

๐
๖๓๓.๘๖
๓๔๙๗๗

๓

การใช้สารช่วยติดในการย้อมด้วยฝ้ายด้วยแก่นฝาง



๒๓ ก.พ. ๒๕๕๒

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มกราคม ๒๕๕๒

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

S 344201

การใช้สารช่วยติดในการย้อมด้วยแก่นฝาง



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มกราคม 2552

มาลินี อนุรักษ์. (2552). การใช้สารช่วยติดในการย้อมด้ายฝ้ายด้วยแก่นฝาง สารนิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์: อาจารย์สุจินดา จิตต์ใจนำ.

การใช้สีธรรมชาติในการย้อมเส้นใยไม่เพียงสะท้อนภูมิปัญญาท้องถิ่น แต่แสดงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า แม้ว่าผลการย้อมมักมีความคงทนต่อการใช้งานต่ำ อย่างไรก็ตามความคงทนนี้สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วยการใช้สารช่วยติด ซึ่งเป็นสารที่สามารถรวมตัวกับสีย้อมเป็นสารประกอบเชิงซ้อนอยู่บนเส้นใย ช่วยเสริมแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสีย้อมกับเส้นใย งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการใช้สารช่วยติดในการย้อมด้ายฝ้ายด้วยแก่นฝาง ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน โดยเริ่มจากการสกัดสีจากแก่นฝางด้วยน้ำ แล้วนำมาย้อมเส้นด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 และแช่ในสารละลายของสารช่วยติดหลังการย้อม ณ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที สารช่วยติดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ โพลีแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต เพอร์สซัลเฟต และคอปเปอร์ซัลเฟต ด้วยความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, และ 5.0% โดยน้ำหนักเส้นใย จากนั้นวิเคราะห์ผลการย้อมด้วยค่าร้อยละการดูดซึมสี และค่า K/S แล้วประเมินความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซัก ตามมาตรฐาน ISO 105-B05:1994 และ ISO 105-C01:1989 ตามลำดับ

ผลการสกัดสีจากแก่นฝางในน้ำได้สารละลาย สีม่วงแดง ซึ่งสามารถใช้ย้อมด้ายฝ้าย มีค่าการดูดซึมสีร้อยละ 73.91 และค่า K/S ก่อนการซัก 1.640 หลังการซัก 0.508 ความคงทนของสีต่อแสงเทียบเท่าผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานระดับ 2 ส่วนความคงทนของสีต่อการซักมีการเปลี่ยนสีเทียบเท่าเกรดสเกลระดับ 1 การใช้สารช่วยติดทำให้เจดสีเปลี่ยนแปลง โดยการใช้โพลีแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตให้สีม่วงแดง เพอร์สซัลเฟตให้สีเทาดำ และคอปเปอร์ซัลเฟตให้สีม่วงดำ ค่า K/S ก่อนการซักทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยติด แสดงว่าสารช่วยติดสามารถรวมตัวกับสีย้อมที่อยู่บนเส้นใยได้ดี อย่างไรก็ตาม ค่า K/S หลังการซักลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะการใช้โพลีแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต และเพอร์สซัลเฟตมีค่า K/S ลดลงต่ำกว่า 1.000 ทุกความเข้มข้น แสดงว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นกับเส้นใยมีความแข็งแรงต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารช่วยติดยึดจับกับโมเลกุลสีย้อมที่ผิวเส้นใยเท่านั้น ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงพบว่า การใช้คอปเปอร์ซัลเฟต และเพอร์สซัลเฟตเป็นสารช่วยติดทุกความเข้มข้น ทำให้ความคงทนต่อแสงเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน การใช้โพลีแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตในปริมาณที่ต่ำกว่า 1.0% โดยน้ำหนักเส้นใยทำให้ความคงทนต่อแสงลดลง แต่ความคงทนต่อการซักเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดระหว่างสีกับโพลีแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเกิดปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชันกับแสงได้ง่าย ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในการย้อมด้ายฝ้ายด้วยแก่นฝาง ที่ให้ผลในการปรับปรุงความคงทนต่อแสงและต่อการซักดีกว่า การใช้เพอร์สซัลเฟต และโพลีแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตตามลำดับ

The Application of Mordant on Cotton Dyeing with Sappan Wood



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

January 2009

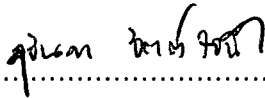
MALINEE ANURAK. (2009). *The Application of Mordant on Cotton Dyeing with Sappan Wood*. Master's Project, M.Ed. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Project Advisor: Sujinda Jitjaicham.

Dyeing with natural dyestuff reflects not only local intelligence but also worthy resources utilization. Though colour fastness to subsequent treatment is low. However, it can be improved by using mordant, which can form a complex with dyes. Thus enhance the attraction between dyes and fibre. The aim of this research was to study the application of mordant on cotton dyeing with Sappan wood, an abundant tree in Chalermprakiet District, Nan Province. The Sappan wood was extracted by water, and used for dyeing 10/1 Ne cotton yarn. Subsequently, three kinds of mordants: potassium aluminum sulfate, ferrous sulfate, and copper sulfate with various concentrations (0.1, 0.5, 1.0, 2.0, and 5.0% by weight) were investigated by post-mordanting exhaustion at 45°C 30 minutes. Dyeing results were determined as %E, and K/S. Evaluation of colour fastness to light and washing were carried out under ISO 105-B05:1994 and ISO 105-C01:1989, respectively.

The extracted solution was reddish purple and substantive to cotton with 73.91%E. K/S before- and after- washing were 1.640 and 0.508, respectively. Colour fastness to light was 2 as compared to Standard Blue Wool, whereas colour fastness to washing equaled to 1 of Colour Change Grey Scale. According to the kind of mordants different shades were obtained, such as reddish purple (potassium aluminum sulfate), greyish black (ferrous sulfate), and blackish purple (copper sulfate). K/S before washing of all specimens were increased as mordants concentration increased. This revealed that mordants can readily form complexes with dyes on fibre. However, K/S after washing were drastically decreased to less than 1.000 when using potassium aluminum sulfate and ferrous sulfate. Intuitively, the attractions between the complexes and fibre were weak, as these complexes were obtained from surface dyes only. Colour fastness to light were improved by copper sulfate- and ferrous sulfate-mordanting at every concentration. On the contrarily, mordanting by potassium aluminum sulfate at less than 1.0%owf. effected on reduction of light fastness, while washing fastness were increased. Since the obtained complexes may easily undergo photooxidation with light. As a result, colour fastness of cotton dyeing with Sappan wood could be improved by copper sulfate mordanting better than ferrous sulfate and potassium aluminum sulfate.

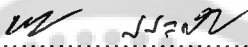
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการ
สอบได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การใช้สารช่วยติดในการย้อมด้ายฝ้ายด้วยแก่นฝาง ของ มาลีณี
อนุรักษ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์



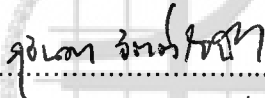
(อาจารย์สุจินดา จิตต์ใจนำ)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร



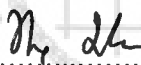
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญลดา วีระสัย)

คณะกรรมการสอบ



(อาจารย์สุจินดา จิตต์ใจนำ)

ประธาน



(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย)

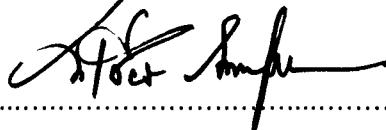
กรรมการสอบสารนิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพรรณณี บุญเรือง)

กรรมการสอบสารนิพนธ์

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ. 2552

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้สมบูรณ์ ด้วยได้รับพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผู้วิจัยขออน้อมรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณในพระองค์ ที่ทรงมีพระราชดำริโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร พื้นที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน ทำให้ได้รับโอกาสในการศึกษาต่อระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งนับเป็นเกียรติอันสูงสุด ผู้วิจัยจะได้นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาผู้เรียนและชุมชนต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาผ่านโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สุจินดา จิตต์ใจฉ่ำ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนการแก้ปัญหาและข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเกิดขึ้นในงานวิจัย และการแก้ไขสารนิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องลดา วีระสัย อาจารย์สุจินดา จิตต์ใจฉ่ำ รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพรรณิ บุญเรือง ในการเป็นกรรมการสอบเค้าโครงสารนิพนธ์ และเป็นกรรมการสอบปากเปล่าสารนิพนธ์ตลอดจนการให้คำแนะนำในการแก้ไขสารนิพนธ์เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ทรงศनिया ศักดิ์ดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา แต้มบรรจง อาจารย์นิรันดร์ พงษ์พันธ์ุ และคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้ความเมตตาเอาใจใส่ และให้ข้อเสนอแนะในการเรียนและการทำวิจัยแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ คุณธีระวัฒน์ กันธิวา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทดสอบสิ่งทอ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือผู้วิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ กลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติ บ้านเกิด อำเภอปัว จังหวัดน่าน ให้ความอนุเคราะห์ เรื่อง การย้อมสีธรรมชาติ

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขออน้อมบูชาพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้อง เพื่อน ๆ ทุกคน ตลอดจนผู้มีพระคุณดังได้กล่าวมาแล้วและมีได้กล่าวนาม ที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ แนะนำ สนับสนุนแก่ผู้วิจัย ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาและการทำวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลังและความสำคัญของการวิจัย.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ผัง.....	5
สีย้อม.....	6
เส้นใยฝ้าย.....	13
เคมีของสีย้อม และกลไกการย้อม.....	17
การวิเคราะห์ผลการย้อม.....	19
ระบบการวัดสี.....	20
3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
สารเคมีและอุปกรณ์.....	22
การเตรียมสารละลายสีย้อมจากแก่นฝาง.....	23
การย้อมด้ายฝ้ายด้วยสารละลายให้สีจากแก่นฝาง.....	23
การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (แสงซีนอนอาร์ค).....	26
การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	28
การวัดการดูดซึมสี.....	29
วัดค่าความเข้มของสี.....	29
4 ผลการทดลอง และอภิปรายผล	30
การย้อมสีด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางเมื่อมีการเติมสารช่วยติด.....	30
การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (แสงซีนอนอาร์ค).....	37

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	38
การวัดการดูดซึมสี.....	40
การวัดค่าความเข้มของสี.....	40
5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	43
สรุปผลการทดลอง.....	43
ข้อเสนอแนะ.....	43
บรรณานุกรม.....	44
ภาคผนวก.....	49
ภาคผนวก ก. ฝาง.....	50
ภาคผนวก ข. ภาพเครื่องมือ และอุปกรณ์.....	53
ภาคผนวก ค. ภาพเครื่องมือ และอุปกรณ์.....	59
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	64

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงส่วนประกอบของฝ้ายแห้ง.....	15
2	ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง โดยไม่ใช้สารช่วยติด และค่าความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซักล้าง (ΔE).....	31
3	ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในปริมาณต่างๆ และความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซัก (ΔE).....	34
4	ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในปริมาณต่างๆ และความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซัก (ΔE).....	35
5	ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อใช้คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในปริมาณต่างๆ และความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซัก (ΔE).....	35
6	ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง.....	37
7	ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	37

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การเกิดสีของบราซิลิน.....	6
2 การเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะกับสีและเส้นใย.....	10
3 ลักษณะของสมอฝ้ายและเซลล์เส้นใยฝ้าย.....	13
4 ผนังเซลล์ใยฝ้าย.....	14
5 โครงสร้างเส้นใยฝ้าย.....	15
6 CIELAB 1976 แสดง CIE L*a*b* Colour Space.....	20
7 กระบวนการย้อมด้ายฝ้าย.....	25
8 กระบวนการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสารช่วยติดหลังย้อมสี.....	26
9 ลักษณะการเรียงชั้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน.....	28
10 ด้ายฝ้ายที่ผ่านการเตรียม.....	30
11 การเกิดโครงสร้างของอลูมิเนียมกับบราซิลิน.....	36

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลังและความสำคัญของการวิจัย

มนุษย์เรียนรู้การย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติมาตั้งแต่สมัยโบราณ สีธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากพืช หรือสัตว์ และแร่ธาตุ ผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจะให้สีที่มีความสวยงามกลมกลืน ไม่ฉูดฉาด วิธีการย้อมและสารที่ใช้ในการย้อมไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากการเตรียมสีธรรมชาตินั้นยุ่งยาก ไม่สะดวกสบาย เสียเวลา และที่สำคัญคือมีความคงทนต่อการใช้งานต่ำ จึงทำให้คนหันไปนิยมใช้สีสังเคราะห์ เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย สะดวกต่อการนำไปใช้ มีสีสดกว่าสีธรรมชาติ สามารถเตรียมให้มีสีต่างๆ ตามความต้องการได้ง่าย สีคงทน ไม่ตกสีง่าย ทนต่อการซักล้างและแสงแดด แต่สีสังเคราะห์ส่วนใหญ่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นสารที่มีอันตรายต่อสุขภาพ และก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันมีการตื่นตัวเกี่ยวกับอันตรายจากการใช้สีสังเคราะห์มากขึ้น ประกอบกับมีความสนใจในการรักษาสภาพแวดล้อมและภูมิปัญญาท้องถิ่น ทำให้สีย้อมธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้สีย้อมธรรมชาติได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเชื่อกันว่าไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ย้อมและผู้ใช้ และยังเป็น การช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพราะสีธรรมชาติไม่สร้างมลภาวะ และสามารถลดการนำเข้าสีสังเคราะห์ได้

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาการย้อมด้วยสีย้อมที่ได้จากธรรมชาติ โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มทอผ้าในจังหวัดน่านพบว่า พืชให้สีที่ชาวบ้านใช้ในการย้อม เช่น แก่นฝาง ขมิ้น ใบหูกวาง คราม แก่นขนุน ใบมะม่วง และครั่ง เป็นต้น และพบว่า การย้อมด้วยสีธรรมชาตินั้น ไม่มีสูตรย้อมที่แน่นอน วิธีการย้อมขึ้นอยู่กับความชำนาญและเทคนิคส่วนบุคคล และผลการย้อมส่วนใหญ่มีความคงทนต่อการซักและแสงแดดต่ำ ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาการย้อมของพืชให้สีที่มีมากในท้องถิ่นคือ แก่นฝาง (sappan wood) ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Caesalpinia sappan Linn.* ฝางเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง แก่นและเนื้อไม้มีสีแดงเข้ม ทุกส่วนจากฝางสามารถใช้ประโยชน์ได้เช่น ลำต้นใช้ทำเครื่องเรือน รากใช้ทำสีย้อมผ้าให้สีเหลือง แก่นไม้ใช้ทำสีย้อมผ้าและสีผสมอาหารให้สีแดงเข้ม ตำรายาไทยใช้น้ำต้มจากแก่นไม้รับประทานเป็นยาใช้ในโรคเกี่ยวกับโลหิต เป็นต้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากแก่นฝางมีจำกัด หากสามารถพัฒนากระบวนการย้อมจากแก่นฝางด้วยการใช้สารช่วยติด โดยปรับปรุงจากวิธีย้อมแบบพื้นบ้าน เพื่อให้ได้ผลการย้อมที่มีคุณภาพ มีความคงทนต่อการใช้งาน จะช่วยให้สามารถพัฒนาการย้อมด้วยสีธรรมชาติจากพืชชนิดอื่นได้อีก อันเป็นการส่งเสริมให้มีการนำวัตถุดิบที่มีตามธรรมชาติในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด นอกจากนั้นยังเป็นการอนุรักษ์ไว้ซึ่งเอกลักษณ์ทางศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. ศึกษาการใช้สารช่วยติดในการย้อมด้วยสีย้อมจากแก่นฝาง โดยวิเคราะห์ปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซึมด้วยค่าร้อยละการดูดซึมสี (Percentage of Exhaustion, %E), และค่าความเข้มของสีบนวัตถุ (K/S)
2. เพื่อประเมินผลการย้อมด้วยสีย้อมจากแก่นฝางได้แก่ ความคงทนของสีต่อการซัก และความคงทนของสีต่อแสง
3. เพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติระดับพื้นฐาน ให้ได้กระบวนการที่มีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ด้ายฝ้ายที่ใช้ในการทดลอง คือ ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1
2. สีธรรมชาติ คือ สารให้สีที่สกัดจากแก่นฝาง
3. สารช่วยติด (mordants) ที่ในการทดลองมี 3 ชนิดคือ
 - 3.1 โปแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต (สารส้ม)
 - 3.2 เฟอรัสซัลเฟต (สนิมเหล็ก)
 - 3.3 คอปเปอร์ซัลเฟต (จุนสี)
4. ปริมาณของสารช่วยติดที่ใช้มีความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, และ 5.0% โดยน้ำหนักด้ายฝ้าย (%owf)
5. วิธีใช้สารช่วยติด ใช้ย้อมทับหลังจากย้อมสีแล้ว (post-mordanting)
6. อุณหภูมิในการย้อม 98 องศาเซลเซียส
7. เวลาที่ใช้ในการย้อม 60 นาที
8. ทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก
9. ทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (แสงซินอนอาร์ก)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สารให้สีจากแก่นฝาง หมายถึง สารประกอบที่พบจากการสกัดสารให้สีจากแก่นฝางได้แก่ บราซิลลิน (brazilin)
2. สารช่วยติด หมายถึง สารที่ใส่ลงไปในการย้อมแล้วช่วยให้สีย้อมยึดติดกับเส้นใยดีขึ้น ในที่นี้คือ โปแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต เฟอรัสซัลเฟต และคอปเปอร์ซัลเฟต

3. ร้อยละการดูดซึมสี (%E) หมายถึง ปริมาณสีที่ถูกดูดซึมโดยเส้นใย ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\%E = \frac{(Abs)_0 - (Abs)_1}{(Abs)_0} \times 100$$

$(Abs)_0$ คือ ปริมาณการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเมื่อเริ่มต้น

$(Abs)_1$ คือ ปริมาณการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเมื่อสิ้นสุดการย้อม

4. **K/S** หมายถึง ความเข้มของสีบนวัตถุ คำนวณได้จากสมการของคูเบลกา-มังก์ (Kubelka-Munk Equation) ดังนี้

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

K = ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง

S = ค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง

R = ค่าการสะท้อนแสงของผ้าย้อมสี ณ ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})

5. **ผ้ามัลติไฟเบอร์ (Millitfiber)** หมายถึง ผ้าหลายเส้นใยที่ประกอบด้วยแถบเส้นใย 6 ชนิดคือ เส้นใยขนแกะ เส้นใยอะคริลิก เส้นใยพอลิเอสเทอร์ เส้นใยไนลอน เส้นใยฝ้าย และเส้นใยอะซิเตต โดยมีพอลิเอสเทอร์เป็นด้ายยืน ส่วนด้ายพุ่งประกอบด้วยเส้นใยทั้ง 6 ชนิด แต่ละชนิดกว้าง 1.5 เซนติเมตร

6. **ผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน (Standard Blue Wool)** หมายถึง ชุดของผ้าขนสัตว์ที่ย้อมด้วยสีน้ำเงินมาตรฐาน เพื่อใช้ในการประเมินความคงทนของสีต่อแสง มี 8 ระดับ แต่ละระดับมีความคงทนต่อแสงมากกว่าระดับก่อนหน้า 2 เท่า

7. เกรย์สเกลประเมินการเปลี่ยนแปลงสี (Gray Scale for Colour Change)

หมายถึง ระดับสีเทามาตรฐานประกอบด้วยแถบสีเทาคู่ๆ ที่มีความเข้มข้างหนึ่งคงที่ อีกข้างหนึ่งมีความเข้มค่อย ๆ ลดลง 5 ระดับ โดยที่

ระดับ 5 หมายถึงคู่สีเทาที่ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ระดับ 1 หมายถึงคู่สีเทาที่มีความแตกต่างกันมากที่สุด แสดงว่าสีมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

8. เกรย์สเกลประเมินการเปื้อนติดสี (Gray Scale for Colour Staining)

หมายถึง ระดับสีเทา-ขาวมาตรฐานประกอบด้วยแถบสีขาวคู่กับสีเทา ที่มีสีขาวยิ่งเข้มที่ข้างหนึ่ง อีกข้างหนึ่งมีสีเทาที่มีความเป็นสีเทาเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยที่

ระดับ 5 หมายถึงแถบทั้งคู่เป็นสีขาว แสดงว่าไม่มีการเปื้อนติด

ระดับ 1 หมายถึงแถบข้างหนึ่งเป็นสีขาว อีกข้างหนึ่งเป็นสีเทาที่เข้มที่สุด แสดงว่ามีการเปื้อนติดมากที่สุด

9. ความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Colour Difference, ΔE) หมายถึง ค่า

ความแตกต่างรวมที่คำนวณจากความแตกต่างระหว่างค่าความสว่างหรือความมืด ความเป็นสีแดงหรือสีเขียว และความเป็นเหลืองหรือสีน้ำเงิน ดังนี้

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

ΔL^* = ความแตกต่างระหว่างค่าความสว่างหรือความมืด

Δa^* = ความแตกต่างระหว่างค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว

Δb^* = ความแตกต่างระหว่างค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

สมมติฐานการวิจัย

ชนิด และระดับความเข้มข้นของสารช่วยติดมีผลต่อสี ความคงทนของสีต่อการซักและแสงของด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง
2. เพื่อเป็นการส่งเสริมและเผยแพร่ให้กลุ่มทอผ้าสนใจใช้สีย้อมที่สกัดจากแก่นฝาง และสีย้อมธรรมชาติชนิดอื่นๆ มากขึ้น
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสีย้อมจากธรรมชาติและวิธีการย้อมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามลำดับต่อไปนี้

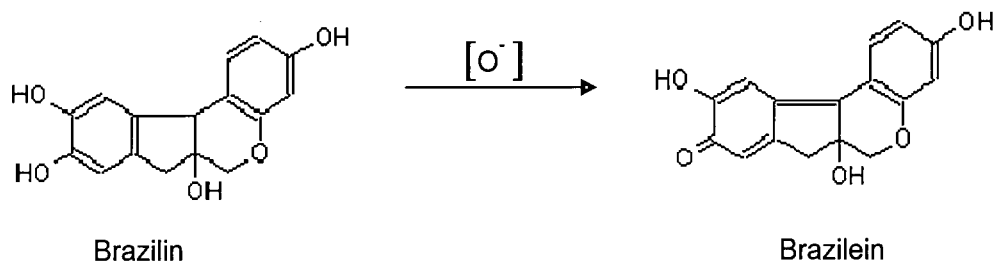
1. ผ่าง
2. สีย้อม
3. เส้นใยฝ้าย
4. เคมีของการย้อมและกลไกการย้อม
5. การวิเคราะห์ผลการย้อม

2.1. ผ่าง

ชื่อพื้นเมือง : ผ่าง
ชื่ออังกฤษ : Sappanwood
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Caesalpinia sappan* Linn.
วงศ์ : *Caesalpinaceae* (วิทย์ เทียงบูรณธรรม. 2548: 516-517)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 6–9 เมตร ลำต้นและกิ่งก้านมีหนามแหลมคม ใบเล็ก ๆ เป็นฝอย ดอกเป็นช่อใหญ่สีเหลืองกลางดอกมีสีแดง ผลเป็นฝักแข็งสีน้ำตาลแก่เป็นจุด ๆ ในเปลือกฝัก ตัวฝักมีลักษณะคล้ายถั่วแปบแต่ใหญ่กว่าเล็กน้อย เมล็ดสีน้ำตาลมี 3-4 เมล็ด แก่นและเนื้อไม้มีสีแดงเข้ม (ภาพประกอบ ผนวก ก) ทุกส่วนจากผ่างสามารถใช้ประโยชน์ได้ ลำต้น ใช้ทำเครื่องเรือน ทำอุปกรณ์ก่อสร้างต่าง ๆ และทำเป็นทองเรือสำเภา ราก ใช้ทำสีย้อมผ้าให้สีเหลือง แก่นไม้ ใช้ทำสีย้อมผ้าและสีผสมอาหารให้สีแดงเข้ม ตำรายาไทย ใช้นำต้มจากแก่นไม้รับประทานเป็นยาบำรุงโลหิตสตรี (เกรียงศักดิ์ เดชอนันต์. 2518: 63-65)

สารประกอบที่พบจากการสกัดสารให้สีจากแก่นผ่าง คือบราซิลิน (brazilin) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างเป็นอนุพันธ์ของพอลิไฮดรอกซีไพแรน (polyhydroxypyran derivative) มีชื่อทางเคมีว่า 7,11b-Dihydrobenz (b) indeno (1,2-d) pyran-3,6a,9,10 (6H)-tetrol มีจุดหลอมเหลว 191-192.5 องศาเซลเซียส สารบราซิลินเมื่อถูกอากาศ หรือเมื่ออยู่ในด่างอ่อน บราซิลินจะถูกออกซิไดส์ที่วงแหวนเบนซีน ได้บราซิลีน (brazilein) ซึ่งมีพันธะคู่สลับทำให้เกิดสีแดง (ภาพประกอบ 1)



ภาพประกอบ 1 แสดงการเกิดสีของบราซิลลิน

ที่มา: วีระชัย ชารมณีวงศ์; และคนอื่นๆ. (2531). การสกัดสีจากแก่นฝาง. หน้า 9.

วีระชัย ชารมณีวงศ์; และคนอื่นๆ. (2531: 12-19). ได้ศึกษาการสกัดสีจากแก่นฝาง พบว่าวิธีรีฟลักซ์ (reflux) ให้ปริมาณสารให้สีสูง แต่สารละลายที่ได้ไม่คงตัว เปลี่ยนแปลงตามความเป็นกรด-เบส

ในสารละลายที่เป็นกรด สีจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีเหลืองจาง และอ่อนลงเรื่อย ๆ

ในสารละลายที่เป็นกลาง สีจะเปลี่ยนจากสีชมพูจาง และอ่อนลงเรื่อย ๆ จนไม่มีสี

ในสารละลายที่เป็นด่าง สีจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง และอ่อนลงเรื่อย ๆ

ในขณะที่เกรียงศักดิ์ เดชอนันต์. (2518: 63-64) ใช้วิธีการสกัดซ้ำหลายครั้ง และได้ผลิตภัณฑ์เฮมาโตซิลิน ที่ไม่มีสีหรือค่อนข้างเหลือง แต่เมื่อละลายในด่างจะได้สีชมพู และเมื่อทิ้งไว้ให้ถูกอากาศจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสกัดสีจากแก่นฝาง ในสารละลายด่างเพื่อให้ได้สารละลายสีชมพู โดยใช้ น้ำประปาเป็นตัวทำละลาย และนำไปต้ม

2.2. สีย้อม

สีย้อมช่วยเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ และบ่อยครั้งที่สีของผลิตภัณฑ์ถูกใช้เป็นปัจจัยในการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภค สีบางชนิดจะมีการใช้เฉพาะด้าน เช่น สีไวแสง หรือไวต่อความร้อน เพื่อใช้ในงานพิมพ์กระดาษหรือโปสเตอร์

สีย้อมประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นรงควัตถุ หรือทำให้เกิดสีย้อมต่าง ๆ เรียกว่า โครโมฟอร์ และส่วนที่ช่วยให้สีย้อมติด หรือเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับเส้นใย เรียกว่า ออกโซโครม

2.2.1 สีย้อมธรรมชาติ

สีย้อมธรรมชาติ (สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. 2550: 39-41) ส่วนใหญ่เป็นสีที่สกัดได้จากเนื้อไม้ เปลือกไม้ ใบ ราก และผล ของพืช และสีย้อมธรรมชาติที่สามารถสกัดได้จากสัตว์บ้าง

แต่ก็มีเป็นส่วนน้อย สีที่สกัดได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่นำมาย้อมขนสัตว์ ไหม ผ้าย และลินิน เนื่องจากสีย้อมธรรมชาติมีหลากหลาย เพราะมาจากแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติที่แตกต่างกัน และยังมีสมบัติทางด้านความคงทนของสีที่แตกต่างกันด้วย แต่มีเพียงสีย้อมธรรมชาติเพียงบางส่วนที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างสีธรรมชาติที่สกัดมาจากพืช ที่สำคัญที่นำมาใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติ ได้แก่

สีเหลือง ได้จาก แก่นแกล แก่นขนุน ขมิ้นชัน เปลือกมะตูม ใบมะขาม ดอกทองกวาว ดอกคำฝอย

สีส้ม ได้จาก รากยอป่า ดอกกระถินการ์ ใบกิงเทียน ดอกยมทอง เมล็ดคำแสด

สีแดง ได้จาก แก่นฝาง ประดู่บ้าน ครั่ง คำแสด ผลสะเดา รากยอป่า

สีดำ ได้จาก ผลมะเกลือ เปลือกสมอไทย ลูกกระเจาย ผลต้นเต่า

สีน้ำเงิน ได้จาก ต้นคราม ต้นฮ่อม รากถलग

สีน้ำตาล ได้จาก เปลือกต้นมะพูด เปลือกต้นโกกงาง สะเดา แก่นสีเสียด ใบขี้เหล็ก เปลือกมังคุดแห้ง

สีเขียว ได้จาก เปลือกสมอ เปลือกต้นพูด เปลือกต้นเพกา ใบหูกวาง

สีม่วง ได้จาก ลูกหว่า เปลือกมังคุดสด

สีชมพู ได้จาก แก่นฝาง เปลือกต้นนน

สีธรรมชาติที่สกัดมาจากสัตว์ ได้แก่

สีแดง ได้จาก ครั่ง แมลงเคอร์มีส

สีส้ม ได้จาก แมลงโคซิเนียล

2.2.1.1 การจัดประเภทสีย้อมธรรมชาติ

สีที่สกัดได้จากธรรมชาติสามารถจัดแบ่งเป็นประเภทของสีย้อมได้ ดังนี้ (สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. 2550: 39-41)

1 สีไดเรกต์ (direct dyes)

คือสีย้อมที่ละลายน้ำได้ และสามารถเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับเส้นใยได้โดยตรง ย้อมติดเส้นใยเซลลูโลสได้ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสีและเส้นใยเป็นแรงยึดเหนี่ยวอ่อน ๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน และแรงแวนเดอร์วาลส์ การย้อมสีไดเรกต์จะใช้เกลือช่วยเร่งการดูดซึมของสีให้ดีขึ้น ตัวอย่างได้แก่ สีจากขมิ้น ดอกคำฝอย

2 สีแคทไอออนิก (cationic dyes)

คือสีย้อมที่จะแสดงประจุบวกบนโครงสร้างของโมเลกุลสีเมื่ออยู่ในน้ำ สามารถย้อมติดเส้นใยที่แสดงประจุลบเมื่ออยู่ในน้ำ เช่น ไหมและขนสัตว์ และเกิดพันธะเคมีที่เป็นพันธะไอออนิก ตัวอย่างได้แก่ สีจากบลูเบอร์รี่

3 สีแวต (vat dyes)

คือสีย้อมที่ไม่ละลายน้ำ ในการย้อมจะต้องทำการรีดิวซ์สีแวตในสารละลายต่างก่อน เพื่อให้สีย้อมเปลี่ยนจากรูปที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นรูปที่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมบนผ้าหรือเส้นใยเสร็จ จึงทำออกซิไดส์สีกลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำ ตัวอย่างได้แก่ สีจากคราม ช่อม

4 สีมอร์แดนท์ (mordant dyes)

คือสีที่ต้องใช้สารช่วยติดในการย้อมเพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสี มีผลทำให้สีสามารถผนึกอยู่บนเส้นใยได้ดีขึ้น การใช้สารช่วยติดจะทำให้ความคงทนของสีดีขึ้น สารช่วยติดเป็นสารละลายเกลือของโลหะ และสารประกอบแทนนินจากพืช ตัวอย่างได้แก่ สีจากแก่นฝาง รากยอป่า แก่นขนุน ไบยูคาลิปตัส ดอกดาวเรือง คำแสด

2.2.1.2 ส่วนประกอบทางเคมีของสีย้อมธรรมชาติ

เนื่องจากในพืช หรือสัตว์ และแร่ธาตุนั้นมีสารให้สีที่ต่างกัน ทำให้มีสีแตกต่างกัน (นิจตรี เรื่องรังสี และพะยอม ตันติวัฒน์. 2534: 93-104; เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2539: 155-157) โดยองค์ประกอบเคมีของสารให้สีในธรรมชาติ ได้แก่ สารประกอบฟลาโวนอยด์ สารประกอบเทอร์ปีนอยด์ หรือ ไอโซพรีนอยด์ สารประกอบแนฟทาควิโนน และแอนทราควิโนน และสารประกอบแอลคาลอยด์

2.1.1.3 ปัญหาการย้อมด้วยสีธรรมชาติ

สีธรรมชาติ ส่วนใหญ่สามารถละลายน้ำและติดเส้นใยได้เอง ทำให้การย้อมสีเป็นไปได้ง่าย แต่เมื่อนำมาซักล้าง สีย้อมก็สามารถละลายน้ำออกมาได้ง่าย จึงเกิดการซีดจางได้ง่าย การแก้ปัญหาสามารถทำได้หลายทาง คือ

1 ใช้สารช่วยติดเพื่อเป็นตัวกลางในการสร้างพันธะทางเคมีระหว่างโมเลกุลสีย้อม กับโมเลกุลเส้นใย

2 ควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการย้อมให้เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง และเวลาในการย้อม

3 ใช้แทนนินที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการสกัดสีจากวัตถุดิบ เพื่อให้ได้สีย้อมที่มีความเข้มข้นมากขึ้น

ดังนั้นจึงได้มีการนำสารช่วยติดมาใช้ในกระบวนการย้อม เพื่อเพิ่มความคงทนของสีย้อมให้ดียิ่งขึ้น เพราะสารช่วยติดจะทำหน้าที่ยึดโมเลกุลของสีให้ยึดติดกับโมเลกุลของเส้นใยให้ดีขึ้น หรือซึมผ่านเข้าไปในเส้นใย และเปลี่ยนแปลงสีย้อมจากสารที่สามารถละลายน้ำได้เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ จึงไม่สามารถละลายออกขณะทำการซักล้าง สารช่วยติดส่วนใหญ่เป็นสารที่พบโดยทั่วไป ราคาไม่แพง เก็บไว้ได้นาน และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สารช่วยติดที่นิยมใช้ เช่น สารส้ม จุนสี เกลือแกง และเหล็ก นอกจากนี้ ยังมีพืชที่ใช้เป็นสารช่วยติดในการย้อมผ้าด้วยสี

ธรรมชาติหลายชนิด เช่น ผลหมาก สีเสียดเทศ ใบเหมือดโลด ใบฝรั่ง ใบมะไฟ ใบขี้เหล็ก ใบยูคาลิปตัส และใบสาบเสือ เป็นต้น (สุรีย์ พุตระกูล; และคนอื่นๆ. 2543: A7)

2.1.1.4 กรรมวิธีในการย้อม

สีธรรมชาติเป็นสีที่สามารถละลายได้ในน้ำ และติดเส้นใยได้ด้วยตัวเอง ทำให้การย้อมสีติดง่ายและหลุดง่ายเช่นกัน เมื่อนำมาซักล้างสีย้อมก็สามารถละลายน้ำออกมาได้ง่าย จึงเกิดการซีดจาง มีความคงทนต่ำเป็นสีที่ไม่สดใส การย้อมด้วยฝ้ายด้วยสีธรรมชาติพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมมีค่าต่ำกว่าจุดเดือด โดยจะมีค่าระหว่าง 60–90 องศาเซลเซียส และเวลาที่เหมาะสมในการย้อมสี คือ 60 นาที (อนันต์เสวก เหว่ซึ่งเจริญ; และคนอื่นๆ. 2543: A4) ระหว่างการย้อมต้องหมั่นคน เพราะสีธรรมชาติตกตะกอนง่าย เป็นสาเหตุให้การย้อมเส้นใยต่าง แต่สีธรรมชาติจะมีสมบัติพิเศษ คือ สามารถกระจายตัวได้ดี ดังนั้น ถ้าเกิดปัญหาต่าง หรือย้อมสีได้ไม่สม่ำเสมอ เมื่อครบกำหนดเวลาย้อม สามารถแก้ไขได้โดยวิธีเติมน้ำย้อมเพื่อรักษาระดับน้ำย้อมเดิม ย้อมต่อจนกว่าจะหายต่าง (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2539: 159)

การย้อมด้วยสีธรรมชาติ โดยทั่วไปสามารถแบ่งกรรมวิธีในการย้อมได้ 3 แบบ (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2539: 159-160) คือ

1 การย้อมตรง (direct dyeing)

สีธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสีที่ละลายน้ำ และไม่มีสมบัติในการติดเส้นใยได้เองด้วยพันธะทางเคมี แต่จะเกิดพันธะทางกายภาพกับเส้นใยได้โดยตรง กรณีที่เส้นใยเป็นเซลลูโลสเช่น ฝ้าย มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มาก จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของสีได้โดยตรง ส่วนไหมและขนสัตว์เป็นเส้นใยที่เป็นพวกพอลิเปปไทด์ มีทั้งหมู่กรด และหมู่เบส ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาของส่วนที่เป็นหมู่เบสของเส้นใย และหมู่กรดในโมเลกุลของสีตามลำดับ เกิดเป็นเกลือขึ้นทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวแบบไอออนิก การยึดเหนี่ยวแบบนี้ไม่แข็งแรง ดังนั้นการย้อมแบบตรงเป็นวิธีที่ติดสีง่าย แต่ความคงทนต่ำ และได้สีที่ไม่สดใส

2 การย้อมแบบสีเวต (vat dyeing)

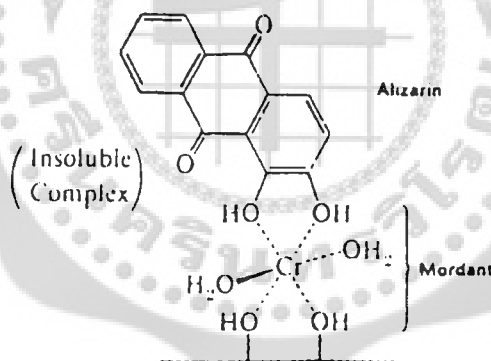
การย้อมแบบนี้จะใช้กับสีที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นขั้นแรกของการย้อมแบบนี้ต้องทำการรีดิวซ์สารที่ให้สีเป็นสารที่ละลายน้ำได้ก่อน แล้วจึงนำเส้นใยลงย้อมในสารละลายนั้น จากนั้นนำเส้นใยที่ย้อมแล้วไปผึ่งแดด ออกซิเจนในอากาศจะทำให้โมเลกุลของสีเกิดการออกซิไดส์ กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำ โมเลกุลของสีจึงถูกกักขังอยู่ในเส้นใย ตัวอย่างการย้อมแบบนี้คือ สีอินดิโกจากคราม และฮ่อม เป็นสีน้ำเงินอยู่ในรูปออกซิไดซ์ และไม่ละลายน้ำ เมื่อทำรีดิวซ์ด้วยโซเดียมไดไทโอไนต์ (Sodium Dithionite) จะได้เป็นลิวโคอินดิโก (Leucoindigo) เป็นสารละลายไม่มีสี จากนั้นนำเส้นใยลงย้อมในสารละลายลิวโคอินดิโก แล้วนำเส้นใยขึ้นไปผึ่งแดด ลิวโคอินดิโกในเส้นใยจะถูกออกซิไดส์ในอากาศเป็นอินดิโกจับทั้งภายใน และผิวเส้นใย และเนื่องจากอินดิโกไม่ละลายน้ำ จึงทำให้การติดสีมีความคงทน ซึ่งนิยมใช้ย้อมผ้าฝ้าย และผ้ายีนส์

ในการย้อมสีธรรมชาตินั้น สารธรรมชาติที่ใช้เป็นตัวรีดิวซ์ในการละลายสีย้อมมีหลายชนิด เช่น กรดมะนาว กรดน้ำส้ม หรือออสัยจุลินทรีย์ การย้อมในลักษณะนี้สีจะถูกเปลี่ยนเป็นรูปรีดิวซ์ และละลายน้ำย้อมติดบนเส้นใยได้ทีละน้อย ซึ่งต้องทำการย้อมหลาย ๆ ครั้ง จนกว่าจะได้สีเข้มตามต้องการ สารที่เป็นตัวรีดิวซ์ที่มีประสิทธิภาพที่ใช้ย้อมอินดิโกสังเคราะห์มักเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ การใช้สารธรรมชาติเป็นตัวรีดิวซ์จึงเป็นที่นิยมในการย้อมสีธรรมชาติ และมีการศึกษาพัฒนาวิธีการมาโดยตลอด

3 การย้อมแบบใช้สารช่วยติด (mordant dyeing)

การย้อมแบบนี้ใช้สารช่วยติด ช่วยให้การยึดติดระหว่างตัวสีกับเส้นใยดีขึ้น โดยสารช่วยติดจะรวมตัวกับโมเลกุลสี และโมเลกุลของเส้นใยทำให้เกิดสีที่ไม่ละลาย จึงให้ผลการย้อมที่มีความคงทน ไม่ตกสี หรือซีดง่าย และถ้าย้อมใช้สารช่วยติดต่างชนิดกัน แม้ว่าสีที่ใช้จะเป็นสีชนิดเดียวกันก็ตาม เส้นใยที่ได้หลังการย้อมจะมีสีที่แตกต่างกัน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการย้อมแบบนี้ คือ เมื่อเส้นใยได้ผ่านการย้อมสี และการย้อมด้วยสารละลายของสารช่วยติดจะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่แข็งแรงกับสีและเส้นใย ตัวอย่างการย้อมสีด้วย แอลิซาริน (Alizarin) กับเส้นใยเซลลูโลสโดยมีสารละลายโครมเป็นสารช่วยติด (ภาพประกอบ 2)



ภาพประกอบ 2 การเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะกับสีและเส้นใย

ที่มา: เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. (2539, พฤษภาคม-มิถุนายน). เคมีของสีย้อมธรรมชาติและการย้อม. วารสารวิทยาศาสตร์. 50(3): หน้า160.

สารช่วยติดที่ใช้ทั่วไปในการย้อม เช่น

- การใช้มูลสัตว์ เช่น มูลโค การใช้ปัสสาวะสัตว์ซึ่งก็คือการใช้วัสดุธรรมชาติที่มียูเรีย
- น้ำสกัดจากพืชที่มีแทนนิน รวมไปถึงน้ำมะนาว น้ำมะขาม และอื่น ๆ

- การใช้สารเคมีต่าง ๆ เช่น โซเดียมคลอไรด์ หรือ เกลือแกง โซดาแอช หรือ โซเดียมคาร์บอเนต หรือ โซดาซักผ้า กรดแลกติก กรดออกซาลิก กรดแอสซิติค หรือน้ำส้มสายชู โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น

- การใช้เกลือของโลหะ หรือ กิ่งโลหะ เช่น

อะลูมิเนียมโปแตสเซียมซัลเฟต	ให้อะลูมิเนียม
โปแตสเซียมไดโครเมต หรือ โปแตสเซียมโครเมต	ให้โครเมียม
คอปเปอร์ซัลเฟต	ให้คอปเปอร์
เฟอร์รัสซัลเฟต	ให้เฟอร์รัส
สแตนนัสคลอไรด์	ให้สแตนนัส
แบเรียมซัลเฟต	ให้แบเรียม
แคลเซียมแอสซิเตต	ให้แคลเซียม

การจำแนกประเภทสารช่วยติดไม่มีข้อกำหนดชัดเจน ในที่นี้สารช่วยติด หมายถึง สารช่วยติดที่เป็นโลหะไอออนจากเกลือของโลหะ ส่วนสารอื่น ๆ จะเรียกว่า สารช่วยย้อมทั้งหมด นอกจากนี้ในการย้อมสีบางอย่างนั้น อาจมีการใช้สารอื่นเพิ่มเติมหลังจากการย้อมสีแล้ว เพื่อช่วยให้สีติดทนยิ่งขึ้น สารประเภทนี้นิยมเรียกว่า สารช่วยตรึงสีหรือผนึกสี (Fixing Agent) ตัวอย่างเช่น แทนิน หรือกรดแทนนิก กรดแลกติก กรดแอสซิติค น้ำมะขาม เป็นต้น

การย้อมแบบใช้สารช่วยติด อาจทำได้ใน 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การย้อมสารช่วยติดก่อนการย้อมสี (pre-mordant method)

วิธีการแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยนำวัสดุที่จะย้อมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วไปใส่ในภาชนะที่บรรจุสารละลายสารช่วยติด ส่วนมากจะทำให้ร้อนหรือเดือดนานระหว่าง 15 นาทีถึง 1 ชั่วโมง ก่อนปล่อยให้แห้งไว้ในสารละลายต่ออีก จาก 15 นาทีถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นจะนำวัสดุที่ย้อมออกล้างทำความสะอาดก่อนทำให้แห้ง หรือนำไปย้อมสีต่อ

วิธีที่ 2 การย้อมสารช่วยติดพร้อมการย้อมสี (meta-mordant method)

วิธีการนี้สารละลายของสารช่วยติดจะถูกเติมลงไปโดยตรงในน้ำย้อม การย้อมใช้อุณหภูมิเดียวกับสีย้อม ทั้งนี้การเติมสารช่วยติดจะมีทั้งที่เติมในน้ำย้อมก่อนย้อม เติมหลังการย้อมผ่านไประยะเวลาหนึ่ง เติมเป็นช่วง ๆ ระหว่างการย้อม และเติมสารช่วยติดเมื่อการย้อมใกล้สิ้นสุด การย้อมแบบนี้มีข้อเด่นที่ลดขั้นตอนของกระบวนการย้อมลง แต่สีที่ได้มักไม่คงทนเท่ากับการย้อมแบบแรก หลังการย้อมแล้วสิ่งที่ย้อมอาจถูกปล่อยแช่ไว้ในน้ำย้อมจนเย็นตัวลง หรืออาจถูกนำออกจากน้ำย้อมทันที ส่วนมากจะล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิลดลงเรื่อย ๆ หรือล้างในน้ำสบู่อ่อน ๆ จนกว่าสีไม่ตกอีกต่อไป จากนั้นจึงนำไปทำให้แห้ง การย้อมแบบนี้มีข้อด้อยที่น้ำย้อมที่ใช้แล้วไม่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าในน้ำย้อมแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำเสียด้วย

วิธีที่ 3 การย้อมสารช่วยติดหลังการย้อมสี (post-mordant method)

สารช่วยติดบางชนิดสามารถย้อมหลังจากย้อมสีได้ เช่น เกลือของดีบุก เกลือของเหล็ก แทนนิน หรือกรดแทนนิก การย้อมสารช่วยติดแบบนี้อาจใช้วิธีย้อมแยกอิสระ หรือในบางกรณีสารช่วยติดจะถูกเติมลงไปในน้ำย้อมในช่วง 5 ถึง 10 นาทีสุดท้ายก่อนนำวัสดุที่แช่ในน้ำย้อมออก บางกรณีผู้ย้อมจะแช่วัสดุในสารละลายเกลือดีบุก หรือเกลือของเหล็กหลังการย้อมสีเพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงเฉดสี

การใช้สารช่วยติดมีส่วนสำคัญต่อความคงทนของสีต่อแสง และต่อการซัก แต่โลหะในสารช่วยติดเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้สิ่งทอ

ปัจจุบันสีธรรมชาติได้ถูกดัดแปลงและพัฒนามากขึ้น โดยใช้เทคนิควิธีการใหม่ ๆ อย่างไรก็ตาม วิธีการเดิมก็ยังใช้อยู่ เช่น สีคราม ครั่ง เป็นสีที่สกัดและย้อมยาก แต่เปลือกไม้และใบไม้อื่น ๆ เป็นสีที่ย้อมง่ายกว่า การใช้เทคนิควิธีการใหม่ ๆ จะช่วยให้สีแตกต่างกันออกไป เพราะเปลือกไม้ ใบไม้ชนิดหนึ่งสามารถนำมาย้อม หรือผสมกับชนิดอื่น ๆ ให้ได้สีสังดงามมากมาย ผู้ย้อมสีธรรมชาติจึงค้นพบสีใหม่ ๆ และเทคนิคการย้อมแบบใหม่ ๆ เสมอ ทำให้สีธรรมชาติแตกต่างจากสีเคมีโดยสิ้นเชิง (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2539: 159-160)

เจริญศรี เบญจมาลา. 2541. ศึกษาผลของสารช่วยติดสีที่มีต่อการย้อมใหม่ด้วยเปลือกมะพร้าวอ่อน โดยใช้สารช่วยติดหลังย้อม คือ สารส้ม และกรด พบว่า สีผ้าทดลองที่ใช้สารช่วยติดสีทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนระดับความเข้มไม่แตกต่างกัน แต่ผ้าที่ย้อมทับด้วยสารส้มสามารถคงคุณลักษณะเดิมได้ดีกว่ากรดน้ำส้ม ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวมค่อนข้างสูง และสีเข้มขึ้น แต่ไม่สดใส

สุรีย์ พุดระกุล; และคนอื่นๆ. 2543. ศึกษาการพัฒนาสารย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน ได้ตรวจสอบแทนนินในพืชที่ใช้เป็นสารช่วยติดพบว่า ผลหมาก สีเสียดเทศ ใบเหมือดลอด ใบฝรั่ง ใบมะไฟ ใบขี้เหล็ก ใบยูคาลิปตัส และใบสาบเสือ มีปริมาณแทนนินมาก การสกัดสารให้สีจากรากยอป่าและขมิ้น สามารถสกัดได้ดีโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือน้ำปูนใส ที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส เตรียมด้วยฝ้ายก่อนย้อมโดยการทำความสะอาดด้วยสบู่เติมสารช่วยติดสี เช่น แทนนิน เกลือโลหะ ทำให้สีติดทน การเติมสารส้ม ทำให้ได้สีย้อมที่สดใสขึ้น และผลการทดสอบความคงทนต่อการซักถู และแสงอยู่ในระดับดี

สุวานีย์ จันทร์สะอาด. 2548. ศึกษาการสกัดสีย้อมจากต้นขนุน การหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากต้นขนุนพบว่า ปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในสกัด คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 150 นาที อัตราส่วนของต้นขนุนแห้งต่อน้ำเป็น 1: 40 และภาวะที่เหมาะสมของการย้อมผ้าฝ้ายคือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที อัตราส่วนระหว่างน้ำสีต่อผ้า 30: 1 ความเป็นกรดเบสเท่ากับ 7 และผลของสารช่วยติด สารส้ม เหล็ก และทองแดง สามารถเปลี่ยนสีผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากต้นขนุน ปริมาณการเติมสารช่วยสีติดที่เหมาะสม คือ 0.1 % โดยน้ำหนัก

Das S. 1992. ได้ทดลองย้อมเส้นไหมด้วยสีแดงที่ได้จากแมลง *Coccus cacti* ใช้สารช่วยติด คือ สารส้ม โครม ดีบุก และเฟอร์ซัลเฟต พบว่า สารส้มให้สีแดงเข้ม โครมให้สีชมพู ดีบุกให้สีแดง และเฟอร์ซัลเฟตให้สีม่วงเข้ม

2.3. เส้นใยฝ้าย

ฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มนุษย์รู้จักและใช้ประโยชน์มานานแล้ว พบทุกแห่งของโลก มีหลักฐานที่ทำให้เชื่อว่า ฝ้ายได้เคยใช้เป็นวัสดุสิ่งทอในแถบประเทศอินเดีย จีน และเปรูมาตั้งแต่เมื่อ 4,000–7,000 ปีมาแล้ว ในปัจจุบันฝ้ายยังคงเป็นวัสดุสิ่งทอที่สำคัญ และเป็นที่ยอมรับใช้อยู่มาก เนื่องด้วยมีสมบัติในด้านความสบาย และความคงทน (มณฑา จันท์เกตุเลียด. 2541: 59-68; วีระศักดิ์ อุดมกิจจา. 2543: 93-107; อัจฉราพร ไชละสูต. 2544: 9-15)

ปัจจุบันประเทศที่ผลิตฝ้ายที่สำคัญของโลก ได้แก่ จีน สหรัฐอเมริกา อินเดีย ปากีสถาน อุซเบกิสถาน และตุรกี (UNCTAD secretariat. (2008). *Cotton: World statistics*. (Online).)

สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการเพาะปลูกฝ้ายมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตคือ 22–25 องศาเซลเซียส ฝ้ายเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ชนิดพุ่ม ลำต้นตั้งตรง มีกิ่งสาขาแตกจากลำต้น ความสูงของต้นจะแตกต่างกันแล้วแต่พันธุ์ ฤดูปลูก และวิธีการปลูก โดยทั่ว ๆ ไปความสูงเฉลี่ย 2–6 ฟุต เมื่อฝ้ายออกดอก และดอกบานเต็มที่ที่มีการผสมเกสรแล้วจะเกิดเป็นผลฝ้ายหรือสมอฝ้าย ภายในผลจะแบ่งเป็น 3–5 พู แต่ละพูจะมีเมล็ด 6–7 เมล็ด เซลล์ที่ผิวนอกของเมล็ดจะเจริญออกเป็นเส้นยาว (ภาพประกอบ 3) มีการพอกพูนของเซลลูโลสทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้นเรื่อย ๆ (มณฑา จันท์เกตุเลียด. 2541: 59-68)

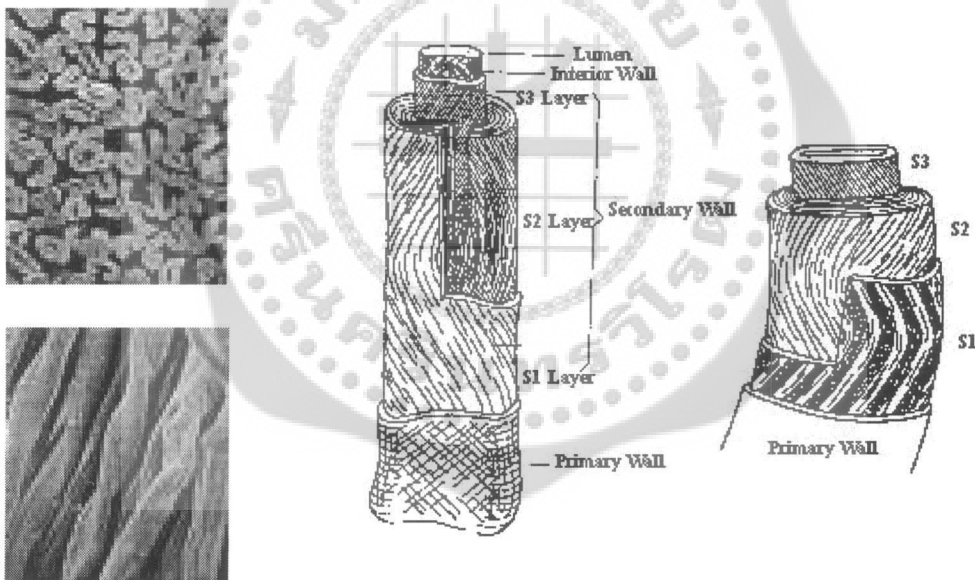


ภาพประกอบ 3 แสดงลักษณะของสมอฝ้ายและเซลล์เส้นใยฝ้าย

ที่มา: มณฑา จันท์เกตุเลียด. (2541). *วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น*. หน้า 63.

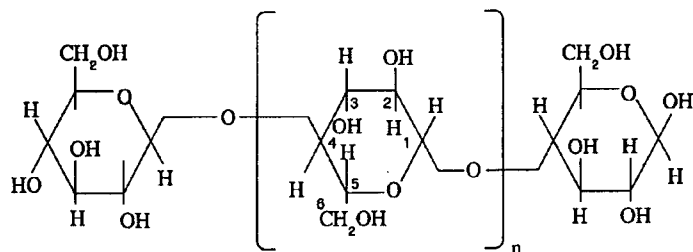
2.3.1 รูปร่างและโครงสร้างทางเคมี (มณฑา จันท์เกตุเสียด. 2541: 59-68)

เส้นใยฝ้ายเป็นใยสั้น (staple) มีความยาวทั่วไปเฉลี่ย 0.3–0.5 ซม. สีของใยฝ้ายมีตั้งแต่ขาวไปจนถึงเหลืองเทา เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่าเส้นใยไม่เป็นเส้นตรง แต่จะบิดตัวเป็นเกลียวเป็นระยะ ๆ รูปร่างด้านภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายรูปไต หรือเมล็ดถั่ว ตรงกลางมีช่องเรียกว่า ลูเมน (lumen) รอบ ๆ ลูเมนเป็นผนังเซลล์ซึ่งเกิดจากไฟบริลเซลลูโลสเรียงซ้อน ๆ เป็นแถบเวียนไปเป็นเกลียวโดยรอบเส้นใย การจัดตัวของไฟบริลจะไม่เวียนไปในทิศทางเดียวกันเสมอ อาจวกกลับทิศทางกันที่ใดที่หนึ่ง (ภาพประกอบ 4) ตรงบริเวณนั้นจะเกิดเป็นช่องเล็ก ๆ ในผนังเซลล์ เมื่อเส้นใยแก่ตัวลงบริเวณลูเมนและช่องเล็ก ๆ ในผนังเซลล์จะยุบตัวลง ทำให้ใยฝ้ายบิดตัวเป็นเกลียว ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายคือปั่นได้ง่าย เพราะเกลียวของเส้นใยทำให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี และโครงสร้างทางเคมีหลักของใยฝ้ายคือ เซลลูโลส (ตาราง 1) ซึ่งเป็นโมเลกุลลูกโซ่ยาว ประกอบด้วยหน่วยกลูโคสต่อกันตรงตำแหน่งคาร์บอน ดัชนี 1 และ 4 (1-4 linkage) (ภาพประกอบ 5)



ภาพประกอบ 4 ผนังเซลล์ใยฝ้าย

ที่มา: www.paperonweb.com/Images/CottonFiber.jpg. (2009, January). (Online).



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของเส้นใยฝ้าย

ที่มา: เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2539). การควบคุมคุณภาพสิ่งทอเพื่อการย้อม พิมพ์.
หน้า 33-37.

ตาราง 1 แสดงส่วนประกอบของฝ้ายแห้ง

สารประกอบ	เปอร์เซ็นต์
เซลลูโลส	85 - 90
ลิกนิน	0.7 - 1.6
น้ำตาล	1 - 3
เถ้า	0.8 - 2

ที่มา: Jame, S. and Jeffrey, S. (2009, January). *Chemical Composition of Fibers*.
(Online).

หมู่เคมีที่สำคัญของเส้นใยคือ หมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งจะมีหมู่เมทิลแอลกอฮอล์ เนื่องจากหมู่เหล่านี้เป็นหมู่เคมีที่มีขั้วจึงทำให้มีพันธะสำคัญคือ พันธะไฮโดรเจน บริเวณหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้ ๆ จะมีแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งแรงนี้จะมีขนาดน้อยมาก เมื่อเทียบกับพันธะไฮโดรเจน

สมบัติของเส้นใยฝ้ายทั้งทางกายภาพและเคมีถูกกำหนดโดยลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลส โมเลกุลเซลลูโลสที่มีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline Region) ในฝ้ายจะมีส่วนที่เป็นระเบียบ 60-70% ส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (Non Crystalline Region หรือ Amorphous) เป็นส่วนที่น้ำและสารเคมีอื่น ๆ จะสามารถแทรกซึมเข้าได้ ความแข็งแรงของเส้นใยขึ้นกับโมเลกุลส่วนที่เป็นระเบียบ สมบัติอื่น ๆ เช่น การดูดความชื้น ความหนาแน่น ความสามารถในการดูดซึมน้ำย้อมล้วนขึ้นกับการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเส้นใยทั้งสิ้น

2.3.2 สมบัติทางกายภาพ

เส้นใยฝ้ายมีสมบัติทางกายภาพ ดังนี้ (อัจฉราพร ไสละสูต. 2544: 39–44), (ลิลี โกศัยยานนท์. 2541: 34-35)

1 ความยืดหยุ่น

ความยืดหยุ่นของด้ายฝ้ายขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในเส้นใยของด้ายฝ้าย ปกติเส้นใยฝ้ายยืดออกได้ประมาณร้อยละ 7 และมักไม่หดตัวเข้าที่เดิม แต่ถ้านำไปแช่น้ำจะค่อย ๆ พองตัว ออกและหดเข้าที่เดิมได้

2 การดูดซึมของเหลว

เส้นใยฝ้ายมีซี่ผึ้งเป็นสารประกอบเพคตินหุ้มอยู่ภายนอกเส้นใย ทำให้เกิดการสะท้อนน้ำ ดูดน้ำได้อย่างช้า ๆ ถ้าเอาเพคตินที่เป็นสารหุ้มภายนอกออกโดยใช้สารฟอกขาว จะทำให้ได้เส้นใยฝ้ายที่บริสุทธิ์ ดังนั้นจึงสามารถดูดน้ำได้เร็วขึ้น

2.3.3 สมบัติทางเคมี

1 ผลต่อต่าง

เส้นใยฝ้ายจะทนต่อต่างได้ดี ซึ่งในกระบวนการผลิตผ้าฝ้ายจะต้องใช้ต่างมาก ๆ เช่น การฟอกขาวและการซุบมัน สารซักฟอกและสารฟอกขาวทุกชนิดล้วนมีส่วนประกอบของต่างทั้งสิ้น จึงสามารถใช้สารเหล่านี้กับฝ้ายได้อย่างปลอดภัย

2 ผลต่อกรด

เส้นใยฝ้ายจะไม่ทนต่อกรด โดยเฉพาะกรดที่มีความเข้มข้นประเภทกรดของโลหะ เพราะกรดจะทำลายเส้นใยฝ้าย

3 ผลต่อสารละลายอินทรีย์

เส้นใยฝ้ายจะทนต่อสารละลายอินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการซักในการซักประจำวัน

4 ความเสื่อมอันเกิดจากแสง

แสงอุลตราไวโอเล็ตจะทำให้ออกซิเจนในอากาศออกซิไดซ์ขึ้นภายในเส้นใยฝ้ายในช่วงเวลาหนึ่ง ถ้ายิ่งอุณหภูมิและความชื้นสูงขึ้น ความเสื่อมจะมีมากขึ้น เส้นใยฝ้ายดิบทนแสงแดดได้ดีกว่าเส้นใยฝ้ายฟอกขาว และเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยสีแสดจะทำให้ทนแสงได้ดีขึ้น

5 สีย้อม

สีย้อมที่ใช้ย้อมเส้นใยฝ้าย ได้แก่ สีไดเร็ค สีรีแอคทีฟ สีแสด สีแนฟทอล และที่ย้อมติดเส้นใยได้ทนมากที่สุดคือสีแสด

2.3.4 การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา (มณฑา จันท์เกตุเลียด. 2541: 67-68)

ผ้าฝ้ายมีความเหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์หลายด้าน ทั้งการทำเป็นเสื้อผ้า เครื่องใช้ใน บ้าน งานอุตสาหกรรม สำหรับการใส่ทำเสื้อผ้ามีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เนื่องจากผ้าฝ้ายให้ความ สบายในการสวมใส่หลายประการ เช่น เป็นตัวนำความร้อนที่ดีจึงไม่สะสมความร้อน ดูดความเปียก ขึ้นได้ดี และระเหยไปได้เร็ว และเส้นใยฝ้ายยังสามารถใช้ผสมร่วมกับเส้นใยชนิดอื่นทั้งใยธรรมชาติ และใยสังเคราะห์ด้วย ที่รู้จักกว้างขวางมากคือ การใช้ร่วมกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์

2.4. เคมีของการย้อม และกลไกของการย้อม

2.4.1 พื้นที่ผิวของภายในของเส้นใยและความสำคัญ

เส้นใยธรรมชาติ เช่น เส้นใยเซลลูโลสและโปรตีน จะมีพื้นที่ผิวภายในที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ ซึ่งคือพื้นที่ผิวของผนังของช่องระหว่างโมเลกุลเส้นยาวที่ประกอบเป็นเส้นใย จำนวนของช่อง ดังกล่าวจะมีประมาณสิบล้านในหน้าตัดของเส้นใยฝ้ายและไหม ซึ่งจะมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 100 ตารางเมตร/กรัม หรือประมาณ 5 เอเคอร์/ปอนด์

เมื่อเส้นใยเปียกด้วยน้ำ น้ำจะแทรกเข้าไปในช่องว่างของเส้นใยทำให้เส้นใยบวมตัวอย่าง รวดเร็ว ทำให้สีในสารละลายสามารถแพร่เข้าไปในช่องหรือรูของเส้นใยได้ เมื่อสีถูกละลายในน้ำ โมเลกุลของสีจะรวมกันอย่างเข้มข้นที่พื้นที่ผิวของสารละลาย และผิวเส้นใย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่าง แรกในกระบวนการย้อมผ้า

2.4.2 แรงทางเคมีในการย้อม

แรงดึงดูดทางเคมีที่เกี่ยวกับการย้อม มี 4 ชนิด คือ แรงวันเตอร์วาล์ว พันธะไอออนิก พันธะไฮโดรเจน และพันธะโคเวเลนต์

1 แรงวันเตอร์วาล์ว

เป็นแรงดึงดูดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการไม่อยู่นิ่งของอิเล็กตรอนในโมเลกุล ทำให้การกระจาย ตัวของอิเล็กตรอนไม่สมดุลภายในโมเลกุล เกิดเป็นแหล่งที่มีประจุตรงข้ามและเกิดแรงดึงดูดกับ โมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ชนิด

- 1 แรงที่เกิดจากโมเลกุลมีขั้ว
- 2 แรงที่เกิดจากโมเลกุลไม่มีขั้ว หรือ แรงลอนดอน

แรงดึงดูดประเภทนี้เกิดกับสีย้อมและเส้นใยทุกประเภท และเกิดเมื่อโมเลกุลของสีย้อม และเส้นใยเข้ามาอยู่ในระยะที่ใกล้กันมาก กำลังของแรงดึงดูดจะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่สัมผัส โดย ขนาดพื้นที่สัมผัสจะขึ้นกับขนาดโมเลกุล ดังนั้นกำลังของแรงดึงดูดจะแปรผกผันตรงกับขนาด โมเลกุล แต่อย่างไรก็ตามแรงดึงดูดประเภทนี้มีกำลังดึงดูดน้อยที่สุด จึงถูกทำลายได้ง่าย

2 พันระไอออนิก

เกิดขึ้นกับสารที่มีประจุต่างกัน เช่น แรงดึงดูดทางกายภาพระหว่างสี่ และเส้นใยจะเกิดขึ้นเนื่องจากสี่ และเส้นใยมีประจุ ในน้ำเส้นใยเซลลูโลสจะมีสมบัติเป็นขั้วลบ และสี่ในน้ำที่เป็นสารละลายนั้นจะมีสมบัติเป็นขั้วลบด้วย จะทำให้การดูดซับระหว่างกันไม่เกิดขึ้น จึงจำเป็นจะต้องลดจำนวนประจุบนเส้นใยให้ลดลง ก่อนที่สี่ซึ่งมีประจุลบจะดึงดูดติดเส้นใยอย่างมีประสิทธิภาพ

3 พันระไฮโดรเจน

เป็นแรงดึงดูดที่เกิดขึ้นกับสารที่มีอะตอมไฮโดรเจนอยู่ติดกับอะตอมที่มีความสามารถในการเกิดประจุลบสูง เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน และฮาโลเจน เป็นต้น เป็นแรงแบบทุติยภูมิ ไฮโดรเจนจะมีประจุบวกที่ถาวรและค่อนข้างแรง สามารถเกิดแรงดึงดูดประจุลบของโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง สีย้อมและเส้นใยส่วนใหญ่จะมีหมู่ที่สามารถรวมกันเกิดพันธะแบบนี้ได้ แต่จะมีความคงทนต่อการซักไม่สูง เนื่องจากกำลังของแรงดึงดูดทางกายภาพไม่มาก สามารถถูกทำลายได้ง่าย

4 พันระโคเวเลนต์

เป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างโมเลกุลของสีย้อมกับโมเลกุลของเส้นใย เป็นแรงดึงดูดที่ความแข็งแรง มีพลังงานพันธะสูง ถูกทำลายได้ยาก จึงทำให้สีย้อมมีความคงทนต่อการซักสูงมาก

2.4.3 กลไกของการย้อม

ในกระบวนการย้อมสิ่งทอ กลไกการย้อมประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

การละลายของสีย้อมในน้ำย้อม โมเลกุลสีย้อมควรละลายในน้ำ แม้ว่าสีย้อมบางชนิดมีความสามารถในการละลายต่ำมากก็ตาม เมื่ออยู่ในรูปสารแขวนลอยโมเลกุลสีบางส่วนอาจจะละลายเล็กน้อย เพื่อให้ขนาดอนุภาคเล็กพอที่จะแพร่เข้าภายในเส้นใยได้

การแพร่ของสีในสารละลาย โมเลกุลสีที่ละลายอยู่ในน้ำ จะสามารถเคลื่อนที่ หรือแพร่ในสารละลาย เพื่อให้เข้าใกล้เส้นใยได้มากที่สุด

การดูดติดบนเส้นใย โมเลกุลสีย้อมถูกดูดติดอยู่ที่ผิวเส้นใย

การแพร่ในเส้นใย โมเลกุลที่ติดอยู่บนผิวเส้นใยในปริมาณที่มากพอ จะเกิดแรงขับให้สีเคลื่อนตัวเข้าสู่ภายในเส้นใย และแพร่กระจายตัวอย่างทั่วถึง

2.5 การวิเคราะห์ผลการย้อม

เป็นกระบวนการวิเคราะห์ที่ใช้หลักความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารให้สี ซึ่งจะนำมาคำนวณหาความสามารถในการดูดซึมสี (%E) ดังสมการ 1

$$\%E = \frac{(Abs)_0 - (Abs)_1}{(Abs)_0} \times 100 \quad \dots\dots 1$$

$(Abs)_0$ คือ ปริมาณการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเมื่อเริ่มต้น

$(Abs)_1$ คือ ปริมาณการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเมื่อสิ้นสุดการย้อม

ค่าความเข้มของสีที่ย้อมสามารถหาได้จากการวัดค่าการสะท้อนของแสง และนำมาคำนวณค่าความเข้มของสีบนผ้า (K/S) ตามสมการของ Kubelka-Munk ดังสมการ 2

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

K = ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง

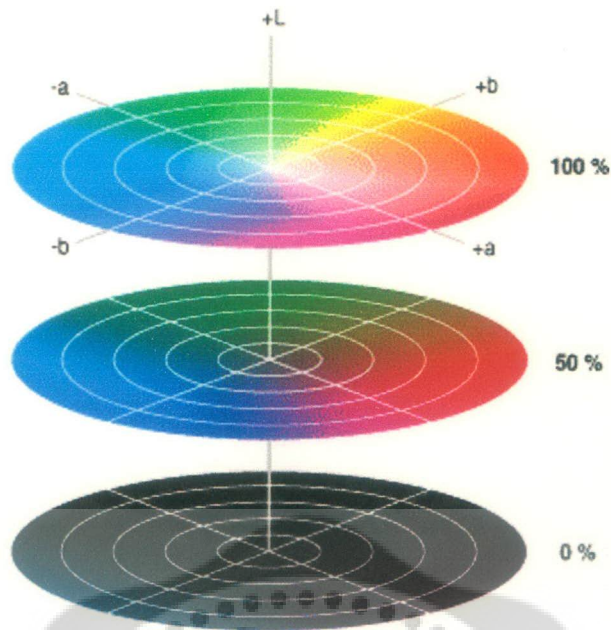
S = ค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง

R = ค่าการสะท้อนแสงของผ้าย้อมสี ณ ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})

2.6 ระบบการวัดสี (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ. 2540: 10-30)

การวัดสีเป็นการประเมินความเป็นสีด้วยระบบตัวเลข เพื่อให้สามารถสื่อสารกันได้ถูกต้อง โดยระบบการวัดสีที่นิยมใช้ได้แก่ ระบบ CIE L*a*b* (CIELAB) ซึ่งเป็นระบบการวัดสีที่พัฒนาจากระบบ CIE Tristimulus Values และ CIE Chromaticity Coordinates และได้รับการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ปัจจุบันสมการที่ใช้ในการระบุสีเป็นที่ยอมรับกว้างขวาง คือ CIELAB 1976 อันมี Colour Space ดังแสดงในภาพประกอบ 6

L*a*b* color space



ภาพประกอบ 6 CIELAB 1976 แสดง CIE L*a*b* Colour Space

ที่มา: developer.apple.com/documentation/GraphicsImaging/Conceptual/csintro/art/csl02.gif (January 26, 2006). (Online).

โดยที่ค่า L^* , a^* , b^* จะแสดงถึงเฉดสีต่าง ๆ

ค่า L^* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

ถ้า L^* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง สีดำ

ถ้า L^* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึง สีขาว

ค่า a^* ใช้กำหนด ความเป็นสีแดงหรือสีเขียวของวัตถุ

ถ้า a^* มีค่าเป็น + แสดงว่า วัตถุมีสีแดง

ถ้า a^* มีค่าเป็น - แสดงว่า วัตถุมีสีเขียว

ค่า b^* ใช้กำหนด ความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงินของวัตถุ

ถ้า b^* มีค่าเป็น + แสดงว่า วัตถุมีสีเหลือง

ถ้า b^* มีค่าเป็น - แสดงว่า วัตถุมีสีน้ำเงิน

การวัดความแตกต่างของสี

การวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างกับสีมาตรฐาน ที่นิยมในปัจจุบัน คือ ระบบ CIE และระบบ CMC ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงแต่ระบบที่เกี่ยวข้องดังนี้

ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ colour difference equation

การวัดความแตกต่างของสีผ้าตัวอย่างกับผ้าตัวอย่างมาตรฐานสามารถหาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างค่าความสว่าง ความเป็นสีแดงหรือสีเขียว และความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน ดังนี้

$$\Delta L^* = L^* \text{ ของผ้าตัวอย่าง} - L^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

ถ้า ΔL^* มีค่าเป็น + แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความสว่างมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (lighter)

ถ้า ΔL^* มีค่าเป็น - แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความมืดมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (darker)

$$\Delta a^* = a^* \text{ ของผ้าตัวอย่าง} - a^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

ถ้า Δa^* มีค่าเป็น + แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีแดงมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (redder)

ถ้า Δa^* มีค่าเป็น - แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเขียวมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (greener)

$$\Delta b^* = b^* \text{ ของผ้าตัวอย่าง} - b^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

ถ้า Δb^* มีค่าเป็น + แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (yellower)

ถ้า Δb^* มีค่าเป็น - แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (bluer)

นอกจากจะบอกความแตกต่างด้วยค่า ΔL^* Δa^* และ Δb^* แล้วยังกำหนดค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างผ้าตัวอย่างกับผ้ามาตรฐาน คือ ค่า ΔE (total color difference) โดย

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาผลของสารช่วยติดที่มีต่อการย้อมด้วยฝ้ายด้วยแก่นฝาง ในการดำเนินการวิจัยต้องใช้อุปกรณ์ สารเคมี และมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1. สารเคมีและอุปกรณ์

วัสดุและสารเคมี

1. ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1
2. แก่นฝาง
3. ไบยูคาลิปตัส
4. ฝ้ายขาวบาง
5. เชือกฟาง
6. อะลูมิเนียมฟอยล์
7. ฝ้ายขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน
ISO Standard 105: 1989
British Standard 1006: 1990
8. ฝ้ายมัดตีไฟเบอร์ชนิด DW
ISO Standard 105-F10-1989
9. น้ำกลั่น
10. น้ำประปา
11. โพลีเอทิลีนออกไซด์
APS Ajax Finechem
12. เฟอร์ริกซัลเฟต
APS Ajax Finechem
13. คอปเปอร์ซัลเฟต
Riedel-de Hach
14. สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ
V.P.C. GROUP
15. โซเดียมไฮดรอกไซด์
CARLO ERBA
16. โซเดียมคาร์บอเนต
CARLO ERBA
17. แคลเซียมไฮดรอกไซด์
CARLO ERBA

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. ช้อนตักสาร
4. กรรไกร

5. ขวดน้ำกลั่น
6. ราวตากผ้า
7. กะละมังเคลือบ
8. ตู้แช่เย็น
9. เหล็กคน
10. เต้าไฟฟ้า
11. เต้าแก๊ส
12. นาฬิกาจับเวลา
13. เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ JADEVER รุ่น SUNG-1500
14. เครื่องวัดค่า pH ยี่ห้อ EUTECH INSTRUMENTS รุ่น 510
15. เครื่องย้อมชนิดควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า ยี่ห้อ Rapid
16. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดยูวี-วิสิเบิล ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV-1601
17. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ยี่ห้อ SDL-Rotawash รุ่น M228
18. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ยี่ห้อ IRIDE-Solarbox รุ่น SBX 15000
19. ตู้เทียบสี ยี่ห้อ Macbeth The Judge II
20. Gray Scale for Evaluating Staining และ Gray Scale for Evaluating Changing มาตรฐาน AATCC

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมสารละลายสีย้อมจากแก่นฝาง

การเตรียมสารละลายสีย้อมจากแก่นฝางในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการสกัดสารให้สีจากแก่นฝางของอนันต์เสวก เทวซึ่งเจริญ; และคนอื่นๆ. (2543: ค). และสุรีย์ พุตระกูล; และคนอื่นๆ. (2543: ค). โดยใช้อัตราส่วนแก่นฝางต่อน้ำเป็น 1: 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1 เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 14 กรัมในน้ำปริมาตร 2 ลิตรในกะละมัง ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ค่า pH 12
- 2 ใส่แก่นฝางที่สับละเอียด 200 กรัม ลงในสารละลาย
- 3 แช่ทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำไปต้ม 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส
- 4 กรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง

3.2.2 การย้อมด้ายฝ้ายด้วยสารละลายสีจากแก่นฝาง

1 การเตรียมด้ายฝ้ายก่อนย้อม

ใช้อัตราส่วนด้ายฝ้ายต่อน้ำเป็น 1: 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ส่วนผสมในน้ำ:	NaOH	1 กรัม/ลิตร
	Na ₂ CO ₃	1 กรัม/ลิตร
	สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ	1 กรัม/ลิตร
	ไบยูคาลิปตัสสด	50 กรัม/ลิตร

แช่ด้ายฝ้ายในสารละลายนี้ 1 คืน แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ฝึ่งด้ายให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ด้ายฝ้ายที่ผ่านการเตรียมก่อนย้อมแล้วจะมีสมบัติการดูดซึมน้ำได้ทันที

2 การเตรียมสารช่วยติด

คำนวณหาปริมาณของสารช่วยติดทั้ง 3 ชนิด คือ โพลีแอสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต, เพอร์ซัลเฟต และคอปเปอร์ซัลเฟต อย่างละ 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0% โดยน้ำหนักด้ายฝ้าย และใช้สารช่วยติดหลังย้อม

3 ขั้นตอนการย้อมสี

ทำการทดลองย้อมด้ายฝ้ายด้วยสารละลายสีที่สกัดจากแก่นฝาง โดยไม่ใช้สารช่วยติด และใช้สารช่วยติด 3 ชนิด ในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ รวมทั้งสิ้น 16 การทดลอง

อัตราส่วนด้ายฝ้ายต่อน้ำย้อมเป็น 1: 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการย้อม 60 นาที อุณหภูมิที่ใช้ย้อม 98 องศาเซลเซียส

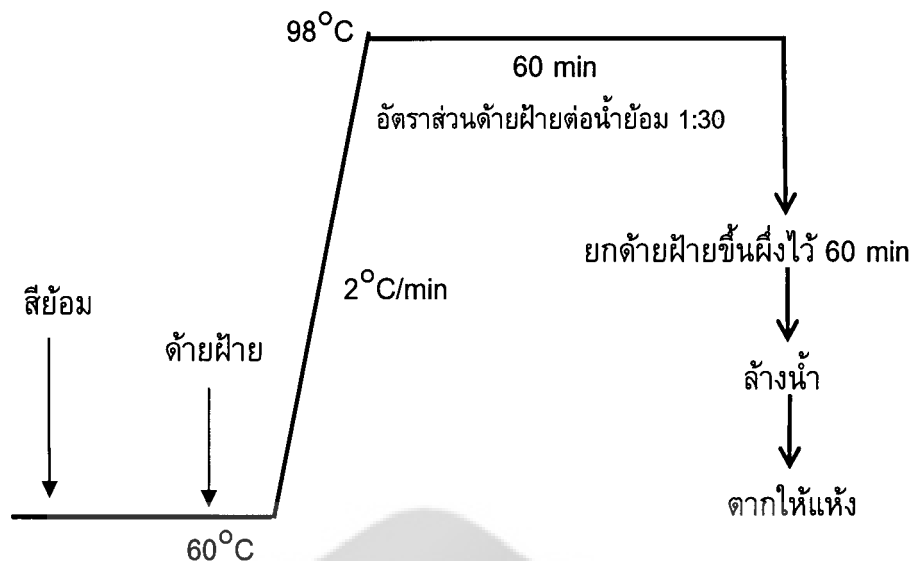
3.2.3 การทดลองสำหรับชุดควบคุม

1 นำด้ายฝ้ายที่เตรียมไว้ น้ำหนัก 5.0 ± 0.1 กรัม มาย้อมในสารละลายสีย้อมที่เตรียมไว้ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร

2 เริ่มย้อมที่อุณหภูมิของสารละลายสีย้อม 60 องศาเซลเซียส ในเครื่องย้อมแบบเขย่า และควบคุมอุณหภูมิได้

3 เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 98 องศาเซลเซียส ให้ต้มต่อจนครบ 60 นาที

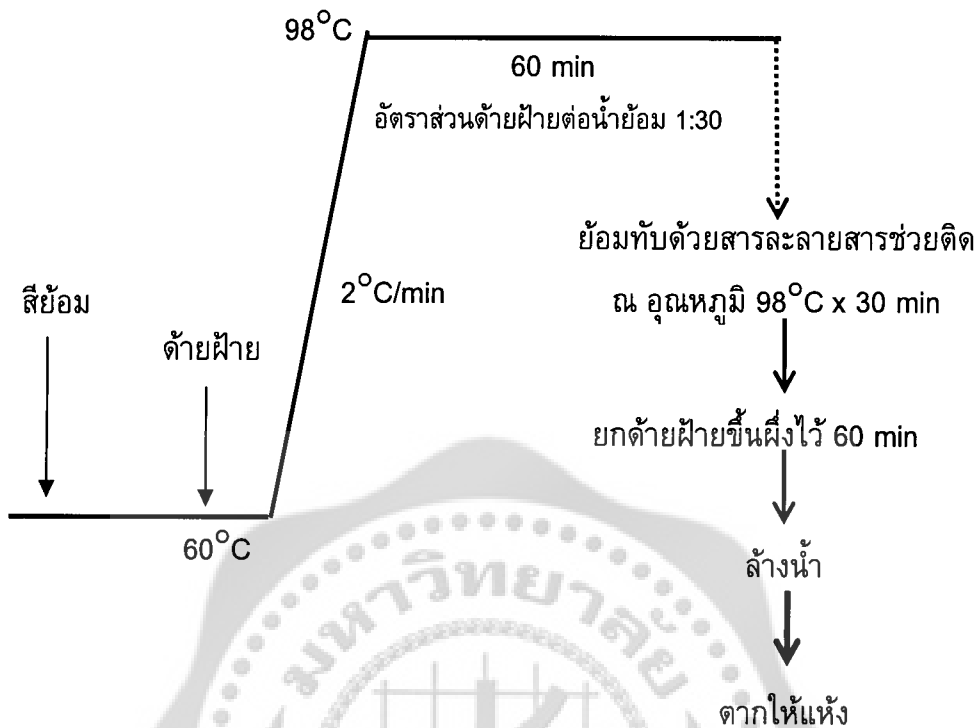
4 เมื่อครบ 60 นาที ยกด้ายฝ้ายขึ้นฝึ่งไว้ 60 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด ครั้งละ 300 มิลลิลิตร 2 ครั้ง แต่แต่ละครั้งใช้เวลาล้างนาน 2 นาที แล้วใช้แท่งแก้วรีดน้ำออก จากนั้นนำไปตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (ภาพประกอบ 7)



ภาพประกอบ 7 กระบวนการย้อมด้ายฝ้าย

3.2.4 การทดลองสำหรับชุดทดลอง

- 1 นำฝ้ายที่เตรียมไว้ น้ำหนัก 5.0 ± 0.1 กรัม มาย้อมในสารละลายสีย้อมที่เตรียมไว้ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร
- 2 เริ่มย้อมที่อุณหภูมิของสารละลายสีย้อม 60 องศาเซลเซียส ในเครื่องย้อมแบบเขย่า และควบคุมอุณหภูมิได้
- 3 เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 98 องศาเซลเซียส ให้ต้มต่อจนครบ 60 นาที
- 4 เมื่อครบ 60 นาที นำด้ายฝ้ายไปใส่ในสารละลายของสารช่วยติดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
- 5 เมื่อครบ 30 นาที ยกด้ายฝ้ายขึ้นผึ่งไว้ 60 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด ครั้งละ 300 มิลลิลิตร 2 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลาล้างนาน 2 นาที แล้วใช้แท่งแก้วรีดน้ำออก จากนั้นนำไปตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (ภาพประกอบ 8)



ภาพประกอบ 8 กระบวนการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสารช่วยติดหลังย้อมสี

3.3 การประเมินผลการย้อม

3.3.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (แสงซินฮอนอาร์ก) (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2518: 1-14)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (แสงซินฮอนอาร์ก)

- 1 ผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน (Standard blue wool)
- 2 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (Solar Box)
- 3 กระจาดทึบแสง หรือวัสดุทึบแสงอย่างอื่น เช่น แผ่นอะลูมิเนียมบาง หรือ แผ่นกระดาษแข็งหุ้มด้วยอะลูมิเนียม

4 เกรย์สเกล สำหรับอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ตามมาตรฐานวิธีทดสอบสิ่งทอ

วิธีการเตรียมชั้นทดสอบ

1 เตรียมด้ายฝ้ายพันรอบแผ่นกระดาษแข็ง ขนาดตามที่กำหนด (1x10 เซนติเมตร) ฝ้ายมาตรฐานและชั้นทดสอบต้องมีขนาดและรูปร่างอย่างเดียวกัน

2 การเรียงชั้นทดสอบกับฝ้ายมาตรฐานเมื่อจะนำไปอบไฟ ในการทดลองความคงทนของสีต่อแสงวิธีนี้ใช้ในกรณีที่ชั้นทดสอบหลายชั้น และทดสอบไปพร้อมกัน

วิธีทดสอบ

1 วางชั้นทดสอบและฝ้ายมาตรฐานดังแสดงในภาพประกอบ 9 และปิดแผ่นทดสอบไว้ 1 ใน 4 ของชั้นทดสอบและฝ้ายมาตรฐาน (ตำแหน่ง ก1ก2) จากนั้นนำไปไว้ในเครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นระยะ โดยเปรียบเทียบกับส่วนที่ปิดไว้ เมื่อฝ้ายมาตรฐาน 3 เริ่มเปลี่ยนสีจนสังเกตเห็นได้ ให้ตรวจสอบชั้นทดสอบและหาค่าอัตราความคงทนของสีต่อแสง โดยเปรียบเทียบกับสีที่เปลี่ยนไปของฝ้ายมาตรฐาน 1, 2 และ 3

2 ปิดแผ่นทึบแสงไว้ที่ตำแหน่ง ก1ก2 ตามเดิม แล้วนำชั้นทดสอบไปไว้ในเครื่องทดสอบแสงต่อไป จนเริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของฝ้ายมาตรฐาน 4 นำแผ่นทึบแสงอีกแผ่นมาวางทับตรงตำแหน่ง ข1ข2

3 ฝั่งชั้นทดสอบไว้ในเครื่องทดสอบแสงต่อไป จนเริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของฝ้ายมาตรฐาน 6 นำแผ่นทึบแสงอีกแผ่นมาวางทับตรงตำแหน่ง ค1ค2 แล้วฝั่งชั้นทดสอบต่อไป จนกระทั่งฝ้ายมาตรฐาน 7 เปลี่ยนสีเท่ากับเกรด 4 ของเกรย์สเกล หรือชั้นทดสอบที่มีความคงทนของแสงสูงสุดเปลี่ยนแปลงเท่ากับเกรด 3 ของเกรย์สเกล แล้วแต่กรณีไหนเกิดก่อน

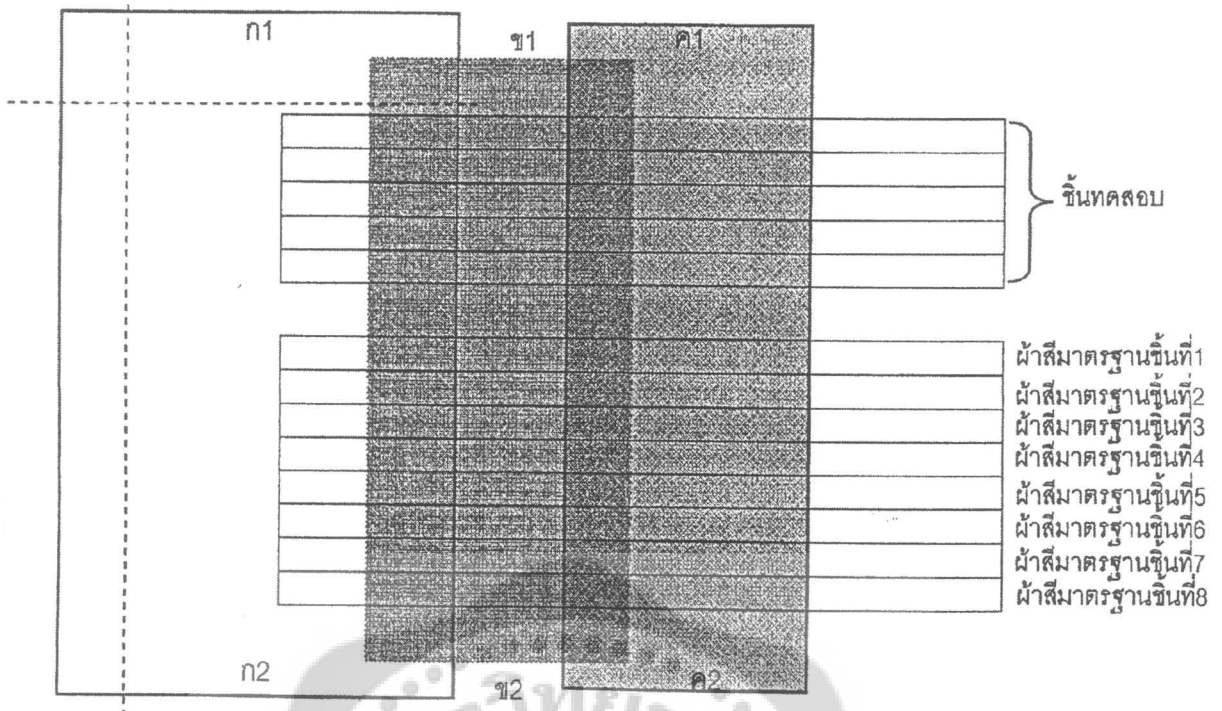
4 หาค่าความคงทนของสีต่อแสงของชั้นทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับฝ้ายมาตรฐาน

หมายเหตุ: 1 อัตราความคงทนของสีต่อแสง ระดับ 1 แสดงว่า มีความคงทนต่ำสุด

2 อัตราความคงทนของสีต่อแสง ระดับ 8 แสดงว่า มีความคงทนสูงสุด

3 อัตราความคงทนของสีต่อแสง แต่ละระดับจะมีความคงทนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

(โดยประมาณ) ตามลำดับ



ภาพประกอบ 9 แสดงลักษณะการเรียงชั้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน

ก1ก2 แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 1

ข1ข2 แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 2

ค1ค2 แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 3

3.3.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2518:

1-5)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความคงทนต่อการซัก

1 เครื่องทดสอบการซัก ซึ่งประกอบด้วยอ่างที่สามารถควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ และมี แกนหมุนด้วยความเร็ว 40 ± 2 รอบต่อนาที สามารถติดตั้งภาชนะบรรจุตัวอย่างขนาด 500 มิลลิลิตร

2 ผ้ามัลติไฟเบอร์ชนิด DW

3 เกรย์สเกล สำหรับอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงของสีและการเปื้อนติดสี

วิธีการเตรียมชั้นทดสอบ

นำตัวอย่างเส้นด้ายมาวางให้ขนานกันตามความยาว ยาว 10 เซนติเมตร ให้มีน้ำหนักรวม ประมาณ 0.5 กรัม หรือน้ำหนักของเส้นด้ายที่ใช้ประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักผ้ามัลติไฟเบอร์ ใช้ ด้ายมัดปลายทั้งสองข้าง วางบนผ้ามัลติไฟเบอร์ แล้วเย็บริมทั้งสองด้าน

วิธีทดสอบ

1 วางชิ้นทดสอบลงในถ้วยชั่งเติมน้ำสบู่ โดยกำหนดอัตราส่วนระหว่างสบู่กับชิ้นทดสอบเป็น 50: 1 ของน้ำหนัก ชักที่อุณหภูมิและเวลาตามที่กำหนด คือ สบู่ 5 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร อุณหภูมิ 42 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2 เมื่อชักเสร็จแล้วให้นำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องทดสอบการชัก ล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำซึ่งไหลตลอดเวลา 10 นาที บีบน้ำออกจากชิ้นทดสอบ เลอะด้ายที่เย็บออกสามด้าน โดยเว้นด้านสั้นไว้ด้านหนึ่ง ผึ่งชิ้นทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส โดยกางผ้าสองชิ้นออกจากกัน

3 หาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบ และค่าการเปื้อนสีบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกล

หมายเหตุ: 1 อัตราความคงทนของสีต่อการซัก ระดับ 1 แสดงว่า มีความคงทนต่ำสุด

2 อัตราความคงทนของสีต่อการซัก ระดับ 5 แสดงว่า มีความคงทนสูงสุด

3 อัตราความคงทนของสีต่อการซัก แต่ละระดับจะมีความคงทนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

(โดยประมาณ) ตามลำดับ

3.4 การวิเคราะห์ผลการย้อม

3.4.1 การวัดการดูดซึมสี (%E)

วิธีการทดลอง

- นำสารละลายสีย้อมมาเจือจาง 50 เท่าในน้ำกลั่น
- นำสารละลายที่ได้ไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง ณ ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดยูวี-วิสิเบิล
- นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ได้จากการวัดมาคำนวณค่าร้อยละการดูดซึมสีตามสมการ 1

3.4.2 การวัดค่าความเข้มของสีบนวัตถุ (K/S)

วิธีการทดลอง

1 เตรียมตัวอย่างด้ายฝ้าย โดยนำด้ายฝ้ายที่ต้องการทดสอบมาพันบนแผ่นกระดาษแข็ง ให้เส้นด้ายเรียงทับกันจนทึบ และมีพื้นที่ไม่น้อยกว่าช่องมองของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดสะท้อนแสง (ช่องมองขนาดใหญ่มีพื้นที่ 5 ตารางเซนติเมตร ช่องมองขนาดเล็กมีพื้นที่ 0.5 ตารางเซนติเมตร)

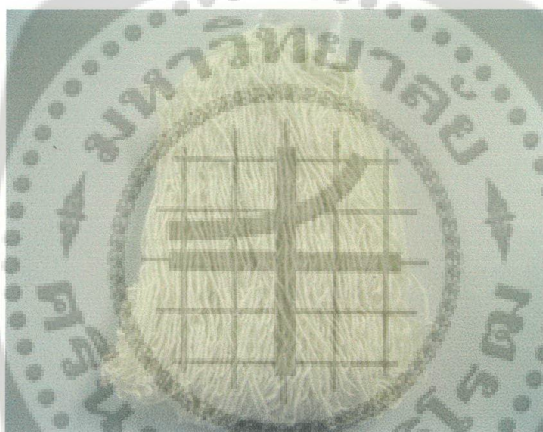
2 วัดค่าความเข้มของสีของผ้าตัวอย่างตามสมการ CIE $L^*a^*b^*$ และค่า K/S ตามสมการ 2

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

4.1 ผลการย้อมสีด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางเมื่อมีการเติมสารช่วยติด

จากการสกัดสารให้สีจากแก่นฝางตามวิธีการที่กล่าวในข้อ 3.2.1 ได้สารละลายสีม่วงแดง (ภาพประกอบ ผนวก ก) เมื่อนำด้ายฝ้ายที่ผ่านการเตรียมตามวิธีที่กล่าวในข้อ 3.2.2 (ภาพประกอบ 10) มาทำการย้อมที่อุณหภูมิ 98°C อัตราส่วนของน้ำต่อด้ายฝ้าย 30:1 ที่ pH 12 เป็นเวลา 60 นาที ผลการย้อมได้ด้ายฝ้ายสีม่วงอ่อน





ภาพประกอบ 10 ด้ายฝ้ายที่ผ่านการเตรียม

จากนั้นนำด้ายฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีมาผ่านกระบวนการเติมสารช่วยติดหลังการย้อมตามวิธีที่กล่าวในข้อ 3.2.4 โดยศึกษาการใช้สารช่วยติด 3 ชนิดได้แก่ โพลีแอสเซียมมอลูมิเนียมซัลเฟต, เฟอรัสซัลเฟต, และคอปเปอร์ซัลเฟต และแปรปริมาณสารช่วยติด 5 ระดับคือ 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 และ 5.0% โดยน้ำหนักด้ายฝ้าย (%owf) จากนั้นศึกษาผลการใช้สารช่วยติดในการปรับปรุงคุณภาพการย้อม ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีด้ายฝ้ายก่อนและหลังการซักล้าง (ΔE) ปรากฏผลดังนี้

4.1.1 ผลการทดลองชุดควบคุม

ผลการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางโดยไม่ใช้สารช่วยติด ได้ด้ายฝ้ายสีม่วงอ่อน โดยมีค่า CIE L*a*b* ดังนี้ L* = 54.887, a* = 12.639, b* = 13.363 เมื่อนำด้ายฝ้ายย้อมสีดังกล่าวไปซักล้างพบว่า สีซีดลง โดยมีค่า L* = 69.215, a* = 6.373, b* = 9.955 และผลการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซักล้าง $\Delta E = 17.362$ แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางโดยไม่ใช้สารช่วยติด และค่าความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซักล้าง











ตัวอย่างด้ายฝ้าย		L*		a*		b*		ΔE
ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	
		54.887	69.215	12.639	6.373	13.363	9.955	17.362

จะเห็นว่า ΔE ของด้ายฝ้ายเมื่อผ่านการซักมีค่าสูงถึง 17.362 แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีมาก สีมีความคงทนต่อการซักในระดับต่ำ

4.1.2 ผลการใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดหลังการย้อม

ผลการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางโดยใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดพบว่า การใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดทำให้ด้ายฝ้ายที่ย้อมได้มีสีออกม่วงแดงมากขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณโพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต สีที่ได้ยังมีความเข้มสูงขึ้น แสดงว่าโพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตสามารถยึดกับโมเลกุลของสีที่อยู่บนเส้นใย ดังนั้นปริมาณโพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตยิ่งมากยิ่งมีความสามารถยึดกับโมเลกุลสีบนเส้นใยได้มาก โดยมีค่า CIE L*a*b* และค่าความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซักแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อใช้โพแตสเซียม-อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในปริมาณต่าง ๆ และความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่านการซัก

ความเข้มข้น %owf	ตัวอย่างด้ายฝ้าย		L*		a*		b*		ΔE
	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	
0.1			53.162	63.948	12.923	6.488	10.613	9.602	14.580
0.5			50.884	67.049	14.547	6.672	8.121	8.151	19.619
1.0			46.394	70.526	16.741	6.075	5.962	8.146	26.585
2.0			37.489	69.135	20.330	6.689	0.971	7.811	39.409
5.0			33.285	66.379	24.472	7.740	0.449	7.978	41.178

อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าด้ายฝ้ายที่ย้อมได้นั้น เมื่อมีปริมาณสีติดมาก ยิ่งมีการเปลี่ยนแปลงสีมากเมื่อผ่านการซัก (สีตกมาก) ดังจะเห็นจากค่า ΔE ของด้ายฝ้ายเมื่อผ่านการซักมีค่าสูงขึ้นจาก 14.580 ถึง 41.178 เมื่อปริมาณโพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเพิ่มขึ้นจาก 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, และ 5.0%owf ตามลำดับ แสดงว่าสีมีความคงทนต่อการซักในระดับต่ำ เนื่องจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตกับสีย้อมบนเส้นใยนั้น เป็นโมเลกุลสีย้อมที่เกาะอยู่

บนผิวเส้นใยเท่านั้น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสีที่ผิวกับเส้นใยนั้นไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานต่อสภาวะในการซัก ถึงแม้จะมีปริมาณสารประกอบเชิงซ้อนเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่ไม่สามารถต้านทานต่อการใช้งานได้











4.1.3 ผลการใช้เฟอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดหลังการย้อม

การใช้เฟอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในการย้อมด้วยสีย้อมที่สกัดจากแก่นฝางพบว่า เฟอร์ซัลเฟตให้ผลการย้อมด้วยสีย้อมสีเทาดำ และเมื่อปริมาณเฟอร์ซัลเฟตเพิ่มขึ้น สีที่ได้ยังมีความเข้มสูงขึ้น ส่วนค่าความแตกต่างของสีด้วยสีย้อมสีเทาดำ เมื่อผ่านการซักล้างพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 20.471 ถึง 33.439 เมื่อปริมาณสารช่วยติดเพิ่มขึ้นจาก 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, และ 5.0%owf ตามลำดับ เช่นเดียวกับการใช้โพแตสเซียมมอลลิเบดเตทเป็นสารช่วยติด กล่าวคือ เมื่อปริมาณสีติดมาก ผ้ายังมีสีติดมากขึ้นเมื่อผ่านการซัก และเมื่อปริมาณเฟอร์ซัลเฟตเพิ่มขึ้น สีที่ได้ยังมีความเข้มสูงขึ้น แสดงว่าเฟอร์ซัลเฟตสามารถรวมตัวกับโมเลกุลของสารให้สีที่อยู่บนเส้นใยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น ดังนั้นปริมาณเฟอร์ซัลเฟตยิ่งมากยิ่งมีความสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโมเลกุลสีบนเส้นใยได้มาก แต่หลังการซักค่าความแตกต่างสีเพิ่มขึ้นมาก แสดงว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นนั้น เกาะอยู่ที่ผิวเส้นใยเท่านั้น จึงไม่สามารถต้านทานต่อสภาวะการซัก ค่า CIE $L^*a^*b^*$ และค่าความแตกต่างของสีด้วยสีย้อมสีเทาดำ เมื่อผ่านการซัก แสดงดังตาราง 4











4.1.4 ผลการใช้คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดหลังการย้อม

ผลการย้อมด้วยสีย้อมที่สกัดจากแก่นฝางโดยใช้คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติด ให้ด้วยสีย้อมสีม่วงดำ และให้สีที่เข้มกว่าการใช้โพแตสเซียมมอลลิเบดเตท และเฟอร์ซัลเฟต เฟอร์ซัลเฟตทุกระดับความเข้มข้น ในขณะที่ค่าการเปลี่ยนแปลงสีหลังการซักล้างนั้น อยู่ระหว่าง 12.836 - 24.900 เมื่อปริมาณสารช่วยติดเพิ่มขึ้นจาก 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, และ 5.0%owf ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่า ΔE ของการใช้โพแตสเซียมมอลลิเบดเตท และเฟอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติด แสดงว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตกับสีที่อยู่บนเส้นใย เป็นสีที่เกาะบนผิวเส้นใยจึงมีความต้านทานต่อการซักต่ำ ค่า CIE $L^*a^*b^*$ และค่าความแตกต่างของสีด้วยสีย้อมสีม่วงดำ เมื่อผ่านการซักล้าง (ΔE) แสดงดังตาราง 5

ตาราง 4 ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อใช้เฟอร์ส-
ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในปริมาณต่าง ๆ และความแตกต่างของสีด้ายฝ้าย เมื่อผ่าน
การซัก

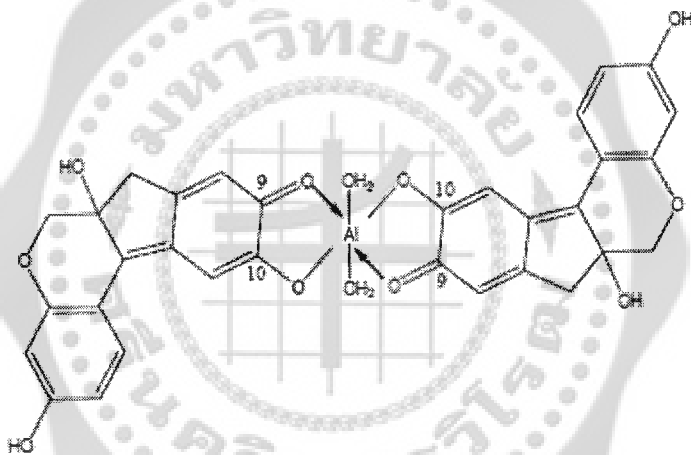
ความ เข้มข้น %owf	ตัวอย่างด้ายฝ้าย		L*		a*		b*		ΔE
	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	
0.1			53.584	69.182	13.046	5.679	12.381	9.281	20.471
0.5			47.129	66.429	10.389	4.268	8.305	7.298	20.572
1.0			39.146	64.69	6.392	3.364	1.091	4.553	24.693
2.0			38.844	64.225	5.566	3.278	-2.886	3.349	28.471
5.0			25.854	60.416	5.374	3.895	-3.744	3.013	33.439

ตาราง 5 ค่า CIE L*a*b* จากการย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อใช้คอปเปอร์-ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดในปริมาณต่าง ๆ และความแตกต่างของสีด้ายฝ้ายเมื่อผ่านการซัก

ความเข้มข้น %owf	ตัวอย่างด้ายฝ้าย		L*		a*		b*		ΔE
	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	
0.1			35.189	49.254	6.711	4.270	-1.419	1.367	12.836
0.5			33.515	48.752	6.122	9.028	-7.278	-4.279	13.533
1.0			33.320	51.822	6.555	9.328	-5.587	-1.924	18.725
2.0			32.097	48.246	5.693	9.278	-6.898	-3.494	20.623
5.0			26.54	47.787	6.971	9.995	-6.371	-5.306	24.900

เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโมเลกุลของสารให้สีใด ๆ ส่งผลทำให้เห็นเป็นสีสันต่าง ๆ กัน ดังนั้นการใช้สารช่วยติดต่างชนิดกัน ย่อมมีผลโดยตรงต่อสีของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น โดย สารช่วยติดในงานวิจัยครั้งนี้เป็นเกลือของโลหะ ซึ่งโลหะแต่ละชนิดมีจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดไม่เท่ากันดังนี้ อลูมิเนียม 3 ตัว, เฟอร์รัส 6 ตัว และคอปเปอร์ 9 ตัว การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในโมเลกุลของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากอลูมิเนียม เหล็ก และทองแดงย่อมแตกต่างกัน สีที่เกิดขึ้นจึงไม่เหมือนกัน

ทั้งนี้คาดว่าสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอลูมิเนียมกับโมเลกุลสีในงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษากการเกิดสารเชิงซ้อนของอลูมิเนียมกับบราซิลินโดยใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี (กมณชนก วงศ์สุขสิน. และคนอื่น ๆ. 2550.) ดังภาพประกอบ 11 ส่วนการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเฟอร์รัสกับโมเลกุลสี และคอปเปอร์กับโมเลกุลสีมีลักษณะเช่นเดียวกัน



ภาพประกอบ 11 การเกิดโครงสร้างของอลูมิเนียมกับบราซิลิน

4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 ความคงทนของสีต่อแสง (แสงซินอนอาร์ก)

จากการทดสอบด้วยฝ้าย ที่ผ่านการย้อมด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อเติมสารช่วยติดชนิดต่างๆ โดยใช้วิธีทดสอบตามที่กล่าวในข้อ 3.3.1 ผลของความคงทนของสีต่อแสง แสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

สารช่วยติด	ความเข้มข้น %owf	การเปลี่ยนสีเทียบกับผ้าขน สัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน
โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต	0.1	1
	0.5	1
	1.0	1
	2.0	2
	5.0	3
เฟอร์รัสซัลเฟต	0.1	2
	0.5	2
	1.0	3
	2.0	3
	5.0	3
คอปเปอร์ซัลเฟต	0.1	2
	0.5	2
	1.0	2
	2.0	3
	5.0	3
ไม่ใช้สารช่วยติด		2

ความคงทนของสีต่อแสงของด้ายฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางโดยไม่ใช้สารช่วยติด อยู่ในระดับพอใช้ มีการเปลี่ยนสีเทียบกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน ระดับ 2 เมื่อใช้สารช่วยติดหลังการย้อมสีพบว่า ปริมาณสารช่วยติดแต่ละชนิดมีส่วนช่วยให้ความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มขึ้นถึงระดับ 3 เมื่อใช้เฟอร์รัสซัลเฟต 1.0%owf ขึ้นไป คอปเปอร์ซัลเฟต 2.0%owf ขึ้นไป และ

โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต 5.0%owf ขึ้นไป ในทางกลับกันการใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตปริมาณ 0.1-1.0%owf กลับมีผลทำให้ความคงทนของสียบนเส้นใยต่อแสงลดลงถึงระดับ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต (ในปริมาณน้อย) กับโมเลกุลสียบนเส้นใยนั้นไม่เสถียร เกิดปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชันได้ง่ายกว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากจากเฟอร์รัสซัลเฟต และคอปเปอร์ซัลเฟตกับโมเลกุลของสี

4.2.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

จากการทดสอบด้วยผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝาง เมื่อเดิมสารช่วยติดชนิดต่าง ๆ และทดสอบตามวิธีที่กล่าวในข้อ 3.3.2 ผลของความคงทนของสีต่อการซัก แสดงดังตาราง 7

ความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางโดยไม่ใช้สารช่วยติด มีการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับต่ำคือ การเปลี่ยนแปลงสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับการเปลี่ยนแปลงของสีระดับ 1 แต่การเปื้อนติดบนผ้ามัดดีไฟเบอร์อยู่ในระดับดีมาก มีการเปื้อนติดอยู่ในระดับ 5 ทุกเส้นใยบนผ้ามัดดีไฟเบอร์ ผลการใช้สารช่วยติดหลังการย้อมพบว่า การใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดมีค่าความคงทนของสีต่อการซักในในระดับต่ำ ได้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับ 1 ถึง 2 เช่นเดียวกับการใช้เฟอร์รัสซัลเฟต ซึ่งมีค่าความคงทนของสีต่อการซักในระดับต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับ 1 ถึง 1-2 ส่วนการใช้คอปเปอร์ซัลเฟตจะได้ค่าความคงทนต่อการซักในระดับพอใช้ มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับ 1-2 ถึง 2 ในขณะที่การใช้สารช่วยติดทุกตัวให้ผลการเปื้อนติดสียบนผ้ามัดดีไฟเบอร์ทั้ง 6 ชนิดอยู่ในระดับดีขึ้นไป มีค่าการเปื้อนติดสียบนผ้ามัดดีไฟเบอร์ในระดับ 4-5 ถึง 5 ยกเว้นเมื่อใช้คอปเปอร์ซัลเฟตปริมาณ 0.5, 0.1, 2.0, และ 5.0%owf เป็นสารช่วยติด มีค่าการเปื้อนติดสียบนผ้าฝ้ายอยู่ในระดับพอใช้ มีค่าการเปื้อนสียบนผ้าฝ้าย ในระดับ 3 ถึง 3-4

จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่ใช้สารช่วยติดหลังการย้อมสี ผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมมีการเปลี่ยนแปลงของสีมาก และการใช้สารช่วยติดพบว่าเมื่อความเข้มข้นมากขึ้นสีจะติดมากแต่ยังสีติดมากก็มีการเปลี่ยนแปลงของสีมาก อย่างไรก็ตามสีที่หลุดออกมา ไม่มีความสามารถยึดติดกับเส้นใยได้อีกต่อไป

ตาราง 7 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

สารช่วย ติด	ความ เข้มข้น %owf	การ เปลี่ยนสี	การเปื้อนติดสี					
			Wool	Acrylic	Poly- ester	Nylon	Cotton	Acetate
โพลีแอส เซียม อลูมิเนียม ซัลเฟต	0.1	2	4-5	5	5	5	5	5
	0.5	2	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5
	1.0	1	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5
	2.0	1	4	4-5	4-5	4-5	4	5
	5.0	1	4	4-5	4-5	4-5	4	5
เฟอร์รัสซัล เฟต	0.1	1-2	4-5	5	5	5	5	5
	0.5	1-2	5	5	5	5	4-5	5
	1.0	1	5	5	5	5	4-5	5
	2.0	1	5	5	5	5	4-5	5
	5.0	1-2	5	5	5	5	4-5	5
คอปเปอร์ ซัลเฟต	0.1	2	4-5	5	5	5	5	5
	0.5	2	5	5	5	5	3-4	5
	1.0	1-2	5	5	5	5	3-4	5
	2.0	1-2	5	5	5	5	3	5
	5.0	1-2	4-5	5	5	5	3	5
ไม่ใช้สาร ช่วยติด		1	5	5	5	5	5	5

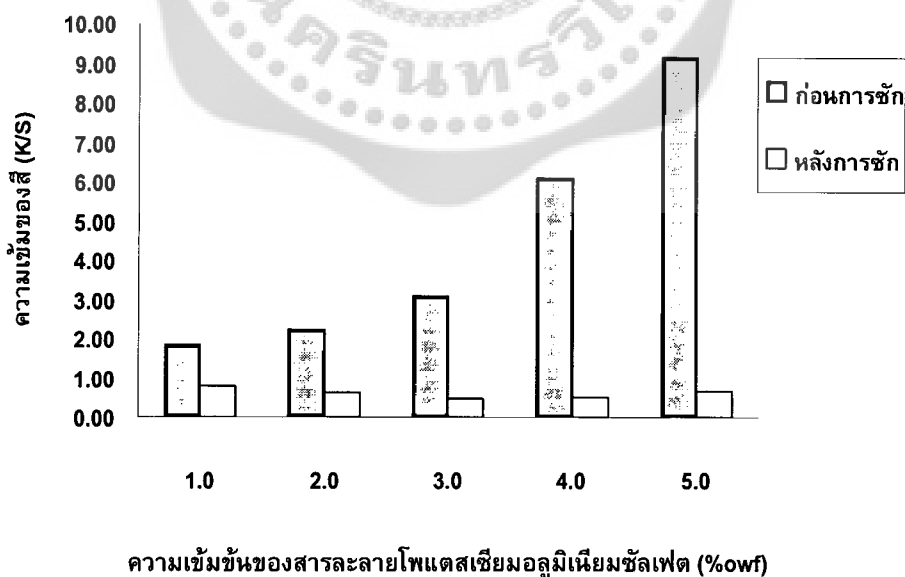
4.3 ผลการวัดการดูดซึมสี (%E)

เมื่อนำสารละลายสีย้อมที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, Abs) ตามวิธีที่กล่าวในข้อ 3.4.1 พบว่า ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) คือ 540 nm และค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมก่อนการย้อม ณ λ_{max} คือ 0.5961 ส่วนค่าการดูดกลืนแสงหลังย้อมมีค่า 0.1555 และด้วยฝ้ายสามารถดูดซึมน้ำสีที่สกัดจากแก่นฝางได้ในระดับดี ดังผลการคำนวณร้อยละการดูดซึมสีตามหลักการที่กล่าวแล้วในข้อ 3.4.1 ดังนี้

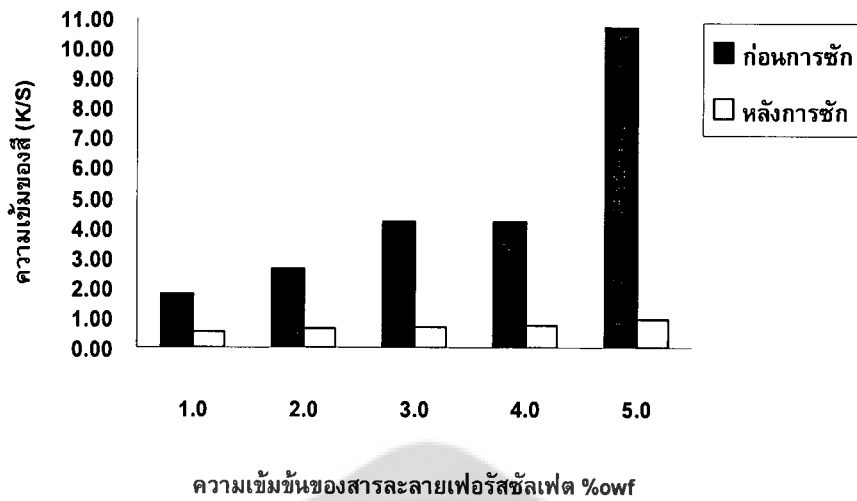
$$\begin{aligned} \%E &= \frac{(0.5961) - (0.1555)}{(0.5961)} \times 100 \\ &= 73.91\% \end{aligned}$$

4.4 ผลการวัดค่าความเข้มของสี (K/S)

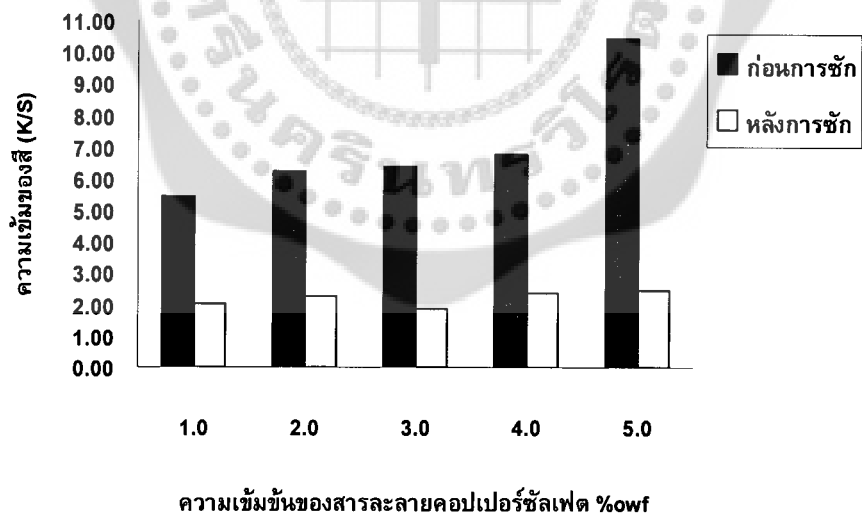
เมื่อนำตัวอย่างด้ายฝ้ายที่ผ่านการย้อมตามวิธีที่กล่าวในข้อ 3.2.4 มาวัดค่าความเข้มค่าความเข้มของสี (K/S) ตามหลักการที่กล่าวแล้วในข้อ 3.4.2 แสดงผลดังกราฟ 1-3 เมื่อใช้สารช่วยติดทั้ง 3 ชนิด



กราฟ 1 แสดงค่าความเข้มของสี (K/S) ก่อนการซักและหลังการซัก เมื่อใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



กราฟ 2 แสดงค่าความซึมของสี (K/S) ก่อนการซັกและหลังการซັก เมื่อใช้เพอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



กราฟ 3 แสดงค่าความซึมของสี (K/S) ก่อนการซັกและหลังการซັก เมื่อใช้คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติด

ผลการวัดค่าความเข้มของสี (K/S) ด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากแก่นฝางโดยไม่ใช้สารช่วยติดก่อนการชักมีค่า $K/S = 1.640$ เมื่อนำด้ายฝ้ายย้อมสีดังกล่าวไปผ่านการชักมีค่า $K/S = 0.508$ จะเห็นว่าค่าความเข้มของสีลดลงมากกว่า 3 เท่า

เมื่อใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติด ด้วยความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1-5.0%owf ค่าความเข้มของสีก่อนการชักเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1.85 – 9.19 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเข้มของสีหลังการชักใกล้เคียงกันตั้งแต่ 0.765 – 0.660 ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มของสีลดลงมากถึง 14 เท่า

เมื่อใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสารช่วยติด ด้วยความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 - 5.0%owf ค่าความเข้มของสีก่อนการชักเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1.80 – 10.68 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเข้มของสีหลังการชักใกล้เคียงกันตั้งแต่ 0.51 – 0.95 ตามลำดับ โดยที่ความเข้มของสีลดลงมากถึง 12 เท่า แต่อัตราการลดลงน้อยกว่าเมื่อใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติด

เมื่อใช้คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติด ด้วยความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 - 5.0%owf ค่าความเข้มของสีก่อนการชักเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 5.45 – 10.46 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเข้มของสีหลังการชักใกล้เคียงกันตั้งแต่ 2.05 – 2.46 ตามลำดับ โดยความเข้มของสีลดลงมากถึง 4 เท่า อย่างไรก็ตาม อัตราการลดลงน้อยกว่าเมื่อใช้โพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต และเฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสารช่วยติด

แสดงว่าคอปเปอร์ซัลเฟตสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโมเลกุลของสีได้ดีกว่าเฟอร์รัสซัลเฟต และโพแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟตตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคอปเปอร์มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดถึง 9 ตัว จึงสามารถเกิดพันธะโคออดิเนชันได้ดีกว่าเฟอร์รัสซึ่งมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 6 ตัว และอลูมิเนียมซึ่งมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัว นอกจากนี้รัศมีไอออนของคอปเปอร์มีขนาดใหญ่กว่า เฟอร์รัส และอลูมิเนียมตามลำดับ ดังนั้นจึงคาดว่าสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไอออนของโลหะกับโมเลกุลสีบนเส้นใยจะมีขนาดไม่เท่ากัน โดยเรียงลำดับจากใหญ่ไปเล็กดังนี้ สารประกอบคอปเปอร์ > สารประกอบเฟอร์รัส > สารประกอบอลูมิเนียม

แม้ว่าการเพิ่มปริมาณสารช่วยติดมีผลต่อการรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารช่วยติดกับสีย้อมบนเส้นใย ซึ่งเห็นได้จากสีที่เข้มขึ้น แต่เนื่องจากโมเลกุลสีย้อมที่รวมตัวกับสารช่วยติดอาจเป็นโมเลกุลสีย้อมที่เกาะอยู่บนผิวเส้นใยเท่านั้น ไม่ใช่โมเลกุลสีที่แทรกซึมเข้าไปเกิดปฏิกิริยาภายในเส้นใย ดังนั้นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสีที่ผิวกับเส้นใยจึงไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานต่อสภาวะในการชัก ถึงแม้จะมีปริมาณสารประกอบเชิงซ้อนเพิ่มขึ้น แต่ก็ไม่สามารถต้านทานต่อสภาวะการใช้งานได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากการสกัดสารให้สีจากแก่นฝาง สีข้อมที่สกัดได้มีสีม่วงแดง เมื่อนำด้ายฝ้ายมาย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติด ได้ด้ายฝ้ายสีม่วงอ่อน ซึ่งมีความคงทนต่อแสงในระดับพอใช้ และมีความคงทนต่อการซักล้างต่ำ มีการเปลี่ยนสีมาก และการผืนกสีต่ำ

การใช้โพแตสเซียมมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติดหลังการย้อม ให้ด้ายฝ้ายสีออกม่วงแดงมากขึ้น สว่างสดใสขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณจะทำให้ค่าความเข้มของสีบนด้ายฝ้ายสูงขึ้น แต่เมื่อผ่านการซักล้างปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีมาก (สีตกมาก) สีมีความคงทนต่อการซักในระดับต่ำ และการผืนกสีต่ำ และมีความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 2.0 ขึ้นไป คือมีความคงทนของสีต่อแสงในระดับพอใช้ แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นน้อยกว่านี้ จะมีความคงทนของสีต่อแสงในระดับ ต่ำ

การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสารช่วยติดหลังการย้อม ให้ด้ายฝ้ายเจดสีเทาต่ำ และความสว่างสดใสลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณจะทำให้ค่าความเข้มของสีบนด้ายฝ้ายสูงขึ้น แต่เมื่อผ่านการซักล้างปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีมาก (สีตกมาก) สีมีความคงทนต่อการซักในระดับต่ำ และการผืนกสีต่ำ แต่ดีกว่าโพแตสเซียมมอลูมิเนียมซัลเฟต และมีความคงทนของสีต่อแสงในระดับพอใช้

การใช้คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติดหลังการย้อม ให้ด้ายฝ้ายเจดสีม่วงต่ำ และจะให้สีที่เข้มกว่าการใช้โพแตสเซียมมอลูมิเนียมซัลเฟต และเฟอร์รัสซัลเฟต ทุกระดับความเข้มข้น สีมีความคงทนต่อการซักล้างในระดับ พอใช้ มีการเปลี่ยนแปลงสีของด้ายฝ้ายน้อยกว่าการใช้โพแตสเซียมมอลูมิเนียมซัลเฟต เฟอร์รัสซัลเฟต และไม่ใช้สารช่วยติด และมีความคงทนของสีต่อแสงในระดับพอใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการใช้สารช่วยติดในขั้นตอนก่อนการย้อมสี และพร้อมการย้อมสี เพื่อผลการย้อมสีจากแก่นฝางที่ดีที่สุด
2. ควรศึกษาการใช้สารช่วยติดตัวอื่น ที่ไม่ใช่สารประกอบโลหะ เพื่อเพิ่มความคงทนของสี และเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม



บรรณานุกรม

- กมลชนก วงศ์สุขสิน และคนอื่นๆ. (2550). การศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนของอลูมิเนียมกับบราซิ-
ลินโดยใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี. งานวิจัย. วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม.
นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยสุรนารี. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มกราคม 2552, จาก
http://www.stt33_O3_O0024.pdf.
- เกษม พิพัฒน์ปัญญาคุณกุล. (2539). การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม พิมพ์.
กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- เกรียงศักดิ์ เดชอนันต์. (2518, มกราคม-มีนาคม). "สีที่ได้จากไม้ฝาง". วารสารวนสาร.
33(17): 63-65.
- เจริญศรี เบญจมาลา. (2541). ผลของสารช่วยติดสีที่มีต่อการย้อมไหมด้วยเปลือก
มะพร้าวอ่อน. ปริญญาานิพนธ์ คหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย-
เกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ดวง พุศุภกร์. (2539, 1 มกราคม-กุมภาพันธ์). "สีย้อมจากธรรมชาติ". วารสารวิทยาศาสตร์.
54(1): 22-23.
- เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. (2539, พฤษภาคม-มิถุนายน). "เคมีของสีธรรมชาติ และการย้อม".
วารสารวิทยาศาสตร์. 50(3): 155-161.
- ผ่องศรี รอดโพธิ์ทอง. (2540). การย้อมผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด. ปริญญาานิพนธ์
คหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- พยอม ดันดีวัฒน์. (2524). "สีย้อมธรรมชาติ". วารสารวิทยาศาสตร์. 25(11): 795-802.
- พระสมคิดจรรย์ธมโม และคนอื่นๆ. (2545). กระบวนการพัฒนาผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติกลุ่ม
สตรีทอผ้าย้อมสีธรรมชาติบ้านโป่งคำ อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน. รายงานการวิจัย
สำนักงานสนับสนุนการวิจัย. ถ่ายเอกสาร.
- พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสด และคนอื่นๆ. (2545). พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- พุนทรัพย์ สวนเมือง ตูลาพันธ์, วารุณี พูลศิลป์ และ สุชาดา บุญชู. (2542). การย้อมสีไหมด้วยวัสดุ
ธรรมชาติในภาคอีสานของไทย. กรุงเทพฯ: สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. ถ่ายเอกสาร.

- เพ็ญนิภา ไจหมั่น. (2550). *การย้อมผ้าไหมอีรี่ด้วยสีรีแอกทีฟ*. ปัญหาพิเศษการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี. วท.บ. (คหกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มณฑา จันท์เกตุเสียด. (2541). *วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สมาคมคห-
เศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- ระวีวรรณ ศรีทอง และอัจลา รุ่งวงษ์. (2546). *การฟื้นฟูและพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการ
ทอผ้าไหมสีธรรมชาติ*. รายงานการวิจัยในโครงการ BRT: 322-332.
- ลิลี โกศัยยานนท์ และคนอื่นๆ. (2541). *คู่มือวิชาการสิ่งทอ โครงการพัฒนาตำราความรู้พื้นฐาน
ในวิทยาศาสตร์สิ่งทอ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- วิทย์ เทียงบูรณธรรม. (2548). *พจนานุกรมสมุนไพรไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ:
รวมสาส์น.
- วีระชัย ธารมณีวงศ์ และอื่นๆ. (2531). *การสกัดสีจากแก่นฝาง*. โครงการพิเศษปริญญาเภสัช-
ศาสตร์บัณฑิต. คณะเภสัชศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. (2543). *วิทยาศาสตร์เส้นใย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรินันท์ ห่อสมบัติ. (2543). *สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยครามธรรมชาติและ
โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์*. วิทยานิพนธ์ คหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. (2547). *อิทธิพลของไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสี
ธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด*. รายงานการวิจัย ทุนวิจัยกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช.
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุรีย์ พุดระกุล และคนอื่นๆ. (2543). *การพัฒนาสารย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน.ชุด
โครงการสีย้อมธรรมชาติ*. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- สุวานีย์ จันท์สอาด. (2548). *การสกัดสีย้อมจากต้นขนุน Artocapus heterophyllus Lamk.
สำหรับการย้อมผ้าไหมและผ้าฝ้าย*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เคมีเทคนิค). กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- อนันต์เสวก เหว่ซึ่งเจริญ และคนอื่นๆ. (2543). *การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว*. ชุดโครงการสีย้อมธรรมชาติ. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- อภิชาติ สนธิสมบัติ. (2545). *กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- อัจฉราพร ไสละสุต. (2533). *คู่มือการย้อมสี*. วิทยาลัยเทคนิคกรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2540). *ระบบการวัดสี : ค ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมฯ.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสิ่งทอ. (2518). *ความคงทนของสีต่อแสง (แสงซี-นออนอาร์ก)*. มอก. 121 เล่ม 2-2518. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสิ่งทอ. (2518). *ความคงทนของสีต่อการซัก*. มอก. 121 เล่ม 3-2518. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- Aspland, J.R. (1991). "A Series of paper on Dyes and Their Application". *Textile Chem. And Col.* 23(10): 13-20.
- Burkinshaw, S.M. and Kumar, N. (2009). Dye and Pigment. from <http://www.eisevier.com>.
- Das, S. (1992). "Application of Natural Dyes on Silk". *Colourage.* 19(9): 52-54.
- De Oliveira, L.F., et al. (2002). "Vibrational Spectroscopic study of brazilin and brazilrin , the main constituents of brazilwood from Brazil". *Vibrational Spectroscopy.* 28: 243-249.
- Jame, S. and Jeffrey, S. (2009, January). *Chemical Composition of Fibers*. from http://www.fpl.fs.fed.us_9.
- Jenny, D. (1994). *The Craft of Natural Dyeing, Glowing colours from The plant world*. Bradford: Society of dyers and colourists.
- Jinzhu, Xu, and Jean, C.Y. (1996). "First Synthesis of (+)-Brazilane from (+)-Brazilin". *Tetrahedron Letters.* 37(14): 2421-2424.

Johnson, Alan. (1989). *The theory of coloration of textiles*. Bradford: Society of dyers and colourists.

Marjo, M. (1993). *Natural Dyeing in Thailand*. Bangkok: White Lotus.

Society of Dyers and Colourists, and American Association of Textile Chemists and Colourists. (1971). *Colour Index Volume 3*. 4628.

<http://www.paperonweb.com/Images/CottonFiber.jpg>. (2009, January).

<http://www.developer.apple.com/documentation/GraphicsImaging/Conceptual/csintro/art/csl02.gif> (January 26, 2006).









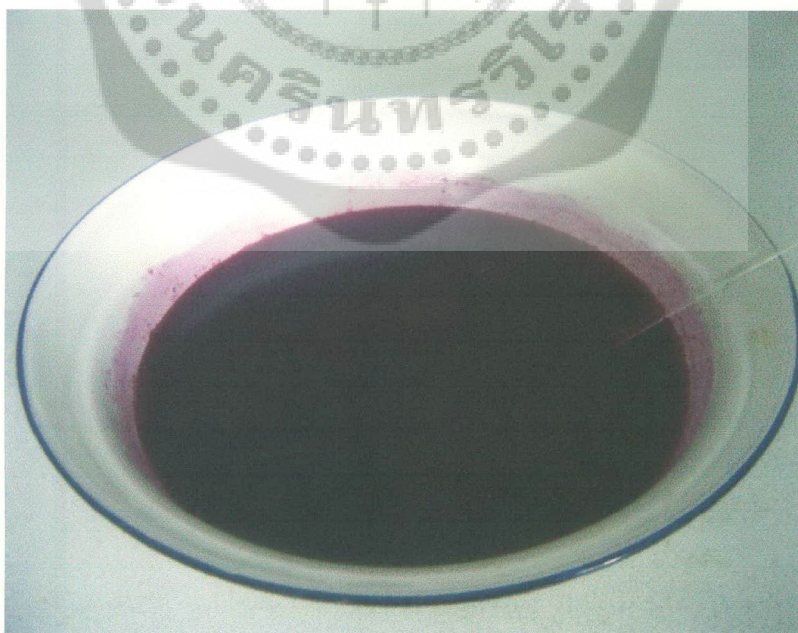
ภาพประกอบ 1 ต้นฝาง



ภาพประกอบ 2 ฝักและเมล็ดฝาง



ภาพประกอบ 3 แก่นฝาง

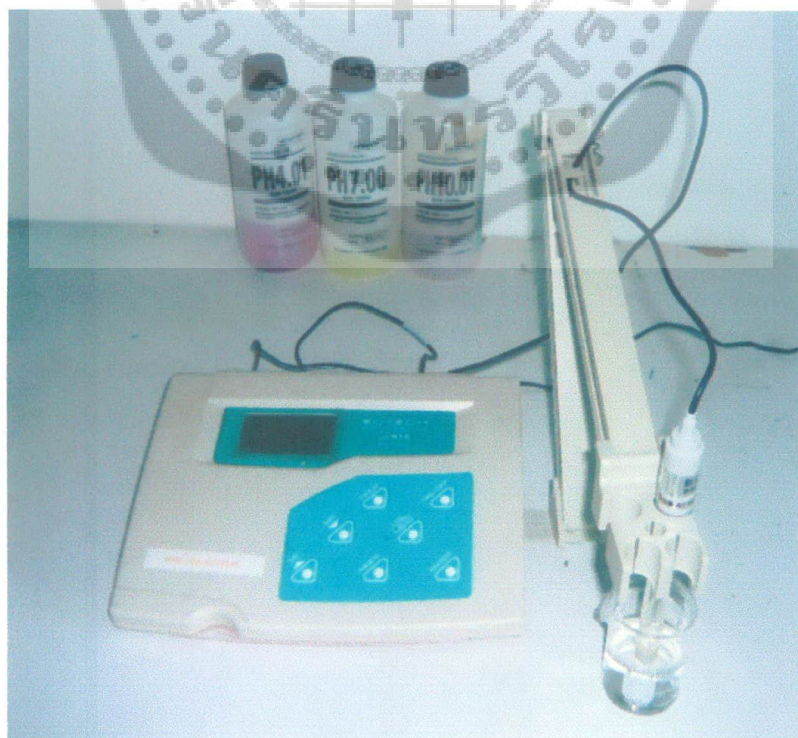


ภาพประกอบ 4 น้ำย้อมที่สกัดจากแก่นฝาง





ภาพประกอบ 1 เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 2 ตำแหน่ง



ภาพประกอบ 2 เครื่องวัดค่า pH



ภาพประกอบ 3 เครื่องย้อมชนิดควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า



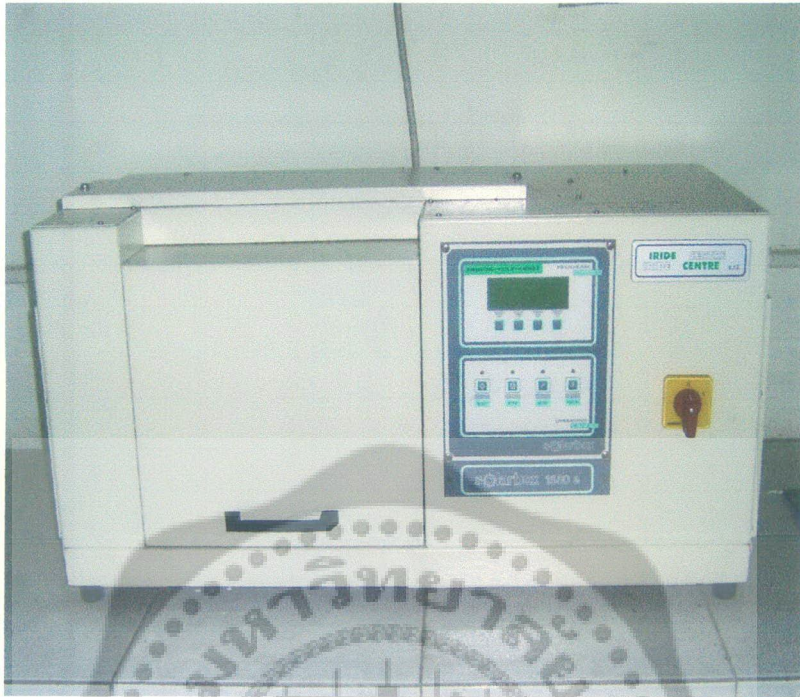
ภาพประกอบ 4 เต้าไฟฟ้า



ภาพประกอบ 5 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดการสะท้อน



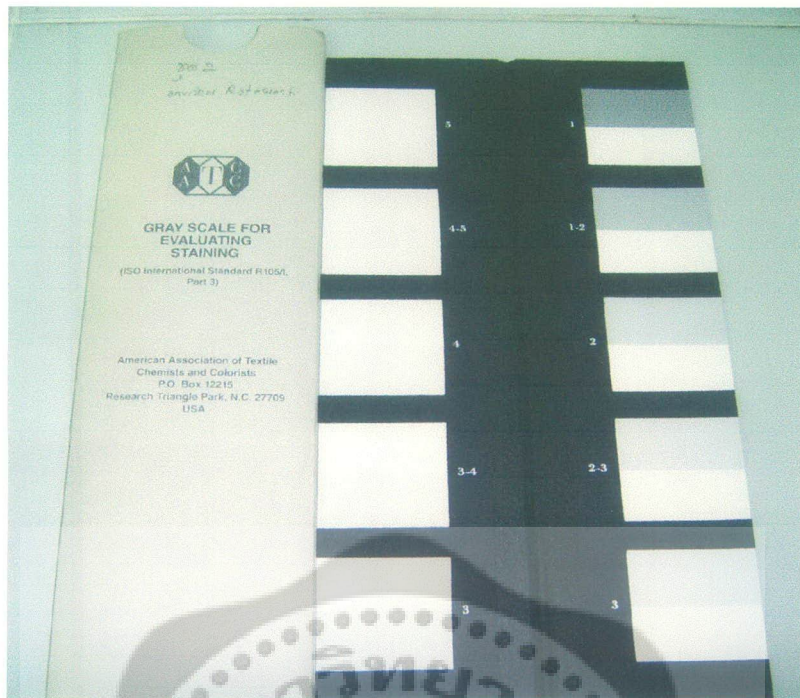
ภาพประกอบ 6 เครื่องทดสอบการซັก



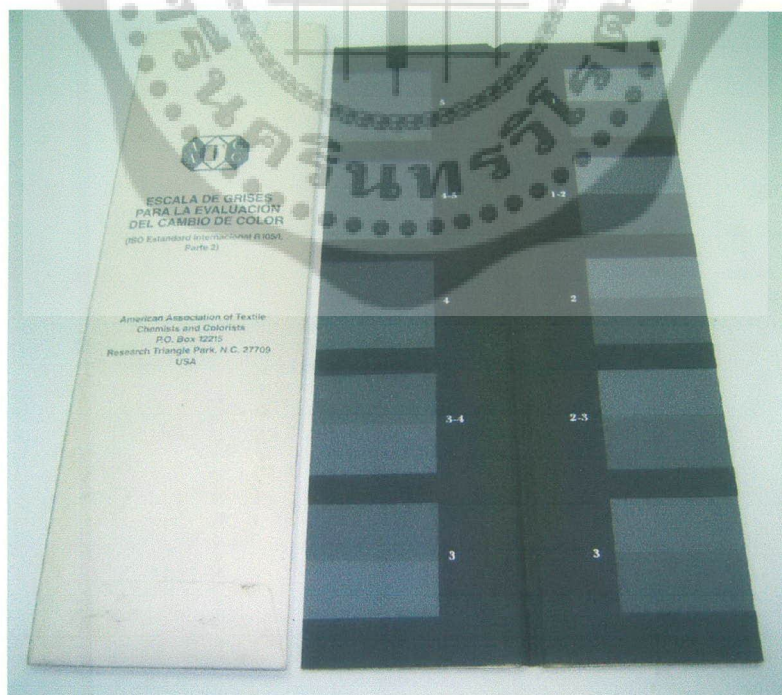
ภาพประกอบ 7 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อแสง



ภาพประกอบ 8 ตู้อเทียบสี



ภาพประกอบ 9 Gray Scale for Evaluating Staining มาตรฐาน AATCC



ภาพประกอบ 10 Gray Scale for Evaluating Changing มาตรฐาน AATCC





ภาพประกอบ 1 การเตรียมด้ายฝ้ายก่อนการทดสอบความคงทนต่อการซัก โดยใช้โพแตสเซียมมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



ภาพประกอบ 2 ด้ายฝ้ายหลังการซัก โดยใช้โพแตสเซียมมอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



ภาพประกอบ 3 การเตรียมด้ายฝ้ายก่อนการทดสอบความคงทนต่อการซัก โดยใช้
เฟอร์ริซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



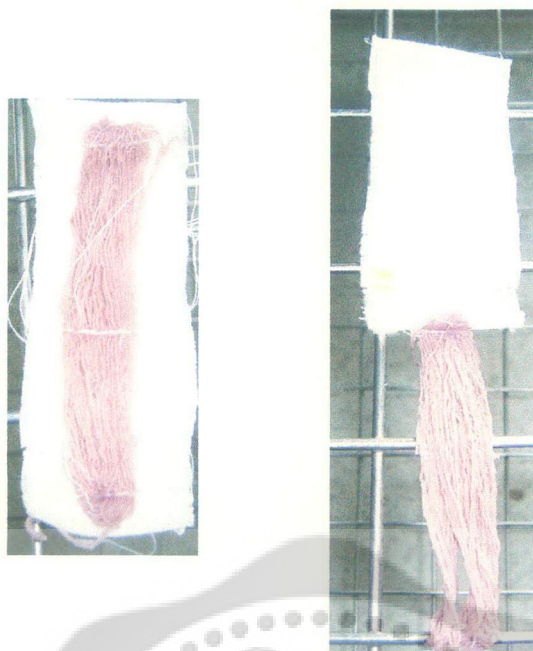
ภาพประกอบ 4 ด้ายฝ้ายหลังการซัก โดยใช้เฟอร์ริซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



ภาพประกอบ 5 การเตรียมด้ายฝ้ายก่อนการทดสอบความคงทนต่อการซัก โดยใช้
คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



ภาพประกอบ 6 ด้ายฝ้ายหลังการซัก โดยใช้คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารช่วยติด



ภาพประกอบ 7 ด้ายฝ้ายก่อน และหลังการทดสอบความคงทนต่อการซัก
โดยไม่ใช้สารช่วยติด



ภาพประกอบ 8 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล นางสาวมาลินี อนุรักษ์
 วันเดือนปีเกิด 14 พฤษภาคม 2521
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 134 หมู่ 4 ตำบลกลางเวียง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน 55110
 ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน ครู คศ.1
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนบ้านห้วยโก๋น ตำบลห้วยโก๋น อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน 55130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2544 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2)
 สาขาเคมี
 จากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ.2545 ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
 สาขาการศึกษา
 จากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ.2551 ปริญญาโท (การศึกษามหาบัณฑิต)
 สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
 จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ