้หนอนแดง เป็นไม้พุ่มสูงได้ถึง 1.5 เมตร กิ่งก้านมีขน สีน้ำตาลทอง ทุใบรูปสามเหลี่ยมแคบ ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ เรียงสลับใบย่อย 5-9 ใบ เรียงตรงกันข้าม รูปวงรีหรือรูปไข่กลับ ใบย่อยมีปลายใบกว้าง 1-2 เซนติเมตร ยาว 2.5-3.5 เซนติเมตร ใบย่อยด้านข้างกว้าง 0.7-1.5 เซนติเมตร ยาว 1.5-3 เซนติเมตร ปลายใบกลม โคนใบรูปสามเหลี่ยม ดอกช่อออกดอกที่ซอกใบและปลายกิ่ง ยาว 10-20 เซนติเมตร

กลีบดอกรูปดอกถั่ว สีส้มแกมชมพู ผลเป็นฝัก รูปทรงกระบอกยาว มีขนสีน้ำตาลทอง เมล็ดรูปกรวยมี 6-9 เมล็ด

การใช้ประโยชน์

ยาพื้นบ้านอีสานใช้ทั้งต้นต้มน้ำดื่มบำรุงโลหิตและต้น ลับเป็นท่อน ๆ วางไว้ที่ปากไหปลาร้า ป้องกันหนองขึ้น(อังคณา เทียนกล้า สุรชาติ เทียนกล้า และอนุรัตน์ สายทอง, 2552)



ภาพที่ 2.1 ต้นและดอกครามชน (*Indigofera hirsuta* L.)

2. *Tephrosia purpurea* Pers. ครามป่าหรือถอดฝักดาบ ครามป่าเป็นพืชล้มลุกที่แตกกิ่งก้านสาขามาก ใบรวมแบบขนนกมีใบย่อยที่ยาวและแคบออกเป็นคู่ ใบด้านบนเกลี้ยงด้านล่างมีขนดอกสีแดงหรือม่วงแดงช่อดอกออกตรงข้ามใบผลเป็นฝักโค้งเล็กน้อยและเกลี้ยงในฝักหนึ่ง ๆ มีเมล็ด 5-10 เมล็ดส่วนที่ใช้ใบทั้งต้นรากและเมล็ด

การใช้ประโยชน์

1. ใบมี rutin และ retinoid อยู่ประมาณ 0.65-0.80 เปอร์เซ็นต์ใบมีปริมาณของไนโตรเจนสูงจึงนำไปมาทำปุ๋ยหมัก และใช้เป็นยาฆ่าแมลง

2. ต้นปลูกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดินในพื้นที่ความลาดเทสำหรับพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น

3. น้ำมันจากเมล็ดทาแก้หิด (อังคณา เทียนกล้า สุรชาติ เทียนกล้า และอนุรัตน์ สายทอง, 2552)



ภาพที่ 2.2 ต้นและดอกครามป่า (*Tephrosia purpurea* Pers.)

3. *Indigofera arrecta* Horchs. ครามบ้าน เป็นไม้พุ่มที่มีถิ่นกำเนิดในแถบตะวันออกและภาคใต้ของแอฟริกา และถูกนำมาปลูกในประเทศลาว เวียดนาม ลูซอนของฟิลิปปินส์ ชวา สุมาตรา และฟลอเรสท์ของอินโดนีเซียมีลักษณะเป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 3 เมตร มีใบประกอบแบบขนนก ดอกคล้ายดอกถั่วเล็ก ๆ สีชมพู ขนาดดอกยาว 5 มิลลิเมตร ขนาดผลหรือฝักยาว 2-2.5 เซนติเมตร ลักษณะฝักตรง ภายในมี 6-8 เมล็ด (อังคณา เทียนกล้า สุรชาติ เทียนกล้า และ อนุรัตน์ สายทอง, 2552)



ภาพที่ 2.3 ต้นและดอกครามบ้าน (*Indigofera arrecta* Horchs.)

4. *Indigofera tinctoria* L. ครามบ้าน หรือครามเล็ก เป็นไม้พุ่มสูง 1-2 เมตร ใบประกอบแบบขนนกเรียงสลับ ใบย่อยรูปวงรีแกมขอบขนาน กว้าง 0.8-1 เซนติเมตร ยาว 1.5-3.5 เซนติเมตร ดอกช่อออกที่ซอกใบ ดอกย่อยรูปดอกถั่ว กลีบดอกสีชมพู ผลเป็นฝัก ขนาดเล็กออกเป็นกระจุก เกิดขึ้นทั่วไปในป่าเขตร้อน ริมแม่น้ำ ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

การใช้ประโยชน์

ใช้ต้มสดหมักในน้ำ 1-2 วัน สีน้ำเงินจะตกอยู่กับภาชนะที่ใส่ถุงผ้าหนา ๆ ทับให้สะอาด น้ำ นำผงสีไปทำให้แห้งจะได้ผงสีน้ำเงิน ใช้เป็นสีย้อมผ้า สารที่มี คือ indigo blue (อังคณา เทียน-กล้า สุรชาติ เทียนกล้า และอนูรัตน์ สายทอง, 2552)



ภาพที่ 2.4 ต้นและดอกครามบ้าน (*Indigofera tinctoria* L.)

2.1.2. ห้อม

ห้อมหรือห้อมเมือง *Baphicanthuscusia* (Nees.) Bremek. หรือ *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze เป็นไม้พุ่มลำต้นตั้งตรง สูงได้ถึง 1 เมตร ลำต้นและกิ่งรูปทรงกระบอก บริเวณข้อใบงอก ใบเดี่ยว เรียงตรงกันข้ามรูปวงรี กว้าง 2.5-6 เซนติเมตร ยาว 5-16 เซนติเมตร ขอบใบหยัก ฟันเลื่อยละเอียดดอกออกเป็นช่อที่ซอก ใบมีดอกย่อยหลายดอกกลีบดอกสีม่วงเชื่อมติดกันเป็นหลอดโค้งเล็กน้อย ผลแห้งแตกได้ เมล็ดแบนสีน้ำตาล

การใช้ประโยชน์

1. ใช้ใบต้มน้ำดื่มแก้ไข้ ยาพื้นบ้านล้านนาใช้รากและใบต้มน้ำดื่ม แก้ไข้ ปวดศีรษะ เนื่องจากหวัด เจ็บคอ หลอดลมอักเสบ ต่อมทอนซิลอักเสบ ตาอักเสบ แพทย์จีนทดลองใช้กับคนไข้โรคเอดส์ที่เป็นงูสวัด ต้มน้ำดื่มใบแห้ง ผสมกับพืชอื่นอีก 3 ชนิด คือ *Coptis chinensis*, *Arabis cucchoma* และ *Paeonia moutan* พบว่าแผลหายภายใน 2 สัปดาห์

2. ทั้งต้นล้บเป็นท่อนแช่น้ำผสมกับปูนขาวประมาณ 10 วัน เพื่อทำสีย้อมผ้า (อังคณา เทียนกล้า สุรชาติ เทียนกล้า และอนูรัตน์ สายทอง, 2552)



ภาพที่ 2.5 ต้นและดอกห้อม *Baphicanthus cusia* (Nees.) Bremek

ที่มา: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2539:43

2.1.3 เปือก

เปือก เป็ก หรือครามเถา (*Marsdenia tinctoria* R.Br.) เป็นไม้เถาเลื้อยหรือไม้พุ่มเลื้อย ตามปกติสูงถึง 5 เมตร ใบเดี่ยวขนาดใหญ่อยู่ตรงข้ามกัน มีสีเขียวเข้ม มีขนปกคลุม ใบเรียวยาว หรือเป็นรูปไข่ถึงรูปหัวใจ โคนใบกลมมน ปลายใบเรียวแหลมขนาด 5-9.5 เซนติเมตร แผ่นใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ดอกมีขนาดเล็ก สีเหลือง อยู่รวมเป็นกระจุก ดอกออกตามซอกใบ ออกเป็นช่อคล้ายซี่ร่ม ออกดอกในเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม เมล็ดมีขนติดเป็นกระจุก มีหลายเมล็ด ลักษณะคล้ายถั่วแขก แต่มีลักษณะสั้น เมื่ออ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่มีสีเหลือง พืชชนิดนี้กระจายพันธุ์อยู่ในพื้นที่กว้าง พบทั่วไปในแถบอินเดีย ตอนใต้ของจีน พม่า ไทย เวียดนาม จนถึงหมู่เกาะของอินโดนีเซีย นับเป็นพืชที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สภาพพื้นที่ที่ครามชนิดนี้เจริญได้ดี คือ บริเวณที่มีดินเปียกชื้นมาก ๆ

เปือกเป็นพืชสกุล *Marsdenia* อยู่ในวงศ์ *Asclepiadaceae* มีชื่อท้องถิ่นว่า เปือก (ภาคอีสาน) เป็ก (ภาคกลาง) ครามเถา ย่านคราม (ภาคใต้) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Marsdenia* (มูลนิธิโครงการหลวง, 2552)

การขยายพันธุ์

1. การเพาะเมล็ด เมล็ดมีขนาดเล็กมาก ปลิวไปตามลม เมื่อตกลงดินที่มีความชุ่มชื้นสามารถงอกเป็นต้นอ่อนได้

2. การปักชำ โดยตัดเถาเป็นท่อน ๆ ยาว 30-40 เซนติเมตร ให้มีข้อ 1-2 ข้อ ชำในวัสดุทรายผสมขี้เถ้าแกลบ กิ่งชำจะงอกรากหลังปักชำ 30-35 วัน

3. การตอนกิ่ง โดยการปาดกิ่ง กิ่งตอนจะงอกรากได้ 35-40 วัน (อังคณา เทียนกล้า สุรชาติ เทียนกล้า และอนุรัตน์ สายทอง, 2552)

การใช้ประโยชน์อื่น ๆ

ยับยั้งความเป็นพิษต่อตับ ขับน้ำดี แก้ท้องเสีย ยับยั้ง พยาธิไส้เดือนกระตุ้นเม็ดเลือดขาวยับยั้งเนื้องอก

ราก เป็นยาแก้พิษของสารหนู

เปลือก แก้พิษงูกัด แก้พิษฝี แก้ตัวพยาธิ แก้โลหิตตก แก้บวม

ต้น ฟอกปัสสาวะให้บริสุทธิ์ แก้กระษัย น้ำปัสสาวะพิการต่าง ๆ แก้ไข้ตัวร้อน แก้ปวดศีรษะ แก้โรคเลือดตื้น

ใบ ดับพิษ แก้ไข้ตัวร้อน แก้ปวดศีรษะ

ทั้งต้น แก้บวม บวมพอง เป็นยาระบาย (กมลพร ปานง่อม สุคนธ์ทิพย์ บุญวงศ์ และกุลชนา เกศสุวรรณ, 2554)



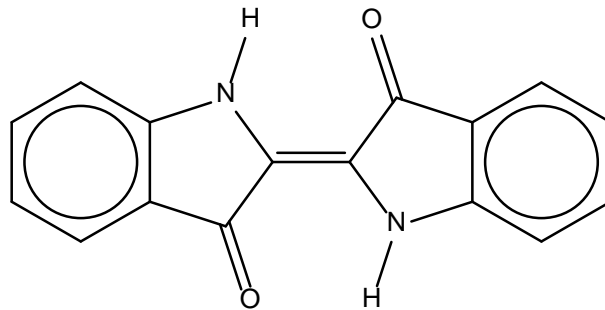
ภาพที่ 2.6 ต้นและดอกเบือก (*Marsdenia tinctoria* R.Br.)

2.2 สีครามและกระบวนการย้อมคราม

2.2.1 สีคราม

สีครามมีชื่อทางเคมีว่า indigotin เป็นผลึกรูปเข็มสีม่วงหรือสีน้ำเงินระเหิดที่ 170 องศาเซลเซียส มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และกรดเจือจาง แต่ละลายได้ดีมากในสารละลายอะมีนและพีริดีนขณะร้อน ละลายได้ดีพอควรในกรดแอสติคแกลเซียลต้มเดือด ถ้าละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้วจะปรากฏสีม่วงแดง แต่ถ้าละลายในตัวทำละลายมีขั้วจะปรากฏสีน้ำเงิน (Martha, 1983) ถ้าให้ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเย็นจะเกิดกรด disulphonic ซึ่งทำให้อยู่

ในรูปของเกลือโซเดียมได้ง่าย เรียกว่า indigo carmine สีนํ้าเงินเข้มใช้ย้อมติดสีดี จัดเป็นสีแอซิด (acid dry) มีกระบวนการย้อมต่างจากการย้อมครามซึ่งเป็นสีแวลต์ (อนุรัตน์ สายทอง, 2545) Indigo blue ถูกรีดิวซ์ในสารละลายต่างกลายเป็นสารไม่มีสี เรียกว่า indigo white มีค่าการดูดกลืนสูงสุดที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร (อนุรัตน์ สายทอง 2545:13 อ่างจาก ไพศาล คงคาอุยฉาย และคณะ 2543 :11) ตัวรีดิวซ์และต่างมีหลายคู่ได้แก่ ไฮโดรซัลไฟต์กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 / \text{NaOH}$) ฟุนผงสังกะสีในน้ำปูนใสอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ($\text{Zn} / \text{Ca}(\text{OH})_2$) หรือนํ้าซึ่เถ่าในน้ำใส (โลหะอัลคาไล / $\text{Ca}(\text{OH})_2$) (ส่วนภูมิปัญญาท้องถิ่น) ส่วน indigo white ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายมากด้วยออกซิเจนในอากาศกลับไปเป็น indigo blue

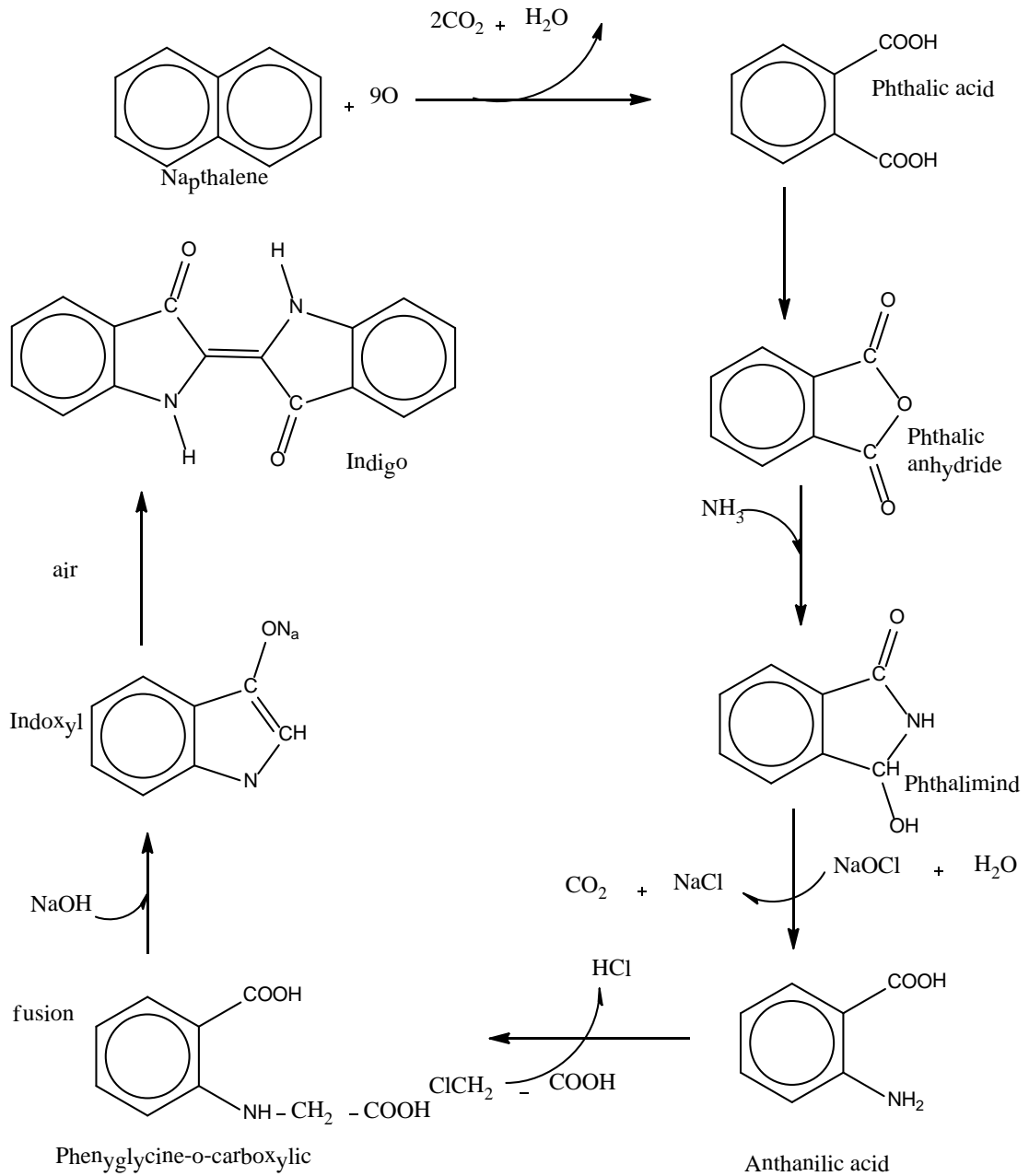


ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของสีคราม

สีครามเป็นสีย้อมที่เก่าแก่มาก สกัดได้จากใบของพืชหลายชนิด แต่ทำให้สีครามบริสุทธิ์โดยยาก เมื่อนํ้าไปย้อมผ้าทำให้ได้สี (shade) ไม่คงที่ จึงยากต่อการผลิตผ้าย้อมครามในระดับอุตสาหกรรม ในที่สุดมนุษย์ก็สังเคราะห์สีครามได้ สีครามที่ใช้อยู่ทั่วจึงมีทั้งสีครามสังเคราะห์และสีครามธรรมชาติ

1. สีครามสังเคราะห์

ในช่วง ค.ศ. 1866–1883 A.Von Beeyer แห่งมหาวิทยาลัยมิวนิค ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสีคราม และสังเคราะห์สีครามได้ ผลิตเป็นการค้าในปี 1890 นอกจาก Beeyer แล้ว ยังมีนักวิทยาศาสตร์อีกหลายคน ศึกษาวิธีสังเคราะห์สีคราม จนถึงปัจจุบันมีวิธีการสังเคราะห์สีครามมากถึง 40 วิธี (Zollinger, 1991) ตัวอย่างปฏิกิริยาการสังเคราะห์สีครามจากแนพทาลีน ดังรูปที่ 2.8

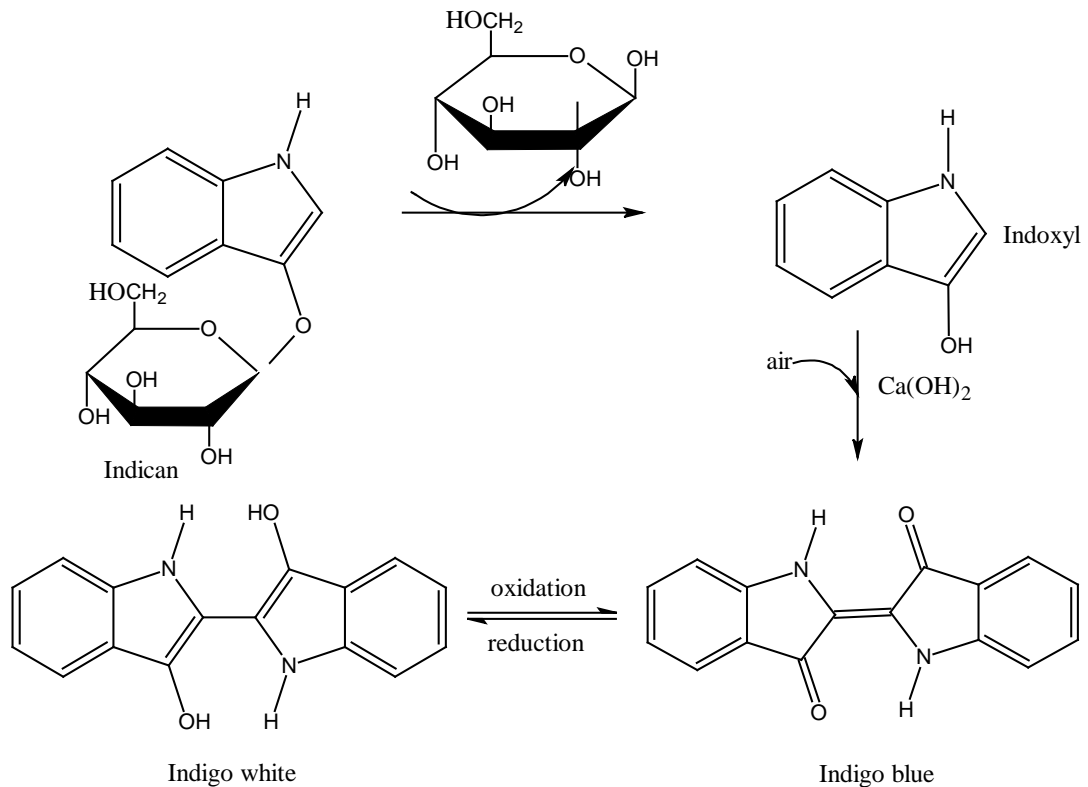


ภาพที่ 2.8 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์สีครามจากเนฟทาลีน

เมื่อนำสารแขวนลอยของ Indigo blue ในสารอินทรีย์ ทำปฏิกิริยากับคลอรีนหรือโบมีน ฮาโลเจนเหล่านี้จะเข้าแทนที่ไฮโดรเจนในวงเบนซีนของ Indigo blue เกิดอนุพันธ์ของสีครามที่ให้เฉดสีแตกต่างกันออกไป เช่น Tyrian Purple (6,6 dibromoderivative of indigo) ซึ่งมีสีม่วงและทนต่อการออกซิไดส์ได้ดี

2. สีครามธรรมชาติ

สีครามธรรมชาติถูกสกัดจากใบครามสดในรูปแบบของสารอินดิแคน (indicant หรือ Indoxyl- β -D-glucoside) เป็นสารไม่มีสีและไม่ละลายน้ำแต่เมื่อถูกแช่ในน้ำเอนไซม์ชนิดหนึ่งในใบครามคือ บีตา-กลูโคซิเดส (β -glucosidase) จะช่วยทำให้อินดิแคนแตกออกเป็น 2 ส่วน คือ อินดอกซิล (Indoxyl) และกลูโคส สาร 2 ตัวนี้เป็นสารไม่มีสี แต่ละลายน้ำได้ทั้งคู่จึงละลายในน้ำคราม ซึ่งมีพีเอชเท่ากับน้ำที่ใช้แช่ใบคราม เติมน้ำปูนขาว (CaO) ในน้ำครามกวนแรง ๆ จนเกิดฟอง อินดอกซิลจะถูกออกซิไดส์เปลี่ยนเป็นอินดิโกบลูกับอนุภาคปูนขาวตกตะกอนจมอยู่ก้นภาชนะเมื่อนำมาย้อมอินดิโกบลูที่ไม่ละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นอินดิโกไวท์ที่ละลายน้ำได้ จากนั้นเมื่อนำผ้าไปย้อมอินดิโกไวท์ในน้ำย้อมจะแทรกซึมเข้าไปยังเนื้อผ้าเมื่อยกขึ้นสัมผัสกับอากาศอินดิโกไวท์จะกลับไปอยู่ในรูปของอินดิโกบลูที่ไม่ละลายน้ำทำให้อินดิโกบลูถูกขังอยู่ในเส้นผ้า

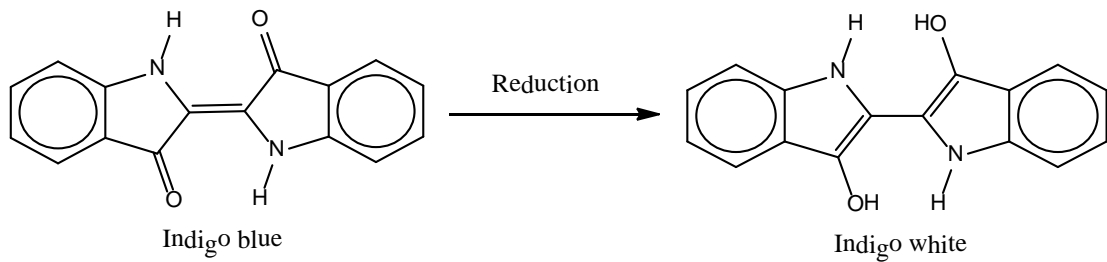


ภาพที่ 2.9 ปฏิกิริยาทั้งหมดของกระบวนการย้อม

ที่มา : อนุรัตน์ สายทอง, 2543

2.2.2 การเตรียมน้ำย้อมและกระบวนการย้อม

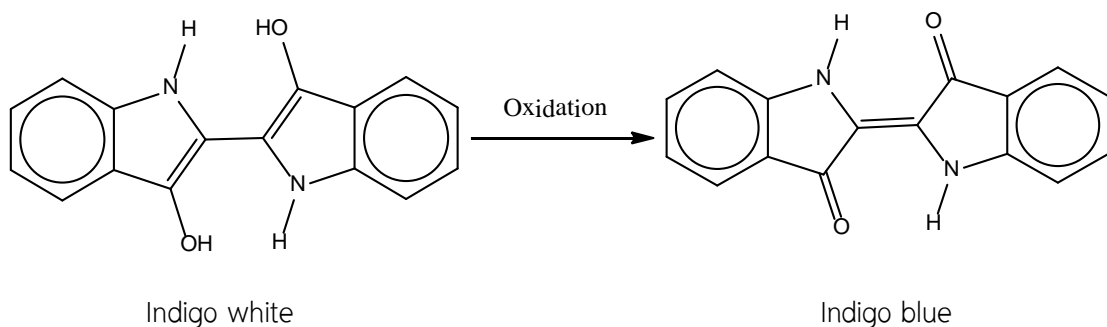
การเตรียมสีคราม เป็นการทำให้ Indigo blue เปลี่ยนเป็น Indigo white ซึ่งละลายได้ในน้ำต่าง การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นปฏิกิริยารีดักชัน ซึ่งใช้ตัวรีดิวส์ได้หลายชนิดอีกวิธีหนึ่งใช้แบคทีเรียชนิด บาซิลลัส ปฏิกิริยารีดักชันของ Indigo blue เกิดขึ้นดังรูป



ภาพที่ 2.10 ปฏิกิริยารีดักชันการเตรียมสีคราม

ที่มา: อนุรัตน์ สายทอง, 2543

เมื่อเกิดสีครามในน้ำย้อม โดยสังเกตสีของน้ำย้อมเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวปนเหลือง จึงทำการย้อมผ้าที่ชุบน้ำแล้วบิดจนหมาด Indigo white ที่ละลายในน้ำย้อมจะแทรกซึมเข้าเนื้อผ้าจับเซลล์ลูไลสของใยผ้าด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่อยกผ้าผายขึ้นจากน้ำย้อมสัมผัสกับอากาศ Indigo white จะถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนในอากาศ กลับเป็น Indigo blue อยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยผ้าดังเดิม



ภาพที่ 2.11 ปฏิกิริยาของการย้อมสีคราม

ที่มา: อนุรัตน์ สายทอง, 2543

1. การเตรียมน้ำย้อมโดยวิธีทางเคมี

การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีครามมีการใช้สารเคมีในขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การขจัดสิ่งสกปรก (scouring) การย้อม (dyeing) และการซักล้าง (soaping) ซึ่งสารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อคุณภาพของผ้าที่ย้อม ดังนี้ (ศิริพันธ์ ห่อสมบัติ, 2543)

1.1 โซดาแอช (soda ash) ชื่อทางเคมีว่าโซเดียมคาร์บอเนต แอนไฮไดรด์ (sodium carbonate anhydrous: Na_2CO_3) เป็นสารมีฤทธิ์เป็นด่าง เมื่ออยู่ในรูปสารละลายจะมีค่า pH 9–10 มีลักษณะเป็นผงสีขาวออกเทา หรือเป็นก้อน มีความบริสุทธิ์สูงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ ละลายน้ำได้ดี ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ ไม่ติดไฟและไม่เป็นพิษ ปฏิกริยาไม่แรงนัก ราคาถูก หาง่าย

โซดาแอชเป็นสารเคมีที่ใช้ปรับ pH ของสารละลายให้มีความเป็นด่างในขั้นตอนขจัดสิ่งสกปรก (scouring) และในการซักล้างภายหลังการย้อม (soaping) ซึ่งปกติจะต้องทำในน้ำซักที่มีความเป็นด่าง มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด

1.2 น้ำสบู่ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactants) ประเภทหนึ่งที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเปียก และการแทรกซึมของน้ำและสารเคมีเข้าไปในวัสดุสิ่งทอ และช่วยขจัดสิ่งสกปรกอีกด้วย น้ำสบู่ที่ใช้มีทั้งแบบมีประจุลบ (anionic surfactants) และแบบไม่มีประจุ (nonionic surfactants) น้ำสบู่แต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่เหมือนกันขึ้นกับโครงสร้างทางเคมี ตัวอย่าง เช่น สารช่วยการเปียก (wetting agent) มักจะมีโมเลกุลค่อนข้างเล็ก มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโครงสร้างของโมเลกุลอยู่ในช่วงตั้งแต่ 6–12 อะตอม ในขณะที่ถ้าเป็นสารซักฟอก ขนาดของโมเลกุลจะใหญ่ขึ้น จำนวนคาร์บอนอะตอมจะอยู่ในช่วง 12–18 อะตอม เป็นต้น

ขั้นตอนในการฟอกย้อมสิ่งทอมีความจำเป็นต้องใช้น้ำสบู่เข้าช่วย ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมน้ำและขั้นตอนซักล้าง ภายหลังการย้อมหรือพิมพ์ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนต้องการน้ำสบู่ที่มีคุณสมบัติต่างๆ กัน น้ำสบู่ที่ใช้ในการลอกแป้งควรจะมีคุณสมบัติที่ช่วยให้ผ้าเปียกอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพในการขจัดสิ่งสกปรกที่ดี และต้องไม่ทำลายประสิทธิภาพของเอนไซม์ หรือสารออกซิไดส์ที่ใช้ในการลอกแป้ง หรือน้ำสบู่ที่ใช้ในขั้นตอนการขจัดสิ่งสกปรกก็จะต้องมีคุณสมบัติช่วยในการเปียกที่ดี มีประสิทธิภาพในการขจัดสิ่งสกปรกสูง และต้องสามารถทนต่อสารละลายโซดาไฟที่อุณหภูมิสูงได้ด้วย

1.3 สาร Electrolytes (เกลือ) ใช้มากที่สุดในการบวนการย้อมมีอยู่ 2 ชนิด คือ โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride: NaCl) หรือที่เรียกว่าเกลือแกง และโซเดียมซัลเฟต (sodium sulphate: Na_2SO_4) หรือที่เรียกว่าเกลือเกลอเบอร์ ทั้งสองชนิดมีลักษณะเป็นผลึกหรือเป็นผงสีขาว เกลือเกลอเบอร์จะมีลักษณะเป็นรูปเข็มขนาดเล็กละลายน้ำและกลีเซอริน ได้ดี แต่ละลายได้น้อยมากในแอลกอฮอล์ ไม่ติดไฟและไม่เป็นพิษ

เกลือทำหน้าที่เป็นสารช่วยดูดซึม (Exhausting agent) สำหรับการย้อมสีผ้าโดยเกลือจะช่วยให้เส้นใยผ้าสามารถดูดติดสีย้อมได้มากขึ้น นอกจากนี้เกลือมีบทบาทในขั้นตอนการเตรียมผ้า ได้แก่ การลอกแป้งโดยใช้เอนไซม์ โดยเกลือช่วยให้เอนไซม์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การใช้เกลือควรใช้ในปริมาณที่พอเหมาะ เพราะถ้ามากเกินไปจะทำให้ตกตะกอน หรือการรวมตัวของสีย้อมที่เรียกว่า “salt out effect”

1.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide: NaOH) เป็นที่รู้จักกันทั่วไปว่า คอสดิกโซดา เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างอย่างแรง (เมื่ออยู่ในสารละลายจะมี pH 11-12) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวอยู่ในรูปเป็นเม็ด แผ่น หรือสารละลาย ถ้าทิ้งไว้ในบรรยากาศจะสามารถดูดความชื้นจากอากาศจนกลายเป็นสารละลายได้ ละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ และกลีเซอริน

โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารสำคัญในขั้นตอนการทำความสะอาด และขจัดสิ่งสกปรกในผ้า ที่เรียกว่า scouring เป็นสารทำให้กรดไขมัน ชี้น้ำมัน และน้ำมัน สามารถละลายน้ำได้ ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (saponification) และยังเป็นสารเคมีที่ใช้ในการบวนการเมอร์เวอร์ไรซ์เซชัน (mrecerization) ซึ่งทำให้เส้นใยผ้าเกิดการพองตัว และการเกิดการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ ทำให้ผ้ามีคุณสมบัติดีขึ้น เช่น ดูดซึมสีได้มากขึ้น มีความคงทนแข็งแรง และสะท้อนแสงได้ดี นอกจากนี้ยังใช้ในการบวนการย้อมสี โดยทำหน้าที่ในการละลายสีแวต ใช้เป็นสารเคมีเพื่อปรับสภาวะความเป็นด่าง

1.5 โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (sodium hydrosulphite: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) มีชื่ออื่น ๆ เรียกว่า sodium sulfoxylate หรือ sodium dithionite (Bergen, 1980) มีลักษณะเป็นผงสีขาวละลายได้ในน้ำ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ มีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) ที่มีความแรงมากจะเกิดความร้อนได้ถ้าสัมผัสกับความชื้นและอากาศ ยังเป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย มีความไวในการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศ

โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์เป็นสารเคมีที่ใช้ตั้งแต่การเตรียมผ้า การย้อมสี และยังใช้ในการลอกสีอีกด้วย ขั้นตอนการเตรียมผ้า สามารถใช้เป็นสารฟอกขาว (bleaching agent) ใน

ขั้นตอนการย้อมเป็นสารที่สำคัญในการละลายสีแวต ให้อยู่ในรูปที่นำมาย้อมได้ โดยจะทำงานคู่กับโซดาไฟ (caustic soda) และยังนำไปใช้เพื่อการลอกสี ในกรณีเกิดความผิดพลาดในการย้อมได้ (ศิริพันธ์ ห่อสมบัติ, 2543)

2. การเตรียมน้ำย้อมโดยวิธีทางชีวภาพ

2.1 การแยกสีครามออก

2.1.1 แชน้ำ นำใบครามสดอายุ 3-4 เดือน บรรจุในภาชนะใช้มือกดใบครามให้แน่น เติมน้ำให้ท่วมหลังมือแช่ไว้ประมาณ 18 ชั่วโมง จึงกลับใบครามช่วงล่างขึ้นทับข้างบน แช่ต่อไปอีก 18 ชั่วโมง แยกกากใบครามออกได้น้ำครามใสสีเหลืองอ่อนปนฟ้า

2.1.2 การตกตะกอนเนื้อคราม เติมน้ำจนเกือบเต็มถังแล้วเติมปูนที่ละน้อยพร้อมสังกะสีของครามและฟองจนกว่าจะเป็นสีเหลืองฟองสีน้ำเงิน ถ้าครามยังไม่เหลืองให้เติมน้ำที่ละน้อยพร้อมสังกะสีของครามและฟองจนกว่าจะเป็นสีเหลืองฟองสีน้ำเงิน จึงกวนแรง ๆ ในน้ำครามสัมผัสกับอากาศให้มาก ๆ กวนจนน้ำครามเป็นสีน้ำเงินเข้ม ฟองยุบแตกจึงหยุดกวน พักครามไว้ 1 คืน

2.1.3 แยกเนื้อคราม รินของเหลวข้างบนกรองด้วยผ้ากรองใส่โถงดินลักษณะเนื้อครามเนื้อครามเป็นของผสมระหว่างเนื้อครามและปูน และสารอื่น ๆ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่ทนต่างได้ เนื้อครามเหลวเก็บไว้ภาชนะปิด ใช้น้ำเทปิดผิวหน้าไว้เนื้อครามแห้งป็นก้อน ผึ่งแดด 2-3 วัน เก็บไว้ในที่แห้ง หรือป็นผงเก็บไว้ในภาชนะปิด

2.2 การสกัดสีครามจากต้นเปือก

แช่ใบเปือกสดแก่จัดในน้ำต้มเดือดแล้ววกกลง สังเกตโดยนำมือจุ่มน้ำได้แช่ใบเปือกจนน้ำเย็น แยกกากใบเปือกออก จะได้น้ำเปือกมีลักษณะใสสีน้ำตาลเหลืองนำไปใช้ผสมกับหม้อครามเพื่อทำการย้อมผ้าฝ้ายช่วยให้สีครามเข้มขึ้น (กุหลาบ อุปสรรค. (2555). สัมภาษณ์.)

2.3 การเตรียมน้ำย้อมสีคราม

น้ำย้อมสีครามเป็นสารละลายของ indigo white แต่สีครามที่เห็นทั่วไปคือสารครามสีน้ำเงิน (indigo blue) ที่ไม่ละลายน้ำ ดังกล่าวแล้ว ก่อนย้อมจึงต้องทำสีครามสีน้ำเงินให้เป็นสีครามไม่มีสีเรียกว่า ก่อหม้อ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยาก ใช้เวลา 15-20 วัน จะเกิดสีครามไม่มีสีผสมกับ

สารอื่นในน้ำย้อมครามจึงเห็นเป็นสีเหลืองอมเขียว จากนั้นจึงทำการย้อม สีเหลืองจะจางลง สีน้ำเงินจะเข้มขึ้น จึงหยุดย้อม แล้วเติมน้ำครามประมาณ 200 กรัม ผสมน้ำชี้้ถ้าเล็กน้อยลงในหม้อน้ำย้อมเดิม ตักน้ำย้อมและเทกลับเข้าที่เดิม 2-3 ครั้ง ปิดฝาหม้อครามไว้ไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง จึงสังเกตสีของน้ำย้อม ถ้าเป็นสีเหลืองจึงทำการย้อมและเติมน้ำครามทำซ้ำไปเรื่อย ๆ ถ้าหลัง 8 ชั่วโมงแล้ว สีของน้ำย้อมยังเป็นสีน้ำเงินให้ ดย้อม และตักน้ำย้อมดูทุก เช้า-เย็น รอจนกว่าน้ำย้อมจะเป็นสีเหลืองจึงย้อม หากหลายวันแล้วสีไม่เหลืองน้ำย้อมมีกลิ่นเหม็นต้องทิ้งน้ำย้อมแล้วเตรียมส่วนผสมใหม่ ความยากของการทำผ้าย้อมครามอยู่ที่การเตรียมสีครามนั่นเอง และความยากมากกว่าอยู่ที่การดูแลน้ำย้อมให้เหลืองและย้อมได้ทุก 8 ชั่วโมง ซึ่งความยากทั้ง 2 อย่างนี้จะลดลงหากผู้เตรียมน้ำย้อมเข้าใจเทคนิคต่าง ๆ และปฏิบัติอย่างเคร่งครัดทุกขั้นตอน (อนุรัตน์ สายทอง, สฐิตีรัตน์ แว่นเรืองรอง, สุกกมล ลาโสภา, 2551)

2.4 การเตรียมน้ำต่าง

น้ำต่างได้มาจากน้ำชี้้ถ้า ซึ่งจะได้มาจากการเผาส่วนต่างๆของต้นไม้ซึ่งมีอยู่ในพื้นบ้าน โดยชาวบ้านจะเลือกต้นไม้ที่เมื่อเผาเป็นชี้้ถ้าแล้วจะให้รสเค็ม (ยิ่งเค็มมากเท่าไรยิ่งดี) ส่วนต้นไม้ที่นำมาทำการเตรียมน้ำต่างได้แก่ เหง้ากล้วย ต้นมะพร้าว กะลามะพร้าวเปลือกผลนุ่น เป็นต้น โดยในการเตรียมเริ่มมาจากการเก็บส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ที่จะนำมาทำเป็นชี้้ถ้า นำมาทำการตากให้แห้ง แต่ถ้าเป็นเหง้ากล้วยเมื่อขูดมาแล้วจะต้องนำมาสับแล้วค่อยนำไปตากจะทำให้แห้งเร็วกว่า เพราะในเหง้ากล้วยจะมีน้ำหล่อเลี้ยงจำนวนมาก ถ้าไม่ทำการสับจะทำให้เหง้าแห้งช้าและเน่าได้ จากนั้นนำส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ที่ตากแห้งแล้วไปเผาจนกลายเป็นชี้้ถ้า แล้วนำชี้้ถ้าที่ได้ไปกรองโดยการเทน้ำให้เท่ากับปริมาณชี้้ถ้าและจะได้น้ำชี้้ถ้า

3. การย้อมครามและวิธีการย้อมคราม

3.1 การย้อมคราม

น้ำย้อมครามประกอบด้วย indigo white ใต้น้ำย้อมและ indigo blue ที่ผิวหน้าย้อม เมื่อจุ่มเส้นใยเซลลูโลส ลงในน้ำย้อม indigo white จะแทรกเข้าเส้นใยด้วยการขยำ ปีบ คลาย ภายใต้น้ำย้อมทำให้ indigo white แทรกเข้าใยฝ้าย เมื่อยกเส้นฝ้ายที่ย้อมแล้วพ่นน้ำย้อม ปิดฝ้ายให้หมาด และกระตุกให้เส้นฝ้ายแตกเรียงเส้น ทำให้ indigo white สัมผัสกับออกซิเจนเปลี่ยนเป็น indigo blue สีน้ำเงิน ซึ่งอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยด้วยพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลส เมื่อดึงเส้นใย indigo blue ที่เปื้อนเส้นใยด้านนอกเท่านั้นจะหลุดออก ล้างเส้นฝ้ายจนน้ำล้างใสไม่มีสี จะได้ฝ้ายสี

น้ำเงินสะอาด สดใส และไม่ลอกหลุดไปย้อมเส้นใยใด ๆ อีก (อนุรัตน์ สายทอง, ลูติรัตน์ แว่น เรืองรอง, สุกกมล ลาโสภา, 2551)

3.2 วิธีย้อม

นำฝ้ายที่แช่น้ำแล้วบิดหมาด ๆ แล้วลงไปชงย้อมกับน้ำย้อมที่เตรียมไว้ โดยสังเกตสีของน้ำย้อมที่นำฝ้ายลงไปย้อมแล้วจะพบว่ามีสีเหลืองเข้มจะค่อย ๆ จางลง แล้วบิดฝ้ายที่นำลงไปย้อมให้หมาด ๆ ถ้าสีของฝ้ายยังไม่เข้มพอก็ให้ทำการย้อมอย่างเดิมในน้ำย้อมในหม้อต่อ ๆ ไป จนได้สีเข้มตามที่ต้องการ แล้วนำฝ้ายที่สีเข้มพอแล้วไปพักไว้ 1-2 ชั่วโมง แล้วล้างน้ำ จากนั้นจึงนำออกไปตากให้แห้ง (อนุรัตน์ สายทอง, 2543)

3.3 เทคนิคที่ปรับปรุงขึ้นในการย้อมคราม

ปัจจุบันการทำครามได้มีการปรับปรุงวิธีทำขึ้นโดยใช้เทคนิคที่ทันสมัยและง่ายต่อการทำมากยิ่งขึ้น โดยมีผู้สนใจที่ศึกษาวิจัยมากขึ้นและออกแบบการทดลองที่สามารถทดลองได้ในห้องปฏิบัติการได้ง่ายขึ้น และได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับวิธีของชาวบ้าน ได้มีการศึกษาหาค่า pH ที่เหมาะสมในการย้อมผ้าว่า pH ระดับใดที่ทำให้สีครามติดเนื้อผ้าดีที่สุด ซึ่งพบว่าที่ pH 10.50 สีครามจะติดเนื้อผ้าดีที่สุด สีเข้มที่สุด (pH สูง) และใช้น้ำส้มสายชูในการปรับ pH แต่การเตรียมน้ำย้อมของชาวบ้านจะใช้น้ำขี้เถ้า และน้ำมะขามเปียกซึ่งการเตรียมน้ำมะขามเปียกยุ่งยากและเสีียง่ายเก็บไว้ได้ไม่นาน ปัจจุบันก็ได้นำน้ำส้มสายชูมาใช้แทนซึ่งให้ผลดีกว่า และสะดวกง่ายแก่การเตรียมน้ำย้อม ประหยัดและเก็บไว้ได้นาน สามารถประมาณจำนวนในการใช้ได้ เพราะความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูคงที่ซึ่งต่างจากน้ำมะขามเปียกซึ่งเราไม่สามารถทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของมันได้ โดยในการเตรียมน้ำมะขามเปียก แต่ละครึ่งความเข้มข้นของน้ำมะขามเปียกจะไม่เท่ากันและ pH จะไม่คงที่ จึงไม่สามารถกำหนดอัตราส่วนที่แน่นอนได้

จากข้อมูลและเอกสารต่าง ๆ ที่ได้มีผู้ทำการวิจัยมาตลอด เช่น การศึกษาการเตรียมน้ำย้อมจากสารเคมีโดยใช้สารละลาย Zinc lime Vat ซึ่งจะใช้โลหะสังกะสี (Zn) เป็นโลหะหนักเป็นตัวจับกับอินดิโก พบว่า การเตรียมน้ำย้อมจากการใช้สารเคมีจะใช้ในการเตรียมน้ำย้อมน้อย แต่วิธีของชาวบ้านจะใช้เวลานานและทำให้สีของครามติดเนื้อผ้าได้ดีกว่า (อนุรัตน์ สายทอง, 2543)

3.4 ภาวะที่เหมาะสมในการเกิดสึครามในน้ำย่อย

ความยากของการทำน้ำย่อยสึคราม อยู่ตรงขั้นตอนการเตรียมสึครามในแต่ละครั้ง และการดูแลน้ำย่อยให้อยู่ในภาวะที่เหมาะสม เกิดสึครามในน้ำย่อยเสมอ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากลำบาก ความเข้าใจและถือปฏิบัติได้ น้ำที่แช่ใบครามสดนำมาจากแหล่งใดก็ได้ อาจเป็นบ่อน้ำ น้ำบาดาล น้ำฝนหรือน้ำประปา น้ำครามที่ได้จะมีภาวะเช่นเดียวกับน้ำที่ใช้แช่ แต่เมื่อเติมปูนขาวหรือปูนแดง ในน้ำครามจะทำให้ครามมีภาวะเป็นด่าง เนื่องจากปูนเป็นด่าง เนื้อครามซึ่งเป็นครามจับอยู่กับปูน จะเป็นด่างด้วย เมื่อนำเนื้อครามผสมน้ำซี้้เถ่าซึ่งเป็นด่างอีกเช่นกัน จะทำให้น้ำย่อยเป็นด่าง ค่อนข้างสูง พีเอชประมาณ 12.5 หลังก่หม้อครามแล้ว ช่างย่อมต้องใจครามเข้า-เย็นทุกวัน เป็นการเติมออกซิเจนให้แก่คทีเรียเจริญเติบโตกินน้ำตาลในน้ำย่อยและถ่ายกรดออกมา กรดทำให้ความเป็นด่างของน้ำย่อยลดลง หลายวันความเป็นด่างลดลงเรื่อยๆจนถึงเวลาหนึ่ง ภาวะ กรด-ด่าง เหมาะสม ประมาณ 15 วัน พีเอช 10.5-11 สึครามสีน้ำเงินจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นสึครามไม่มีสี ซึ่งเรียกภาวะนี้ว่าหม้อมาจึงทำการย้อมผ้า สึครามไม่มีสีเข้าไปจับผ้าหลังย้อมจึงต้องเติมเนื้อคราม น้ำซี้้เถ่าและใจคราม เพื่อเติมสารตั้งต้นและออกซิเจนให้แก่คทีเรียสร้างสภาวะที่เหมาะสม พักหม้อครามอีก 6-8 ชั่วโมง สึครามสีน้ำเงินถูกรีดิวซ์เป็นสึครามไม่มีสี ก็ทำการย้อมได้อีก หากน้ำย่อยอยู่ในภาวะที่เหมาะสม สามารถย้อมครามได้ทุก 8 ชั่วโมง แต่ในทางปฏิบัติสะดวกย้อมเข้า กับเย็นเท่านั้น แล้วเติมเนื้อครามกับน้ำซี้้เถ่าทุกครั้งและย้อมซ้ำเรื่อย ๆ

ถ้าเติมเนื้อครามกับน้ำซี้้เถ่ามากเกินไป จะทำให้น้ำย่อยที่เป็นด่างพอดีอยู่แล้ว

(พีเอช 11) เป็นด่างมากเกินไป เกิดภาวะไม่เหมาะสม ครามสีน้ำเงินจะไม่เปลี่ยนเป็นครามไม่มีสี น้ำย่อยจึงเป็นสีน้ำเงินย้อมไม่ติด เรียกว่าหม้อหนี ต้องพักหม้อครามนานกว่า 8 ชั่วโมง หรือแก้ โดยเติมอะไรที่เปรี้ยว เช่น มะขาม มะกรูดผ่าซีก ลงไปในหม้อคราม เพื่อไปลดภาวะเป็นด่างลงให้พอดี ถ้าเติมสิ่งที่เปรี้ยวมากเกินไป เกิดภาวะกรดมาก หม้อหนีได้เช่นกัน แก้โดยเติมปูนขาว หรือเติมครามสีน้ำเงินอีก และถ้านานไปน้ำตาลในหม้อครามน้อย หรือขาดการใจคราม 2-3 วัน แบคทีเรียขาดอาหารหรืออากาศ จะตายไม่ให้เกิดแก่น้ำย่อย ทำให้หม้อหนีได้เช่นกัน การแช่ ใบครามสดในหม้อน้ำย่อยเป็นระยะ จะเติมสึครามและแบคทีเรียแก่น้ำย่อยได้ หรือเติมน้ำตาลแดงเล็กน้อยก็ช่วยได้ จะเห็นว่าหม้อหนี เกิดจากหลายสาเหตุดังนี้ สึครามในน้ำย่อยหมดเนื่องจาก ย้อมนานเกินไปหรือใช้ผ้ามากเกินไปหรือเติมเนื้อครามน้อย

1. ความเป็นด่างสูงเนื่องจากเติมเนื้อครามและน้ำซี้้เถ่ามากเกินไป
2. ความเป็นด่างต่ำเนื่องจากย้อมไม่ต่อเนื่องและไม่เติมเนื้อคราม
3. น้ำย่อยเน่าเนื่องจากเติมสารพัดสิ่งจนแบคทีเรียที่ช่วยเปลี่ยนสึครามในหม้อคราม ตายแต่แบคทีเรียอื่น ๆ เติบโตดี

4. อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปไม่เหมาะสมกับสภาวะการรีดิวซ์หรือการเติบโตของแบคทีเรีย

การแก้ไขจะแก้ตามสาเหตุเหล่านี้ และผู้รู้สาเหตุก็คือคนย่อมครามทุกเช้าทุกเย็นนั่นเอง จะถามถึงสาเหตุจากคนอื่นไม่ได้ ช่างย่อมครามจึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการล้างเกลือ กลิ่นและฟองของน้ำย้อม ผักฝนจนเกิดความชำนาญ จึงจะแก้ไขปรากฏการณ์หม้อนิลหนี และดูแลหม้อครามได้นานหลายปี (อนุรัตน์ สายทอง, ฐิติรัตน์ เว้นเรีองรอง, สุตกมล ลาโสภา, 2551)

2.3 การตรวจสอบความคงทนของสี

การทดสอบความคงทนของสีธรรมชาติในข้อจำกัดที่สำคัญในการย้อมสีธรรมชาติตั้งนั้น ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องทดสอบให้รู้แน่ชัดว่าวัตถุดิธรรมชาติชนิดไหน มีค่าความคงทนอยู่ในขั้นมาตรฐาน เหมาะที่จะนำมาใช้ ค่าความคงทนที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ คือความคงทนต่อการซักล้างและความคงทนต่อแสงแดด

2.3.1 การตรวจสอบความคงทนต่อการซักล้าง

ในระดับมาตรฐานสากล ค่าความคงทนต่อการซักล้าง(WF) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1-5 โดย WF 1 จะมีค่าความคงทนต่อการซักล้างต่ำ และ WF 5 จะมีค่าความคงทนต่อการซักล้างสูง โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในเกณฑ์ดี จะต้องมีความคงทนต่อการซักล้าง โดยพยายามล้างเส้นฝ้ายที่ย้อมจนสีตกออกหมด ก่อนที่จะนำไปทอเป็นผืนผ้า

2.3.2 การตรวจสอบความคงทนต่อแสง

ในระดับสากล ค่าความคงทนต่อแสง (LF) จะอยู่ระหว่าง 1-8 โดย LF 1 จะมีค่าความคงทนต่อแสงต่ำ และ LF 8 จะมีค่าความคงทนต่อแสงสูงสุด สำหรับค่าความคงทนต่อแสงของผลิตภัณฑ์ผ้าสีธรรมชาติจะมีปัญหาเรื่องสีซีดจางอยู่สูง ผู้ย้อมจำเป็นต้อง ใช้ตัวติดสี (Mordant) เพื่อช่วยให้สีมีความคงทน และต้องทดสอบให้ทราบค่าความคงทนของสีชนิดนั้นเสียก่อน จึงจะสามารถผลิตและจำหน่ายได้ สำหรับในประเทศไทย หน่วยงานของรัฐบาลที่ให้บริการทดสอบค่าความคงทนของสีคือ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม(ปิยวรรณ คิริสวัสดิ์ ,2553)

วิธีการทดสอบความคงทนต่อแสงของสี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น จะดูจากความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงที่ระดับ 1 แสดงว่าคุณภาพต่ำมาก ที่ระดับสูงขึ้น เช่น ที่ระดับ 5 คุณภาพดี สีไม่เปลี่ยนหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากและไม่ตกติดผ้าอื่น เมื่อทดสอบวางขึ้นผ้าทดสอบภายใต้แสงซินอนตริกเป็นเวลาตั้งแต่ 5-40 ชั่วโมงแล้วเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีกับผ้ามาตรฐาน ผ้าที่มีสีเปลี่ยนแปลงเท่ากับผ้าสีมาตรฐานระดับใดประเมินได้ว่ามีความคงทนระดับนั้น ๆ เช่น สีซีดเท่ากับสีมาตรฐาน 3 จะบอกได้ว่ามีความคงทนต่อแสงเท่ากับระดับ 3 ความหมาย ค่าระดับความคงทนของแสง

ระดับ 1	คุณภาพต่ำมาก (very poor)
ระดับ 2	คุณภาพต่ำ (poor)
ระดับ 3	คุณภาพปานกลาง (fair)
ระดับ 4	คุณภาพดีปานกลาง (fair good)
ระดับ 5	คุณภาพดี (good)
ระดับ 6	คุณภาพดีมาก (very good)
ระดับ 7	คุณภาพดีที่สุด (excellent)
ระดับ 8	คุณภาพดีเลิศ (superative)

ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2548

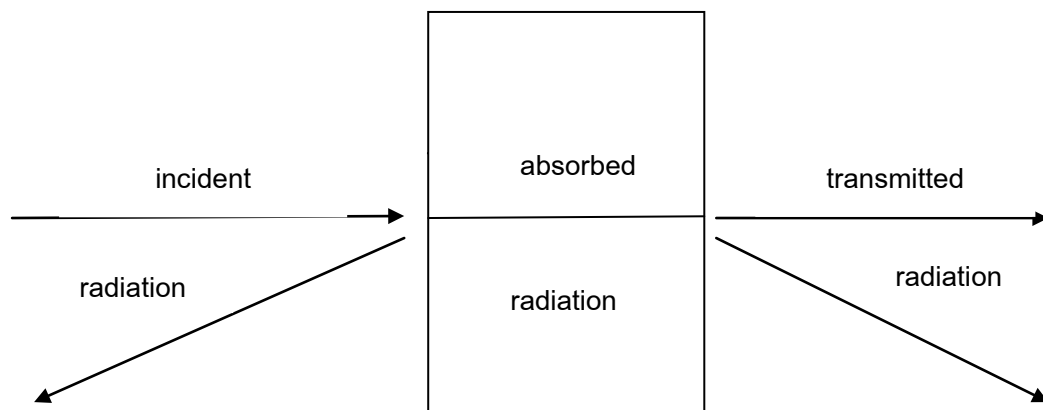
2.4 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Ultraviolet-visible spectrophotometer)

เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Ultraviolet-visible spectrophotometer) วัดการดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิลซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190 - 800 นาโนเมตร ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พวกสารอินทรีย์ (Organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (Complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (Inorganic compound) ทั้งมีสีและไม่มีสี สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวางเพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องและแม่นยำดีและมีสภาพไว (Sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุ หรือโมเลกุลก็ได้ โดยทั่วไปเทคนิคการวิเคราะห์นี้บางครั้งนิยมเรียกว่า ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรเมตรี แต่ถ้าส่วนที่ทำการวิเคราะห์มีสีหรือทำให้เกิดสีขึ้น สารที่มีสีนั้นจะถูกดูดกลืนในช่วง วิสิเบิล อาจเรียกว่า คัลเลอร์ิเมตรี (Colorimetry) สีที่เห็นจากสีย้อมนั้นเกิดจาก

อิเล็กทรอนิกส์ในพันธะคู่ซึ่งอยู่ในโมเลกุลของสีย้อมนั้นมีความสามารถดูดกลืนพลังงานในช่วงสเปกตรัมต่างกัน พลังงานแสงที่สายตามองเห็น จะมีความยาวคลื่นช่วง 400–700 นาโนเมตร สีย้อมที่มีโครงสร้างทางโมเลกุลต่างกันจะมีความสามารถในการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ กันไปซึ่งสายตาสสามารถรับภาพได้ จึงทำให้โมเลกุลของสีย้อมต่างโทนสีกัน แสดงสีให้เราเห็นด้วยสายตาดูออกมาต่างกันไป ซึ่งแถบสีช่วงวิสิเบิล เครื่องยูวี-วิสิ-เบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

2.4.1 หลักการทำงาน

เมื่อลำแสงเคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่องกัน ผ่านเข้าไปในวัตถุโปร่งแสง จะพบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนกระเจิง บางส่วนเกิดการสะท้อน และบางส่วนทะลุผ่านออกไปได้ ส่วนที่ถูกดูดกลืน เรียกว่า ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่าง



ภาพที่ 2.12 แสดงการทำงานของเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ที่มา:แมน อมรสิทธิ์, 2534

ถ้าให้แสงที่ทะลุออกไปนั้นผ่านเข้าเครื่องกระจายแสง (เช่น ปริซึมหรือเกรตติง) จะเห็นได้ว่าสเปกตรัมหายไป เรียกว่า absorption spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนนั้นจะทำให้โมเลกุล หรืออะตอมเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้น (ground state) ยังสถานะกระตุ้น

2.4.2 การใช้ประโยชน์

ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานและคำนวณปริมาณสารที่ได้ในการทดลอง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์ และภาณุวัฒน์ เชื้อกุล (2548) ทำการศึกษาชนิดของโลหะไอออนในน้ำซีเมนต์ที่มีผลต่อโทนสีน้ำเงินของผ้าย้อมคราม โดยเตรียมน้ำซีเมนต์จากไม้ 5 ชนิด แล้ววิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบด้วย AAS พบว่ามี K^+ ไอออน จำนวนมากที่สุดในไม้ทุกชนิด และพบ Na^+ ไอออนเป็นอันดับ 2 ในซีเมนต์ผักขมหนาม จากนั้นเตรียมโลหะไอออนที่เข้มข้นเท่ากับปริมาณที่พบในพืชเติมในน้ำย้อมคราม และย้อมผ้าเทียบโทนสีกับน้ำย้อมครามที่เตรียมจากซีเมนต์จากไม้ชนิดต่าง ๆ พบว่าให้โทนสีสอดคล้องกัน นั่นคือ K^+ ไอออน ให้โทนสีฟ้าปนสีเขียว เช่นเดียวกับน้ำย้อมจากซีเมนต์เปลือกเพกา และเหง้ากล้วย ที่มี K^+ ไอออนมากที่สุด ส่วนน้ำย้อม Na^+ ไอออนให้สีน้ำเงินม่วง เช่นเดียวกับน้ำย้อมจากซีเมนต์ต้นผักขมหนามที่มี Na^+ ไอออนมาก จึงสรุปว่าเฉดสีน้ำเงินของครามเปลี่ยนแปลงตามชนิดของโลหะไอออนในน้ำซีเมนต์

มาริสสา ภาษา (2543) ทำการศึกษาการเตรียมน้ำย้อมครามโดยวิธี Zinc-Lime vat ซึ่งเป็นวิธีที่มีรายงานจากญี่ปุ่น ใช้ปูนผงสังกะสีแทนน้ำซีเมนต์ และใช้เวลาในการเกิดสีเพียง 12 ชั่วโมง มาริสสาทำการสกัดสีครามด้วยน้ำและตกตะกอนเนื้อครามด้วยปูนขาว เมื่อได้เนื้อครามจึงเตรียม basic bath ด้วยน้ำ 3 ลิตร ปูนขาว 5 กรัม ปูนผงสังกะสี 1.5 กรัมคนและปิดฝาพักไว้ และเตรียม stock solution ด้วยเนื้อคราม 96.2, 120.2 และ 142.2 กรัม เมทานอล 25 มิลลิลิตร คนให้เป็นเนื้อเดียว บดปูนขาว 10 กรัม ปูนผงสังกะสี 3 กรัม ในน้ำ 300 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เติมน้ำย้อมผสมเมทานอล คนให้เข้ากัน แล้วเติมปูนขาว+ปูนผงสังกะสี คนแรง ๆ พร้อมอุ่นต่อไปไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาที หรือสังเกตสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีเขียว จึงพักให้นิ่งและเย็น เมื่อครบ 6 ชั่วโมง ย้อมไหมเส้นเล็ก ๆ ใน stock solution ล้างและเก็บไว้เทียบสี และผสม stock solution ลงใน basic bath คนและพักไว้ ทำการเตรียม stock solution ชุดที่ 2 เหมือนกับชุดแรก และพักไว้ 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาย้อมเส้นไหม ใน Stock 2 ล้างและเก็บ ย้อมไหมเส้นในถังย้อม (ผสม basic+stock) ล้างและเก็บ ผสม stock 2 ลงในถังย้อมพักไว้ เตรียม stock 3 พักไว้ 6 ชั่วโมง และทำการย้อมซ้ำ

ผลการศึกษาพบว่าสามารถย้อมไหมได้สีฟ้าสดใส งามวาว สวยงามมาก และจำนวนมาก ความเข้มของสีใกล้เคียงกัน แต่ไม่เข้มมากขึ้นแม้จะย้อมหลายซ้ำ

อนุรัตน์ สายทอง (2544) ทำการศึกษาการทำครามผงและภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำย้อมจากครามผง โดยการสกัดสีครามจากใบครามแก่สด แขน้ำและตกตะกอนด้วยปูนขาว ทำตะกอนให้แห้งจนน้ำหนักคงที่โดยการอบที่ 60 องศาเซลเซียส จึงนำมาเตรียมน้ำย้อม 2 วิธี วิธีแรกใช้ครามผงกับน้ำซีเมนต์ ถ.พ.1.005 เร่งการสีด้วยสารละลายกรดจากวัสดุธรรมชาติ 5 ชนิด แต่ละชนิดเตรียมให้ได้พีเอช 3 ได้แก่น้ำต้มมะขามเปรี้ยว กรดทาร์ทริก น้ำต้มมดแดง กรดฟอรั

มิก น้ำส้มสายชู ผลการศึกษาพบว่าไบโครามแก่สด 5 กิโลกรัม แชน้ำ 25 ลิตร แยกกากใบแล้วเติมปูนขาวถึงจุดยุติ ได้ตะกอนเนื้อคราม 672.6 กรัม ซึ่งทำให้แห้งจะได้ครามผง 134.85 กรัม นำครามผง 4,8,12,16 และ 20 กรัม ผสมน้ำซี้เก่า ถ.พ. 1.005 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ปรับพีเอชแต่ละชุดด้วยน้ำส้มสายชูให้พีเอชเริ่มต้น 10.5 พบว่า ครามผง 16 กรัม ให้สีติดเส้นใยได้เร็วในวันที่ 4 และให้สีติดเส้นฝ้ายได้ดีกว่าสัดส่วนอื่นๆ ส่วนครามผง 20 กรัม ใช้เวลาการเกิดสีนานกว่า แต่ย้อมสีเข้มกว่า จากนั้นนำครามผง 16 กรัม ผสมน้ำซี้เก่า 100 มิลลิลิตร แล้วใช้กรดต่าง ๆ 4 ชนิด ปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 9.0 ,9.5,10.0,10.5 และ 11.0 ย้อมไหมและฝ้ายเทียบความเข้มของสี พบว่า น้ำด่มมะขามเปียก ช่วยให้สีติดเส้นฝ้ายและไหมได้เข้มที่สุด รองไปคือกรดทาร์ทาริก ในวันที่ 7 และยังพบอีกว่า ไหมจะติดสีครามได้ดีในน้ำย้อม พีเอช 9.0-10.0 ส่วนฝ้ายจะติดสีครามได้ดีในน้ำย้อมพีเอช 10.0-10.5 ส่วนน้ำย้อมที่ไม่ปรับพีเอชเริ่มต้นจะย้อมติดสีที่วันที่ 16-20

อนุรัตน์ สายทอง (2545) ทำการศึกษากระบวนการย้อมครามจากสมมุติฐานที่ตั้งจากข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่น และศึกษาทางเลือกอื่นในการเตรียมน้ำย้อมที่ใช้เวลาน้อยลงกว่า 15 วัน อนุรัตน์ศึกษาการทำฝ้ายย้อมครามครบวงจรกระบวนการผลิตจนได้ผลิตภัณฑ์ ทั้งวิธีสัมภาษณ์และทดลองในห้องปฏิบัติการเคมี แต่การปลูกคราม การทำเส้นใยฝ้ายธรรมชาติ การเตรียมสีครามและการย้อมคราม พบว่าปลูกต้นครามด้วยเมล็ด ปลายฤดูแล้ง อาศัยน้ำฝน ปุ๋ยคอกกับการคายเหง้าทุกสัปดาห์ ครามจะเติบโตออกดอกและฝักเมื่ออายุ 3 เดือน ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมแก่การเก็บมาแช่น้ำ 18-24 ชั่วโมง กวนและแยกตะกอนเก็บเรียกว่าเนื้อคราม ในการเตรียมน้ำย้อม หาสัดส่วนที่เหมาะสมได้เนื้อคราม 180 กรัมต่อน้ำซี้เก่า ถ.พ. 1.005 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใช้เวลา 15 วันจึงเป็นน้ำย้อมที่ใช้ย้อมได้ และพบว่า พีเอชของน้ำย้อมลดลงจากวันแรก 12.5 เป็น 10.5 ถ้าผสมน้ำมะขามเปียกในน้ำย้อมเริ่มต้นจะได้น้ำย้อมเร็วกว่า 15 วัน ถ้าอุณหภูมิคราม 75 กรัมในน้ำ 600 มิลลิลิตร ปูนขาว 20 กรัมและฟุนผงสังกะสี 6 กรัม ที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วพักให้หนึ่ง อย่างน้อย 6 ชั่วโมง จึงปรับปริมาตรเป็น 10 เท่าและพักต่ออีก 6 ชั่วโมง จะได้น้ำย้อมที่ใช้ย้อมได้ แต่สีจะจางต้องอุ่นเนื้อคราม พักให้เย็นไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง เติมในน้ำย้อมและย้อม ทำหลายซ้ำจึงจะได้ฝ้ายสีเข้มแต่เนื่องจากเป้าหมายของงานวิจัยคือชุมชนที่ทำฝ้ายย้อมครามใช้และขายโดยยึดความปลอดภัยและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเป็นหลัก ดังนั้นจึงเน้นศึกษาการเตรียมน้ำย้อมโดยวิธีหมักกับน้ำซี้เก่า และดูแลน้ำย้อมให้สมดุล ย้อมได้ทุก 8 ชั่วโมง

เมื่อน้ำย้อมเป็นสีเหลือง พีเอชอยู่ในช่วง 10.5-11 แสดงว่าขณะนั้นในหม้อครามมีความพอดีระหว่างเนื้อคราม น้ำซี้เก่า และพีเอช

ถ้าไม่ย้อมผ้าฝ้าย พีเอชของน้ำย้อมจะลดลงเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันสีครามส่วนที่สัมผัสอากาศจะเปลี่ยนเป็นเนื้อคราม เมื่อพีเอชต่ำกว่าช่วงการเกิดสี (10.5-11.0) จะเกิดปรากฏการณ์หม้อนิลหนึกรณีเช่นนี้ แก้ไขโดยการเติมปูนขาวเล็กน้อยเพื่อให้พีเอชสูงขึ้น ย้อมผ้าฝ้ายปริมาณน้อยสีครามจะยังมีเหลืออยู่ในน้ำย้อม เมื่อเติมเนื้อครามกับน้ำซี้ถ้าอีกเล็กน้อย ลงไปทดแทนส่วนที่ถูกใช้ย้อมไป รออีก 6-8 ชั่วโมง จะย้อมผ้าได้อีกจากสีครามที่เหลือ และที่เกิดใหม่ทดแทน ถ้าหากเติมเนื้อครามและน้ำซี้ถ้ามากเกินไป จะทำให้พีเอชของน้ำย้อมสูงขึ้นเกินช่วงการเกิดสี จะเกิดปรากฏการณ์หม้อนิลหนึกรณีอีกเช่นกัน ต้องรออีกหลายวัน เมื่อพีเอชลดลงถึงช่วงการเกิดสีจะเกิดสีอีก แต่ถ้าเติมกรด เช่น น้ำมะขามปริมาณเล็กน้อยลงในหม้อครามพีเอชจะลดลง เพียง 1-2 วัน จะเกิดสีอีก แต่ถ้าเติมกรดมากเกินไปจนพีเอชต่ำกว่า 10 สีจะเปลี่ยนไปอีก ต้องเติมปูนขาวเล็กน้อยเพื่อเพิ่มพีเอช ถ้าย้อมผ้าฝ้ายปริมาณมาก สีครามจะถูกใช้มาก แม้แต่เนื้อครามก็ถูกปนเปื้อนไปกับผ้าด้วย เมื่อปริมาณเนื้อครามในหม้อครามน้อย เกิดหม้อนิลหนึกรณีอีกเช่นกัน รอนานเทียบเท่ากับเริ่มต้นใหม่

ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์ (2553) ทำการศึกษาการติดสีของครามบนเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยโคโตซานจากเปลือกกุ้งก้ามกราม โดยศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการติดสีครามและความคงทนของสีครามต่อการซักล้างและต่อแสงแดด ของเส้นฝ้ายที่เคลือบและไม่เคลือบโคโตซานจากเปลือกกุ้ง ตามอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่าสีบนเส้นฝ้ายที่เคลือบโคโตซานจากเปลือกกุ้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) อุณหภูมิ 25 °C และเวลา 30 นาที ย้อมสีครามด้วยวิธีทางชีวภาพมีสีเข้มที่สุด เมื่อทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดด พบว่าเส้นฝ้ายที่เคลือบโคโตซานจากเปลือกกุ้งมีความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดดที่ระดับ 4 และ 4 ของ Gray scale ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยโคโตซานมาตรฐานแล้วย้อมสีครามด้วยวิธีทางชีวภาพที่มีความคงทนต่อการซักล้างและแสงแดดเท่ากับ 4-5 และ 4-5 ตามลำดับ และดีกว่าเส้นฝ้ายที่ไม่ได้เคลือบโคโตซาน

ศิริพันธ์ ห่อสมบัติ (2543) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ โดยศึกษาผลของสภาวะการย้อมต่อค่าสี ความคงทนของสีต่อการซักและความเหนียวของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ และเพื่อที่หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อม โดยใช้ปริมาณเนื้อคราม 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักผ้า ปริมาณสารรีดิวซ์และต่างระดับพอดีและระดับเกินพอดี 20 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาย้อม 45 และ 60 นาที พบว่าสภาวะการย้อมของต่อความคงทนของสีต่อการซักล้างหลังการซักผ้ามีความสว่าง ความเป็นสีแดง ความเป็นสีน้ำเงินและความสดใสสูงขึ้น สภาวะการย้อมต่อความเหนียวหลังการย้อมค่าแรงดึงขาดของผ้าลดลง 9.55 เปอร์เซ็นต์ การย้อมโดยใช้เนื้อคราม 100

เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า ปริมาณสารรีดิวซ์และต่างระดับพอดีและระยะเวลาข้อม 60 นาที เป็นสภาวะที่ให้ความสดใสของสี ความเข้มของสี ความคงทนของสีต่อการซักและความเหนียวดีที่สุด ใช้เนื้อครามปริมาณ 2.25 กรัม ต่อ โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ 3.37 กรัมและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.37 กรัม โดยใช้น้ำกลั่น 135 มิลลิลิตร คิดเป็นอัตราส่วนเนื้อคราม:โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์:โซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1:1.50:1.50 ตามลำดับเข้มข้น 0.06 โมลต่อลิตร

ไพศาล คงคารุญฉาย(2543) ได้พัฒนาเทคนิคการข้อมไหมด้วยครามเมื่อ 10 ปีก่อน ด้วยการสกัดสีครามจากใบครามสดแช่น้ำ กวนน้ำครามและกรองด้วยระบบสุญญากาศ ก่อนนำไปให้แห้ง จึงนำครามผงมาเตรียมน้ำข้อมด้วยการรีดิวซ์ด้วย โซเดียมไดไทโอไนต์ ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ สัดส่วน 1:136:136 ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร ทำการข้อมเส้นไหมที่ฟอกด้วยสบู่ต้ม 60-70 องศาเซลเซียสพบว่าเส้นไหมดูดซับสีครามได้ดีที่สุด 33 องศาเซลเซียส กวนเร็ว 1,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที โดยอัตราการดูดซึมของเส้นไหมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเส้นไหมจะยุ่ยและขาดเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส และพบว่าสีของเส้นไหมเข้มที่สุดเมื่อข้อม 6 ชั่วโมง ความทนของเส้นไหมต่อแสงนีออนอาร์ก อยู่ในระดับต่ำและทนต่อการซักล้างระดับปานกลาง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมน้ำย้อมสีครามจากใบเปือกเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพและการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี และทดสอบความคงทนของสีครามบนผ้าฝ้าย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์การวิจัย

1. เครื่องชั่ง
2. ถังมือยาง
3. ถังน้ำขนาดกลาง
4. กระจกตวง
5. ปีกเกอร์
6. แท่งคนสาร
7. ช้อนตักสาร
8. นาฬิกาจับเวลา
9. กระดาษยูนิเวอร์ซัล
10. ราวตากผ้า และที่หนีบผ้า
11. ผ้าขาวบาง
12. ผ้าฝ้าย
13. ชัน
14. กระจกนิตยา
15. เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)
16. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง UV-1601 ZHIMADAZU
17. เกรย์สเกลสำหรับการอ่านค่าเปลี่ยนแปลงสี และการปนเปื้อนสี
18. ผ้ามาตรฐาน เป็นผ้าขนสัตว์สีน้ำเงิน มีอัตราความคงทนของสีต่อแสงมีค่าระดับ

1 (มีความคงทนต่ำสุด) ถึงระดับ 8 (มีความคงทนสูงสุด)

19. แผงสำหรับวางชิ้นทดสอบผิ๊งแดด มีแผ่นแก้วปิดด้านบน วางห่างจากชิ้นทดสอบ 50 มิลลิเมตร

20. กระจกทึบแสงเป็นแผ่นกระจกแข็งหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์

21. ผ้า Multifiber

3.1.2 สารเคมี

1. ผงเปลือก

2. น้ำซีเ็ก้า

3. โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) หรือ โซเดียมไดไธโอไนต์

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

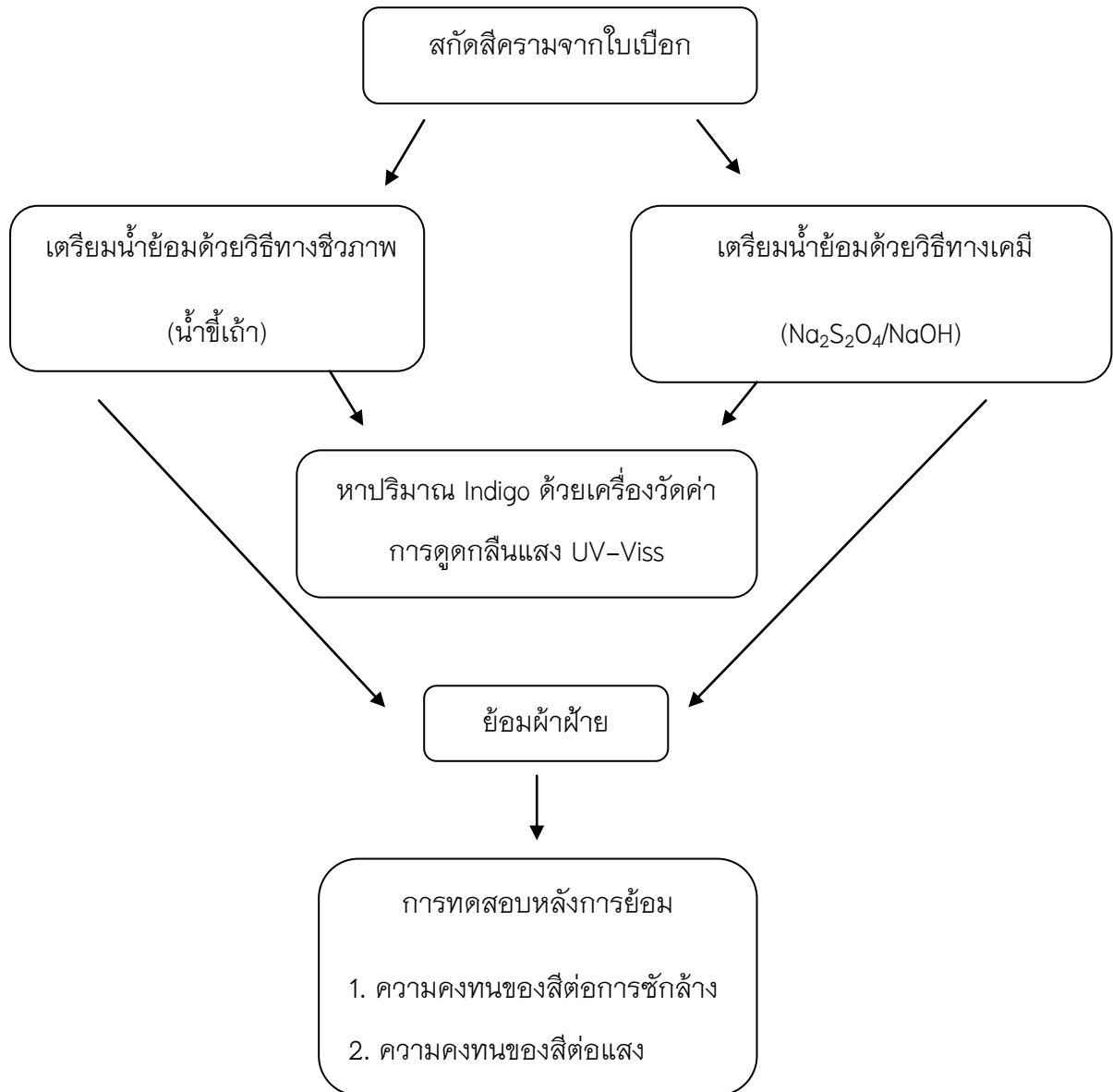
5. ปูนขาว (CaO)

6. อินดิโกมาตรฐาน (Indigo blue: $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$)

7. ผงซักฟอกมาตรฐาน

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 แผนผังการทดลอง



ภาพที่ 3.1 แผนผังการทดลอง

3.2.2 การเตรียมตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างใบเปือก มาศึกษา จะเก็บใบเปือกสดแก่จัด ในตอนเช้าตรู่เพื่อลดการคายน้ำของใบเปือกและจะทำให้ใบเปือกคงความสด จากนั้นนำมาล้างน้ำ ฟึ่งให้หมาดน้ำ

การเตรียมผ้าฝ้าย ผ้าที่ทดลองเป็นผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ สีขาว ผ่านการลอกแป้ง ทำความสะอาดและไม่ฟอกขาว ในการทดลองย่อมจะใช้ผ้าฝ้ายทดลองขนาด 60X60 มิลลิเมตร

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

3.3.1.1 การหาความยาวคลื่นที่สีครามดูดกลืนแสงได้มากที่สุด (λ_{max})

1. ชั่งโซเดียมไดโครโอไนต์ 2.5000 กรัม ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์หนัก 3.5000 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร คนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก เป็นเวลา 5 นาที

2. นำสารละลายที่ได้วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ 30 องศาเซลเซียส

3. ชั่งผงครามมาตรฐานหนัก 0.0100 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง เติมลงในสารละลายข้อที่ 2 อย่างรวดเร็ว ปิดจุก คนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กต่อเนื่องเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้

4. สารละลายข้อที่ 3 จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดูดสารละลายสีเหลืองด้านบนด้วยไมโครปิเปตใส่ในคิวเวตอย่างรวดเร็ว วัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 350-600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์บันทึกกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสง ทำ 3 ซ้ำ เลือกความยาวคลื่นที่ครามมาตรฐานดูดกลืนแสงมากที่สุด (λ_{max})

3.3.1.2 การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งโซเดียมไดโครโอเนต 2.5000 กรัม ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์หนัก 3.5000 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร คนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก เป็นเวลา 5 นาที
2. นำสารละลายจากข้อที่ 1 วางลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส
3. ชั่งครามฟงมตราฐานหนัก 0.0100 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง เติมน้ำลงในสารละลายข้อที่ 2 อย่างรวดเร็ว ปิดจุก คนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กต่อเนื่องเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้
4. สารละลายข้อที่ 3 จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองซึ่งมีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 3.8×10^{-4} โมลาร์
5. ทำการเจือจางให้สารละลายมีความเข้มข้นเป็น 1.9×10^{-4} 0.95×10^{-4}
 0.475×10^{-4} 0.2375×10^{-4} 0.11875×10^{-4} โมลาร์ ตามลำดับ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลาย ใส่ในคิวเวตอย่างรวดเร็ว วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดจากผลการทดลองข้อ 4 ของ 3.3.1 ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ทุกความเข้มข้น
6. บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละความเข้มข้นของอินดิโกและสร้างกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

3.3.2 การเตรียมน้ำย้อมสีครามด้วยวิธีทางชีวภาพ

3.3.2.1 การสกัดสีครามจากใบเปือก

1. เก็บใบเปือกสดแก่ 1 กิโลกรัม ล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้หมาดน้ำ
2. ต้มน้ำเดือด 6 ลิตร แล้วยกลงพักทิ้งไว้ให้อุ่น 60 องศาเซลเซียส
3. นำใบเปือกที่เตรียมไว้ลงแช่จนน้ำแช่เย็น (25 องศาเซลเซียส) ใช้เวลา 2 ชั่วโมง แล้วแยกกากออกจะได้น้ำเปือก
4. เติมนูนขาว (CaO) เรื่อย ๆ พร้อมกวนสังเกตุสีของฟองจนกระทั่งเกิดฟองสีน้ำเงิน แล้วทิ้งให้ตกตะกอน จะได้เนื้อเปือกอยู่ชั้นล่างของถัง เก็บไว้ใช้เตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ
5. ทำซ้ำ 2 ซ้ำครั้ง (กุหลาบ อุปสรรค, สัมภาษณ์, 2555)

3.3.2.2 การเตรียมน้ำซีเถ้า

1. ขุดหลังกักขังล้วยลับเป็นชั้นเล็ก ๆ นำไปตากให้หมาด
2. นำหลังกักขังที่ตากหมาด ๆ และกากบมะพร้าวแห้งไปเผารวมกันจนกลายเป็นซีเถ้า
3. เจาะรูก้นภาชนะ รองด้วยปุ๋ยฝ้ายหรือเยื่อมะพร้าว บรรจุซีเถ้าเต็มพอดี กดซีเถ้าให้แน่น
4. เติมน้ำให้ท่วมพอดีกับระดับซีเถ้าที่บรรจุ กรองเอาน้ำซีเถ้าครั้งแรกแล้วเติมน้ำลงไปอีกในปริมาณเท่าเดิมกรองเอาน้ำซีเถ้าครั้งที่สองรวมกับครั้งแรก และวัด pH เก็บไว้ใช้เตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ

3.3.2.3 การเตรียมน้ำมะขามเปียก

ต้มมะขามเปียก 100 กรัม ในน้ำ 3 ลิตร จนเดือด แล้วพักไว้ให้เย็นกรองเอาน้ำมะขามเปียก บันทึกค่า pH เก็บไว้ใช้เตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ

3.3.2.4 การเตรียมน้ำย้อมสีครามด้วยวิธีทางชีวภาพ

- 1) **หาสัดส่วนที่ทำให้เกิดสีครามติดผ้าฝ้าย**
 1. เตรียมถังน้ำจำนวน 5 ใบ ใส่เนื้อเปลือกที่เตรียมได้จากข้อ 4 ของ 3.3.2.1 ใบละ 500 มิลลิลิตร
 2. จากนั้นเติมน้ำมะขามเปียก ทุกใบ ใบละ 50 มิลลิลิตร
 3. เติมน้ำต่างลงไปผสมในถังทุกใบ ปริมาตร 50, 100, 150, 200, 250 มิลลิลิตร ตามลำดับ
 4. สังเกตสี กลิ่น ฟอง ของน้ำย้อม และวัด pH ทุกวัน
 5. เมื่อน้ำย้อมเหลือง ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงน้ำย้อมด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พร้อมทั้งย้อมผ้าฝ้ายไปพร้อม ๆ กัน สังเกตสีที่ติดผ้าจากการย้อมด้วยผ้าฝ้าย ทำทุกวัน ๆ ละครั้ง จนน้ำย้อมเป็นสีน้ำเงิน
 6. ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ จากข้อ 1-6

2) หาปริมาณสีครามที่ได้จากการหมักน้ำย้อมทางชีวภาพ

1. เตรียมถังน้ำจำนวน 3 ใบ ใส่เนื้อเปลือกที่เตรียมได้จากข้อ 4 ของ 3.3.2.1 ใบละ 500 มิลลิลิตร
 2. เติมน้ำมะขามเปียก ทุกใบ ใบละ 50 มิลลิลิตร
 3. ผสมน้ำต่างในถังทุกใบ ปริมาตรที่ดีที่สุดจากข้อ 5 จาก 3.3.2.4
 4. โจงน้ำย้อม สังเกตสี กลิ่น ฟองของน้ำย้อม และวัด pH ทุกวัน
 5. เมื่อน้ำย้อมเหลือง ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงน้ำย้อมด้วยเครื่องยูวี-วิสิ-เบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พร้อมทั้งย้อมผ้าฝ้าย สังเกตสีที่ติดผ้าฝ้าย ทำทุกวัน ๆ ละครั้ง จนน้ำย้อมเป็นสีน้ำเงิน
 6. นำค่าการดูดกลืนแสง จากการวัดน้ำย้อมด้วยเครื่องยูวี-วิสิ-เบิลสเปกโทรโฟโต-มิเตอร์ คำนวณหาค่าปริมาณของสีครามที่เกิดในน้ำย้อม โดยสมการจากกราฟมาตรฐานใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณของสีคราม

3.3.3 เตรียมน้ำย้อมสีครามตามวิธีทางเคมี

3.3.3.1 เตรียมผงเปลือก

1. เก็บใบเปลือกสดแก่ 1 กิโลกรัม ล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้หมาดน้ำ
2. ต้มน้ำเดือด 6 ลิตร แล้วยกลงพักทิ้งไว้ให้อุ่น 60 องศาเซลเซียส
3. นำใบเปลือกที่เตรียมไว้ลงแช่จนน้ำแช่เย็น (25 องศาเซลเซียส) ใช้เวลา 2 ชั่วโมง แล้วแยกกากออกจะได้น้ำเปลือก
4. นำน้ำเปลือกที่ได้มากรนเติมอากาศด้วยไม้พาย จนได้น้ำเปลือกสีน้ำเงิน ฟองสีน้ำเงิน ทิ้งให้ตกตะกอน
5. แยกของเหลวชั้นบน โดยใช้ปิ๊กเกอร์ตักออกจนเหลือน้อย จึงใช้กระบอกฉีดยาดูด น้ำเนื้อเปลือกที่เหลือไปแยกต่อไป โดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) นำไปอบให้แห้ง เก็บไว้ในขวดสีชา เพื่อนำไปเตรียมน้ำย้อมทางเคมี

3.3.3.2 การเตรียมน้ำย้อม

1. ละลายโซเดียมไดโครโอไนต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 12.5000 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 17.5000 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และผงเปือก 0.0500 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ในแต่ละบีกเกอร์ โดยละลายแยกกัน
2. ผสมสารละลายโซเดียมไดโครโอไนต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ชะล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร วัดค่า pH
3. เติมสารละลายผงเปือกลงในสารรีดิวซ์ที่ผสมกันในข้อที่ 2 ชะล้างสารละลายเปือกด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนสารละลายเครื่องคนแม่เหล็ก (magnetic stirrer) ความเร็วปานกลาง (ระดับ 4) เป็นเวลา 25 นาที วัดค่า pH พักทิ้งไว้หนึ่ง ๆ แล้ววัด pH ทุก ๆ 6 ชั่วโมง จนสารละลายเกิดเป็นสีเหลือง วัด pH
4. นำน้ำย้อมที่เป็นสีเหลือง ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นจากผลการทดลองที่ 3.3.1.1 บันทึกค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของน้ำย้อมคำนวณหาค่าปริมาณของ Indigo ในน้ำย้อม
5. ย้อมผ้าฝ้ายตัวอย่าง
6. ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ จากข้อ 1- 5
7. เพิ่มปริมาณผงเปือกเป็น 2 เท่า หรือ 0.1000 กรัม ทำการทดลองซ้ำ จากข้อ 1-5

3.3.4 การทดสอบความคงทนของสีผ้าฝ้ายหลังการย้อม

1) การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง

การเตรียมชิ้นส่วนทดสอบ

1. ตัดชิ้นทดสอบขนาด 100 x 20 มิลลิเมตร กับผ้า Multifiber ขนาด 100 x 20 มิลลิเมตร เช่นกัน โดยเย็บด้านสั้นด้านใดด้านหนึ่ง โดยหันหน้าผ้า Multifiber เข้าหาผ้าตัวอย่าง
2. ตัดชิ้นทดสอบขนาด 100 x 20 มิลลิเมตร ระหว่างผ้าประกบ 2 ชิ้น โดยเย็บด้านสั้นด้านใดด้านหนึ่ง (ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2550)

การทดสอบ

1. เตรียมน้ำซัก เติมผงซักฟอกในอัตราส่วน 5 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร
2. วางชิ้นทดสอบลงในอ่าง ควบคุมอุณหภูมิของอ่างน้ำร้อนเป็น 50 ± 2 องศาเซลเซียส ปั่นกวนชิ้นทดสอบด้วยความเร็ว 50 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 45 นาที

3. นำชิ้นทดสอบออกจากอ่างน้ำร้อน ล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำ ซึ่งไหลตลอดเวลาเป็นเวลา 10 นาที บีบน้ำออกจากชิ้นทดสอบ
4. ผึ่งผ้าทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส โดยกางผ้าชิ้นส่วนออกจากกัน
5. หาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบ และค่าการเปื้อนสีบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกล (Gray scale) (ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์, 2553)

2) การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

การเตรียมชิ้นทดสอบ

1. ชิ้นทดสอบที่เป็นผ้าฝ้าย ตัดให้มีขนาด 10 x 60 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบที่เป็นเส้นด้ายให้พันรอบแผ่นกระดาษแข็ง ขนาด 10 x 60 มิลลิเมตร
2. ตัดผ้ามาตรฐานให้มีขนาด 10 x 60 มิลลิเมตร
3. เรียงชิ้นทดสอบ และผ้ามาตรฐาน ปิดแผ่นทึบแสงไว้หนึ่งในสามตรงจุดกึ่งกลาง
4. นำชิ้นทดสอบ และผ้าสีมาตรฐานที่เตรียมไว้ไปผึ่งไว้ในแสงแดดตลอดเวลาทั้งกลางวัน โดยให้ชิ้นทดสอบเฉียงหันหน้าไปทางทิศใต้ทำมุมกับแนวระดับ ไม่ให้มีเงาที่เกิดจากสิ่งรอบ ๆ ตกบนชิ้นทดสอบ
5. ให้เปิดแผ่นทึบแสงเพื่อตรวจดูการเปลี่ยนแปลงสีของผ้ามาตรฐานเป็นระยะ ๆ เมื่อสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของชิ้นทดสอบให้บันทึกระดับของผ้าสีมาตรฐานที่เปลี่ยนสีเท่ากับชิ้นทดสอบไว้
6. ผึ่งชิ้นทดสอบ และผ้ามาตรฐานต่อไปจนสังเกตเห็นความแตกต่างส่วนที่ปิดไว้กับส่วนที่ถูกแสงของชิ้นทดสอบเท่ากับเกรด 4 ของเกรย์สเกล แล้วเอาแผ่นทึบแสงอีกแผ่นหนึ่งปิดทับชิ้นทดสอบและผ้ามาตรฐานส่วนที่เหลืออีกหนึ่งในสาม
7. ผึ่งแดดต่อไปจนกระทั่งความแตกต่างระหว่างส่วนที่ถูกแสงทั้งหมดกับส่วนที่ไม่ถูกแสงของชิ้นทดสอบเท่ากับเกรด 3 ของเกรย์สเกล ถ้าสีมาตรฐาน 7 จางเท่ากับเกรด 4 ของเกรย์สเกลก่อนชิ้นทดสอบ การทดสอบถือว่าสิ้นสุดเพราะชิ้นทดสอบมีความคงทนของสีต่อแสงเป็น 7 หรือมากกว่า (ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์, 2553)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการทดลองการเตรียมน้ำย้อมสีครามจากใบเปือกเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสม ในการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพและการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี

4.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

การสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณอินดิโกถูกนำมาใช้ในการหาปริมาณอินดิโกในการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพและการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี

4.1.1 ความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})

วัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 350-600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล - สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสง

ตารางที่ 4.1 แสดงความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของอินดิโกและค่าการกลืนดูดกลืนแสง

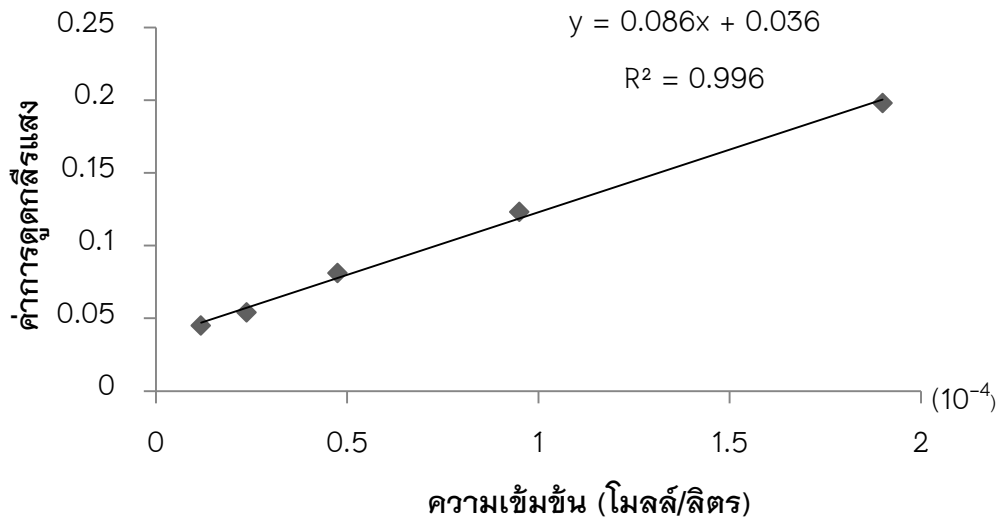
ครั้งที่	ความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
1	401.5	3.913
2	401.5	3.763
3	401.5	3.311

จากตาราง พบว่า ค่าความยาวคลื่นให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 401.5 นาโนเมตร มีค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 3.662

4.1.2 สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของอินดิโก
มาตรฐานตั้งแต่ 1.9×10^{-4} 0.95×10^{-4} 0.475×10^{-4} 0.2375×10^{-4} และ 0.11875×10^{-4} โมลาร์ ที่
ความยาวคลื่น 401.5 นาโนเมตร

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของอินดิโกที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (โมลาร์) ($\times 10^{-4}$)	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
1.9	0.198
0.95	0.123
0.475	0.081
0.2375	0.054
0.11875	0.045



ภาพที่ 4.1 แสดงกราฟมาตรฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น
ของอินดิโกมาตรฐาน

4.2 การเตรียมน้ำย้อม

4.2.1 การเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ

1) หาสัดส่วนที่ทำให้เกิดสีครามติดผ้าฝ้าย

เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมทำให้เกิดสีครามติดผ้าฝ้ายได้ดี ในภาชนะ 5 ถัง โดยการเติมน้ำต่างปริมาตรต่างๆ ตามปริมาตรดังนี้ 50 100 150 200 250 มิลลิลิตรตามลำดับและสังเกตสี กลิ่น ฟองของน้ำย้อม และวัด pH ทุกวัน

เมื่อน้ำย้อมเริ่มเหลือง ในวันที่ 11 วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 401.5 นาโนเมตร พร้อมทั้งย้อมผ้าฝ้ายสังเกตสีที่ติดผ้าจากการย้อมด้วยผ้าฝ้ายทำทุกวันๆ ละครั้ง จนน้ำย้อมเป็นสีน้ำเงิน

ตารางที่ 4.3 แสดงการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และสีผ้าฝ้ายจากการย้อม

วันที่	ภาชนะที่	ลักษณะการวัด			สีผ้า
		สีฟองและน้ำเปือก	กลิ่น	pH	
11	1	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	4	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
12	1	ครามเขียว	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	ครามเขียว	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	ครามเข้ม	ไม่มี	9	เทาดำ
	4	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
13	1	ครามเขียว	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	ครามเขียว	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	ครามเขียว	ไม่มี	9	เทาดำ
	4	ครามเขียว	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	ครามเขียว	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

วันที่	ภาชนะที่	ลักษณะการวัด			สีผ้า
		สีฟองและน้ำเปือก	กลิ่น	pH	
14	1	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	ครามเขียว	ไม่มี	9	เทาดำ
	4	ครามเขียว	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	ครามเขียว	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
15	1	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ
	4	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
16	1	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	ครามเข้ม	ไม่มี	9	เทาดำ
	4	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
17	1	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	4	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	ครามเข้ม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
18	1	ครามเขียว	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	ครามเขียว	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ
	4	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

วันที่	ภาชนะที่	ลักษณะการวัด			สีผ้า
		สีฟองและน้ำเปือก	กลิ่น	pH	
19	1	ครามเขียว	ไม่มี	9	เทาดำ
	2	ครามเขียว	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	4	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
20	1	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	2	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	3	คราม	ไม่มี	8	เทาดำ
	4	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว
	5	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงินเขียว

จากตาราง พบว่า ค่า pH ของน้ำย้อมทุกถัง เป็น 8-9 ทุกวัน ย้อมผ้าติดสีเข้ม ในวันที่ 11 และ 12 และสีเข้มเด่นชัดใกล้เคียงกัน ในวันที่ 12 ดังภาพ 4.2 มีค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่าช่วงความเข้มข้นของกราฟมาตรฐาน จึงไม่สามารถคำนวณหาปริมาณสีครามได้

ปริมาณน้ำต่าง 50 100 150 200 250
 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓



ภาพที่ 4.2 แสดงผ้าที่ย้อมด้วยน้ำย้อมเตรียมด้วยวิธีทางชีวภาพในวันที่ 12

2)หาปริมาณสีครามที่ได้จากการหาสัดส่วนที่ทำให้เกิดสีครามติดผ้าฝ้ายของน้ำย้อมทางชีวภาพ

เตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพเพื่อหาค่าปริมาณของสีครามที่เกิดในน้ำย้อม โดยใช้สัดส่วนน้ำเปือก500 มิลลิลิตรในปริมาตรน้ำต่าง 200 และ 250 มิลลิลิตร สังเกตสี กลิ่น pH ทุกวัน และย้อมผ้าฝ้ายทุกๆ 3 วัน

ตารางที่ 4.4แสดงการหาค่าปริมาณของสีครามที่เกิดในน้ำย้อม โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) สัดส่วน 500:200 มิลลิลิตร

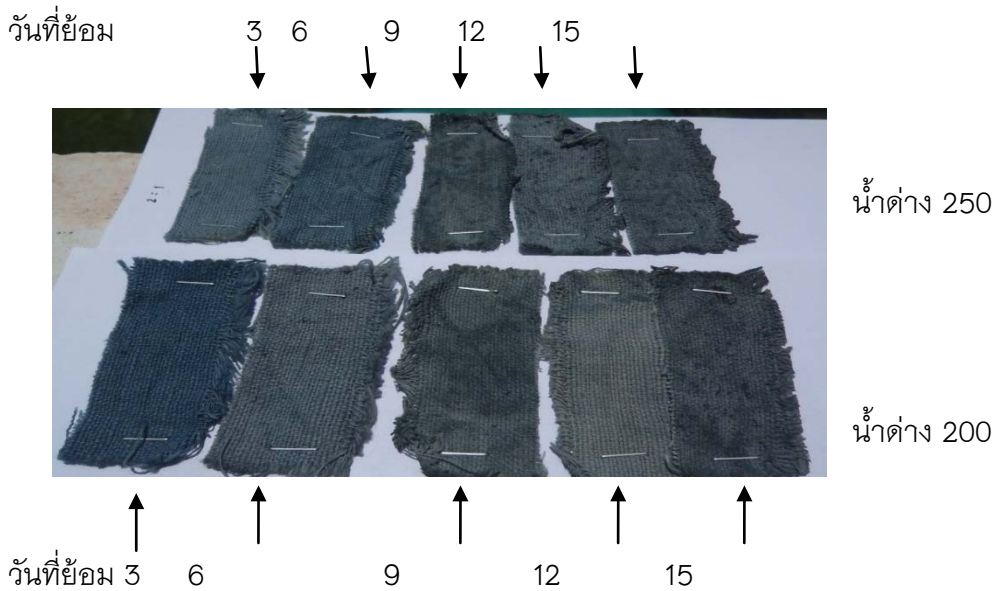
วันที่วัด	ลักษณะการวัด			สีผ้า
	สีฟองและน้ำเปือก	กลิ่น	pH	
3	ครามเขียว	ไม่มี	10	น้ำเงิน
6	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ
9	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ
12	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ
15	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ

จากตาราง พบว่าค่า pH เป็น 10 ในวันที่ 3 และเป็น 9 จนถึงวันที่ 15 แต่ผลการติดสีบนผ้าฝ้ายแตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.5แสดงการหาค่าปริมาณของสีครามที่เกิดในน้ำย้อม โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) สัดส่วน 500:250 มิลลิลิตร

วันที่วัด	ลักษณะการวัด			สีผ้า
	สีฟองและน้ำเปือก	กลิ่น	pH	
3	ครามเขียว	ไม่มี	10	เทาดำ
6	คราม	ไม่มี	9	น้ำเงิน
9	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ
12	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ
15	คราม	ไม่มี	9	เทาดำ

จากตาราง พบว่า ค่า pH เป็น 10 ในวันที่ 3 และเป็น 9 จนถึงวันที่ 15 แต่ผลการติดสีบนผ้า ผ้ายแตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ผ้าย้อมด้วยน้ำย้อมทางชีวภาพ ปริมาณน้ำต่าง 200 และ 250 มิลลิลิตร

จากภาพ พบว่าผ้าที่ย้อมด้วยสัดส่วนเนื้อเปลือกต่อน้ำต่าง 500:200 ย้อมในวันที่ 3 สีฟ้า สีน้าเงิน และสีผ้าย้อมในวันอื่นๆ สีผ้าเป็นสีเทาดำ ส่วนสัดส่วน 500:250 ย้อมผ้าได้ผ้าสีน้ำเงินในวันที่ 6 แต่ได้สีน้ำเงินไม่ชัดเจน เมื่อเทียบกับสัดส่วน 500:200 และในวันอื่นๆ ผ้ามีสีเทา ดำ

4.2.1 การเตรียมน้ำย้อมทางเคมี

การเตรียมน้ำย้อมทางเคมีโดยใช้ปริมาตรโซเดียมไดไฮโอไนต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 12.5000กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 17.5000กรัม และผงเปลือก 0.0500, 0.1000กรัม ในปริมาตร 500 มิลลิลิตร วัด pH ทุกๆ 6 ชั่วโมง จนสารละลายเกิดเป็นสีเหลือง จึงย้อมผ้าผ้าย

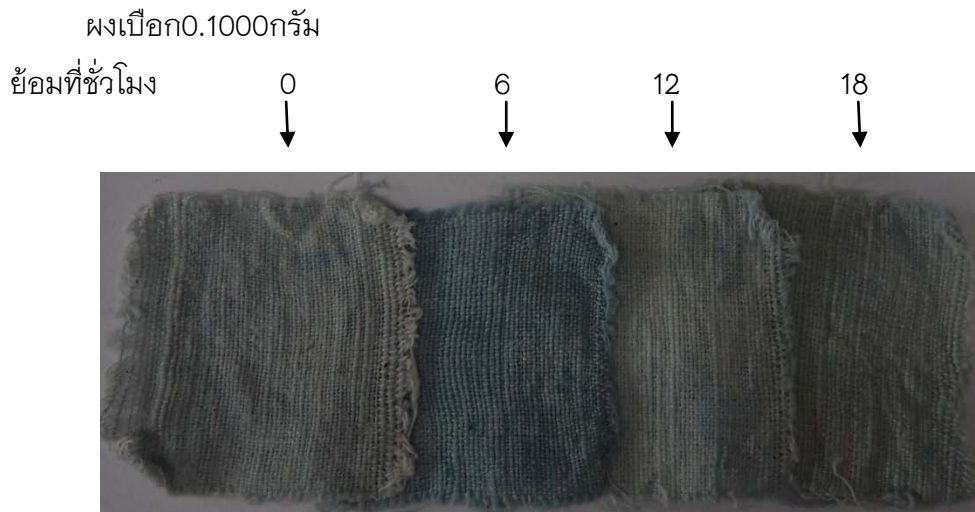
ตารางที่ 4.6 แสดงการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี โดยผงเบือก 0.0500, 0.1000 กรัม ใน ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ปริมาณผงเบือก (กรัม)	ลักษณะการวัด		สีผ้า
	เวลา(ชั่วโมง)	pH	
0.05	0	11	ฟ้าจาง
	6	12	ฟ้าเข้ม
	12	11	ฟ้าเขียว
	18	11	ฟ้าเข้ม
0.1	0	11	ฟ้าเขียว
	6	12	ฟ้า
	12	11	ฟ้าเขียว
	18	11	ฟ้าเขียว

จากตาราง พบว่า ผ้าย้อม ชั่วโมงที่ 6 เกิดสีครามมากกว่าผ้าย้อมชั่วโมงที่ 12 และ 18 โดยพบว่า ใช้ผงเบือกมากกว่าสีที่ติดผ้าฝ้ายใกล้เคียงกัน แสดงว่าสัดส่วน ผงเบือก:Na₂S₂O₄: NaOH 0.0500:12.5000:17.5000 ปริมาตร 500 มิลลิลิตรเป็นสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งดูจากสีผ้าฝ้าย ดังภาพ 4.4 และ 4.5



ภาพที่ 4.4 แสดงผ้าย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี ใช้ผงเบือก 0.0500 กรัม



ภาพที่ 4.5 แสดงผ้าย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี ใช้ผงเปลือก 0.1000 กรัม

จากภาพ พบว่าการเตรียมน้ำย้อมจากสัดส่วน ผงเปลือก: Na₂S₂O₄: NaOH
 0.0500:12.5000:17.5000 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร สีผ้าดีกว่า สัดส่วน ผงเปลือก: Na₂S₂O₄:
 NaOH 0.1000:12.5000:17.5000 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

4.3 การทดสอบความคงทนของสีผ้าฝ้ายหลังการย้อม

4.3.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง

จากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง และการปนเปื้อนของสีที่มีต่อผ้า
 โดยใช้มาตรฐานของเกรย์สเกล (Gray scale) ในการวัด

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของน้ำย้อมทางชีวภาพ
 สัดส่วนเนื้อเปลือกน้ำต่าง 500:200

วันที่	ระดับความคงทนของสีต่อการซักล้าง
3	3/4
6	2
9	2
12	2
18	3

จากตาราง พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ มีความคงทนของสีต่อการซักล้างมากที่สุด ที่ระดับ 3/4 ของ Gray scale ในวันที่ 3

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของน้ำย้อมทางเคมีใช้

ผงเปลือก: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$: NaOH 0.0500:12.5000:17.5000 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ชั่วโมงที่ย้อม	ระดับความคงทนของสีต่อการซักล้าง
0	3
6	3/4
12	2
18	3/4

จากตาราง พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทั้งเคมีมีความคงทนของสีต่อการซักล้างมากที่สุด ที่ระดับ 3/4 ของ Gray scale ช่วงเวลาที่ย้อมที่ 6 และ 18 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.9 แสดงการตกติดสีจากการซักผ้าฝ้าย ด้วยผงซักฟอกมาตรฐาน โดยใช้มาตรฐาน Gray scale ในการวัด

การย้อมผ้า	น้ำย้อมทางชีวภาพ	น้ำย้อมทางเคมี
ขบวนการมาตรฐาน	(500:200 ml)	(0.05g/500 ml)
	ย้อมวันที่ 3	ย้อมที่ 6 ชั่วโมง
wool	5	5
Acrylic	5	5
Polyester	4/5	4/5
Polyamide	2	4
Bleached cotton	5	5
Diacetate	3	5

จากตาราง พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมจากวิธีการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพตกติด Polyamide และ Diacetate ไม่ตกติด wool Acrylic Polyester Bleached cotton และการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี ตกติดน้อยมากใน Polyester ไม่ตกติด wool Acrylic Polyamide Bleached

cottonDiacetate และ มีความคงทนต่อการตกติดสีต่อผ้าฝ้ายตัวอย่างในระดับที่เท่ากัน ที่ระดับ5 ของGray scale

4.3.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

จากการทดสอบนำผ้าฝ้ายตัวอย่างฝั่งแสงแดด จนกระทั่งผ้าฝ้ายตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงสีเทียบกับผ้ามาตรฐาน เป็นผ้าขนสัตว์สีน้ำเงิน มีอัตราความคงทนของสีต่อแสงมีค่าระดับ 1 (มีความคงทนต่ำสุด) ถึงระดับ7(มีความคงทนสูงสุด)โดยใช้มาตรฐาน Gray scaleในการวัด

ตารางที่4.10 แสดงผลการทดสอบการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดด

เส้นฝ้าย	ฝ้าย้อมด้วยวิธีการเตรียม น้ำย้อมทางชีวภาพ	ฝ้าย้อมด้วยวิธีการเตรียม น้ำย้อมทางเคมี
ผลความคงทน ของสีต่อแสงแดด	4	4/5

จากตารางพบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมจากวิธีการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ สัดส่วน เนื้อเปลือกต่อ น้ำต่าง 500:200 ย้อมในวันที่ 3 มีความคงทนต่อแสงแดด ที่ระดับ 4ของGray scaleผ้าฝ้าย ที่ ย้อม ด้วย วิธีการ เตรียม น้ำ ย้อม ทาง เคมี สัดส่วน ผงเปลือก : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$: NaOH 0.0500:12.5000:17.5000 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร มีความคงทนต่อแสงแดด ที่ ระดับ 4/5 ของGray scale

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

การสร้างกราฟมาตรฐาน

การสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้โซเดียมไดโครโอไรต์ 2.5000 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.5000 กรัม และผงอินดิโกมาตรฐาน 0.0100 กรัม ในปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยวัดช่วงความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 350 – 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นทำการทดลองเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของอินดิโกมาตรฐาน เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณของอินดิโก ในน้ำย้อม เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทดลอง ที่ดัดแปลงมาจาก (วิภาภรณ์ ถากงตา, สุพัตรา อัดติยะ, 2555) ได้ค่าใกล้เคียงกัน

การเตรียมน้ำย้อม

การเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ โดยใช้สัดส่วนเนื้อเปลือกต่อน้ำซี้ในอัตราส่วน 500:50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่า สัดส่วนเนื้อเปลือกต่อน้ำซี้ 500:200 และ 500:250 เกิดสีครามบนผ้าฝ้ายในปริมาณสีที่เท่ากัน แต่สีของสัดส่วน 500:200 จะเกิดสีครามและย้อมติดได้ดีในวันที่ 3 สัดส่วน 500:250 จะเกิดสีครามและย้อมติดได้ดีในวันที่ 6 เมื่อสังเกตสีจากการติดสีบนผ้าฝ้ายสัดส่วน 500:200 ย้อมติดสีดีกว่าสัดส่วน 500:250 เพราะความเค็มของน้ำต่างมากเกินไปจะทำให้เกิดสีครามได้ช้ากว่า จึงสรุปได้ว่าเนื้อเปลือก 500 มิลลิลิตร ต้องใช้ปริมาณน้ำซี้ 200 มิลลิลิตร จึงจะทำให้สีครามติดผ้าฝ้ายได้ดีที่สุด ซึ่งย้อมผ้าฝ้ายได้สีน้ำเงินเขียว

การเตรียมน้ำย้อมทางเคมี โดยใช้โซเดียมไดโครโอไรต์เป็นตัวรีดิวซ์ ปริมาณโซเดียมไดโครโอไรต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 12.5000 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 17.5000 กรัม และเนื้อเปลือก 0.0500, 0.1000 กรัม ในปริมาตร 500 มิลลิลิตร ย้อมผ้าฝ้ายในช่วงเวลา 0, 6, 12, 18 ชั่วโมง พบว่าในน้ำย้อมที่ใช้เนื้อเปลือก 0.0500 กรัม ที่ pH 12 ช่วงเวลาย้อม ที่ 6 สามารถย้อมผ้าฝ้ายได้สีฟ้า ในช่วงเวลาอื่น ๆ ได้ผ้าฝ้ายสีเทาดำ ส่วนน้ำย้อมที่ใช้เนื้อเปลือก 0.1000 กรัม pH 12 ที่ช่วงเวลา ย้อม 6 ชั่วโมง ย้อมผ้าได้สีฟ้า และในช่วงเวลาอื่น ๆ ได้สีฟ้าสีเทาดำ ที่ pH 11 เมื่อเปรียบเทียบสีผ้า

ที่ย้อมด้วยผงเปลือก 0.0500 กรัม และผงเปลือก 0.1000 กรัม นำมาเตรียมน้ำย้อม สีผ้าฝ้ายผงเปลือก 0.0500 กรัม ดึกว่า อาจเกิดจากตัวรีดิวซ์อาจจะไม่เพียงพอที่จะรีดิวซ์ผงครามได้หมด หรือ อุณหภูมิที่ทำการย้อมแตกต่างกัน เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ในการย้อม เพียงแต่หาสัดส่วนที่สามารถเตรียมน้ำย้อมที่ย้อมผ้าฝ้ายติดได้ดี จึงทำให้ผ้าที่ย้อมด้วยการเตรียมน้ำย้อมด้วยที่มีปริมาณผงเปลือกต่างกัน มีสีผ้าที่ต่างกัน อย่างเห็นได้ชัด จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อเปลือกและ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4/\text{NaOH}$ ในอัตราส่วน 0.0500:12.5000:17.5000 กรัม ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ที่ pH 10 สามารถย้อมผ้าฝ้ายติดได้ดี ในช่วงเวลาที่ 6 ชั่วโมง

ในขั้นตอนการหาปริมาณอินดิโก ในน้ำย้อม ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ คำนวณหาปริมาณของอินดิโก จากกราฟมาตรฐาน พบว่าน้ำย้อมมีปริมาณของอินดิโกเข้มข้นมาก ค่าที่วัดได้เกินช่วงความเข้มข้นของกราฟมาตรฐาน จึงไม่สามารถคำนวณหาปริมาณอินดิโกที่อยู่ในน้ำย้อมได้

ทดสอบความคงทนของสีผ้าฝ้ายหลังการย้อม

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนต่อการตกติดสี ด้วยการทดสอบกับผ้า Multifiber ซักกับผงซักฟอกมาตรฐาน พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมจากการเตรียมทางชีวภาพ มีความคงทนต่อการซักล้างสูงสุดที่ระดับ 3/4 ของ Gray scale และความคงทนของการตกติดสี มีผลต่อผ้า Polyester, Polyamide, Diacetate ที่ระดับ 4/5, 2, 3 ตามลำดับ การตกติดสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยวิธีทางชีวภาพที่มีผลต่อผ้า Polyester, Polyamide, Diacetate การเตรียมน้ำย้อมทางเคมี มีความคงทนต่อการซักล้างสูงสุดที่ระดับ 3/4 ของ Gray scale และความคงทนของการตกติดสีของผ้าฝ้าย มีผลต่อผ้า Polyamide, Polyester ที่ระดับ 4/5, 4 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ความคงทนต่อการซักล้างของผ้าฝ้าย มีระดับความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจเกิดจากขั้นตอนในการย้อมผ้าฝ้ายที่สีครามแทรกซึมเข้าเนื้อผ้าได้หมด แต่ยังมีสีครามส่วนที่ติดบนผิวของเนื้อผ้าฝ้ายที่ไม่สามารถแทรกซึมเข้าเนื้อผ้าได้ จึงทำให้เมื่อนำมาทดสอบความคงทนต่อการซักล้าง จึงทำให้สีครามที่ติดอยู่บนผิวผ้าฝ้ายหลุดออก ค่าความคงทนของผ้าฝ้ายต่อการซักล้างจึงอยู่ในระดับปานกลาง

การทดสอบความคงทนต่อแสงแดด ของผ้าฝ้ายที่ย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพและการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี ด้วยผ้าขนสัตว์มาตรฐาน (blue wood) 1-8 จากการทดสอบพบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมชีวภาพมีความคงทนต่อแสงแดดสูงสุดที่ ระดับ ของ 4 ของ Gray scale และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมทางเคมี มีความคงทนต่อแสงแดดสูงสุดที่ ระดับ 4/5 ของ Gray scale

สรุปได้ว่าผ้าที่ได้จากการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี มีความคงทนต่อแสงได้ดีกว่าผ้าที่ย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยการเตรียมน้ำย้อมสีครามจากใบเปือก มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของเนื้อเปือกและน้ำซึ่เข้าในการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ และเพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเนื้อเปือกและ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4/\text{NaOH}$ โดยการหาปริมาณของ Indigo จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงและทำการทดสอบความคงทนต่อสีครามบนผืนผ้าฝ้าย

จากการวิจัยพบว่า กราฟมาตรฐาน สร้างจากความเข้มข้นของ อินดิโก ที่ถูกรีดิวซ์มาจากสีคราม: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4/\text{NaOH}$ สัดส่วน 0.0100: 2.5000: 3.5000 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (วิภาภรณ์ ถากงตา สุพัตรา อัดติยะ.,2555) วัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 401.5 นาโนเมตร ได้สมการ $y = 0.861x + 0.036$

การเตรียมน้ำย้อมครามทางชีวภาพ ได้สัดส่วนน้ำเปือกต่อน้ำซึ่เข้าในอัตราส่วน 500:200 มิลลิลิตร ย้อมติดผ้าฝ้ายได้ดี ติดผ้าฝ้ายสีน้ำเงินเขียว ในวันที่ 3 มีลักษณะทางกายภาพ สีน้ำเปือกสีครามเขียว ไม่มีกลิ่น pH 10 มีความคงทนของสีต่อการซักล้าง ที่ระดับ 3/4 ของ Gray scale และมีความคงทนของสีต่อแสงที่ระดับ 4 ของ Gray scale

การเตรียมน้ำย้อมครามทางเคมี สัดส่วน ผงเปือก: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$: NaOH 0.0500:12.5000:17.5000 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ย้อมติดผ้าฝ้ายได้ดี ติดผ้าฝ้ายสีน้ำเงินฟ้าในชั่วโมงที่ 6 มีความคงทนของสีต่อการซักล้าง ที่ระดับ 3/4 ของ Gray scale ทนต่อการตกติดสีกับผ้าขาวมาตรฐานทุกชนิด และมีความคงทนของสีต่อแสงที่ระดับ 4/5 ของ Gray scale

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย มีข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยต่อไปดังนี้

1. จากการวิจัย พบว่าใบเปือกสามารถนำมาเตรียมน้ำย้อมครามได้ ควรใช้เปือกเพื่อเพิ่มทางเลือกแหล่งสีครามเพราะเปือกสามารถเก็บได้ตลอดทั้งปี
2. ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรมีการทดสอบหลังย้อมความคงทนต่อการขัดถู
3. จากการวิจัย พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมจากการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพ คือการหมักโดยภูมิปัญญาชาวบ้าน ทำให้ได้สีฟ้าเขียว ควรมีการพัฒนาการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพให้ย้อมผ้าฝ้ายติดเป็นสีคราม เหมือนการเตรียมน้ำย้อมทางเคมี
4. ในการให้อากาศแก่น้ำครามปริมาณมาก ๆ ควรใช้ไม้กวน เพราะจะได้น้ำครามสีน้ำเงินเร็วกว่า ใช้เครื่องเป่าอากาศ
5. ควรหาข้อเปรียบเทียบในการเตรียมน้ำย้อมทางชีวภาพและทางเคมีเพื่อให้การทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น
6. ในการเตรียมน้ำย้อม ควรมีการควบคุมอุณหภูมิในการย้อม เพราะงานวิจัยนี้ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ จึงทำให้ได้สีฟ้าแตกต่างกัน ในช่วงเวลา และอุณหภูมิต่างกัน

บรรณานุกรม

- กมลพร ปานง่อม, สุคนธ์ทิพย์ บุญวงศ์, และกุลชญา เกศสุวรรณ. (2554). **การศึกษาความหลากหลายและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลครามด้วยเทคนิคเครื่องหมายโมเลกุล.** (รายงานการวิจัย). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- กุหลาบ อุปลรรค. (2555, 22 กันยายน). สัมภาษณ์.
- โครงการหลวง, มูลนิธิ. (2542). **องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย.**
เล่ม 2. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พรินติ้ง.
- โครงการหลวง, มูลนิธิ. (2542). **องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย**
เล่ม 3. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พรินติ้ง.
- ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์ และภาณุวัฒน์ เชื้อกุล. (2548). **การวิเคราะห์ชนิดของโลหะในน้ำซี้เถ่าที่มีผลต่อโทนสีน้ำเงินของฝ้ายอ้อมคราม.** (รายงานการวิจัย). สกลนคร : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์, (2553). **การศึกษาการติดสีของครามบนเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งก้ามกราม.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา. สกลนคร : มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ไพศาล คงคาอุยฉาย, อรุณศิริ ชิตางกูร, และเฉลียว หมัดอิว. (2543). **การพัฒนาเทคนิคการย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติจากครามและครั่ง.** (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เภสัชศาสตร์, ภาควิชา. (2539). **สมุนไพรพื้นบ้านล้านนา.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มาริษา ภาษา. (2543). **การเตรียมสีครามธรรมชาติโดยวิธีทางเคมี.** (รายงานการวิจัย). สกลนคร : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- แม่น อมรสิทธิ์, และอมร เพชรสม. (2534). **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- วิภาภรณ์ ธาปงตา, สุพัตรา อุตติยะ. (2555). **การพัฒนากระบวนการเตรียมน้ำย้อมครามด้วยสารรีดิวซ์จากกล้วย.** (รายงานการวิจัย). สกลนคร : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

- ศิรินันท์ ห่อสมบัติ, (2543). **สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์**. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุรัตน์ สายทอง. (2543). **การผลิตสีครามจากต้นคราม**. (รายงานการวิจัย). สกลนคร : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสกลนคร.
- อนุรัตน์ สายทอง. (2544). **การเตรียมสีครามจากครามผงธรรมชาติ**. (รายงานการวิจัย). สกลนคร : สถาบันราชภัฏสกลนคร.
- อนุรัตน์ สายทอง.(2545). **การพัฒนาชุดความรู้ของภูมิปัญญาชาวไทญ้อด้านสิ่งทอ**. (รายงานการวิจัย). สกลนคร: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสกลนคร.
- อนุรัตน์ สายทอง, ฐิติรัตน์ แว่นเรืองรอง, และสุตกมล ลาโสภา. (2550). **ฐานข้อมูลผลงานวิจัยเกี่ยวกับคราม**. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- อังคณา เทียนกล้า, สุรชาติ เทียนกล้า, และอนุรัตน์ สายทอง. (2552). **การคัดเลือกพันธุ์ครามและพืชที่ให้สีคราม**. (รายงานการวิจัย). สกลนคร : คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร.

ภาคผนวก ก
ภาพกิจกรรมงานวิจัยและเครื่องมือ

เปือก เปิก หรือครามเถา (*Marsdenia tinctoria* R.Br.)



ภาพที่ ก1 ต้นเปือก



ภาพที่ ก2 ใบเปือก



ภาพที่ ก3 ดอกเปือก



ภาพที่ ก4 ผลเปือก



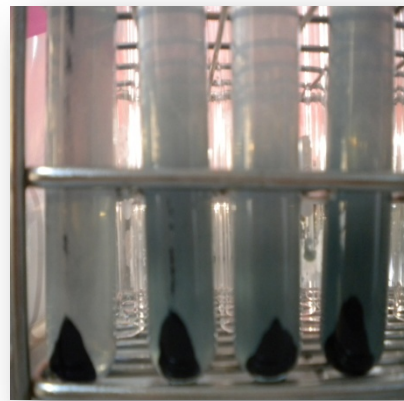
ภาพที่ ก5 การแยกชั้นของเนื้อเปือก



ภาพที่ ก6 น้ำเปือกผสมปูนขาว



ภาพที่ ก7 น้ำเปือกที่ให้อากาศ



ภาพที่ ก8 ผงเปือก



ภาพที่ ก9 น้ำย้อมทางชีวภาพ



ภาพที่ ก10 น้ำย้อมทางเคมี



ภาพที่ ก11 การเตรียมกากกล้วยสับ ทำน้ำต่าง



ภาพที่ ก12 น้ำต่าง



ภาพที่ ก13 ถังเตรียมน้ำข้อม

การทดสอบความคงทนของสีผ้าฝ้ายหลังการข้อม

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง



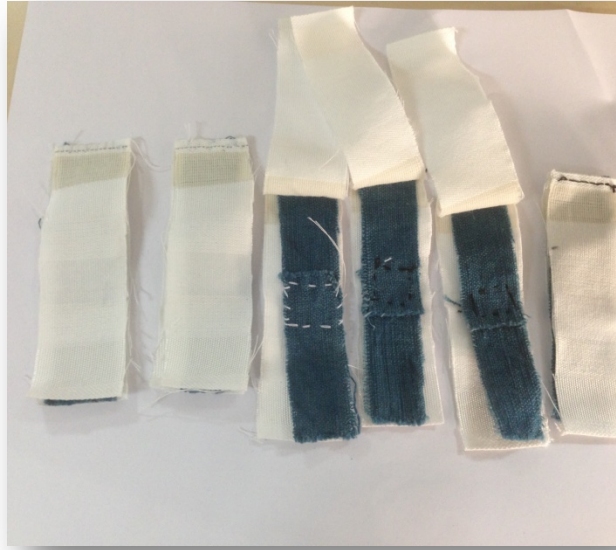
ภาพที่ ก14 ผงซักฟอกมาตรฐาน



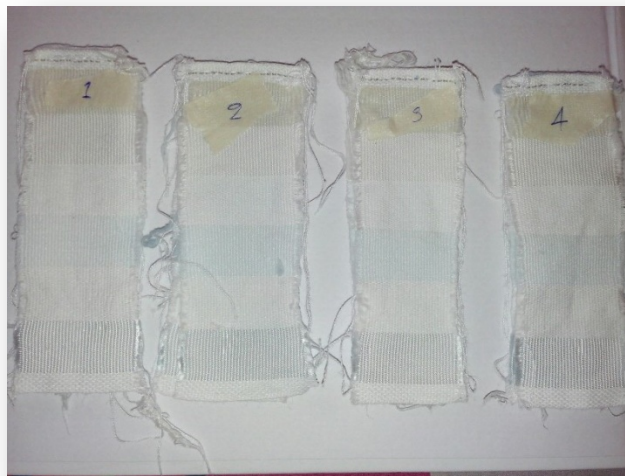
ภาพที่ ก15 ผ้า Multifiber



ภาพที่ ก16 การทดสอบผ้าต่อการซักล้าง



ภาพที่ ก17 การเตรียมผ้าตัวอย่าง ทดสอบต่อการซักล้าง

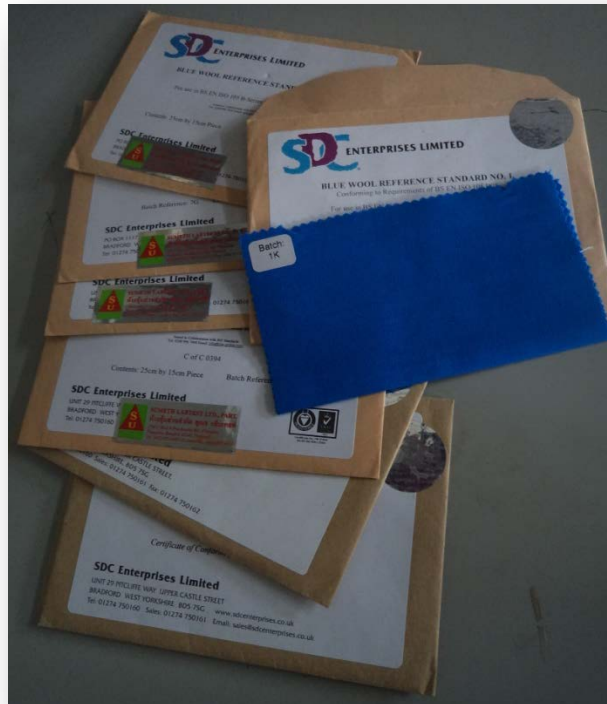


ภาพที่ ก18 ผ้าหลังการทดสอบต่อการซักล้าง (ผ้าตัวอย่างจากน้ำย้อมทางเคมี)



ภาพที่ ก19 ผ้าหลังการทดสอบต่อการซักล้าง (ผ้าตัวอย่างจากน้ำย้อมทางชีวภาพ)

การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง



ภาพที่ ก20 ผ้าขนสัตว์มาตรฐาน (blue wood)



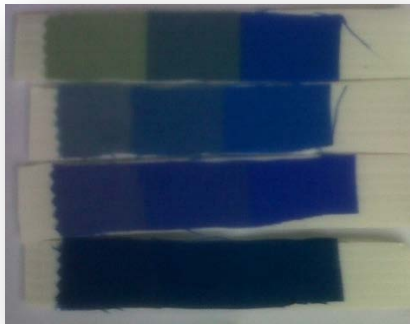
ภาพที่ ก21 การเตรียมผ้าตัวอย่าง เทียบกับผ้ามาตรฐาน ทดสอบความคงทนต่อแสงแดด



ภาพที่ ก22 แสดงการทดสอบกับแสงแดด



ภาพที่ ก23 แสดงผ้าฝ้ายตัวอย่าง ที่ผ่านการทดสอบกับแสงแดด



ภาพที่ ก24 แสดงผ้าขนสัตว์วีมาตรรูาน (blue wood) ที่ผ่านการทดสอบกับแสงแดด



ภาพที่ ก25 เครื่องชั่ง



ภาพที่ ก26 เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer



ภาพที่ ก27 เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge)

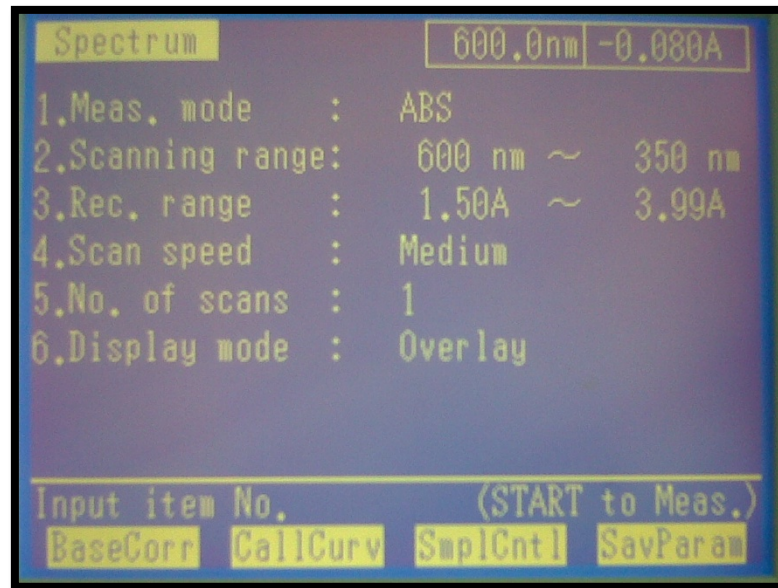


ภาพที่ ก28 ตู้อบ

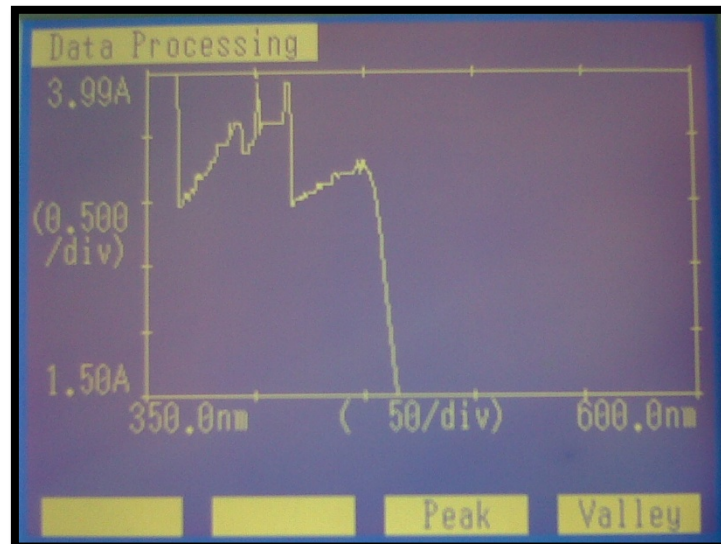


ภาพที่ ก29 เกรย์สเกลสำหรับการอ่านค่าเปลี่ยนแปลงสี และการปนเปื้อนสี

ภาคผนวก ข
ผลการวิจัย



ภาพที่ ข1 แสดงการวัดค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่น 350-600 นาโนเมตร ของ indigo มาตรฐาน



ภาพที่ ข2 แสดงพิกัดค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุดของ indigo

ภาคผนวก ค

แสดงวิธีการคำนวณความเข้มข้นกราฟมาตรฐานและ

การคำนวณความเข้มข้นของกราฟมาตรฐาน

เตรียมจากปริมาณ indigo 0.01 กรัม ปริมาณ 100 มิลลิลิตร

การคำนวณ

น้ำหนักโมเลกุลของ indigo เท่ากับ 264

จำนวนผงเปือกมาตรฐาน 0.01 กรัม

ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

เปลี่ยนกรัมเป็นโมล

Indigo	264	กรัม	คิดเป็น	1	โมล
ถ้า indigo	0.01	กรัม	คิดเป็น	$\frac{1 \times 0.01}{264}$	
			เท่ากับ	0.0000378	โมล

ในสารละลาย	100	มิลลิลิตร	มี indigo อยู่	0.0000378	โมล
ถ้าในสารละลาย	1000	มิลลิลิตร	มี indigo อยู่	$\frac{0.0000378 \times 1000}{100}$	
			เท่ากับ	3.8×10^{-4}	โมลต่อลิตร