การพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนต่อแสง สำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

โดย

นางสาวพลอย เหลืองไพโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์

ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนต่อแสง
สำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

โดย

นางสาวพลอย เหลืองไพโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์

ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DEVELOPMENT OF NATURAL DYED STANDARD FOR LIGTHFASTNESS TEST FOR NATURAL DYED LOCAL WEAVING CLOTH

By

Ploy Leaungphairojana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF ENGINEERING

Department of Materials Science and Engineering

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2007

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ ” เสนอโดย นางสาวพลอย เหลืองไพโรจน์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์

…….....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาเจรา พัฒนถาบุตร

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ชัยยุตต์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.มณฑล นาคปฐม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อำนาจ สิทธัตตระกูล)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาเจรา พัฒนถาบุตร)

...../...../.....

48402215: สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์

คำสำคัญ : สีย้อมธรรมชาติ, ความคงทนของสีต่อแสง, ผ้าไหม, สารมอร์แด้นท์

พลอย เหลืองไพโรจน์ : การพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.ปาเจรา พัฒนถาบุตร. 128 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนการนำเข้าผ้ามาตรฐาน Blue wool ที่ใช้ในการทดสอบความคงทนต่อแสงของสีเคมีซึ่งมีราคาสูง ในงานวิจัยใช้พืชในประเทศไทย 3 ชนิด คือ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว สารมอร์แด้นที่ใช้ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม ทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณของโลหะมอร์แด้นท์ที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง อิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง อิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อม คือ D-(+)-Glucose anhydrous และ Chitosan ที่มีต่อเฉดสีและระดับความคงทนของสีต่อแสง การทดสอบระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ และความแม่นยำของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ พบว่าสามารถเตรียมผ้ามาตรฐานย้อมสีธรรมชาติได้จากผ้าไหมย้อมสีด้วยใบขี้เหล็ก โดยมีเฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 20% ของน้ำหนักผ้าไหม เป็นสารมอร์แด้นท์ โดยที่ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติสามารถระบุค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่มีระดับความคงทนของสีต่อแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับที่ 4 โดยมีความแม่นยำในการทดสอบมากกว่า 90%

ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

48402215: MAJOR: POLYMER SCIENCE AND ENGINEERING

KEYWORDS: NATURAL DYEING, LIGHT FASTNESS, SILK, MORDANTS

PLOY LEAUNGPHAIROJANA: THE DEVELOPMENT OF NATURAL DYED STANDARD FOR LIGHT FASTNESS TEST FOR NATURAL DYED LOCAL WEAVING CLOTH. THESIS ADVISER: ASST.PROF.PAJAERA PATANATHABUTR,Ph.D. 128 pp.

This study aims to develop natural silk standard for light fastness test to substitute imported blue wool standard cloths for light fastness test of chemical dye which are costly. In this study, different parts of three native Thai local plants used as natural dyes were ; dried leaves *Cassia siamea* Lamk., stored fruits of *Diospyros mollis* Griff. and dried coil of *Cocos nucifea* Linn. Mordants used were Aluminium Sulphate ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$) and Ferrous Sulphate ($FeSO_4.7H_2O$) at the amount of 5-20% by weight of fabrics. The effect of types and amounts of metal mordants on light fastness, the effect of different dyeing method on light fastness, the effect of colour-enhancement agent; D-(+)-Glucose anhydrous and Chitosan on colour shade and light fastness properties, light fastness test for natural dyed local weaving cloths and accuracy of testing of the natural dyed standard were investigated. It was found that the natural dyed standard for light fastness test can be prepared by dried leaves *Cassia siamea* Lamk. dyed silk with Ferrous Sulphate at the amount of 20% by weight of fabrics. It could identify light fastness level of natural dyed local weaving cloths, which have light fastness level of less than or equal to level 4, with more than 90% accuracy of testing.

Department of Materials Science and Engineering, Graduate School, Silpakorn University. Academic Year 2007

Student's signature …….

Thesis Advisor's signature ……..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพินธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความเมตตาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาเจรา พัฒนถาบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด อาจารย์ดร.อำนาจ สิทธัตตระกูล อาจารย์ดร.ณัฐวุฒิ ชัยยุตต์ และอาจารย์ดร.มณฑล นาคปฐม กรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความเมตตาเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ความภาคภูมิใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับพลังใจและพลังกาย ความร่วมมือ ช่วยเหลือสนับสนุนจากผู้อยู่เบื้องหลัง คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว เพื่อนๆปริญญาตรีและปริญญาโท น้องๆปี 3 และปี 4 ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุทุกคน ที่เป็นกำลังใจ เป็นแรงผลักดันอันยิ่งใหญ่จนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามเจตนารมณ์ที่ตั้งใจไว้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุทุกท่านที่อบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณนายพินิจ เจียรระลึก นักวิทยาศาสตร์ประจำภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในห้องปฏิบัติการ ในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง รวมทั้งขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ภายใต้โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2549 ที่สนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ฎ

บทที่

1 บทนำ.....1
ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง.....1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....4
ขอบเขตของงานวิจัย.....5
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไหม.....12
ความรู้เกี่ยวกับสีธรรมชาติ.....15
ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างชั้นสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง.....31
ความรู้เกี่ยวกับความคงทนของสีต่อแสง.....36
ความรู้เกี่ยวกับระบบการวัดสี.....42
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....46
วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....46
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....47
สีธรรมชาติ.....47
การดำเนินงานวิจัย.....48

บทที่ หน้า

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....59
ผลการศึกษาอิทธิพลของโลหะมอร์แด้นท์ที่มีต่อค่าความคงทนของสีต่อแสง
ของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติ…….....59
ผลการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มี
ต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง.....62
ผลการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสี
และระดับความคงทนของสีต่อแสง.....78
การทดสอบการอ่านค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง
โดยกลุ่มผู้ทำการย้อมผ้า.....91
การทดสอบระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ.....93
ความแม่นยำในการทดสอบของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ.....97
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....101
สรุปผลการทดลอง.....101
ข้อเสนอแนะ.....102
บรรณานุกรม.....103
ภาคผนวก ก.....106
ภาคผนวก ข.....109
ประวัติผู้วิจัย.....128

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ลักษณะการเกิด Chelate ของโลหะที่ทำหน้าที่เป็นสารมอร์แด้นท์ กับหมู่ฟังก์ชั่นที่อยู่ในโมเลกุลของสีย้อม ……..……..……..19

2.2 ผลของสารมอร์แด้นท์ต่อสีย้อมบนเส้นใย ……..……..……..20

2.3 เฉดสีต่างๆที่ได้จากสารให้สีในพืชที่นำมาใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติ……..……..21

2.4 รายละเอียดวิธีสกัดสีจากพืชธรรมชาติที่ใช้ในการวิจัย……..…….27

2.5 ชนิดของพืชที่นำมาย้อมเส้นไหม ซึ่งให้เฉดสีต่างๆ ที่มีระดับ ความคงทนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม …….……..……..30

2.6 สีที่ใช้ย้อมผ้าสีมาตรฐาน ……..…….…..40

3.1 รายละเอียดวิธีสกัดสีจากพืชธรรมชาติที่ใช้ในการวิจัย……..……50

4.1 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือและฝอยกาบมะพร้าว…….……..….60

4.2 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะที่มีอยู่ในพืช.....……..….61

4.3 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและ เฉดสีของผ้าไหม ที่ใช้วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติม…….....…..….70

4.4 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและเฉดสีของผ้าไหม ที่มีการปรับแต่งผิวหน้าด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ..…….....…..…73

4.5 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและเฉดสีของผ้าไหม ที่มีการปรับแต่งผิวหน้าด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ……..……..……..…76

4.6 การเปรียบเทียบเฉดสีระหว่างผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็กกับผ้าไหม ย้อมสีใบขี้เหล็กที่ผสม Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม…….…….....82

ตารางที่ หน้า

4.7 การเปรียบเทียบเฉดสีระหว่างผ้าไหมย้อมสีผลมะเกลือกับผ้าไหม
ย้อมสีผลมะเกลือที่ผสม Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม ……....83
4.8 การเปรียบเทียบเฉดสีระหว่างผ้าไหมย้อมสีฝอยกาบมะพร้าวกับผ้าไหม
ย้อมสีฝอยกาบมะพร้าวที่ผสม Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม ……....83
4.9 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก
ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่ไม่มีและมีการเติม
Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม ……..…….....84
4.10 เฉดสีของผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ที่แตกต่างกันระหว่าง
ส่วนที่โดนแสงและไม่โดนแสง …….....…….…….....92
4.11 ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของตัวอย่างผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ
28 ตัวอย่าง และผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ จำนวน 1 ตัวอย่าง ที่ทำการทดสอบ
ตามมาตรฐาน ISO 105 B01-1994 Colour fastness to light: Daylight
ในห้องปฏิบัติการ โดยเปรียบเทียบความถูกต้องกับผลการทดสอบ
ความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E)
โดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)..... 94
4.12 เฉดสีของตัวอย่างผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่แตกต่างกัน
ระหว่างส่วนที่โดนแสงและไม่โดนแสง
เทียบกับผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ…….....…….…….....95
ข.1 วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีธรรมชาติ…….....……...….110
ข.2 การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad
สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ…….....…….....113
ข.3 การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad
สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ…….....116
ข.4 ค่าการดูดกลืนแสง UV ของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็กโดยการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหม
ด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ….....119

ตารางที่ หน้า

ข.5 ค่าการดูดกลืนแสง UV ของผ้าไหมย้อมสีผลมะเกลือโดยการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหม
ด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ…….....120
ข.6 ค่าการดูดกลืนแสง UV ของผ้าไหมย้อมสีฝอยกาบมะพร้าวโดยการปรับแต่ง
ผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ
exhaust สีย้อมธรรมชาติ……..……....121
ข.7 ค่าการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) ของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติ
ที่ย้อมด้วยวิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีธรรมชาติ…….....122
ข.8 ค่าการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) ของผ้าไหมที่ใช้การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหม
ด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ……..……..125

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ภาคตัดขวางของเส้นใยไหม……...……..……...…13

2.2 สายโซ่โมเลกุลของเส้นใยไหม……...……..……..13

2.3 การเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะมอร์แด้นท์กับสีย้อมธรรมชาติและเส้นใย..……....20

2.4 ใบขี้เหล็กและสูตรโครงสร้าง ……..……..24

2.5 ผลมะเกลือและสูตรโครงสร้าง ……....…..…….....25

2.6 ฝอยกาบมะพร้าว……..……..25

2.7 การปรับแต่งด้วยสารมอร์แด้นท์ (a) วิธีที่ใช้โดยทั่วไป (b) แนวทางใหม่ใน
การปรับแต่งโครงสารมอร์แด้นท์สองชั้น (Bilayer mordant structure)
โดยทดแทนปริมาณโลหะส่วนใหญ่โดยใช้สารอินทรีย์ที่มีความปลอดภัย
คือ ซิลิกอนไดออกไซด์……..……32

2.8 แสดงSol-Gel เทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์……...…...…..34

2.9 การวางผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐาน (ความคงทนของแสงโดยทั่วจะวัโดยมาตรฐาน 8 ค่า
คือระดับ1 ถึง ระดับ 8 ค่า ระดับ 1 จะมีความคงทนต่อแสงน้อยที่สุด และระดับ 8
มีความคงทนต่อแสงมากที่สุด ที่ระดับ 4 ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ดีสำหรับการใช้งาน)…….....38

2.10 การเรียงผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐานในการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสง
Xenon arc fading lamp test (ความคงทนของแสงโดยทั่วจะวัดโดยมาตรฐาน 8 ค่า
คือระดับ1 ถึง ระดับ 8 ค่า ระดับ 1 จะมีความคงทนต่อแสงน้อยที่สุด และ ระดับ 8
มีความคงทนต่อแสงมากที่สุด ที่ระดับ 4 ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ดีสำหรับการใช้งาน)…….....39

2.11 การวางผ้าทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน : $ก_1ก_2$-แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 1,$ข_1ข_2$-แผ่นทึบแสง
แผ่นที่ 2, XX -แผ่นทึบแสง $ก_1ก_2$ อาจจะทำเป็นแบบติดบานพับที่ตำแหน่ง XXเพื่อ
สามารถตรวจดูชิ้นทดสอบและผ้ามาตรฐานและปิดลงตรงตำแหน่ง
เดิมได้โดยสะดวก…….....41

2.12 Color space ในระบบ CIELAB 1976……..……...43

2.13 ความหมายของ ΔH* ในระบบ CIEL* a* b*……...……..45

รูปที่ หน้า

3.1 เครื่องย้อมแบบ padder……..……..……51

3.2 เครื่องย้อมแบบ Exhaustion……..…..54

3.3 เครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10 ในตู้แสง GretagMacbeth :The JudgeII…...…….55

3.4 การวางชุดทดสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสี.....58

4.1 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารมอร์แด้นท์กับโมเลกุลของสีกลาย
เป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสี……..….....……..…60

4.2 ประสิทธิภาพของการดูดซึมของสีใบขี้เหล็ก (a) %dye exhaustion และการผนึกสี
(b) %dye fixation ของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT
และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติสารมอร์แด้นท์ที่ใช้
คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ
เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม……..…....63

4.3 ประสิทธิภาพของการดูดซึมของสีผลมะเกลือ (a) %dye exhaustion และการผนึกสี
(b) %dye fixation ของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT
และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้
คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ
เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม……..……64

4.4 ประสิทธิภาพของการดูดซึมของสีฝอยกาบมะพร้าว (a) %dye exhaustion และการผนึกสี
(b) %dye fixation ของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT
และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้
คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ
เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม…….....65

รูปที่ หน้า

4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการย้อมสีย้อมใบขี้เหล็ก คือ ได้แก่ 1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ(a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$),(b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม……..…….....66

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการย้อมสีย้อมผลมะเกลือ คือ 1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 3.การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม……..…….…67

4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการย้อมสีย้อมฝอยกาบมะพร้าว คือ 1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม…….....68

รูปที่ หน้า

4.8 ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ wavelength 276.00 nm. ของสีย้อมที่ได้จากใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.) ที่ใช้(a) สารมอร์แด้นท์ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ (b) สารมอร์แด้นท์ คือ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ…….....79

4.9 ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ wavelength 264.00 nm. ของสีย้อมที่ได้จากผลมะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.) ที่ใช้ (a) สารมอร์แด้นท์ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ (b) สารมอร์แด้นท์ คือ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ…....80

4.10 ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ wavelength 361.00 nm. ของสีย้อมที่ได้จากฝอยกาบมะพร้าว (*Cocos nucifea* Linn.) ที่ใช้ (a) สารมอร์แด้นท์ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ (b) สารมอร์แด้นท์ คือ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ……..……...81

4.11 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีใบขี้เหล็ก (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) เป็นสารมอร์แด้นท์ มีปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม……..…..86

4.12 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีผลมะเกลือ (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) เป็นสารมอร์แด้นท์ ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม.....88

4.13 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีฝอยกาบมะพร้าว (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) เป็นสารมอร์แด้นท์ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม…….....90

รูปที่ หน้า

4.14 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบกับผู้ที่ทำการย้อมในกลุ่มอาชีพ…….....…92
4.15 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) เมื่อตากแสงแดดที่สัปดาห์ที่ 1-4 ของผ้าทอพื้นเมือง ย้อมสีธรรมชาติเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กและสารมอร์แด้นท์ เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 20%ของน้ำหนักผ้าไหม…….....99
4.16 ชุดทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ในรูปแบบ Light fastness test kit.....100

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ผ้าไหม ถือเป็นสินค้าหัตถกรรมที่เป็นเอกลักษณ์ประจำชาติอย่างหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งเป็นสินค้าที่ตลาดโลกมีความต้องการค่อนข้างสูงและประเทศไทยก็สามารถส่งผ้าไหมออกไปยังต่างประเทศได้โดยมีมูลค่าเพิ่มสูง ในความเป็นจริงแล้ว ไหมไทยเป็นที่โด่งดัง คนรู้จักกันไปทั่วโลกว่า “ถ้าพูดถึงผ้าไหมแล้ว ต้องเป็นไหมไทย” แต่หลังจากประเทศจีนเปิดประเทศ ทำการค้ากับอารยประเทศอย่างกว้างขวาง ผลเสียที่เกิดกับประเทศไทยก็มีด้วยกันหลายประการ ทั้งความเข้าใจผิดของผู้บริโภคที่คิดว่าผ้าไหมจีน คือ ผ้าไหมไทย รวมถึงปัญหาการลดราคาสินค้าในการแข่งขันของตลาดโลกด้วย

ปัจจุบัน กระแสความนิยมการใช้สีธรรมชาติในงานศิลปะและหัตถกรรมท้องถิ่นเป็นที่ยอมรับกันมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนของสีสังเคราะห์ในน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อม อีกทั้งในกระบวนการย้อมสีสังเคราะห์ยังมีการใช้สารเคมีหลายชนิดในปริมาณมากซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ย้อม**[1]** ดังนั้นการพัฒนาผ้าไหมทอพื้นเมืองของประเทศไทยจึงควรเน้นไปที่เอกลักษณ์เฉพาะตัวของสินค้าในเชิงอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยมีความพยายามที่จะสนับสนุนและกระตุ้นการใช้สีธรรมชาติในการย้อมผ้าไหมแทนการใช้สีเคมี โดยการค้นคว้าข้อมูลและการบันทึกภูมิปัญญาท้องถิ่นในการย้อมสีธรรมชาติ และการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคหันมานิยมใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ จึงได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากผู้ใช้รู้สึกถึงความปลอดภัย มีความนุ่มนวล สบายตา และมีสีสันที่แตกต่างไปจากการย้อมด้วยสีเคมี ปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานให้ความสนใจที่จะพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติจากภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ได้สีสันที่มีความหลากหลายมากขึ้น และพัฒนาคุณภาพของสีให้มีความคงทนต่อการซักและแสงแดดให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับในเชิงการค้า

สีธรรมชาติส่วนมากได้จากการสกัดพืชด้วยน้ำและใช้ในการย้อมเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ ฝ้าย ไหม และขนสัตว์ เป็นต้น**[2]** ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทยการย้อมผ้าพื้นเมืองด้วยสีธรรมชาติมีแนวโน้มขยายตัวเป็นอย่างมากทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น การย้อมครามและการย้อมสีธรรมชาติเชิงอนุรักษ์ แต่ยังขาดมาตรฐานการทดสอบความคงทนของสี

ของผ้าย้อมสีธรรมชาติ โดยในปัจจุบันจะใช้มาตรฐานอ้างอิงกับการย้อมสีเคมี ซึ่งสีธรรมชาตินั้นไม่สามารถทนต่อแสงแดดและการซักเทียบเท่ากับสีเคมี จึงทำให้เมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบกับมาตรฐานสีเคมีนั้น จะพบว่าสีธรรมชาติจะอยู่ในช่วงที่มีคุณภาพด้อยกว่าสีเคมีอย่างมาก

ตามมาตรฐานสากล ค่าความคงทนของสีต่อแสง (Light fastness) จะอยู่ในช่วงระหว่าง 1-8 โดยค่าระดับความคทนของสีต่อแสงระดับที่ 1 จะมีค่าความคงทนของสีต่อแสงต่ำ ผ้าย้อมสีธรรมชาติเกิดการซีดจางอย่างมากเมื่อตากแสงแดด และค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงระดับที่ 8 จะมีค่าความคงทนของสีต่อแสงสูงสุด ผ้าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเฉดสีเมื่อตากแสงแดด โดยผลิตภัณฑ์ผ้าย้อมสีธรรมชาติที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปจะต้องมีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงที่ระดับตั้งแต่ 4-5 ขึ้นไป การทดสอบค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 Colour fastness to light : Daylight นั้น จะใช้การทดสอบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงสีของผ้ามาตรฐานขนสัตว์สีน้ำเงินระดับที่ 1-8 เพื่อเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการทดสอบภายใต้แสงแดด**[3]** โดยส่วนใหญ่การทดสอบในสภาวะภายใต้แสงแดดปกติวันละ 8 ชั่วโมง จะใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 4 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานสำหรับกระบวนการผลิต

การย้อมผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติจะทำให้ได้ผ้าไหมที่มีลักษณะพิเศษคือ ได้ผ้าไหมที่มีสีประเภทเอริธโทนซึ่งเป็นสีที่มีความสวยงามและที่สำคัญก็คือ การย้อมแต่ละครั้งก็ยากที่จะทำซ้ำให้ได้สีเดิมอีก การย้อมผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติซึ่งเป็นสีที่ได้จากแหล่งในธรรมชาติ ได้แก่ พืช สัตว์ แมลง และแร่ธาตุ โดยที่จะเกิดขึ้นมาโดยกระบวนการตามธรรมชาติ ซึ่งเชื่อว่าเมื่อนำมาย้อมแล้วจะไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษใดๆ และสารที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของสีย้อมธรรมชาติยังไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนังและสุขภาพอีกด้วย แต่ข้อเสียที่สำคัญของสีย้อมธรรมชาติ คือ ปริมาณของสารให้สีในพืชธรรมชาติมีน้อย เมื่อนำพืชมาสกัดสีแล้วนำน้ำย้อมไปย้อมผ้าไหมโดยตรง ทำให้ได้สีย้อมที่ไม่เข้ม และผ้าไหมที่ย้อมสีแล้วจะมีสีซีดง่ายโดยเฉพาะเมื่อโดนแสงแดด รวมทั้งขาดแคลนวัสดุให้สีในปริมาณการผลิตที่มาก จากข้อด้อยของสีธรรมชาติและผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมนั้นจึงทำให้มีหลายหน่วยงานให้ความสนใจที่จะทำการพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติและพัฒนาคุณภาพสีให้มีความคงทนมากขึ้น ผลงานวิจัยของอนันต์เสวก เห่วซึ่งเจริญ และคณะได้ทำการศึกษาเพื่อหาวัตถุดิบที่ให้เฉดสีธรรมชาติที่หลากหลาย เช่น สีเขียว สีน้ำตาลและสีดำ**[4]** ผลงานวิจัยของปาเจรา พัฒนถาบุตรและคณะได้ทำการพัฒนาสีย้อมธรรมชาติให้มีความคงทนของสีต่อแสงโดยการลดปริมาณการใช้สารมอร์แด้นท์เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม**[5]** และผลงานวิจัยของพูลทรัพย์ สวนเมือง ตุลาพันธุ์ และคณะได้ศึกษาการย้อมสีไหมด้วยวัสดุธรรมชาติในภาคอีสานของไทย**[6]**

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 หน่วยงานภาครัฐต่างๆให้ความสนใจและยื่นมือเข้ามาช่วยในเรื่องของการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เช่น การจัดตั้ง “โครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP)” ซึ่งรัฐบาลจัดขึ้นเพื่อให้แต่ละชุมชนได้นำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาสินค้าโดยรัฐพร้อมที่จะเข้าช่วยเหลือในด้านความรู้สมัยใหม่และการบริหารจัดการเพื่อเชื่อมโยงสินค้าจากชุมชนสู่ตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อสร้างชุมชนให้เข้มแข็ง พึ่งตนเองได้ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการสร้างรายได้ด้วยการนำทรัพยากร ภูมิปัญญาในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพ มีจุดเด่นและสร้างมูลค่าเพิ่ม เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังได้มีการสร้างมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ซึ่งกระทรวงอุตสาหกรรมมอบหมายให้สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) นี้ขึ้นเพื่อรองรับการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชนก่อนที่จะมีการพัฒนาปรับปรุงระดับคุณภาพให้เข้าสู่มาตรฐานระดับประเทศและระดับสากลต่อไป ซึ่งโครงการนี้ก็สอดรับกับนโยบายของรัฐบาลที่จัดตั้งโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ได้รับการรับรอง และแสดงเครื่องหมายรับรอง รวมทั้งส่งเสริมด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายและสร้างความมั่นใจให้กับผู้ผลิตระดับชุมชนในด้านเกณฑ์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนทั้งในประเทศและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังได้มุ่งเน้นให้มีการพัฒนาแบบยั่งยืนโดยยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชนให้เป็นไปตามมาตรฐานทั้งในระดับประเทศและต่างประเทศ และยังมีมาตรฐานอื่นๆอีกมาก รวมทั้งการให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยกับมหาวิทยาลัยต่างๆ เพื่อจะช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนให้มีคุณภาพ มีมาตรฐานที่ดีขึ้น เช่น การรวบรวมลวดลายการทอผ้าพื้นเมืองในภูมิภาคต่างๆ รวมถึงการรวบรวมกระบวนการย้อมสีธรรมชาติ การย้อมผ้ามัดหมี่ เป็นต้น

เนื่องจากสีธรรมชาติมีจุดด้อยตรงที่ความคงทนของสีต่อแสงต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้สารมอร์แด้นท์ (mordants) หรือสารช่วยย้อมตามธรรมชาติอื่นๆเข้ามาช่วยเพื่อให้สีย้อมมีความคงทนมากขึ้น ซึ่งเป็นการส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์และทำให้ผู้บริโภคสามารถหันมาสนใจในการซื้อผลิตภัณฑ์จากสีย้อมธรรมชาติได้ ดังนั้นผู้ขายจึงควรที่จะมีการแสดงระดับความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผลิตภัณฑ์ย้อมสีธรรมชาติ แต่เนื่องด้วยวิธีการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามวิธีที่ใช้กับสีย้อมเคมีนั้นมีความซับซ้อน ต้องทำการทดสอบโดยผู้ชำนาญในห้องปฏิบัติการและผ้ามาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบมาตรฐานความคงทนของสีต่อแสง มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ด้วยเหตุนี้ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติจึงยังขาดมาตรฐานในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงที่สามารถปฏิบัติได้ง่าย ซึ่ง

วิธีการหนึ่งที่จะสามารถจัดการปัญหานี้ได้ก็คือ การพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนการนำเข้าผ้ามาตรฐาน Blue wool standard รวมทั้งการพัฒนาชุดทดสอบในรูปแบบของ Test kit โดยมีขั้นตอนการทดสอบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถใช้ได้ในระดับชาวบ้าน ซึ่งจะเน้นการใช้วัตถุดิบที่มีในชุมชน คือ ผ้าไหมและพืชที่ให้สีย้อมที่มีในทุกภูมิภาค คือ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวเนื่องจากงานวิจัยของปาเจรา พัฒนถาบุตร และคณะ พบว่าใบขี้เหล็กเป็นพืชที่ให้สีธรรมชาติที่มีความคงทนของสีต่อแสงตั้งแต่ระดับ 2-4 และผลมะเกลือพืชที่ให้สีธรรมชาติที่มีความคงทนของสีต่อแสงตั้งแต่ระดับ 4-6**[7]** ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนชนิดและปริมาณของสารมอร์แด้นท์ที่ใช้ สำหรับสารมอร์แด้นท์ที่ใช้ในการศึกษานั้นจะเป็นสารมอร์แด้นท์ที่ใช้กันทั่วไปคือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) รวมถึงทำการทดสอบภาคสนามเพื่อศึกษาความแม่นยำของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบในสถานที่ย้อมผ้าระดับชาวบ้านจริง เพื่อให้ได้ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่มีความแม่นยำเมื่อทำการทดสอบและทำซ้ำไม่น้อยกว่า 80%

นอกจากนี้ในการพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติจะเป็นการลดต้นทุนการนำเข้าผ้ามาตรฐาน Blue wool standard จากต่างประเทศ โดยผ้ามาตรฐาน Blue wool standard จะเป็นผ้าขนสัตว์ รูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้าง x ความยาว เท่ากับ 25x15 เซนติเมตร ซึ่งมีราคาต่อ 1 ชุด(1 ชุดมี 8 แผ่น หมายถึง ระดับความคงทนของสีต่อแสงที่ระดับ 1-8) ประมาณ 25,000 บาท ในขณะที่ค่าผ้าไหมราคาประมาณ 600 บาทต่อตารางเมตร และค่าสีธรรมชาติรวมสารเคมีในการย้อมผ้าประมาณ 200 บาทต่อตารางเมตร จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติต่อ 1 ชุด จะมีราคาประมาณ 800 บาท ซึ่งจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการนำเข้าผ้ามาตรฐาน จากต่างประเทศเป็นอย่างมาก เป็นผลทำให้กลุ่มชุมชนย้อมผ้าสามารถนำผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติได้ในราคาที่ถูกลง และเป็นการยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาขั้นตอนการเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ โดยการหาชนิดและปริมาณของสารมอร์แด้นท์ที่เหมาะสมในการพัฒนาผ้ามาตรฐานซึ่งย้อมด้วยสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่ได้กับผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light : Daylight เพื่อให้ได้ผ้ามาตรฐานเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่มีความแม่นยำของการทดสอบและทำซ้ำไม่น้อยกว่า 80%

3. เพื่อพัฒนาขั้นตอนการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติให้มีความง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถนำไปปฏิบัติได้ในระดับชาวบ้านโดยมีการทดสอบภาคสนาม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ในการศึกษานี้จะทำการสกัดสีธรรมชาติจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ปริมาณ 3 เท่าของน้ำหนักผ้าไหม โดยใช้ตัวทำละลายคือ น้ำกลั่น ในอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อน้ำหนักผ้าไหม (LR) เท่ากับ 30:1

2. ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของโลหะมอร์แด้นท์ที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง สารมอร์แด้นท์ที่ใช้คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) โดยการปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณสารมอร์แด้นท์ ปริมาณที่ใช้คือ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม รวมทั้งศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อม ได้แก่ D-(+)-Glucose anhydrous และ Chitosan ปริมาณ 1% vol.

3. ทำการสอบเทียบมาตรฐาน (calibration) ความคงทนของสีต่อแสงของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติที่ได้กับผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ทำการพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ เพื่อใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนการนำเข้าผ้ามาตรฐานการทดสอบ Blue wool standard ที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของสีย้อมเคมีซึ่งมีราคาสูง และทำการพัฒนาขั้นตอนการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

ให้มีความง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถนำไปใช้ในระดับชาวบ้าน โดยจะเน้นไปที่การใช้วัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายในแหล่งชุมชน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานิจัย ดังนี้

1.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ออกแบบวิธีการและวางแผนการทดลอง

1.4.3 ดำเนินงานวิจัย

ตอนที่ 1. การเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ

1.1 การเตรียมผ้าไหมสำหรับงานวิจัย

- ผ้าไหมที่ใช้ในงานวิจัย เป็นผ้าไหมที่ทอด้วยเครื่องจากบริษัท The Thai Silk Co.,Ltd. หมายเลข 110001 ไหม 100% ทอด้ายพุ่ง 1 เส้นและด้ายยืน 1 เส้น น้ำหนัก 75 กรัมต่อเมตร ผ่านการลอกกาวไหม 1 ครั้งและผ่านการฟอกขาวไหม 1 ครั้ง ผ้าไหมที่ใช้สำหรับการวิจัยจะถูกตัดเป็นขนาด 10×10 เซนติเมตร และเย็บขอบทั้ง 4 ด้านเพื่อป้องกันการรุ่ย จากนั้นนำผ้าไหมไปอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- ทำการลอกกาวไหม (silk degumming หรือ boiling-off) และฟอกขาวไหมอีกครั้ง เนื่องจากการลอกกาวไหมเป็นกระบวนการแรกที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อกำจัดกาวไหม (sericin) นอกจากนี้ยังเป็นการกำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆที่อาจมีอยู่ในเส้นไหม เช่น สารหล่อลื่น หรือสารนุ่มที่เติมลงไปในขั้นตอนการผลิตเป็นเส้นด้าย การทอหรือถักผ้า หรือกำจัดฝุ่นละออง สิ่งสกปรก น้ำมันหรือสีที่อาจเปื้อนติดมาในระหว่างกระบวนการผลิตได้ ทำให้ไหมเกิดความเงามัน และนุ่มนวล มีการดูดซึมน้ำที่ดีขึ้น ส่วนวัตถุประสงค์ของการฟอกขาวคือเพื่อกำจัดสารสีจากธรรมชาติของไหมโดยเฉพาะไหมป่าที่มีสีน้ำตาลหรือสีเหลืองหรือเพื่อกำจัดสีที่เกิดจากสิ่งสกปรกที่อาจเกิดในระหว่างกระบวนการผลิตทำให้เส้นไหมมีความขาวเมื่อนำไปย้อมจะได้สีที่สดใสตามต้องการ โดยมีวิธีการลอกกาวไหม ดังนี้ ผ้าไหม 1 กรัม จะใช้น้ำ 30 มิลลิลิตร ผสมกับ anionic surfactant ปริมาณ 1% ของปริมาณน้ำทั้งหมด และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 2 กรัมต่อลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆ แช่ลงในสารละลาย แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95°C เป็นเวลา 1.5-2 ชั่วโมง ต้องมีการกลับผ้าไหมในสารละลายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นซักล้างผ้าไหมให้ทั่วถึงด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 15-20 นาที หรือจนกว่า surfactant จะหมด หลังจากนั้นนำมาซักล้างด้วยน้ำเย็นในปริมาณที่มาก 1-2 ครั้ง แล้วตากให้แห้งในที่ร่ม

หลังจากนั้นนำผ้าไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแล้วไปทำการฟอกขาว โดยจะใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่มี pH อยู่ในช่วงระหว่าง 2.5-9 เป็นสารฟอกขาวไหม โดยมีวิธีการฟอกขาวผ้าไหมดังนี้ ผ้าไหม 1 กรัม ใช้น้ำ 30 มิลลิลิตร ผสมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ปริมาณ 1%ของน้ำหนักผ้าไหม ละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต้องมีการกลับผ้าไหมในสารละลายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นซักล้างผ้าไหมให้ทั่วถึงด้วยน้ำร้อนในปริมาณที่มาก 10 นาที 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำมาซักล้างด้วยน้ำเย็นในปริมาณที่มาก 1-2 ครั้ง แล้วตากให้แห้งในที่ร่ม

1.2 ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของโลหะมอร์แด้นท์ที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง

- สารมอร์แด้นท์ที่ใช้คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม ทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมโดยใช้วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีธรรมชาติ โดยนำสารมอร์แด้นท์มาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45-50°C โดยใช้ปริมาณน้ำกลั่น 1% ของน้ำหนักผ้า นำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายมอร์แด้นท์ แล้วนำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad จนผ้าไหมดูดซับสารละลายมอร์แด้นท์หมด นำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- พืชธรรมชาติที่ใช้ ได้แก่ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ปริมาณ 3 เท่าของน้ำหนักผ้าไหม โดยใช้ตัวทำละลายคือ น้ำกลั่น ในอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อน้ำหนักผ้าไหม (LR) เท่ากับ 30:1 และใช้วิธีการย้อมแบบ pad dye

- ทำการวัดระดับความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight และเปรียบเทียบความถูกต้องของการทดสอบกับผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) ที่ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

1.3 ศึกษาอิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมโดยเทคนิคการทำให้เกิดโครงสร้างของสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง (ITLT) มาร่วมด้วย เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการย้อมและสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ระหว่างการย้อมแบบ pad dye กับ exhaust dye โดยมีวิธีการย้อมที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ

- ทำการวัดประสิทธิภาพการย้อม โดยการหาค่าการดูดซึมของสี (%dye exhaustion) และการผนึกสี (%dye fixation) ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

- ทำการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) โดยเครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10 ในตู้แสง GretagMacbeth :The JudgeII ด้วยหลอดไฟแสง daylight และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE)

- ทำการวัดระดับความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight

1.4 ศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสีและระดับความคงทนของสีต่อแสง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสี เพื่อให้สามารถสังเกตเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้สายตาได้ง่ายขึ้น สารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่ใช้ในงานวิจัย คือ D-(+)-Glucose anhydrous ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าสีธรรมชาติ ดังนั้นจึงนำมาใช้เพื่อให้สีที่อยู่ในน้ำย้อมสามารถแยกตัวออกมาจากน้ำย้อมและเข้าไปในเส้นใยได้ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้สีมีความเข้มมากขึ้น และ Chitosan Powder (95% DAC) น้ำหนักโมเลกุล 700,000 เพื่อทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สีมีความเข้มมากขึ้น สารมอร์แด้นท์ที่ใช้คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม

1.4.1 การวัดค่าการดูดกลืนแสง UV

- ทำการเตรียมน้ำย้อมสีธรรมชาติในหลอดทดลอง ซึ่งประกอบด้วย น้ำย้อมสีธรรมชาติที่สกัดได้ สารมอร์แด้นท์ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมปริมาณ 1% vol.ของปริมาณน้ำย้อม ทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อจำลองสภาวะการย้อม จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นลง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง UV ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

1.4.2 การวัดค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง

สำหรับการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสงนั้น จะทำการศึกษาเฉพาะ Glucose เนื่องจากผลงานวิจัยของ Felse และ Panda,1999 พบว่า ไคติน-ไคโตซาน สามารถใช้เป็นตัวจับไอออนโลหะในน้ำทิ้ง เช่น ไอออนของปรอท ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม เป็นต้น และผลงานวิจัยของ Annachhatre และคณะ (1996) พบว่า ไคโตซานสามารถใช้เป็นสารดูดซับในการกำจัดทองแดง (Cu) จากสารละลายได้ โดยไคโตซาน 1 กรัม สามารถดูดซับ Cu ได้ 13 มิลลิกรัม เมื่อใช้สารละลายโลหะที่ความเข้มข้น 1 mg./L ทั้งนี้อัตราการดูดซับภายใน 4 ชั่วโมงแรกจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว และ pH ที่เหมาะสมของ Cu คือ 5.5-6.0 ดังนั้น การเติม Chitosan จึงไม่เหมาะที่จะนำมาพัฒนาค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง เพราะ Chitosan จะไปจับสารมอร์แด้นท์ ซึ่งเป็นโลหะหนัก ทำให้สารมอร์แด้นท์ที่ควรทำหน้าที่จับสี เพื่อให้ผ้าย้อมสีธรรมชาติมีความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้น มีปริมาณลดลง ซึ่งมีผลทำให้ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าย้อมสีธรรมชาติมีค่าลดลงด้วย

- ทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยสารมอร์แด้นท์ โดยนำสารมอร์แด้นท์มาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45-50°C โดยใช้ปริมาณน้ำกลั่น 1% ของน้ำหนักผ้า นำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายมอร์แด้นท์ แล้วนำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad จนผ้าไหมดูดซับสารละลายมอร์แด้นท์หมด นำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- แบ่งน้ำย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่สกัดได้ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเติม Glucose ลงไปในน้ำย้อม ปริมาณ 1%Vol.ของปริมาณน้ำย้อม และส่วนที่สองจะไม่มีการเติม Glucose จากนั้นนำผ้าไหมไปย้อมสีธรรมชาติแบบ pad dye โดยนำผ้าไหมมาให้ความร้อนในน้ำกลั่นที่

อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำย้อมที่เตรียมไว้ แล้วทำการขยำผ้าไหมเพื่อให้สีย้อมเข้าสู่ผ้าไหมเป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะทำการย้อมแบบ pad dye โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad dye จนผ้าไหมดูดซับน้ำย้อมหมด จากนั้นนำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนัก

- ทำการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของผ้าไหมที่ย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ที่ผ่านการปรับแต่งผิวหน้าด้วยการ pad สารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และทำการย้อมแบบ pad dye

- ทำการวัดระดับความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight

ตอนที่ 2. การทดสอบระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติซึ่งได้จากผู้ผลิตในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดสกลนคร จำนวน 28 ตัวอย่าง และผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐาน Blue wool standards ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight ในสภาวะแสงแดด 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ยุติการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีความแตกต่างของผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ระดับที่ 7 ระหว่างส่วนที่ปิดกระดาษแข็งกับส่วนที่ตากแสงแดด ที่ grey scale ระดับ 4/5 และเปรียบเทียบความถูกต้องของการทดสอบกับผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) ที่ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

- ทำการทดสอบการอ่านค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงแดด โดยผู้ย้อมจำนวน 5 คน ในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

ตอนที่ 3. การศึกษาความแม่นยำของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ

นำผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติและผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ จำนวน 28 ตัวอย่าง มาตัดให้มีขนาด 1×5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชุด ตัดกระดาษแข็งขนาด 1×2.5 เซนติเมตร หุ้มกระดาษแข็งด้วยกระดาษฟอยด์แล้วนำมาปิดทับผ้าไหม ต่อจากนั้นนำชุดทดสอบทั้งหมด 4 ชุด มาวางอาบแสงแดดเป็น

ระยะเวลา 1,2, 3 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ เก็บชุดทดสอบทุกสัปดาห์จนครบ 4 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) โดยเครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10 ในตู้แสง GretagMacbeth :The JudgeII เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสี (fading rate) เมื่อตากแสงแดดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

- ทำการพัฒนาชุดการทดสอบในรูปแบบ Light fastness test box เพื่อให้การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงมีความง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถนำไปปฏิบัติได้ในระดับชาวบ้าน และมีการทดสอบความแม่นยำของชุดการทดสอบ โดยการทดสอบซ้ำใน Light fastness test box จำนวน 1 ครั้ง

1.4.4 วิเคราะห์และสรุปผลงานวิจัย

1.4.5 จัดทำรายงานผลการวิจัย

1.4.6 เสนอผลงานิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ได้ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับทดสอบผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่สามารถใช้แทนผ้ามาตรฐานBlue wool standard

2. กลุ่มย้อมผ้าชุมชนสามารถเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติได้เองและสามารถใช้ทดสอบความคงทนของสีต่อแสงได้เองในแหล่งที่ผลิต

3. ผู้บริโภคหันมาสนใจผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่มีการระบุค่าความคงทนของสีต่อแสงและสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับตัวผลิตภัณฑ์ได้

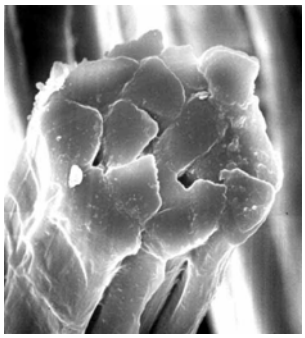
บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไหม

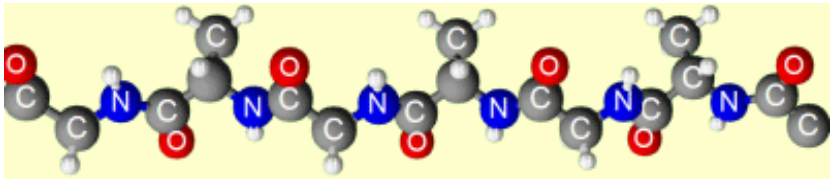
"ไหม" ได้รับการขนานนามว่าเป็น "ราชินีแห่งเส้นใย" เนื่องจากไหมเป็นเส้นใยที่มีเอกลักษณ์ มีความสวยงาม แลดูหรูหราและมีคุณค่า ด้วยการที่ไหมมีความเงามัน นุ่มนวล มีการทิ้งตัวที่ดี ดูดซึมความชื้นได้ดีประมาณ 11% ทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกสบาย ไม่เหนี่ยวเหนอะหนะ แห้งง่าย มีพื้นผิวที่เรียบทำให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกเปื้อนติดได้ยาก มีความแข็งแรงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ จึงยังคงทำให้ไหมได้รับความนิยมตลอดกาล อย่างไรก็ตามการที่ไหมมีการคืนตัวจากแรงอัดต่ำเมื่อเปียก (low wet resiliency) จึงเป็นข้อเสียที่ทำให้ผ้าไหมยับง่ายเมื่อเปียกหรือเมื่อผ่านการซัก จำเป็นต้องใช้น้ำยาซักทำความสะอาดโดยเฉพาะ**[8]** บางครั้งอาจพบว่าผ้าไหมมีสีตกเมื่อผ่านการซักล้าง

2.1.1 โครงสร้างของไหม**[9]**

ไหมเป็นเส้นใยยาวต่อเนื่องตลอดเส้น มีผิวที่ราบเรียบแต่ไม่สม่ำเสมอตามความยาวของเส้นใย พื้นที่หน้าตัดเป็นสามเหลี่ยมมุมมน ดังรูปที่ 2.1 มีความละเอียดมาก องค์ประกอบหลักทางเคมีคือโปรตีนที่เรียกกันว่า ไฟโบรอิน (fibroin) ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญคือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และปริมาณซัลเฟอร์ (S) มีน้อยมากตามโมเลกุลข้างเคียง ลักษณะจะเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวเหยียด ไม่พับตัวกันเหมือนขนสัตว์ โมเลกุลจึงเรียงตัวกันยาวและเกาะตัวกันได้แน่นกว่า



รูปที่ 2.1 ภาคตัดขวางของเส้นใยไหม **[10]**



รูปที่ 2.2 สายโซ่โมเลกุลของเส้นใยไหม **[11]**

2.1.2 สมบัติทั่วไปของเส้นไหม **[8]**

เส้นไหมเป็นเส้นใยโปรตีนที่ได้จากธรรมชาติและเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดเดียวที่เป็นเส้นใยยาว (Filament) ต่างจากเส้นใยธรรมชาติอื่นเช่นฝ้าย ขนสัตว์ ลินินที่ล้วนเป็นเส้นใยสั้น (staple fiber) รังไหมจะประกอบด้วยเส้นไหมดิบที่เรียกว่าเส้นไหมไฟโบรอิน (Fibroin) สองเส้นร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก ที่เกาะติดกันและเคลือบด้วยกาวไหมที่เรียกว่า sericin ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ในเส้นไหมจะมีไขมัน และน้ำมันอยู่ประมาณ 0.5-1% และสารสีธรรมชาติประมาณ 1-1.4% ปริมาณของกาวไหมจะขึ้นกับพันธุ์ไหม เช่นไหมเลี้ยงพันธุ์ Bombyx mori หรือ Mulberry silk 20-30% ในขณะที่ไหมป่าพันธุ์ Tussah จะมีกาวไหม 5-15% ดังนั้นเมื่อจะทำการสาวเส้นไหมจากรังไหมจะต้องนำรังไหม ไปต้มเพื่อทำให้รังไหมอ่อนนิ่มสม่ำเสมอกันตลอดทั้งรัง และกาวไหม บางส่วนจะละลายออกไป ทำให้สาวหาเงื่อนได้ง่ายและไม่ขาดบ่อยเพราะเส้นใยจะคลายตัวออกอย่างเป็นระเบียบส่งผลให้สามารถสาวไหมออกจากรังได้ง่าย มีปริมาณเศษไหมชั้นนอก เศษไหมชั้นใน และรังไหมที่สาวไม่ออกเหลือน้อยที่สุด รังไหมของหนอนไหมแต่ละรังจะสามารถสาวให้เป็นเส้นใยที่มีความยาวต่อเนื่องได้ประมาณ 1500 ฟุต หรือ 500 หลา Bombyx mori เป็นพันธุ์ของหนอนไหมที่มีคุณภาพดีที่สุด นิยมใช้อย่างกว้างขวางและพบในเขตตะวันออกไกล สำหรับเส้นใยที่ขาดไม่มีความยาวต่อเนื่องหรือที่เป็นส่วนด้านในของรังที่มีความยาวไม่มากนักจะนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายเรียกว่าไหมปั่น (spun silk)

ส่วนประกอบที่สำคัญของไหมที่มีอยู่ในรังไหมแต่ละรังคือ fibroin และ sericin ดังนั้น กระบวนการการผลิตต่างๆไม่ว่าจะเป็นการลอกกาวไหมการฟอกขาวไหม การย้อมหรือการตกแต่งสำเร็จไหมก็คงต้องมีความเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบต่างๆดังนี้

Fibroin ก็คือส่วนประกอบที่เป็นใยไหมจริงๆ มีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นโปรตีนดังรูปที่ 2.2 ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดเดียวกับ sericin คือ glycine alanine serine และ tyrosine ประมาณ 43.99% 26.54% 11.41% และ 5.35% ตามลำดับ ธาตุที่สำคัญใน fibroin ได้แก่ คาร์บอน (C) 48-49% ไฮโดรเจน (H) 6.4-6.5% ออกซิเจน (O) 26-28% และไนโตรเจน (N) 17-19% สำหรับซัลเฟอร์ (S) จะมีปริมาณน้อยมากขึ้นอยู่กับโมเลกุลข้างเคียง จึงทำให้เส้นไหมแตกต่างจากเส้นใยขนสัตว์ซึ่งต่างก็เป็นเส้นใยโปรตีนเหมือนกัน แต่เส้นใยขนสัตว์จะเป็นโปรตีนชนิดเคราติน (keratin) และปริมาณของซัลเฟอร์ 0.7-5% เนื่องจาก fibroin มีโครงสร้างที่ไหมอยู่ในสารละลายด่างเป็นเวลานานๆ ก็จะยิ่งมีผลทำให้พันธะเพปไทด์ของเส้นไหมเกิดการไฮโดรไลซ์และเส้นไหมก็จะถูกทำลายในที่สุด ความแข็งแรงและความเงามันก็จะลดลง

Sericin เป็นกาวไหมที่มีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนชนิด serine ในปริมาณสูงมากอยู่ในช่วงระหว่าง 16-38% แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของ sericin ที่ปล่อยออกมาจากหนอนไหมแต่ละพันธุ์ เนื่องจากสายโซ่โมเลกุลของเพปไทด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า fibroin จึงทำให้ sericin ละลายได้ในน้ำร้อน นอกจากนี้ยังสามารถละลายได้เมื่อต้มด้วยสารละลายสบู่ สารซักฟอก สังเคราะห์หรือกรดอินทรีย์ เป็นต้น

2.1.3 สมบัติทางเคมีของไหม **[9]**

กรด :ไหมทนกรดได้คล้ายขนสัตว์คือไม่ถูกทำลายด้วยกรดทั่วไป แต่กรดที่มีความเข้มข้นสูงสามารถทำลายไหมได้

ด่าง :ไหมไม่อ่อนไหวต่อด่างเท่ากับขนสัตว์ แต่อาจถูกทำลายได้ด้วยด่างที่มีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงพอ ด่างแก่มีผลทำให้ไหมมีความมันลดลง

เกลือคลอไรด์ :ไหมถูกทำลายด้วยสารที่มีส่วนผสมของเกลือคลอไรด์ผสมอยู่ ได้แก่ เหงื่อ น้ำยาดับกลิ่น และเกลือทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหงื่อจะไปทำให้ ผ้าไหมติดคราบ ดังนั้นการใช้ผลิตภัณฑ์ไหมที่ต้องสัมผัสถูกผิวจะต้องรักษาความสะอาดให้ดีภายหลังการใช้งานทุกครั้ง

สารซักฟอก :ไหมมีความทนต่อสารซักฟอกคล้ายขนสัตว์ ถูกทำลายได้ด้วยสารซักฟอกประเภทออกซิไดส์ เช่นพวกที่มีโซเดียมไฮโปคลอไรด์ผสมอยู่ แต่สารซักฟอกประเภทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือโซเดียมเปอร์บอเรต ภายใต้ภาวะการซักปกติจะไม่เกิดผลเสียต่อไหม

ราและแมลง :ปกติไหมไม่เกิดราได้ง่าย ยกเว้นถูกทิ้งไว้ในภาวะที่ค่อนข้างเปียกชื้นเป็นเวลานาน ไหมสะอาดไม่มีปัญหาของแมลงและรา ยกเว้นแต่ได้ผลจากสารตกแต่งสำเร็จหรือสิ่งสกปรกที่ติดมา

แสง :ผ้าไหมอ่อนไหวต่อแสงแดด ไม่ทนต่อแสงแดดได้ดีเท่าขนสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการถูกแสงแดดโดยตรงเป็นเวลานาน ผ้าไหมจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและความแข็งแรงลดลง ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของไหมไม่เป็นร่างแหและไม่ยึดกันด้วยพันธะโควาเลนต์เช่นเดียวกับขนสัตว์

การย้อมสี :ไหมมีความสามารถในการรับสีย้อมได้ดีมาก อาจย้อมได้ด้วยสีที่เป็นแอสิด เบสิคหรือไดเรก ผ้าไหมเมื่อย้อมสีจะได้สีที่เข้มกว่าขนสัตว์และสามารถย้อมได้ในอุณหภูมิต่ำกว่าด้วย

2.2 ความรู้เกี่ยวกับสีธรรมชาติ

สีย้อมธรรมชาติ หมายถึง สารจากวัสดุธรรมชาติที่สามารถละลายน้ำได้และสามารถให้สีกับเส้นใยได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปที่มีสีหรือไม่ก็ได้ ส่วนใหญ่เป็นสีที่ได้จากการสกัดจากพืช เปลือกไม้ ใบไม้ ลูกไม้ และรากไม้ มีกรรมวิธีเพื่อจะทำให้เกิดเป็นสีต่างๆ ได้สวยงาม แปลกตา ต่างจากสีสังเคราะห์ ส่วนผสมของสีย้อม ขั้นตอนการย้อม และความประณีตในกระบวนการย้อมสีจะเป็นตัวกำหนดความงดงามและคุณภาพของสีที่ได้รับ การย้อมสีแต่ละสีก็จะมีกรรมวิธี ส่วนผสมหรือเทคนิคที่แตกต่างกันออกไป เสน่ห์ของสีธรรมชาติอยู่ที่บางสีที่ย้อมออกมามีลักษณะเฉพาะที่ยากที่จะย้อมซ้ำให้เหมือนเดิมได้อีก หรือยากที่จะใช้สีเคมีย้อมให้เหมือน ซึ่งผู้สนใจในการย้อมสีธรรมชาติจะต้องแสวงหาความรู้เหล่านั้นจากการศึกษาและทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง

สีธรรมชาติเป็นสีที่สามารถละลายได้ในน้ำ และมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถติดเส้นใยได้ด้วยตนเอง (Substantivity) โดยไม่ต้องใช้สารอื่นช่วยในการย้อม เพียงแต่นำสีมาผสมน้ำก็สามารถย้อมได้ ซึ่งมีลักษณะคล้ายสีสังเคราะห์ชนิดหนึ่ง คือสีไดเร็กท์ (Direct dye) เป็นสีที่ติดง่ายและหลุดง่ายเช่นเดียวกัน มีความคงทนของสีผ้าต่ำ ไม่สดใส

สีธรรมชาติเริ่มย้อมที่อุณหภูมิห้องและติดสีได้ดีที่อุณหภูมิสูงประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส ระหว่างการย้อมต้องหมั่นคนเพราะสีธรรมชาติตกตะกอนง่าย เป็นสาเหตุให้การย้อมเส้นใยด่าง แต่สีธรรมชาติจะมีคุณสมบัติพิเศษอีกอย่างหนึ่ง คือ สามารถกระจายตัวได้ดี ดังนั้น ถ้าเกิดปัญหาด่างหรือย้อมได้ไม่สม่ำเสมอ เมื่อครบกำหนดเวลาย้อม สามารถแก้ไขได้โดยวิธีเติมน้ำย้อมเดิม ย้อมจนกว่าจะหายด่าง **[7]**

2.2.1 คุณค่าของสีธรรมชาติ

โดยทั่วไปคุณประโยชน์ในการย้อมสีธรรมชาติที่สำคัญประกอบด้วย

1. ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค เพราะสีธรรมชาติไม่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ไม่มีไอระเหยกระทบตา ผิวหนังให้ระคายเคืองหรืออักเสบ นอกจากนั้นสีธรรมชาติบางชนิดยังเป็นยาสมุนไพรที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ มะเกลือ สะเดา สมอ ฝาง และลิ้นฟ้า เป็นต้น
2. ประหยัดการใช้สีจากต่างประเทศ ช่วยลดการขาดดุลการค้าของประเทศ
3. สามารถใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น เช่น เปลือกไม้ต่างๆ
4. สร้างความตระหนักในการอนุรักษ์ต้นไม้และสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค จะเห็นคุณค่าของต้นไม้เพิ่มมากขึ้น เพราะต้นไม้นั้นนอกจากสามารถนำมาทำเป็นอาหาร ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัยและเชื้อเพลิงแล้ว ต้นไม้ยังสามารถนำมาใช้ย้อมสีได้อีกด้วย เมื่อผู้ผลิตและผู้บริโภค ตระหนักถึงคุณค่าของต้นไม้เพิ่มมากขึ้นก็จะไม่ทำลายโดยง่ายดาย แต่จะช่วยกันดูแลรักษาและปลูกเพิ่มเติม
5. ฟื้นฟูและอนุรักษ์องค์ความรู้อันเป็นมรดกของประชาคมโลก มิให้สูญหายไป

2.2.2 ข้อจำกัดของสีธรรมชาติ

การย้อมสีธรรมชาตินี้ก็ยังมีข้อจำกัดที่ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงอยู่ เช่น

1. วัตถุดิบในการย้อมสีธรรมชาตินั้น นับวันจะมีจำนวนน้อยลง ยิ่งถ้าผู้ผลิตไม่ปลูกทดแทนก็จะหมดไปในที่สุด และถึงแม้จะมีการปลูกทดแทนก็จำเป็นต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งไม่น้อยกว่า 4-5 ปี ดังนั้นการจัดหาวัตถุดิบจำนวนมากๆ มาใช้ในการย้อมสีธรรมชาติจึงทำได้ยาก
2. คุณภาพของสี เช่น ค่าความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนต่อการซัก หรือการขัดถูนั้นอยู่ระหว่างขั้นต่ำถึงดี แต่ไม่ใช่ขั้นดีมากอย่างที่เคยกล่าวมาแล้วว่าต้นไม้ทุกชนิดนั้นให้สีได้ แต่สีจะคงทนแค่ไหน ผู้ผลิตจะต้องตรวจสอบให้รู้แน่ชัดว่าสีที่ย้อมนั้นมีคุณภาพอยู่ที่ระดับใด ถ้าปรับปรุงให้มีมาตรฐานสูงขึ้นจะต้องจัดการอย่างไร

3. การย้อมซ้ำให้ได้สีเหมือนเดิมของสีธรรมชาติบางครั้งกระทำได้ยาก เพราะวัตถุดิบที่นำมาใช้ย้อมนั้นสามารถควบคุมได้ยาก คุณภาพของวัตถุดิบขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ต้นไม้ต้นเดียวกันในฤดูร้อนและฤดูฝนจะให้สีที่แตกต่างกัน หรือต้นไม้ชนิดเดียวกันอายุต่างกันก็ให้สีที่ต่างกันไปด้วย หรือต้นไม้ประเภทเดียวกัน อายุไร่เรี่ยกันแต่ขึ้นอยู่คนละพื้นที่ก็อาจจะมีสีต่างกัน เป็นต้น ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ จะมีผลอย่างมากต่อการย้อมซ้ำให้ได้สีเหมือนเดิมของสีธรรมชาติ

4. วัตถุดิบในการย้อมสีบางสีหายาก หรือเทคนิคการย้อมสีบางสีนั้นยาก เช่น สีดำจากมะเกลือ สีน้ำเงินจากต้นคราม และสีแดงจากครั่ง ผู้ผลิตต้องมีความรู้ และความชำนาญเฉพาะสีนั้นๆ ซึ่งผู้ผลิตทั่วๆ ไป ไม่สามารถกระทำได้ ในกรณีเช่นนี้ผู้ผลิตบางรายก็จะหันไปใช้สีเคมีที่ให้ผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อย (Low impact chemical dyes) ซึ่งปัจจุบันได้มีการผลิตและจำหน่ายกันแพร่หลายมากขึ้น สีเคมีดังกล่าวนี้ไม่มีสาร Azo เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง จึงเป็นสีเคมีที่ปลอดภัย แต่การใช้สีเคมีที่ให้ผลกระทบน้อยนี้จะต้องมีการบำบัดน้ำเสียอย่างถูกวิธีด้วยเช่นกัน

2.2.3 ความรู้เกี่ยวกับการย้อมสีธรรมชาติ

การพัฒนาการย้อมสีธรรมชาติในยุคปัจจุบันนี้ มีพลังผู้บริโภคหรือกลไกทางการตลาดเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาและดัดแปลงโดยอาศัยเทคนิคใหม่ๆ รวมทั้งการอธิบายที่มีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพราะการถ่ายทอดความรู้จากแม่สู่ลูก จากยายสู่หลานเพียงอย่างเดียวดังเช่นสมัยโบราณไม่เพียงพออีก่อไป ผู้ผลิตสีธรรมชาติต้องค้นคว้าทดลองและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนให้มีคุณภาพได้มาตรฐานตามที่ตลาดต้องการอยู่ตลอดเวลา**[12]**

เทคโนโลยีการย้อมสีนั้นมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ

1. ต้องการความสม่ำเสมอของเฉดสี (leveling dyeing) และได้เฉดสีตามความต้องการ
2. ความคงทนต่อกระบวนการผลิตหลังย้อม และเมื่อนำไปใช้งาน

ในปัจจุบันความต้องการของผู้บริโภคเปลี่ยนไปจากเดิม การย้อมสีสิ่งทอในปัจจุบันจะต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น

1. สีย้อมที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะสีย้อมบางตัวอาจสามารถแทรกซึมไปในร่างกายทำให้เป็นอันตรายต่อผู้สวมใส่
2. การปล่อยน้ำย้อมทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติไม่สามารถยอมรับได้อีกต่อไป ต้องมีการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้ง โรงงานใดสามารถทำให้น้ำย้อมเป็นพิษยิ่งน้อยย่อมเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียน้อยด้วย

สำหรับการย้อมผ้าไหมในครัวเรือนในชนบทจะใช้สีธรรมชาติ ซึ่งจะให้สีที่สวยงามและไม่สามารถย้อมซ้ำได้เหมือนอีกครั้ง ซึ่งเป็นเสน่ห์ที่สำคัญของผ้าไหม เป็นทางเลือกหนึ่งของการย้อมที่ปลอดภัย แต่การย้อมด้วยสีธรรมชาติมักทำให้เกิดปัญหา คือ สีซีด สีตก สีไม่สดใส ต้องมีกระบวนการเตรียมผ้าไหมให้สามารถติดสีได้ดีและทำให้เกิดความคงทนมากขึ้น นั่นคือการใช้โลหะทำให้เกิดโครงสร้างเชิงซ้อน (complex) ในการช่วยยึดติดสี**[7]**

2.2.4 ความรู้เกี่ยวกับการย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติ

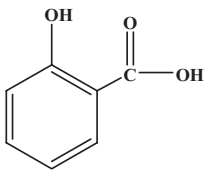
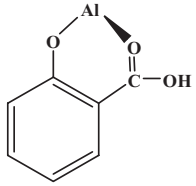
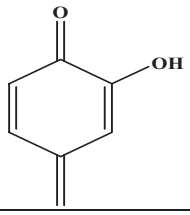
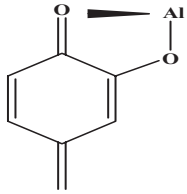
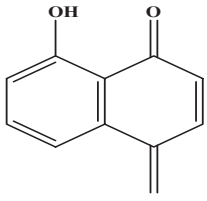
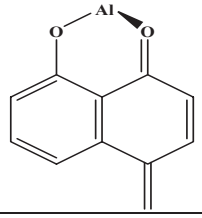
2.2.4.1 การย้อมแบบใช้สารมอร์แด้นท์

สีที่ได้จากธรรมชาติส่วนมากไม่สามารถย้อมติดวัสดุสิ่งทอได้คงทนด้วยตัวเอง เพราะตัวสีเองไม่มีพลังเกาะติดต่อเส้นใยต่างๆจึงจำเป็นต้องใช้สารมอร์แด้นท์ (Mordant) หรือสารช่วยยึด**[13]** ส่วนใหญ่เป็นโลหะที่มีประจุบวกและมักเป็นสารประกอบเกลือของโลหะ ซึ่งสามารถรวมกับโมเลกุลสีเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสี (metal dye complexes) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ทำให้สีสามารถถูกผนึกอยู่ในเส้นใยได้ดีขึ้น ทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ขึ้น และเปลี่ยนรูปของโมเลกุลของสีย้อมอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ สีจะไม่ตกหรือซีดจาง ทำให้มีความคงทนมากขึ้น บางครั้งสารมอร์แด้นท์จะให้สีด้วย ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งช่วงก่อนการย้อมสี (The chrome mordant method) พร้อมกับการย้อมสี (The metachrome method) และหลังการย้อมสี (The afterchrome method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้มากที่สุด**[14]** สารมอร์แด้นท์จะทำปฏิกิริยากับสีย้อมผ่านพันธะโควาเลนท์หรือพันธะโคออร์ดิเนต เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า “สารประกอบเชิงซ้อนประเภทวงแหวน (chelate)” สารมอร์แด้นท์ที่ชาวบ้านนิยมใช้ได้แก่ จุนสี สนิมเหล็ก สารส้ม และตะกั่ว เป็นต้น ประโยชน์ที่ได้จากการใช้สารมอร์แด้นท์อีกประการหนึ่งก็คือจะได้สีที่แตกต่างกันจากการใช้สารมอร์แด้นท์ต่างชนิดกัน เช่น การใช้อะลูมิเนียมหรือสารส้มจะได้สีที่มีความสดใสที่สุด และมีความคงทนต่อการซักดีที่สุด การใช้เหล็กหรือสนิมเหล็กจะได้สีที่เข้มและมีความคงทนของสีต่อแสงและการซักดี การใช้ทองแดงหรือจุนสีจะได้สีที่เจือเขียว ความคงทนของสีต่อแสงไม่ค่อยดี เป็นต้น ซึ่งเป็นเสน่ห์โดยเฉพาะของการย้อมสีธรรมชาติ

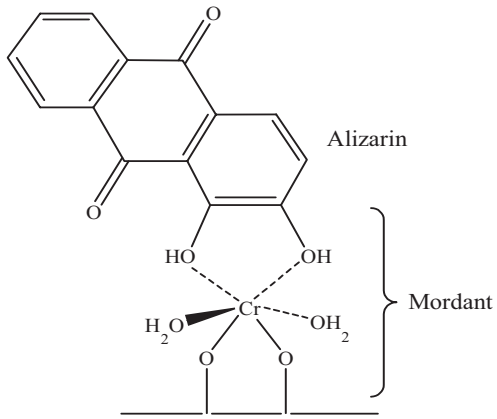
สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ในกระบวนการย้อมไม่ควรมีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใย ปริมาณที่ใช้ไม่ควรมากหรือน้อยเกินไป ระยะเวลาในการย้อมสารมอร์แด้นท์ต้องพอเหมาะ ถ้าการย้อมไม่สมบูรณ์จะส่งผลให้สีที่ย้อมได้ไม่สม่ำเสมอละสูญเสียความสดใสและความคงทนของสี นอกจากจะช่วยให้สีคงทนต่อการซักดีขึ้น ประโยชน์ของการใช้สารมอร์แด้นท์อีกประการหนึ่งคือ จะได้สีที่แตกต่างกันจากการใช้สารมอร์แด้นท์ต่างชนิดกัน **[15,16]** ดังนี้

1. การใช้อะลูมินั่มจะได้สีที่มีความสดใสที่สุด และมีความคงทนต่อการซักรีดมากที่สุด
2. การใช้เหล็กจะได้สีที่ไม่สดใสแต่มีความคงทนต่อแสงและการซักดี
3. การใช้ทองแดงจะได้สีที่เจือสีเขียว ความคงทนของสีต่อแสงไม่ค่อยดี
4. การใช้โครเมียมจะให้สีเข้มที่มีความคงทนต่อการซักที่ดีที่สุด มีความสดใสและมีความคงทนต่อแสงดี
5. การใช้ดีบุกจะได้สีที่สดใส มีความคงทนต่อแสงและการซักดี

ตารางที่ 2.1 ลักษณะการเกิด Chelate ของโลหะที่ทำหน้าที่เป็นสารมอร์แด้นท์กับหมู่ฟังก์ชั่นที่อยู่ในโมเลกุลของสีย้อม **[17]**

หมู่ฟังก์ชั่นในโมเลกุลให้สี	**Chelates**
	
	
	

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการย้อมแบบนี้ คือ เมื่อเส้นใยได้ผ่านการย้อมสีและการย้อมด้วยสารละลายมอร์แด้นท์แล้วโลหะของสารละลายมอร์แด้นท์จะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่แข็งแรง (Strong Complex) กับสีและเส้นใย ดังตัวอย่างการย้อมสี Alizarin กับเส้นใยเซลลูโลส โดยมี Chrome เป็นสารละลายมอร์แด้นท์ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะมอร์แด้นท์กับสีย้อมธรรมชาติและเส้นใย **[14]**

ดังนั้น การย้อมโดยวิธีนี้จะทำให้สีที่ได้มีความคงทนมากขึ้น นอกจากนี้การย้อมเมื่อใช้มอร์แด้นท์ที่ต่างชนิดกันเส้นใยที่ได้จากการย้อมก็จะมีสีที่ต่างกันด้วย ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลของสารมอร์แด้นท์ต่อสีย้อมบนเส้นใย **[14]**

พืช	สารมอร์แด้นท์	สีที่ได้	เส้นใยที่ใช้	ความคงทน
หญ้าฝรั่น	Alum	เหลือง-น้ำตาล	ขนสัตว์ ใยไหม	ดี
	Copperas	ทองเหลือง	ขนสัตว์	ดี
	Tin	ทอง-สนิมเหล็ก	ขนสัตว์ ใยไหม	ดี
เมล็ดทานตะวัน	Alum	เหลือง-น้ำตาล	ขนสัตว์	ดี
	Blue vitriol	เขียว	ขนสัตว์	ดี
	Copperas	เทา-ฟ้า	ขนสัตว์ ใยไหม	ดี
เปลือกหอมแดง	Chrome	ทอง	ขนสัตว์ ใยไหม	ดี
	Chrome	น้ำตาล	ฝ้าย ลินิน	พอใช้-ดี
	Tin	แดง-น้ำตาล	ทุกชนิด	ดี

พืชที่นำมาทำเป็นสีย้อมนั้นจะมีสารให้สีอยู่ในตัวเอง ซึ่งส่วนใหญ่สามารถละลายได้ในน้ำ ดังนั้นจึงสามารถใช้น้ำในการสกัดสารให้สีออกจากพืช โดยประสิทธิภาพการสกัดสีค่อนข้างดีในราคา

ถูกเหมาะสมกับการย้อมสีสำหรับสิ่งทอพื้นบ้าน โดยส่วนใหญ่สีธรรมชาติจะมีสารให้สีที่ให้เฉดสีน้ำเงิน สารที่ให้เฉดสีเขียว สารที่ให้เฉดสีดำ สารที่ให้เฉดสีน้ำตาล สารที่ให้เฉดสีแดง และสารที่ให้เฉดสีเหลืองถึงเหลืองน้ำตาลดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เฉดสีต่างๆที่ได้จากสารให้สีในพืชที่นำมาใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติ

เฉดสี	**สารที่ให้เฉดสี**
เฉดสีน้ำเงิน	กลุ่มอินดิกอยด์ (Indigoids)
เฉดสีเขียว	สารประเภทคลอโรฟิลล์และอินดิกอยด์ (Indigoids)
เฉดสีดำ	สารประเภทแทนนิน (Tannins) อินดิกอยด์ (Indigoids) หรือฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)
เฉดสีน้ำตาล	สารประเภทแทนนิน (Tannins) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) แอนธราควิโนน (Anthraquinones) หรืออินดิกอยด์ (Indigoids)
เฉดสีแดง	สารประเภทแอนธราควิโนน (Anthraquinones)
เฉดสีเหลืองถึงเหลืองน้ำตาล	สารประเภทแคโรทินนอยด์ (Carotenoids) และสารฟีนอลิก ซึ่งสารฟีนอลิกจะประกอบด้วยสารสำคัญที่พบในพืช ได้แก่ สารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สารแทนนิน (Tannins) สารแซนโธน (Xanthones) และสารควิโนน (Quinones)

พืชต่างชนิดกันอาจมีสารให้สีในกลุ่มเดียวกัน แต่อาจมีสารให้สีคนละตัวกันจึงทำให้มีพฤติกรรมคล้ายกันแต่ไม่เหมือนกันทีเดียว นอกจากนั้นสารให้สีที่พบในพืชมักเป็นสารให้สีหลายๆตัวปนกัน ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น อายุของพืช สภาพดินที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล เป็นต้น

2.2.4.2 การย้อมให้สีติดดีและสม่ำเสมอ

ผู้ย้อมจะต้องมีความรู้ทั่วไปในการย้อมสีนั้นๆ เช่น ปริมาณของสี อัตราส่วนของน้ำต่อเส้นไหม อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการย้อม ขั้นตอนในการย้อมหรือสารที่ช่วยให้สีมีความคงทน รวมทั้งการปฏิบัติในขณะที่ทำการย้อม เช่น การคนและการยก เป็นต้น

2.2.4.3 ความคงทนของสี

เป็นสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ดีมีการย้อมสีที่ได้มาตรฐานจะต้องมีความคงทนต่อการขัดถู ความคงทนต่อการซักล้าง และความคงทนต่อแสงแดดในระดับมาตรฐาน

2.2.4.4 ความสามารถในการย้อมซ้ำให้เหมือนเดิม

การย้อมสีธรรมชาติให้ได้สีเหมือนเดิม ผู้ผลิตจะต้องบันทึกข้อมูลในการย้อมสี เช่น ปริมาณของสี อัตราส่วนของเส้นไหมและวัตถุดิบ กรรมวิธีในการย้อมและชนิดของวัตถุดิบที่นำมาย้อม ซึ่งโดยทั่วไปต้นไม้แต่ละชนิดจะมีสีแปรไปตามฤดูกาล อายุของต้นไม้หรือแม้กระทั่งพื้นที่ที่ต้นไม่เจริญเติบโต ดังนั้นผู้ย้อมจึงจำเป็นต้องบันทึกข้อมูลต่างๆเหล่านี้เอาไว้ เพื่อให้การย้อมซ้ำมีผลลัพท์ที่เหมือนเดิมหรือใกล้เคียงกับสีเดิมมากที่สุด

2.2.4.5 ความเป็นมิตรกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การย้อมสีธรรมชาติเป็นการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติโดยตรง ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องเรียนรู้และพัฒนาการย้อมที่เป็นมิตรกับธรรมชาติและการใช้ต้นไม้อย่างยั่งยืน กล่าวคือ ต้องมีการประหยัดพลังงาน มีกรรมวิธีในการบำบัดน้ำเสียอย่างถูกวิธี รวมทั้งการใช้วัตถุดิบอย่างไรให้ประหยัดและเกิดประโยชน์สูงสุด

2.2.4.6 การย้อมสีธรรมชาติอย่างยั่งยืน

เพื่อให้การย้อมสีธรรมชาติเป็นการย้อมสีที่สามารถอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างเกื้อกูลไม่ทำลาย แต่สามารถดูแลรักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้อยู่ต่อไปได้อย่างยั่งยืนชั่วลูกชั่วหลาน ผู้ย้อมจะต้องรู้จักการย้อมสีธรรมชาติอย่างยั่งงยืน อันมีแนวทางในการปฏิบัติดังนี้ คือ การเลือกใช้วัตถุดิบ

ถึงแม้ว่าวัตถุดิบจากธรรมชาติที่นำมาใช้ในการย้อมจะมาจากสัตว์ เช่น ครั่ง แร่ธาตุ เช่น ดินออกไซด์ของเหล็ก เกลือของตะกั่วหรือทองแดงและจากพืช แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและหาง่าย คือ วัตถุดิบจากพืช

โดยทั่วไปในธรรมชาติ ต้นไม้ทุกชนิดสามารถให้สีได้ แต่สีจากต้นไม้เหล่านั้นมีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่เป็นสีที่มีความคงทนไม่ซีดจางหรือตกง่าย ตัวอย่างเช่น สีขมิ้น เมื่อแรกย้อมจะให้สีเหลืองสวยงาม แต่หลังจากนั้นเพียงไม่กี่วันสีก็จะซีดจางลง ขมิ้นจึงไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการย้อม

สี นอกเสียจากต้องคิดค้นกรรมวิธีในการย้อมที่จะทำให้สีอยู่ติดทนจึงจะสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการย้อมได้ ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องทดลองให้ทราบแน่ชัดว่าต้นไม้ชนิดไหนที่ให้สีที่ดี ไม่ซีดไม่ตก

นอกจากนั้นการเลือกใช้ส่วนต่างๆของต้นไม้ เช่น เปลือกไม้ ใบไม้ ดอกไม้ ผลไม้ ราก และแก่นไม้ ผู้ผลิตจะต้องเลือกใช้อย่างฉลาด กล่าวคือ ต้องคำนึงถึงว่าจะไม่ทำให้ต้นไม้ตาย กลายเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อม และในขณะเดียวกันวัตถุดิบนั้นจะต้องมีปริมาณมากพอที่จะย้อมซ้ำได้อีก

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้ผลิตจึงไม่ควรใช้ดอกไม้เพราะจะมีปริมาณไม่เพียงพอในการย้อม และไม่ควรใช้รากและแก่นไม้เพราะจะเสี่ยงต่อการทำให้ต้นไม้ตาย ในกรณีของการใช้แก่นไม้นั้น ผู้ย้อมควรจะใช้ส่วนของกิ่งไม้ที่มีอายุอย่างน้อย 5 ปี แทนการใช้แก่นไม้จากลำต้น โดยทั่วไปผู้ย้อมจะนิยมใช้เปลือกไม้และใบไม้แทนแก่นไม้ เพราะเปลือกไม้และใบไม้สามารถงอกใหม่ได้ การใช้ใบไม้จะเป็นการรักษาต้นไม้มากที่สุด กล่าวคือ ถ้าใบไม้ชนิดใดชนิดหนึ่งสามารถให้สีเหมือนเปลือกไม้ได้ ผู้ย้อมก็ควรใช้ใบไม้แทนเปลือกไม้

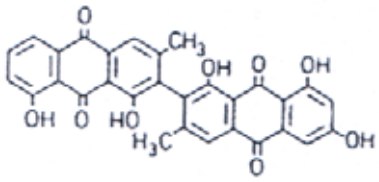
จากที่กล่าวมาแล้วว่าผู้ย้อมจะต้องรู้จักการเลือกใช้วัตถุดิบอย่างฉลาด เช่น ใช้ใบไม้แทนราก แก่นไม้และเปลือกไม้ ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้เปลือกไม้ รากไม้ แก่นไม้ ผู้ย้อมก็จะต้องรู้จักการนำวัตถุดิบเหล่านั้นมาใช้โดยไม่ทำให้ต้นไม้นั้นตาย แต่ต้นไม้นั้นสามารถสร้างส่วนที่นำไปใช้แทนขึ้นมาใหม่ได้ ตัวอย่างคือ

- การใช้เปลือกไม้ ถากเปลือกไม้โดยไม่ให้ถึงแก่นไม้ ถากบางส่วนของลำต้น ไม่ใช่ถากเปลือกไม้จนรอบลำต้น ใช้ดินเหนียวชุบน้ำปะรอยถากเพื่อให้ต้นไม้ฟื้นตัวเร็วขึ้น
- การใช้ใบไม้ ต้องไม้เก็บใบไม้จนหมดต้น แต่เก็บเพียงบางส่วนเท่านั้น
- การใช้รากไม้ ควรจะนำรากไม้มาใช้เพียงบางส่วนเท่านั้น ไม่ใช่ตัดรากทั้งหมดของต้นไม้
- การใช้แก่นไม้ ควรจะใช้กิ่งไม้ที่มีอายุตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป แทนแก่นไม้จากลำต้น**[12]**

2.2.5 ความรู้เกี่ยวกับสีธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัย

สีธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.5.1 ใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.)

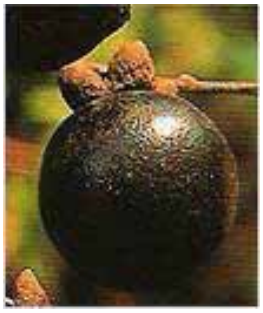


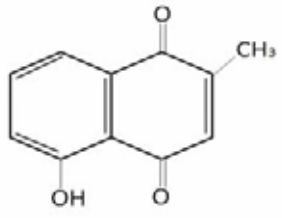
รูปที่ 2.4 ใบขี้เหล็กและสูตรโครงสร้าง **[18]**

ขี้เหล็กเป็นพืชที่สามารถพบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย สำหรับชื่อจะเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละภาค คือ ขี้เหล็ก ขี้เหล็กใหญ่ (ภาคกลาง) ขี้เหล็กหลวง (ภาคเหนือ) และขี้เหล็กบ้าน (ภาคใต้) โดยปกติแล้วไม้ขี้เหล็กจะไม่ขึ้นในป่าธรรมชาติ แต่จะพบตามไร่นา หรือตามถนน ชาวบ้านได้อาศัยเก็บยอดอ่อนและดอกของไม้ขี้เหล็กมารับประทานเป็นอาหาร

ไม้ขี้เหล็กเป็นไม้ที่มีขนาดปานกลางจนถึงขนาดใหญ่ มีใบเขียวตลอดปี ไม่ผลัดใบ เมื่อโตเต็มที่จะมีความสูงประมาณ 8-18 เมตร ระบบรากแผ่กระจาย เปลือกบางเรียบมีสีเทาปนน้ำตาลหรือสีเขียวปนเทา เมื่อแก่เปลือกนอกอาจมีสีดำและแตกเป็นเกล็ดตามบริเวณโคนต้น โดยปกติไม้ขี้เหล็กมีกิ่งก้านสาขามากแตกออกรอบลำต้นทุกทิศทาง เรือนยอดแผ่ขยายเป็นพุ่ม ใบขี้เหล็กเป็นช่อแบบขนนก ช่อติดเรียงสลับ ช่อยาวประมาณ 30 เซนติเมตร แต่ละช่อมีใบย่อยรูปขอบขนานแคบๆกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.5 เซนติเมตร รูปทรงของใบทั้งหมดเป็นรูปรีหรือรูปไข่ ก้านใบยาว 10-20 เซนติเมตร มีใบย่อย 7-10 คู่ ก้านใบย่อยยึดติดกับก้านใบใหญ่เป็นคู่ๆออกตรงข้าม ใบอ่อนเป็นขนสั้นๆ เมื่อใบแก่มากๆ ขนจะหายไป ใบย่อยที่อยู่ปลายสุดของช่อจะเป็นใบเดี่ยวๆ เนื้อใบเนียนค่อนข้างบาง สีเขียวเข้มเป็นมัน ไม่มีขน โคนใบสอบแคบเข้าเล็กน้อย ปลายใบมนหรือหยักเว้าเข้าเล็กน้อย ขอบใบเรียบ

2.2.5.2 ผลมะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.)





รูปที่ 2.5 ผลมะเกลือและสูตรโครงสร้าง **[19]**

มะเกลือหรือมักเกีย เป็นไม้ยืนต้นที่นับวันจะหายากมากขึ้นทุกที เพราะไม่นิยมปลูก แต่จะปล่อยให้เกิดขึ้นเองตามป่าและหัวไร่ปลายนา มะเกลือเป็นไม้เนื้อแข็ง มีเนื้อไม้เป็นสีดำ นิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ประดับมุก มะเกลือจะให้ดอกออกผลราวเดือนพฤษภาคม และผลจะแก่ในราวเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ผลของมะเกลือใช้ย้อมสี และผลอ่อนยังสามารถนำมาตำแล้วคั้นเอาน้ำไปรับประทานเป็นยาถ่ายพยาธิได้อีกด้วย

2.2.5.3 ฝอยกาบมะพร้าว (*Cocos nucifea* Linn.)

รูปที่ 2.6 ฝอยกาบมะพร้าว **[20]**

หมากพร้าวหรือมะพร้าวนั้นคงจะรู้จักกันดี เพราะมะพร้าวเป็นไม้ผลที่นำมาใช้ประกอบอาหารทั้งคาวหวานของคนไทยทั่วทุกภาค ส่วนที่นิยมนำมาใช้ย้อมสี คือ เปลือกของผลหรือซังมะพร้าวนั่นเอง

นอกจากนี้ส่วนอื่นๆ ของต้นมะพร้าวยังใช้ประโยชน์ได้อีกหลายอย่าง เช่น กะลาใช้ทำกระบวย ใบมะพร้าวสามารถนำมาสานเป็นตะกรอ กุ้ง หรือสัตว์เล็กต่างๆ ที่เด็กๆ ชอบเล่น ก้านมะพร้าวใช้ทำไม้กวาดทางมะพร้าว และกากมะพร้าวเป็นอาหารสัตว์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นไม้ต้น ลำต้นตั้งตรง สูงได้ถึง 25 เมตร ไม่แตกกิ่ง ใบแตกที่ยอดแบบขนนก เรียงสลับหนาแน่น ยาว 4-6 เมตร มีรอยแผลเมื่อก้านใบหลุดออกไป ใบแต่ละใบรูปพัดจีบ กว้าง 1.5-5 เซนติเมตร ยาว 50-100 เซนติเมตร ดอกช่อ ออกระหว่างก้านใบ ดอกย่อยจำนวนมาก แยกเพศอยู่บนต้นเดียวกัน ดอกตัวผู้มีสีเหลืองหม่น ดอกตัวเมียสีเขียวแกมเหลือง ใบประดับยาว 60-90 เซนติเมตร ผลแข็ง มีเมล็ดเดียว ขนาดผลเท่าศีรษะคน รูปไข่แกมทรงกลมหรือรูปไข่กลับ สีเขียวหรือสีเขียวแกมเหลือง ผลอ่อนมีเนื้อ เมื่อแก่กลายเป็นเส้นใยและชั้น endocarp แข็ง ชั้น mesocarp ให้เส้นใยมะพร้าว เมล็ดมี embryo เล็กมาก และมีน้ำเรียกว่า น้ำมะพร้าว หรือ coconut milk มี endosperm สีขาว เรียกว่า copra ผลอ่อนนิยมใช้ดื่มน้ำมะพร้าวส่วนผลแก่จะมีน้ำน้อย

มะพร้าวมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต่อมาแพร่หลายไปอเมริกา อินเดีย มาดากัสการ์ และอาฟริกา ชาวสเปนเป็นผู้นำไปปลูกยังหมู่เกาะเวสท์อินดีส และทะเลแคริเบียนตอนใต้ ชาวยุโรปนำไปปลูกในประเทศบราซิล และชาวโพลิเนเซียนนำไปยังเกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิค แหล่งปลูกและผลิตมะพร้าวที่สำคัญในปัจจุบันอยู่ตามหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิค อเมริกาใต้ อเมริกาเหนือ เม็กซิโก อินเดีย ซีลอน มาลายา อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ในไทยปลูกมากที่จังหวัดชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช

2.2.6 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสกัดสีจากพืชธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัย

พืชธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว โดยมีวิธีการสกัดสีธรรมชาติแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดวิธีสกัดสีจากพืชธรรมชาติที่ใช้ในการวิจัย

สีจากพืช	วิธีสกัดสี
สีเขียวขี้ม้าจากใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.)	เก็บใบขี้เหล็กสด เลือกใบที่ไม่แก่และไม่อ่อนเกินไป ล้างให้สะอาด รูดใบและแยกก้านใบทิ้ง ตากให้แห้ง นำไปปั่นในเครื่องปั่นน้ำผลไม้ จากนั้นใช้น้ำปริมาณครึ่งหนึ่งของสารละลายที่ต้องการ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กวนตลอดเวลา จากนั้นกรองน้ำสกัดที่ได้ออก นำกากที่เหลือมาสกัดต่อด้วยน้ำอีกครึ่งหนึ่งของสารละลายสกัดที่ต้องการ ให้ความร้อน 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงอีกครั้ง กรองเอากากออก นำสารละลายที่ได้มาผสมกัน น้ำสกัดที่ได้จะมีสีเขียวขี้ม้าขุ่น
สีดำจากลูกมะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.)	ลูกมะเกลือที่ใช้จะคัดเฉพาะลูกที่ยังมีเปลือกสีเขียว นำมาแช่น้ำ แล้วบดผลมะเกลือเป็นชิ้นเล็ก แช่ในน้ำเบส (pH 10.5) ปริมาณน้ำเท่ากับสารละลายที่ต้องการ กรองเอากากออก กวนทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้สารละลายสีดำสนิท
สีน้ำตาลแดงจากฝอยกาบมะพร้าว (*Cocos nucifea* Linn.)	นำฝอยกาบมะพร้าวไปตัดให้มีความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร จากนั้นใช้น้ำปริมาณครึ่งหนึ่งของสารละลายที่ต้องการ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กวนตลอดเวลา จากนั้นกรองน้ำสกัดที่ได้ออก นำกากที่เหลือมาสกัดต่อด้วยน้ำอีกครึ่งหนึ่งของสารละลายสกัดที่ต้องการ ให้ความร้อน 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงอีกครั้ง กรองเอากากออก นำสารละลายที่ได้มาผสมกัน น้ำสกัดที่ได้จะมีสีน้ำตาลแดง

<u>หมายเหตุ</u> การเตรียมการสกัดสีจากส่วนของพืชสำหรับการย้อม จะใช้ส่วนของพืชเหล่านี้น้ำหนักเป็น 3 เท่าของน้ำหนักผ้าหรือเส้นไหมที่จะย้อมและเตรียมน้ำย้อมให้มีปริมาตรของน้ำย้อมต่อผ้า (LR) = 30:1

2.2.6.1 วิธีการสกัดสีจากพืชธรรมชาติทั่วไป**[21]**

ในช่วง พ.ศ. 2540 ประเทศไทยมีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานกลุ่มย้อมสีธรรมชาติ โดยการสนับสนุนทุนวิจัยจากสกว. และยังมีโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี นอกจากนี้ศูนย์วิจัยหม่อนไหม นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา และกรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการรวบรวมพันธุ์ไม้ย้อมสีมากกว่า 40 ชนิด และได้ศึกษาวิจัยชนิดของพืช เทคนิคการสกัดสีและการย้อมสีไหมให้สีมีคุณภาพด้านความคงทนของสีต่อแสงและการซักที่ดีจำนวน 19 ชนิดจากส่วนต่างๆของพืช ได้แก่ เปลือก ใบ ผล และดอก พบว่าพันธุ์ไม้ที่สามารถนำเอาเปลือกมาใช้ในการย้อมสีไหมเพื่อให้มีคุณภาพดีมีหลายชนิด ได้แก่ สะเดา กระถิน ตะแบก เพกา มะพูด เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชที่พบเห็นอยู่ทั่วไป ซึ่งมีวิธีการย้อมคือ ทำการสกัดสีจากเปลือกไม้โดยใช้เปลือกไม้แห้ง 3 กิโลกรัมในการย้อมเส้นไหม 1 กิโลกรัม (ใช้เฉพาะเปลือกชั้นใน ยกเว้น มะพูด) โดยใช้อัตราส่วนสำหรับการสกัดสีเปลือกไม้แห้งต่อน้ำ 1:10 โดยน้ำหนัก นำมาต้มใช้เวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วกรองเฉพาะน้ำ ทั้งนี้การย้อมเส้นไหม 1 กิโลกรัมจะใช้น้ำสี 30 ลิตร ใส่เกลือ 150 กรัม คนให้ละลาย เมื่ออุณหภูมิหม้อย้อมได้ 70°C ให้นำเส้นไหมเปียกลงย้อมประมาณ 50 นาที กลับเส้นไหมทุก 5 นาที และควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ย้อมไม่ให้เกิน 95°C เพื่อไม่ให้ทำลายคุณภาพของเส้นไหม หลังจากนั้นยกเอาเส้นไหมออก เติมน้ำสะอาด 1-2 ลิตร พร้อมเติมกรดน้ำส้ม 70% จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในหม้อย้อม แล้วนำเส้นไหมลงไปย้อมต่ออีก 10 นาที หลังจากนั้นนำเส้นไหมขึ้นทิ้งไว้ให้เย็น นำไปล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำเส้นไหมมาแช่ในสารมอร์แด้นท์ (mordants) หรือสารช่วยติดสี โดยใช้สารมอร์แด้นท์ (mordants) หรือสารช่วยติดสีในปริมาณ 10% ของเส้นไหม

นอกจากนี้ ส่วนของใบพืชหลายชนิดสามารถนำมาย้อมสีเส้นไหมได้สีที่มีคุณภาพดี ได้แก่ สบู่แดง (สบู่เลือด) แก้ว มะกอกโอลีฟ ขี้เหล็ก สมอไทย คราม เป็นต้น ข้อดีของการใช้ใบเป็นวัตถุดิบในการย้อม เนื่องจากหาได้ง่ายและมีปริมาณมากใช้ได้ตลอดปี นอกจากนี้ยังสามารถที่จะพัฒนาไปสู่กระบวนการผลิตในเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรมแปรรูปได้ ซึ่งมีวิธีการย้อมสีธรรมชาติโดยทั่วไป คือ ใบพืชที่นำมาใช้ในการย้อมสีเส้นไหม จะแตกต่างจากเปลือกไม้ เนื่องจากคุณสมบัติของใบอ่อนและใบแก่จะแตกต่างกัน และจะให้เฉดสีที่แตกต่างกันด้วย เช่น ใบของสบู่แดง (สบู่เลือด) ควรใช้ใบส่วนยอดที่เป็นสีแดง จะให้สีได้ดีกว่าส่วนที่เป็นสีเขียว ส่วนใบแก้วและมะกอกโอลีฟใช้ใบที่ไม่อ่อนหรือแก่จนเกินไป สักใช้ใบอ่อน สำหรับขี้เหล็กควรใช้ใบแก่ ในการสกัดสีจากใบพืชต่อเส้นไหม ใช้ใบพืช 15 กิโลกรัมต่อเส้นไหม 1 กิโลกรัม และใช้อัตราส่วนใบต่อน้ำเป็น 0.5:1 ทำการต้มนาน 1-2 ชั่วโมง

ต่อจากนั้นกรองเอากากออก เอาส่วนเฉพาะน้ำมาใช้ ส่วนวิธีการย้อมสีเส้นไหมนั้นจะใช้วิธีการเช่นเดียวกับการย้อมด้วยเปลือกไม้ ยกเว้นคราม ซึ่งมีกรรมวิธีการย้อมโดยเฉพาะ

และยังสามารถใช้ส่วนของผลจากพืชเป็นวัตถุดิบในการย้อมสีเส้นไหมได้ด้วย พืชที่นิยมใช้กันมากเช่น ผลมะเกลือที่ย้อมให้สีดำ นอกจากนี้ยังมีผลหรือเปลือกของผลมังคุด และเปลือกของเงาะโรงเรียนที่สามารถย้อมสีได้ดีเช่นกัน ข้อดีของการใช้ผลเป็นวัตถุดิบในการย้อมก็คือ ไม่ทำลายต้นไม้เหมือนกับการใช้เปลือกหรือแก่น สามารถพัฒนากรรมวิธีในการเพิ่มผลผลิตได้เหมือนไม้ผลทั่วไป และสามารถพัฒนาแปรรูปเพื่อใช้ในการย้อมแบบอุตสาหกรรม แต่ข้อเสียก็คือ ผลไม้ส่วนใหญ่จะออกเป็นฤดูกาล ทำให้ไม่สามารถนำมาย้อมได้ตลอดปี ดังนั้นจำเป็นต้องพัฒนากระบวนการผลิตและแปรรูปเพื่อให้สามารถย้อมได้ตลอดเวลา ในการสกัดสีจากผลของพืชชนิดต่างๆนั้นจะมีวิธีเลือกใช้ผลที่แตกต่างกัน เช่นผลของมะเกลือและฟันคนทา ควรใช้ผลอ่อน ส่วนกระบกและหว้าจะใช้ผลแก่ โดยจะใช้ส่วนของผล 15 กิโลกรัมต่อเส้นไหม 1 กิโลกรัม และการสกัดสีจะใช้อัตราส่วนของผลต่อน้ำเป็น 0.5:1 ต้มนาน 1-2 ชั่วโมง แล้วกรองแยกกากออก เอาเฉพาะน้ำมาใช้ในการย้อม ซึ่งวิธีที่ใช้ในการย้อมจะใช้วิธีการเช่นเดียวกับการย้อมด้วยเปลือกไม้

ส่วนการใช้สารมอร์แด้นท์ (mordants) หรือสารช่วยติดสี จะใช้สารมอร์แด้นท์ (mordants) หรือสารช่วยติดสีที่แตกต่างกันไป เช่น จะใช้โคลนกับผลมะเกลือ สีฟันคนทา กระบก และเปลือกเงาะโรงเรียน ซึ่งจะได้สีออกมาเป็นสีน้ำตาลถึงสีดำ โดยที่หลังจากย้อมเสร็จแล้วจะนำมาหมักโคลนประมาณ 2 วัน ในระหว่างการหมักโคลน ไม่ควรแช่ทิ้งไว้ค้างคืน ควรกลับเส้นไหมบ่อยๆ เนื่องจากโคลนตกตะกอน อาจทำให้สีด่าง เพราะว่าส่วนของเส้นไหมที่แช่ในตะกอนโคลนจะมีสีเข้มกว่าส่วนของเส้นไหมที่แช่ในน้ำ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารมอร์แด้นท์ (mordants) หรือสารช่วยติดสีชนิดอื่นๆ เช่น จุนสี จะใช้เติมเข้าไปในน้ำย้อมสีในระหว่างการย้อม

นอกจากนี้การย้อมสีผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติ ยังสามารถย้อมได้จากส่วนอื่นๆของพืชและแมลง เช่น จากกลีบดอก ได้แก่กลีบดอกจากดอกดาวเรืองที่จะให้สีเหลืองทองและการย้อมจากครั่งจะให้สีแดง การย้อมสีธรรมชาติให้ได้สีที่มีคุณภาพดีใกล้เคียงกันสำหรับการย้อมในแต่ละครั้งนั้น ต้องคำนึงถึงวัตถุดิบ อัตราส่วนที่ใช้ pH ของน้ำย้อมและชนิดของสารมอร์แด้นท์ (mordants) หรือสารช่วยติดสีจะต้องใกล้เคียงกันมากที่สุด และหลังจากการย้อมควรทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง เพื่อรักษาคุณภาพของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติให้ได้รับความนิยมตลอดไป

ตารางที่ 2.5 ชนิดของพืชที่นำมาย้อมเส้นไหม ซึ่งให้เฉดสีต่างๆ ที่มีระดับความคงทนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม **[21]**

พืช	ส่วนที่ใช้	สารช่วยติดสี	สีที่ได้	ความคงทนของสีต่อ	
				แสงแดด	การซัก
สบู่แดง	ใบส่วนยอด	จุนสี	เขียว	6	4
แก้ว	ใบ	จุนสี	เขียว	4	4-5
คนทา	ผล	โคลน	เทาม่วง	4-5	4-5
มะกอกโอลีฟ	ใบ	จุนสี	น้ำตาลเหลือง	6	4-5
เงาะ	เปลือกผล	โคลน	ดำ	6	4-5
หม่อน	ผล	น้ำส้ม, จุนสี	เขียวขี้ม้า	4	4-5
หว้าผลใหญ่	ผล	จุนสี	เหลืองนวล	5-6	4-5
มังคุด	เปลือกผล	จุนสี	น้ำตาล	3-4	4-5
ดาวเรือง	กลีบดอก	สารส้ม	เหลือง	4-5	4
ขี้เหล็กบ้าน	ใบแก่	-	น้ำตาล	4-5	3-4
มะพูด	เปลือกต้น	สารส้ม	เหลือง	4	4
กระถินบ้าน	เปลือกต้น	จุนสี	น้ำตาล	3-4	4-5
เพกา	เปลือกต้น	-	เหลือง	5	4-5
สัก	ใบส่วนยอด	จุนสี	เขียวขี้ม้า	5	4
ยอบ้าน	แก่นราก	จุนสี	น้ำตาล	5	4
สะเดา	เปลือกต้น	จุนสี	น้ำตาล	4	5
มะเกลือ	ผล	โคลน	ดำ	6	4-5
กระบก	ผล	โคลน	เทา	3-4	4-5
สมอ+หูกวาง	ใบ	จุนสี	น้ำตาลเหลือง	4	4-5

ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดด มีค่าตั้งแต่ 1-8 โดยระดับที่ 1 มีความคงทนของสีต่อแสงแดดต่ำสุด

ระดับความคงทนของสีต่อการซัก มีค่าตั้งแต่ 1-5 โดยระดับที่ 1 มีความคงทนต่ำที่สุด

ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดดและการซัก ทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ศูนย์ทดสอบวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สิ่งทอสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

2.2.7 ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการย้อม **[7]**

การย้อมสี คือ กระบวนการให้สีแก่วัสดุสิ่งทอ เพื่อให้เกิดการกระจายสีไปในวัสดุอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งกระบวนการย้อมสามารถเกิดได้ในกระบวนการผลิตในรูปต่างๆ คือ เส้นใย เส้นด้าย ผ้าผืน และเสื้อผ้า หรือ ผลิตภัณฑ์สิ่งทอสำเร็จรูปอื่นๆ อย่างสม่ำเสมอด้วยการใช้สีโดยการจุ่มลงในอ่างย้อม กระบวนการนี้ หมายความรวมถึง การตกแต่งให้ผ้าสามารถดูดติดสีได้ดีขึ้น เช่น การทำมอร์แด้นท์หรือการย้อมทับเพื่อปรุงสมบัติด้านความคงทนของสี

กระบวนการย้อมสิ่งทอสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ คือ กระบวนการย้อมแบบแช่หรือแบบดูดซึม (immersion or exhaustion dyeing) และกระบวนการย้อมแบบต่อเนื่อง (continuous or impregnation – fixation method)

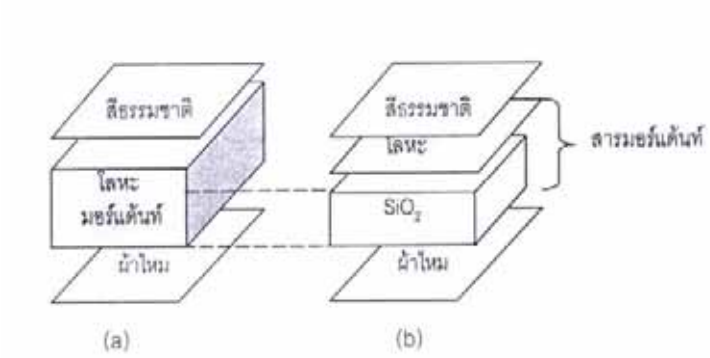
2.2.7.1 การย้อมแบบแช่หรือแบบดูดซึม เป็นกระบวนการย้อมที่วัสดุย้อมจะหมุนเวียนกลับไปมาอยู่ในน้ำย้อมหรือแช่อยู่ในน้ำย้อมจนกว่าจะเสร็จสิ้นกระบวนการย้อม ซึ่งสีย้อมก่อนนำไปย้อมจะต้องทำให้เป็นสารละลายเข้มข้นเสียก่อนที่จะเติมลงในเครื่องย้อม

2.2.7.2 การย้อมแบบต่อเนื่อง วิธีการย้อมแบบนี้ ผ้าจะเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ต่างไปอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเสร็จกระบวนการย้อม ทำให้การย้อมแบบนี้ใช้เวลาในการย้อมสั้นกว่าวิธีการแรก เครื่องมือที่ใช้กระบวนการย้อมแบบนี้จะใช้เครื่องย้อมแบบจุ่มอัด (padder) ซึ่งเป็นเครื่องรีดน้ำออกจากผ้าที่ผ่านการจุ่มในน้ำสี หรือสารเคมีโดยการใช้ลูกกลิ้งรีดน้ำออก

ขั้นตอนของการจุ่มอัดจะเริ่มต้นด้วยการจุ่มอัดผ้าในน้ำสีในอ่างสี (dye through) ผ้าที่ผ่านการจุ่มอัดจะเคลื่อนผ่านเข้าสู่ลูกกลิ้ง (roller) เพื่อบีบเอาสีส่วนเกินออก ในขั้นตอนนี้สีจะยังคงสามารถแพร่ตัวได้อย่างอิสระ นอกจากนี้ลูกกลิ้งจะทำหน้าที่บีบสีให้แพร่เข้าไปยังใจกลางของเส้นใยด้วย สีที่ใช้ในการย้อมด้วยเทคนิคนี้ควรจะมีลักษณะที่มีความสามารถในการดูดซึมต่ำ ผ้าที่ออกจากลูกกลิ้ง จะผ่านเข้าหน่วยอบแห้ง (dryer) เพื่อทำให้ผ้าแห้ง

2.3 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างชั้นสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง [7]

ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีการสร้างสารอนินทรีย์ชั้นบาง (Inorganic Layer Technology : ITLT) มาใช้ในการสร้างโครงสร้างมอร์แด้นท์สองชั้นของสารอนินทรีย์ (Inorganic bilayer mordant structure) เพื่อลดปริมาณการใช้สารมอร์แด้นท์ที่เป็นพิษและเป็นโลหะหนัก โดยทดแทนปริมาณสารมอร์แด้นท์ที่เป็นโลหะหนักส่วนใหญ่ด้วยสารมอร์แด้นท์ที่ปลอดภัย คือ ซิลิกอนไดออกไซด์ และปรับแต่งโครงสร้างสารมอร์แดนท์สองชั้นในชั้นที่สองด้วยโลหะออกไซด์



รูปที่ 2.7 การปรับแต่งด้วยสารมอร์แด้นท์ (a) วิธีที่ใช้โดยทั่วไป (b) แนวทางใหม่ในการปรับแต่งโครงสร้างสารมอร์แด้นท์สองชั้น (Bilayer mordant structure) โดยทดแทนปริมาณโลหะส่วนใหญ่โดยใช้สารอินทรีย์ที่มีความปลอดภัย คือ ซิลิกอนไดออกไซด์

หน้าที่ของซิลิกอนไดออกไซด์บนผิวผ้าไหม คือ ช่วยยึดติดบนผ้าไหมด้วยแรงทางกายภาพ (Physical interlocking) และยึดกับสารมอร์แด้นท์สีซึ่งเป็นโลหะหนักในชั้นถัดไปได้ ซึ่งโครงสร้างชั้นแรกของ SiO_2 สามารถสังเคราะห์ได้ผ่านกระบวนการ Sol-Gel ซึ่งโดยทั่วไปเป็นกระบวนการสำหรับการผลิตเซรามิก สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการปรับแต่งผ้าไหมได้

จากการศึกษาการสร้างสารมอร์แด้นท์สองชั้น โดยใช้เทคนิคการสร้างโครงสร้างสองชั้นของสารอนินทรีย์ของ SiO_2 และโลหะออกไซด์ เป็นสารมอร์แด้นท์ยึดเกาะบนผิวผ้าไหม (นิศารัตน์ ทวีวรรณ, พุฒิพงศ์ ตั้งดำรงธรรม และศรีธร คงน้อย 2544,26) พบว่าชนิดและปริมาณโลหะมีผลต่อความสามารถในการยึดติดสีของเส้นใย และ สมบัติความคงทนของสี พบว่า การปรับแต่งด้วยสารอนินทรีย์สองชั้น ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบ SiO_2 เกาะผิวผ้าในชั้นแรก และใช้ปริมาณโลหะบนผิวผ้าในชั้นที่สอง แม้มีปริมาณโลหะเพียงเล็กน้อยก็สามารถให้สมบัติความคงทนของสีที่ดี

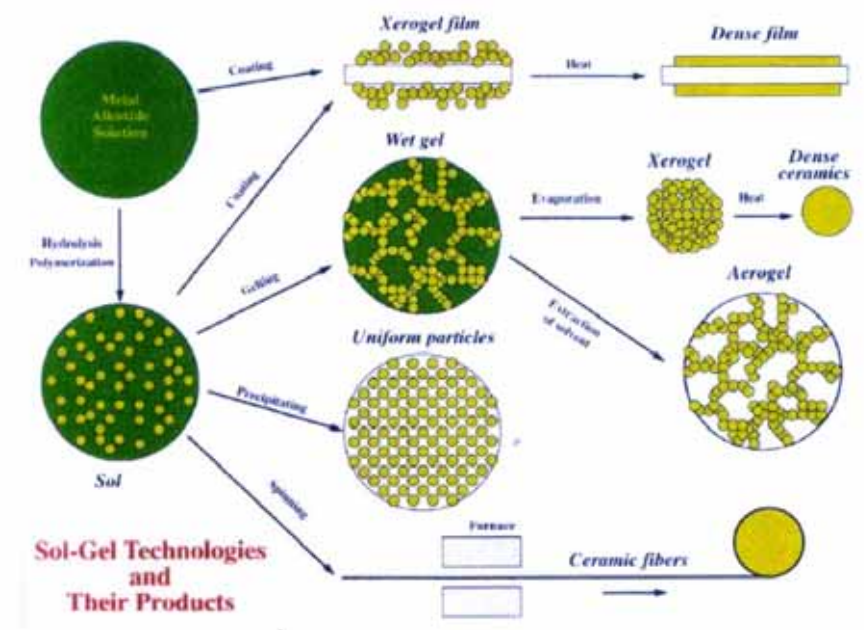
SiO_2 สามารถทำให้เกิดการยึดเกาะบนผิวใดๆ ได้ดี แม้ในพื้นผิวที่มี Surface energy ต่ำ เช่น พอลิเมอร์จำพวก Perfluorinated polymer โดย $SiCl_4$ ซึ่งมีแรงตึงผิวต่ำจะทำให้เกิดการแผ่กระจายของหยดของเหลวได้บน Perfluorinated polymer เมื่อ $SiCl_4$ ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำทั้งในสภาวะของเหลวและก๊าซได้ SiO_2 ซึ่งมีลักษณะละเอียดและเป็นเม็ดกลมกระจายตัวได้ทั้งพื้นผิว การเชื่อมโยงระหว่างชั้นของ SiO_2 และพอลิเมอร์ พบว่าเป็นการเชื่อมโยงด้วยกลไกทางกายภาพ ทั้งนี้ พบว่าเมื่อมีการใช้ tetraethoxysilane แทนที่การใช้ $SiCl_4$ โดยมีอาร์กอนเป็น carrier gas และควบคุมความหนาในช่วง 0.5 – 3 μm พบว่าวิธีการและระยะเวลาที่ต่างกันจะให้ลักษณะของชั้น SiO_2 ที่ต่างกัน ในสภาวะที่ไม่

รุนแรง และระยะเวลาการทำปฏิกิริยาที่สั้น จะทำให้เกิดโครงสร้างชั้นสารอนินทรีย์มาก และมีความยืดหยุ่นมากกว่า (Rehwinkel et al. 1998, 2000 ; Chun 1999)

การสร้างของโครงสร้างชั้นแรก (SiO_2) บนผิวผ้าฝ้าย (Brinker and Scherer 1990 ; Industrial zone west 2001) ได้จากการสังเคราะห์เจล ที่อุณหภูมิห้องสามารถทำได้ 2 วิธี โดยวิธีแรกคือ การสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ นั่นคือ silica chemical species ซึ่งละลายในสารละลาย aqueous ควบแน่นจนก่อให้เกิดโครงสร้างเชื่อมวางของ silica และอีกวิธีคือ การผลิต silica จากสารละลายแอลกอฮอล์ ปฏิกิริยาอย่างแรกคือ การไฮโดรไลซิส โดยการแทนที่ของหมู่ OR ที่เชื่อมโยงอยู่กับ silicon ด้วย silanol (หมู่ Si-OH) ซึ่ง chemical species เหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากันเองเกิดเป็นพันธะ siloxane (Si-O-Si) ซึ่งนำไปสู่โครงสร้างเชื่อมขวาง และเกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติ การสังเคราะห์ทั้ง 2 วิธีจำเป็นต้องมีของเหลวเป็นสารละลาย (Sol) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาจนเกิดเป็นโครงสร้างของแข็งที่มีรูพรุนจำนวนมาก ซึ่งก็คือ เจล (gel) นั่นเอง เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการโซล – เจล (Sol – gel process)

กระบวนการ Sol – Gel เป็นกระบวนการสำหรับผลิตเซรามิก และผลิตภัณฑ์แก้ว โดยทั่วไปกระบวนการ Sol – Gel จะหมายถึงกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงจากระบบที่เป็นของเหลว (sol) ส่วนมากมักอยู่ในรูป colloid เป็นระบบที่เป็นของแข็ง (gel) กระบวนการ Sol – Gel สามารถประยุกต์ใช้ในการขั้นรูปเซรามิก หรือวัสดุแก้วในหลากหลายรูปแบบ เช่น ผงทรงกลม (spherical shaped powders) การเคลือบเป็นฟิล์มบาง (thin film coating) เยื่อเลือกผ่านอนินทรีย์รูพรุนละเอียด (microporous inorganic membranes)

“Sol” เตรียมได้จากเกลือของโลหะอนินทรีย์ หรือ โลหะอินทรีย์ เช่น metal alkoxides ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการ Sol – Gel จะผ่านปฏิกิริยา hydrolysis หรือ polymer เพื่อให้เกิดเป็น colloidal suspension, ซึ่งต่อไปจะนำ sol ไปสร้างวัสดุเซรามิกในหลายรูปแบบ เช่น spin – coating หรือ dip coating ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดง Sol-Gel เทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์

เมื่อ “sol” ขึ้นรูปในแม่แบบแล้ว จะอยู่ในรูปแบบ “gel” และเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อน “gel” จะเปลี่ยนในรูปของเซรามิกความหนาแน่นสูง หรือวัสดุแก้ว ถ้าของเหลวที่มีอยู่ gel เปียกนั้นถูกเอาออกในสภาวะ supercritical จะได้วัสดุ ที่มีรูพรุนความหนาแน่นต่ำเรียกว่า “aerogel” ถ้า sol มีความหนืดที่เหมาะสมจะสามารถดึง sol เป็นเส้นใยเซรามิก (ceramic fiber) ผงเซรามิก แบบ ultra – fine และ uniform สามารถเกิดได้จากการตกตะกอน (precipitate) , spray pyrolysis หรือ emulsion technique

2.3.1 ความรู้เกี่ยวกับ Sol – Gel Chemistry **[7]**

ในอดีตการเตรียม Sol – Gel จะเริ่มจากการ condensation ของ sodium silicate ซึ่งยุ่งยากประกอบด้วยหลายขั้นตอน ในปัจจุบันนิยมใช้ silicon alkoxide precursors ซึ่งมักได้แก่ tetramethyl orthosilicate (TMOS; $Si(OCH_3)_4$) , และ tetraethyl orthosilicate (TEOS ; $Si(OCH_2CH_3)_4$) หรืออาจเป็นหมู่ฟังก์ชั่นอื่นๆ ซึ่งทำให้เกิดสมบัติแตกต่างออกไปของ gel กระบวนการ Sol – Gel ของสารที่มีหมู่ Alkoxide จะได้ผลิตภัณฑ์ข้างเคียงมาก ดังสมการที่ 1 แสดงกระบวนการ Sol – Gel ของ TEOS

$$Si(OCH_2CH_3)_4 + 2H_2O \leftrightarrow SiO_2 + 4HOCH_2CH_3 \qquad (1)$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีเอทานอลเกิดขึ้น และความหนาแน่นของเจลจะขึ้นกับความเข้มข้นของ silicon alkoxide monomer ที่มีอยู่ในสารละลาย

<u>หมายเหตุ</u> ในทาง stoichiometry ของสมการต้องการน้ำ 2 โมเลกุล ในทางปฏิบัติต้องการมากกว่า 4 – 30 เท่าตัว เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ และแข็งแรง

การผลิต gel เริ่มจากการควบคุมการแปลง sol เป็น gel การเติบโตของกลุ่ม หรือ สายโซ่ของพอลิเมอร์จากสารละลาย เกิดเป็นโครงสร้างเชื่อมขวาง (network) จนทั่วของเหลว

Silica aerogel จะผลิตจากกระบวนการ hydrolysis และ condensation ของ silicon alkoxides ในตัวเร่งกรดหรือ ตัวเร่งเบส โดย silicon alkoxide (TMOS หรือ TEOS) จะถูก polymerized ในขณะอยู่ในสารละลาย, น้ำ และตัวเร่ง โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และ self – polymerization ดังสมการที่ 2 – 3

$$nSi(OR)_4 + 4nH_2O \rightarrow nSi(OH)_4 + 4nROH \quad (2)$$

$$nSi(OH)_4 \rightarrow nSiO_2 + 2nH_2O \quad (3)$$

อย่างไรก็ตามจากสมการที่ 2 – 3 จะเห็นได้ว่า เพื่อให้เกิด product ที่ต้องการ (SiO_2) โดยสมบูรณ์ ปริมาณน้ำที่ใช้ในสารละลาย ไม่ควรมีมากจนเกินไป การใช้น้ำในสารละลายมากเกินไป จะทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับของสมการที่ 3 ทำให้ product ส่วนใหญ่ไม่เกิดการ condensation และกลายเป็น $Si(OH)_4$

จากงานวิจัยของ Freunlich (1926, quoted in Brinker and Scherer 1990: 99) พบว่าสามารถสังเคราะห์เจลของ SiO_2 ในเนื้อเยื่อสัตว์ได้ โดย กรด silicic acid ($Si(OH)_4$) สามารถซึมแพร่ผ่านเยื่อบางได้ง่าย แม้ในเนื้อเยื่อของสัตว์ และสามารถเกิดกระบวนการโซล – เจลได้ โดยเมื่อซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อแล้วจะเกิดการรวมตัวกัน และเพิ่มขนาดขึ้น เกิดเป็นเจลในที่สุด

ในการสร้างโครงสร้าง bilayer structure ของ SiO_2 กับออกไซด์ของโลหะหนัก โดยใช้เทคโนโลยี Sol – Gel ซึ่งโครงสร้างชั้นแรก คือ SiO_2 บนผิวผ้าไหม ซึ่งได้กระจายตัวอย่างเสถียรของ $Si(OC_2H_5)_4$ การสร้าง silica สามารถทำได้โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ดังสมการที่ 4 หรือสมการที่ 5 – 6 ในกรณีเช่นนี้ silica ที่เกิดขึ้น จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 15 – 25 nm

$$Si(OC_2H_5)_4 + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 4\,C_2H_5OH \quad (4)$$

หรือ

$$Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O \xrightarrow{\text{Acid condition}} Si(OH)_4 + 4\,C_2H_5OH \quad (5)$$

$$Si(OH)_4 \rightarrow SiO_2 + 2H_2O \quad (6)$$

ซิลิกอนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ 4 มีความเป็น Electropositive ต่ำ และมีประจุ (δ) บนซิลิกอนใน TEOS ($Si(OEt)_4$) เป็น +0.32 ประจุบวกที่ลดลง ทำให้สามารถรับ nucleophilic ได้ลดลง เมื่อ coordination number (N) = oxidation state (z) ไม่สามารถ coordinate กับ nucleophilic กันอย่าง

ทันทีทันใด กระบวนการ hydrolysis และ condensation จึงช้ากว่าอย่างเห็นได้ชัดกว่าที่เกิดในโลหะทรานซิชั่น ที่สภาวะต่ำกว่า pH 7 ซิลิกอนจะถูกไฮโดรไลซ์ในกรดเจือจาง และเกิด $Si(OH)_4$ เป็นส่วนใหญ่ (Brinker and Scherer)

และ Freundlich (1926 quoted in Brinker and Scherer 1990: 99) สามารถแสดงการเกิด silicic acid จากการ hydrolyze ester ดังสมการที่ 7

$$Si(OEt)_4 + H_2O \text{ (excess)} \longrightarrow Si(OH)_4 \qquad (7)$$

อย่างไรก็ตาม ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดพอลิเมอร์ silicic acid ในระบบสารละลาย และ ชนิดของการควบแน่นของพอลิเมอร์อินทรีย์ จากอ้างอิงของกระบวนการ polymerization ของ Iler (1979 , quoted in Brinker and Scherer 1990 : 99) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ได้เสนอว่า กระบวนการ polymerization แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เกิดการ polymerize ของ monomer เกิดเป็นอนุภาค ขั้นตอนที่ 2 อนุภาคเติบโต ขั้นตอนที่ 3 เกิดการเชื่อมโยงของอนุภาคเป็นสายโซ่ และโครงสร้างเชื่อมขวาง และขยายตัวในของเหลวซึ่งเป็นตัวกลางข้นขึ้นจนกระทั่งเป็น gel

2.4 ความรู้เกี่ยวกับความคงทนของสีต่อแสง

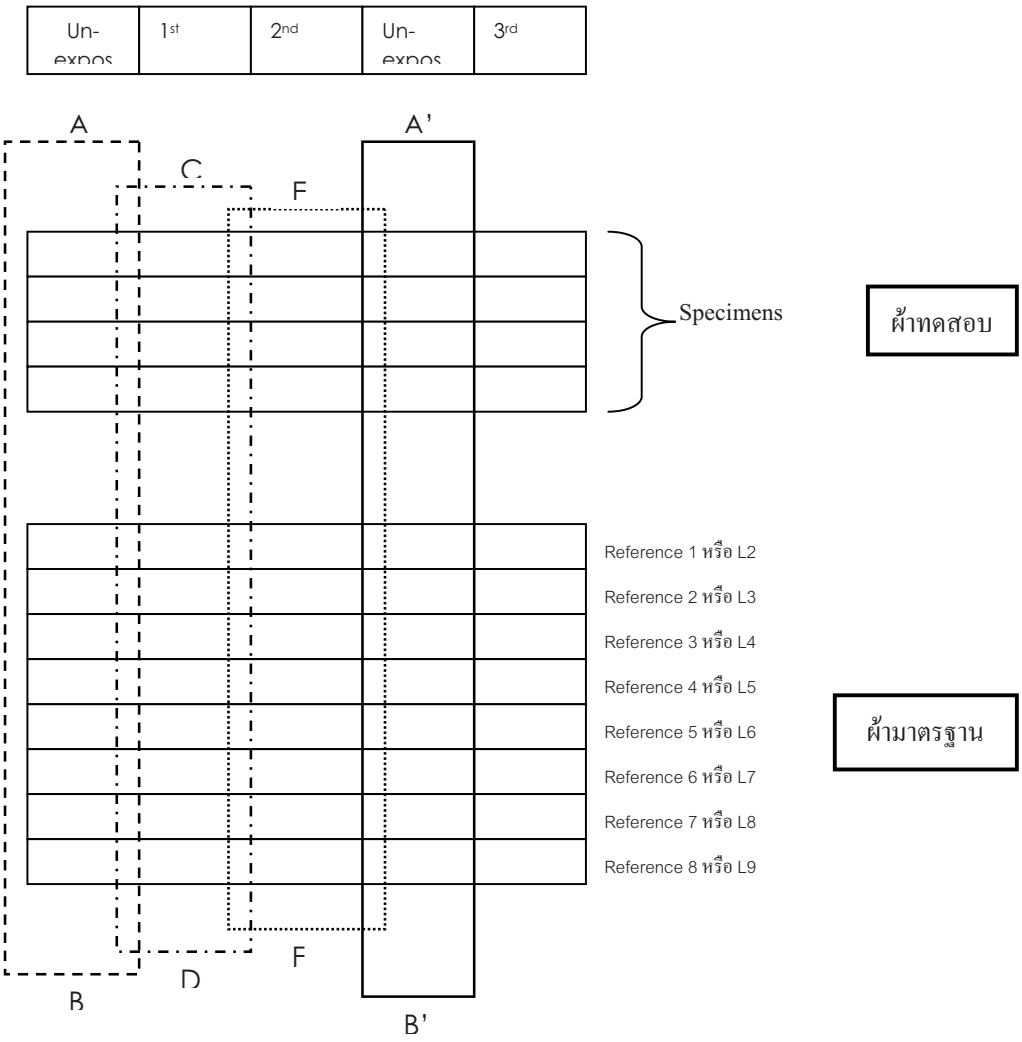
คุณสมบัติด้านความคงทนของสีย้อมต่อแสงนับว่ามีความสำคัญมากเป็นพิเศษ โดยเฉพาะในประเทศเมืองร้อน เนื่องจากเสื้อผ้ามีโอกาสที่จะถูกแสงแดดมาก ซึ่งแสงแดดจะสามารถทำให้สีที่ย้อมบนผ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ และ ถ้าความคงทนของสีย้อมต่อแสงไม่ดี จะทำให้สีผ้าซีดจางลงอย่างเห็นได้ชัดก่อนที่จะหมดอายุการใช้งานของผ้า

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงทนของสีย้อมธรรมชาติต่อแสง ได้แก่ โครงสร้างของสารให้สี ซึ่งส่งผลต่อความว่องไวของสีต่อการเสื่อมสภาพโดยแสง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกระบวนการย้อม ความเข้มของสีย้อม และการใช้สารช่วยย้อม รวมถึงชนิดและปริมาณของสารมอร์แด้นท์

วิธีการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสงมีอยู่หลายวิธีขึ้นกับมาตรฐานที่นำมาใช้วัด เช่น มาตรฐานAATCC และมาตรฐาน ISO เป็นต้น ทั้งนี้ประเทศไทยได้มีการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการทดสอบสิ่งทอ: ความคงทนของสี มอก. 121 เล่ม 1-5 และเล่ม 14-2518 ความคงทนของสีต่อแสง (แสงแดด) ด้วย

2.4.1 มาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight **[22]**

ผ้าทดสอบ (specimen) จะต้องมีขนาด 10x100 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนที่รับแสงไม่น้อยกว่า 10x20 มิลลิเมตร จะนำผ้าทดสอบมาติดกับกระดาษตามทิศด้ายพุ่ง โดยผ้าทดสอบกับผ้ามาตรฐาน Blue wool standard จะต้องมีขนาดและรูปทรงเดียวกันเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาผิดพลาดที่เกิดจากการมองเปรียบเทียบระหว่างส่วนที่ถูกแสงกับส่วนที่ไม่ถูกแสง การวางรูปแบบการทดสอบของผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐานเป็นตามรูปที่ 2.9 ซึ่งปิดผ้าทดสอบกับผ้ามาตรฐานด้วยวัสดุทึบแสง A'B' และ AB โดยปิดเป็นสัดส่วน 1/5 ของความยาวของชิ้นงานทั้งหมด (20 มิลลิเมตร) แล้วอาบแสง เมื่อพบว่า ผ้ามาตรฐาน reference ที่ 3 มีการเปลี่ยนสีไปเท่ากับ gray scale grade 4/5 โดยสังเกตผ้าทดสอบกับผ้ามาตรฐาน และอัตราการซีดจางของสีที่เปลี่ยนแปลงไปกับส่วนที่ไม่ถูกแสง แล้วจึงทำการปิดที่ตำแหน่ง CD ตามรูปที่ 2.9 ซ้อนกับ AB ต่อจากนั้นให้อาบแสงจนกว่าผ้ามาตรฐาน reference ที่ 6 มีการเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ gray scale grade 4/5 ก็ทำการปิดทับผ้าทดสอบกับผ้ามาตรฐานที่ตำแหน่ง EF ตามรูปที่ 2.9 โดยส่วนปิดทับอื่นๆก็ยังคงตำแหน่งเดิมไว้ อาบแสงต่อไปจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของผ้ามาตรฐาน reference ที่ 7 เท่ากับ gray scale grade 4 จากนั้นจึงหยุดการทดสอบ แล้วอ่านค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทดสอบเทียบกับผ้ามาตรฐานระดับ 1-8

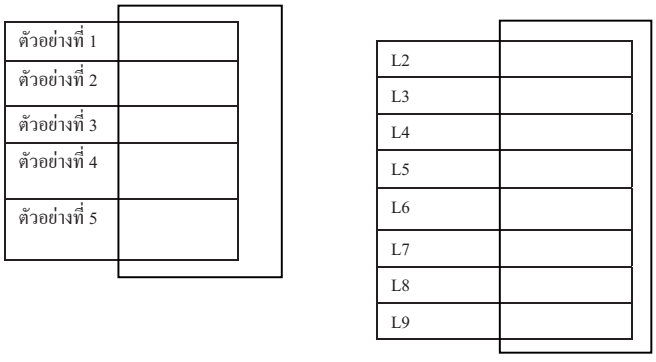


รูปที่ 2.9 การวางผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐาน (ความคงทนของแสงโดยทั่วจะวัดโดยมาตรฐาน 8 ค่า คือระดับ1 ถึงระดับ 8 ค่า ระดับ 1 จะมีความคงทนของสีต่อแสงน้อยที่สุด และ ระดับ 8 มีความคงทนของสีต่อแสงมากที่สุด ที่ระดับ 4 ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ดีสำหรับการใช้งาน)

2.4.2 มาตรฐานการทดสอบ AATCC Test method-16-1998**[23]**

การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสงโดยทดสอบตามวิธีมาตรฐาน Colour fastness to artificial : Xenon arc fading lamp test โดยอ้างอิงข้อมูลจาก AATCC test Method 16-1998 ทำโดยตัด AATCC Blue Wool Light fastness Standard เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามแนวด้ายพุ่งขนาดประมาณ

70x120 มิลลิเมตร โดยที่มีพื้นที่ที่ถูกแสงไม่น้อยกว่า 30x30 มิลลิเมตร เรียงบนกระดาษแข็งตั้งแต่มาตรฐานอ้างอิง L2-L9 โดยที่มาตรฐานอ้างอิงที่ L2 คือผ้าที่มีความคงทนของสีผ้าต่ำที่สุดและมาตรฐานอ้างอิงที่ L9 คือผ้าที่มีความคงทนของสีผ้าสูงที่สุด ตามลำดับ ต่อจากนั้นตัดผ้าทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามแนวด้ายพุ่งขนาดประมาณ 70x120 มิลลิเมตร โดยมีพื้นที่ที่ถูกแสงไม่น้อยกว่า 30x30 มิลลิเมตร โดยมีแผ่นทึบวางขวางปิดผ้าทดสอบให้เป็นส่วนที่ไม่ถูกแสงไว้ แผ่นทึบที่ปิดผ้าทดสอบจะต้องแนบสนิทกับผ้าทดสอบ โดยให้พื้นที่ส่วนที่ถูกแสงและไม่ถูกแสงต่างกันเป็นเส้นคมชัด ควรวางทั้งแถบของผ้าทดสอบและแถบของผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ให้มีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเท่าๆกัน ดังรูปที่ 2.10 ขั้นตอนต่อไปวางผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐาน ภายใต้สภาวะที่มีแหล่งกำเนิดแสง Xenon-Arc Lamp ต่อเนื่องเป็นเวลา 20 $\pm$ 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะสังเกตเห็นระดับความแตกต่างระหว่างส่วนที่ถูกแสงและส่วนที่ไม่ถูกแสงของมาตรฐานอ้างอิง L4 มีความแตกต่างที่ระดับ gray scale 4 จากนั้นจึงหยุดการทดลองแล้วบันทึกผลของ light fastness โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของผ้าทดสอบกับมาตรฐานอ้างอิง AATCC Blue Wool Light fastness standard ที่มีความแตกต่างของส่วนที่ถูกแสงและส่วนที่ไม่ถูกแสงเทียบเท่ากัน



รูปที่ 2.10 การเรียงผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐานในการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสง Xenon arc fading lamp test (ความคงทนของแสงโดยทั่วจะวัดโดยมาตรฐาน 8 ค่า คือระดับ1 ถึง ระดับ 8 ค่า ระดับ 1 จะมีความคงทนของสีต่อแสงน้อยที่สุด และ ระดับ 8 มีความคงทนของสีต่อแสงมากที่สุด ที่ระดับ 4 ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ดีสำหรับการใช้งาน)

2.4.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสิ่งทอ: ความคงทนของสี มอก. 121 เล่ม 1-5 และเล่ม 14-2518 ความคงทนของสีต่อแสง (แสงแดด)**[24]**

การทดสอบจะเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของผ้าทดสอบกับผ้าสีมาตรฐาน ซึ่งเป็นผ้าขนสัตว์สีน้ำเงิน ซึ่งย้อมสีดังในตารางที่ 2.6 อัตราความคงทนของสีต่อแสง จะมีค่าจากระดับ 1 (มีความคงทนต่ำสุด) ถึงระดับ 8 (มีความคงทนสูงสุด) และแต่ละระดับจะมีความคงทนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า (โดยประมาณ) ตามลำดับ

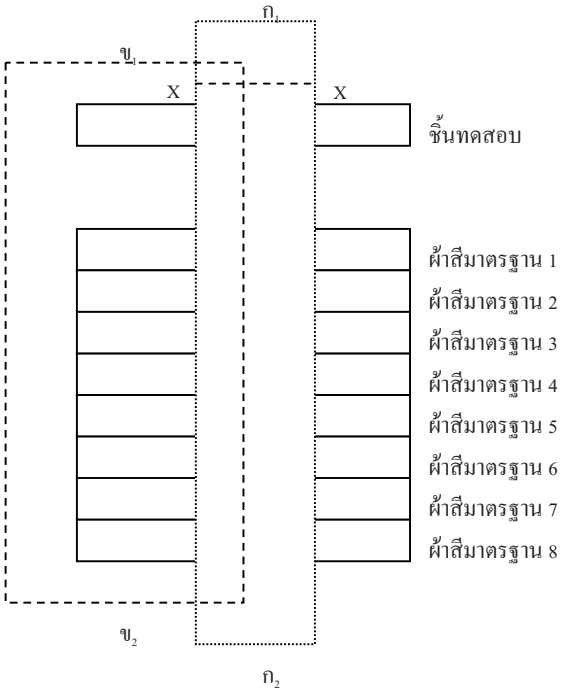
ตารางที่ 2.6 สีที่ใช้ย้อมผ้าสีมาตรฐาน **[24]**

อัตราความคงทนของสีต่อแสง	**สีที่ใช้ย้อม***
1	C.I. Acid Blue 104
2	C.I. Acid Blue 109
3	C.I. Acid Blue 83
4	C.I. Acid Blue 121
5	C.I. Acid Blue 47
6	C.I. Acid Blue 23
7	C.I. Solubilized Vat Blue 5
8	C.I. Solubilized Vat Blue 8
* จากหนังสือ Color index, second edition, volume 1. The Society of Dyers and Colourists, Bradford, Yorkshire, 1956	

โดยมีแผงสำหรับวางชิ้นทดสอบตากแสงแดด ให้วางเอียงหันหน้าไปทางทิศใต้ทำมุมกับแนวระดับประมาณเท่ากับละติจูดของสถานที่นั้นและไม่มีเงาที่เกิดจากสิ่งรอบๆ ตกบนชิ้นทดสอบ มีแผ่นแก้วปิดเพื่อป้องกันฝนและน้ำค้าง โดยวางห่างจากชิ้นทดสอบไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร และให้มีการระบายอากาศอย่างพอเพียง กระดาษทึบแสง หรือวัตถุทึบแสงอย่างอื่น เช่น แผ่นอะลูมิเนียมบางหรือแผ่นกระดาษแข็งหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ และใช้เกรย์สเกล (grey scale) สำหรับอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงสีตามมาตรฐานวิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การใช้เกรย์สเกล

การเตรียมผ้าทดสอบ ทำโดยการตัดผ้าทดสอบให้ด้านยาวขนานกับแนวด้ายพุ่ง มีขนาดไม่น้อยกว่า 10 × 60 มิลลิเมตร หากชิ้นทดสอบมีขนาดเล็กให้นำชิ้นทดสอบเหล่านี้มาวางเรียงกัน หรือพันรอบ

แผ่นกระดาษแข็งจนได้ขนาดตามที่กำหนด ชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบและผ้ามาตรฐาน ต้องมีขนาดและรูปร่างอย่างเดียวกัน แล้วนำผ้าทดสอบ และผ้ามาตรฐานไปอาบแสงแดดให้วางเรียงกันดังในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การวางผ้าทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน: $ก_1ก_2$ -แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 1, $ข_1ข_2$-แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 2, XX -แผ่นทึบแสง $ก_1ก_2$ อาจจะทำเป็นแบบติดบานพับที่ตำแหน่ง XX เพื่อสามารถตรวจดูชิ้นทดสอบและผ้ามาตรฐาน และปิดลงตรงตำแหน่งเดิมได้โดยสะดวก

วิธีทดสอบทำโดยวางผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐานไว้ในแสงแดดภายใต้ภาวะตามที่กำหนดตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน จนกระทั่งสามารถหาค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทดสอบได้โดยเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐาน โดยมีการประเมินผลการทดสอบขั้นต้น เมื่อสีของผ้าทดสอบเริ่มเปลี่ยนแปลง จนสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างส่วนที่ปิดไว้กับส่วนที่ถูกแสงของผ้าทดสอบเท่ากับเกรด 4 ของเกรย์สเกล ให้เอาแผ่นทึบแสงอีกแผ่นหนึ่งปิดทับผ้าทดสอบและผ้ามาตรฐานส่วนที่เหลืออีกหนึ่งในสาม (ตำแหน่ง $ข_1ข_2$) จากนั้นตากแสงแดดต่อไป จนกระทั่งความแตกต่างระหว่างส่วนที่ถูกแสงทั้งหมดกับส่วนที่ไม่ถูกแสงของผ้าทดสอบเท่ากับเกรด 3 ของเกรย์สเกล ให้บันทึกระดับของผ้ามาตรฐานที่เปลี่ยนสีเท่ากับชิ้นทดสอบไว้ หรืออีกวิธีหนึ่ง เมื่อผ้ามาตรฐาน 3 เริ่มเปลี่ยนสีให้ตรวจดูการเปลี่ยนสีของผ้าทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนสีของผ้ามาตรฐาน 1, 2 และ 3 ต่อจากนั้นให้ตาก

ชิ้นทดสอบไว้ในแสงแดดต่อไป ความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทดสอบคือ ระดับของผ้ามาตรฐานที่มีการเปลี่ยนแปลงสีเท่ากัน ถ้าผ้าทดสอบแสดงการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ระหว่างผ้ามาตรฐาน 2 ระดับ ให้รายงานผลเป็นค่าระหว่างของผ้ามาตรฐานทั้งสอง เช่น ความคงทนของสีเป็น 3 ถึง 4 หมายถึง ชิ้นทดสอบนี้มีความคงทนไม่ถึงระดับ 4 แต่มีความคงทนมากกว่าระดับ 3 คือ ถ้าสีของผ้าทดสอบจางกว่าผ้ามาตรฐาน 1 ให้รายงานผลเป็นระดับ 1 ถ้าผ้าทดสอบมีความคงทนของสีเป็นระดับ 4 หรือมากกว่าการประเมินผลการทดสอบขั้นต้น ถือว่ามีความสำคัญ ถ้าในการประเมินผลการทดสอบขั้นต้นนี้ปรากฏว่าการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าทดสอบเท่ากับ 3 หรือต่ำกว่าให้บันทึกไว้ในวงเล็บ เช่นตัวอย่าง ผ้าทดสอบมีความคงทนของสีเป็น 6 (3) แสดงว่าผ้าทดสอบเปลี่ยนสีไปน้อยมากเมื่อผ้าสีมาตรฐาน 3 เริ่มเปลี่ยนสี แต่เมื่อตากแสงแดดต่อไปสีจะค่อยจางไปเท่ากับผ้าสีมาตรฐาน 6

และการประเมินผลการทดสอบขั้นสุดท้าย ทำโดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าทดสอบกับผ้ามาตรฐาน ถ้าผ้ามาตรฐาน 7 จางเท่ากับเกรด 4 ของเกรย์สเกลก่อนผ้าทดสอบ การทดสอบก็สิ้นสุดเพียงแค่นั้นเพราะว่าถ้าผ้าทดสอบมีความคงทนของสีต่อแสงเป็น 7 หรือมากกว่า อาจต้องใช้เวลาในการตากแดดนานมาก จึงจะทำให้ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเท่ากับเกรด 3 ของเกรย์สเกล อย่างไรก็ตาม ถ้าผ้าทดสอบมีความคงทนของสีต่อแสงเป็น 8 อาจจะไม่สามารถทำให้เกิดความแตกต่างได้ถึงเกรดนี้ ดังนั้นในกรณีที่ปรากฏว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นบนผ้าสีมาตรฐาน 7 เท่ากับเกรด 4 ของ เกรย์สเกลแล้วควรประเมินว่า ผ้าทดสอบนั้นมีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ 7 หรือ 8 เพราะเหตุว่าระยะเวลาที่ใช้สำหรับการตากแสงแดดเพื่อให้เกิดความแตกต่างขนาดนี้ นานพอที่จะขจัดข้อผิดพลาดใดๆอันอาจจะเกิดจากการตากแสงแดดไม่เพียงพอได้

2.5 ความรู้เกี่ยวกับระบบการวัดสี

2.5.1 การกำหนดความคลาดเคลื่อนโดยใช้ ΔE**[25]**

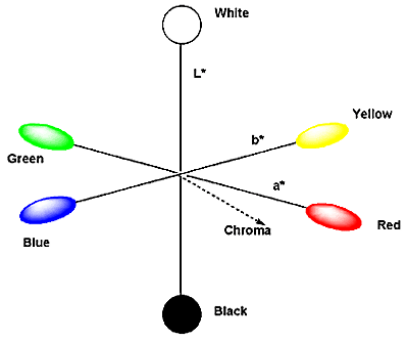
CIE ได้พยายามที่จะกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยได้กำหนดสมการค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total colour difference : ΔE) ซึ่งเป็นตัวเลขเดียว ดังนี้

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

2.5.2 การวัดสีระบบ CIEL* a* b***[26]**

การวัดสีหรือการบอกลักษณะของสีในระดับสากลมีหลายวิธี หลายระบบ แต่ระบบที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ CIEL* a* b* System ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับการปรับปรุงและ

เปลี่ยนแปลงจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ปัจจุบันสมการที่ใช้ในการระบุสีที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง คือ CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 Color space ในระบบ CIELAB 1976**[27]**

โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (lightness) ของสี ถ้า L* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง สีดำ ถ้า L* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึงสีขาว

a* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (red-green) ถ้า a* เป็นค่าบวก หมายถึง ความเป็นสีแดง ถ้า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ความเป็นสีเขียว

b* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (yellow-blue) ถ้า b* เป็นค่าบวก หมายถึง ความเป็นสีเหลือง และถ้า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIEL* a* b* ยังมีการเชื่อมค่า “a*” และค่า “b*” เข้ากับ “hue” และ “chroma” โดยกำหนดค่าสีอีก 2 ค่า คือ hue angle (H*) และ chroma (C*)

Hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดใน color space มีหน่วยเป็นองศา

ถ้า	H*	= 0, (360) องศา	แสดงว่าเป็นสีแดง
	H*	= 90 องศา	แสดงว่าเป็นสีเหลือง
	H*	= 180 องศา	แสดงว่าเป็นสีเขียว
	H*	= 270 องศา	แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

ส่วน Chroma คือ ค่าแสดงความสดใสของสี

ในการระบุสีของวัตถุมีสีในระบบ CIEL* a* b* นั้นจะระบุด้วยค่า L* C* และ H* มากกว่า L* a* และ b* เนื่องจากจะทำให้เข้าใจและทราบลักษณะของสีได้ใกล้เคียงกับตามนุษย์มองเห็น

การใช้เครื่องวัดสีในการบอกความแตกต่างของสีผ้าตัวอย่างกับผ้ามาตรฐาน จะทำให้สามารถควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีมาตรฐาน และช่วยให้ตัดสินใจง่ายขึ้น ลดความขัดแย้งระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายในกรณีที่ไม่มีการตกลงกันตั้งแต่ต้น

ความแตกต่างของค่าสีที่วัดได้ ควรเป็นตัวเลขที่สามารถบอกความแตกต่างของสีได้เหมือนกับที่ตามนุษย์มองเห็น ค่าความแตกต่างของสีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ CIEL* a* b* Color Difference Equation ซึ่งการวัดความแตกต่างของสีผ้าตัวอย่างกับผ้ามาตรฐาน สามารถหาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง-เขียว และความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ดังนี้คือ

ΔL^* = L* ของผ้าตัวอย่าง - L* ของผ้ามาตรฐาน

ถ้า ΔL^* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความสว่างมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (lighter) ถ้า ΔL^* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมืดกว่าสีผ้ามาตรฐาน (darker)

Δa^* = a* ของผ้าตัวอย่าง - a* ของผ้ามาตรฐาน

ถ้า Δa^* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างแดงกว่าสีผ้ามาตรฐาน (redder) ถ้า Δa^* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้ามาตรฐาน (greener)

Δb^* = b* ของผ้าตัวอย่าง - b* ของผ้ามาตรฐาน

ถ้า Δb^* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเหลืองกว่าสีผ้ามาตรฐาน (yellower) ถ้า Δb^* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้ามาตรฐาน (bluer)

นอกจากจะบอกความแตกต่างด้วยค่า ΔL^* Δa^* และ Δb^* แล้วยังกำหนดค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างผ้าตัวอย่างกับผ้ามาตรฐาน คือค่า ΔE^* (total color difference) โดยค่า ΔE^* ที่ทางอุตสาหกรรมให้การยอมรับจะมีค่าประมาณ 1-2 หน่วย ทั้งนี้ขึ้นกับสีและทิศทางการเบี่ยงเบนของสี

การบอกความแตกต่างของสีให้สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับที่ตามองเห็นในแง่ของสีที่ปรากฏและความสดใสของสีได้จากค่า ΔC^* และ ΔH^*

ΔC^* = C* ของผ้าตัวอย่าง - C* ของผ้ามาตรฐาน

ถ้า ΔC^* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความสดใสมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (brighter) ถ้า ΔC^* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความตุ่นมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (duller)

ΔH^* = H* ของผ้าตัวอย่าง - H* ของผ้ามาตรฐาน

ถ้า H* อยู่ในช่วงสีแดงและ ΔH^* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลืองมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (yellower) ถ้า ΔH^* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (bluer)

ถ้า H* อยู่ในช่วงสีส้มและ ΔH* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลืองมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (yellower) ถ้า ΔH* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีแดงมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (redder)

ถ้า H* อยู่ในช่วงสีเหลืองและ ΔH* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเขียวมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (greener) ถ้า ΔH* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีแดงมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (redder)

ถ้า H* อยู่ในช่วงสีเขียวและ ΔH* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (bluer) ถ้า ΔH* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลืองมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (yellower)

ถ้า H* อยู่ในช่วงสีน้ำเงินและ ΔH* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีแดงมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (redder) ถ้า ΔH* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเขียวมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (greener)

ถ้า H* อยู่ในช่วงสีม่วงและ ΔH* มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีแดงมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (redder) ถ้า ΔH* มีค่าเป็น (–) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าสีผ้ามาตรฐาน (bluer) ดังแสดงในรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 ความหมายของ ΔH* ในระบบ CIEL* a* b***[28]**

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- ผ้าไหมทอด้วยเครื่องจากบริษัท The Thai Silk Co.,Ltd. หมายเลข 110001
- อลูมิเนียมฟอยล์
- ชามสแตนเลส
- ผ้าขาวบาง
- กระดาษ Universal Indicator
- มีด กรรไกร ตะหลิว และเขียง
- กระดาษแข็ง
- ขวดน้ำกลั่น

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดสี การย้อมสารมอร์แด้นท์ การปรับแต่งผ้าไหม และการย้อมสี

- ช้อนตักสาร
- กระบอกตวง
- แท่งแก้ว
- ปิเปตและลูกยางปิเปต
- กรวยกรองแก้ว
- Hotplate
- หลอดหยด
- Desiccator
- บีกเกอร์
- แท่งแม่เหล็ก
- ขวดปริมาตร
- หลอดทดลอง

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องมือชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- ตู้อบ (เครื่อง WTC รุ่น binder (0-2990^{C}))
- เครื่องปั่นน้ำผลไม้ (เครื่อง Phillips รุ่น Cucina HR172116)
- เครื่อง Padder (เครื่อง Pad Mangle รุ่น Pad No.9107)
- เครื่อง Exhaustion (เครื่อง Laboratory high Temperature Dyeing MachinePenta รุ่น Rapid-12)

- ตู้แสง Daylight (เครื่อง GretagMacbeth: The Judge II)
- UV-Vis spectrophotometer (เครื่อง JASCO รุ่น UV-V530 UV-Vis Spectrophotometer)
- เครื่อง ICPS (เครื่อง Variant Tectron รุ่น Liberty 220)
- เครื่องวัดเฉดสี (เครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10)
- เครื่อง FT-IR (เครื่อง Nicolet รุ่น Impact410)

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 สารละลาย

- น้ำกลั่น

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการลอกกาวไหมและฟอกขาวไหม

- Acetic acid	(99.9%)	J.T.Baker Co.,Inc.
- Sodium Hydroxide	(98%)	Ajax Finechem

3.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการปรับแต่งผิวผ้าไหม

- Ferrous Sulphate	(99.0%)	Ajax Finechem
- Copper Sulphate	(98.0-102.0%)	Ajax Finechem
- Aluminium Sulphate	(100-110%)	Ajax Finechem
- Tetraethyl orthosilicate	(≥98%)	Fluka

3.2.4 สารเคมีที่ใช้ในการเพิ่มความเข้มสี

- Chitosan Powder	(95% DAC)	Seafresh Chitosan (Lab) Co.,Ltd.
- D-(+)-Glucose anhydrous	(≥98.0%)	Fluka

3.3 สีธรรมชาติ

สีธรรมชาติที่ได้จากการสกัด

ชื่อที่เรียกโดยทั่วไป	ชื่อทางพฤกษศาสตร์
- ใบขี้เหล็ก	*Cassia siamea* Lamk.

- ผลมะเกลือ *Diospyros mollis* Griff.
- ฝอยกาบมะพร้าว *Cocos nucifea* Linn.

3.4 การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ทำการพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ เพื่อใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนการนำเข้าผ้ามาตรฐานการทดสอบ (Blue wool standard) ที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของสีย้อมเคมีซึ่งมีราคาสูง และทำการพัฒนาขั้นตอนการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติให้มีความง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถนำไปใช้ในระดับชาวบ้าน โดยจะเน้นไปที่การใช้วัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายในแหล่งชุมชน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานิจัย ดังนี้

3.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.4.2 ออกแบบวิธีการและวางแผนการทดลอง

3.4.3 ดำเนินงานวิจัย

ตอนที่ 1. การเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ

1.1 การเตรียมผ้าไหมสำหรับงานวิจัย

- ผ้าไหมที่ใช้ในงานวิจัย เป็นผ้าไหมที่ทอด้วยเครื่องจากบริษัท The Thai Silk Co.,Ltd. หมายเลข 110001 ไหม 100% ทอด้ายพุ่ง 1 เส้นและด้ายยืน 1 เส้น น้ำหนัก 75 กรัมต่อเมตร ผ่านการลอกกาวไหม 1 ครั้งและผ่านการฟอกขาวไหม 1 ครั้ง ผ้าไหมที่ใช้สำหรับการวิจัยจะถูกตัดเป็นขนาด 10×10 เซนติเมตร และเย็บขอบทั้ง 4 ด้านเพื่อป้องกันการรุ่ย จากนั้นนำผ้าไหมไปอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- ทำการลอกกาวไหม (silk degumming หรือ boiling-off) และฟอกขาวไหมอีกครั้ง เนื่องจากการลอกกาวไหมเป็นกระบวนการแรกที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อกำจัดกาวไหม (sericin) นอกจากนี้ยังเป็นการกำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆที่อาจมีอยู่ในเส้นไหม เช่น สารหล่อลื่น หรือสารนุ่มที่เติมลงไปในขั้นตอนการผลิตเป็นเส้นด้าย การทอหรือถักผ้า หรือกำจัดฝุ่นละออง สิ่งสกปรก น้ำมันหรือสีที่อาจเปื้อนติดมาในระหว่างกระบวนการผลิตได้ ทำให้ไหมเกิดความเงามัน และนุ่มนวล มีการดูดซึมน้ำที่ดีขึ้น ส่วนวัตถุประสงค์ของการฟอกขาวคือเพื่อกำจัดสารสีจากธรรมชาติของไหมโดยเฉพาะไหมป่าที่มีสีน้ำตาล

หรือสีเหลืองหรือเพื่อกำจัดสีที่เกิดจากสิ่งสกปรกที่อาจเกิดในระหว่างกระบวนการผลิตทำให้เส้นไหมมีความขาวเมื่อนำไปย้อมจะได้สีที่สดใสตามต้องการ โดยมีวิธีการลอกกาวไหม ดังนี้ ผ้าไหม 1 กรัม จะใช้น้ำ 30 มิลลิลิตร ผสมกับ anionic surfactant ปริมาณ 1% ของปริมาณน้ำทั้งหมด และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 2 กรัมต่อลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆ แช่ลงในสารละลาย แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95°C เป็นเวลา 1.5-2 ชั่วโมง ต้องมีการกลับผ้าไหมในสารละลายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นซักล้างผ้าไหมให้ทั่วถึงด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 15-20 นาที หรือจนกว่า surfactant จะหมด หลังจากนั้นนำมาซักล้างด้วยน้ำเย็นในปริมาณที่มาก 1-2 ครั้ง แล้วตากให้แห้งในที่ร่ม

หลังจากนั้นนำผ้าไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแล้วไปทำการฟอกขาว โดยจะใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่มี pH อยู่ในช่วงระหว่าง 2.5-9 เป็นสารฟอกขาวไหม โดยมีวิธีการฟอกขาวผ้าไหมดังนี้ ผ้าไหม 1 กรัม ใช้น้ำ 30 มิลลิลิตร ผสมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ปริมาณ 1%ของน้ำหนักผ้าไหม ละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลาย แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต้องมีการกลับผ้าไหมในสารละลายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นซักล้างผ้าไหมให้ทั่วถึงด้วยน้ำร้อนในปริมาณที่มาก 10 นาที 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำมาซักล้างด้วยน้ำเย็นในปริมาณที่มาก 1-2 ครั้ง แล้วตากให้แห้งในที่ร่ม

1.2 ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของโลหะมอร์แด้นท์ที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง

- สารมอร์แด้นท์ที่ใช้คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม ทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมโดยใช้วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีธรรมชาติ โดยนำสารมอร์แด้นท์มาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45-50°C โดยใช้ปริมาณน้ำกลั่น 1% ของน้ำหนักผ้า นำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายมอร์แด้นท์ แล้วนำเข้าเครื่อง Padder ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad จนผ้าไหมดูดซับสารละลายมอร์แด้นท์หมด นำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- พืชธรรมชาติที่ใช้ ได้แก่ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ปริมาณ 3 เท่าของน้ำหนักผ้าไหม โดยใช้ตัวทำละลายคือ น้ำกลั่น ในอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อน้ำหนักผ้าไหม (LR) เท่ากับ 30:1 โดยมีวิธีการสกัดสีจากพืชธรรมชาติ ดังตารางที่ 3.1 และใช้วิธีการย้อมแบบ pad dye

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดวิธีสกัดสีจากพืชธรรมชาติที่ใช้ในการวิจัย

สีจากพืชธรรมชาติ	วิธีสกัดสี
สีเขียวขี้ม้าจากใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.)	เก็บใบขี้เหล็กสด เลือกใบที่ไม่แก่และไม่อ่อนเกินไป ล้างให้สะอาด รูดใบและแยกก้านใบทิ้ง ตากให้แห้ง นำไปปั่นให้ละเอียดโดยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ ทำการสกัดสีโดยใช้น้ำปริมาณ 30 เท่าของน้ำหนักผ้า ทำการสกัด 2 ครั้ง โดยใช้น้ำปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่ใช้ในการย้อม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กวนตลอดเวลา จากนั้นกรองน้ำสีที่สกัดได้ออก นำกากที่เหลือมาสกัดต่อด้วยน้ำอีกครึ่งหนึ่งของน้ำย้อม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองเอากากออก นำน้ำย้อมที่สกัดได้ทั้ง 2 ครั้งมาผสมกัน น้ำสกัดที่ได้จะมีสีเขียวขี้ม้าขุ่น
สีดำจากลูกมะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.)	ลูกมะเกลือที่ใช้จะคัดเฉพาะลูกที่ยังมีเปลือกสีเขียว นำมาแช่น้ำ แล้วบดผลมะเกลือเป็นชิ้นเล็ก แช่ในน้ำเบส (pH 10.5) ปริมาณน้ำเท่ากับปริมาณของสารละลายที่ต้องการ กรองเอากากออก กวนทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้สารละลายสีดำสนิท

สีจากพืชธรรมชาติ	วิธีสกัดสี
สีน้ำตาลแดงจากฝอยกาบมะพร้าว (*Cocos nucifea* Linn.)	นำฝอยกาบมะพร้าวไปตัดให้มีความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร ทำการสกัดสีโดยใช้น้ำปริมาณ 30 เท่าของน้ำหนักผ้า ทำการสกัด 2 ครั้ง โดยใช้น้ำปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่ใช้ในการย้อม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กวนตลอดเวลา จากนั้นกรองน้ำสีที่สกัดได้ออก นำกากที่เหลือมาสกัดต่อด้วยน้ำอีกครึ่งหนึ่งของน้ำย้อม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองเอากากออก นำน้ำย้อมที่สกัดได้ทั้ง 2 ครั้งมาผสมกัน น้ำสกัดที่ได้จะมีสีน้ำตาลแดง

<u>หมายเหตุ</u> การเตรียมการสกัดสีจากส่วนของพืชสำหรับการย้อม จะใช้ส่วนของพืชเหล่านี้น้ำหนักเป็น 3 เท่าของน้ำหนักผ้าหรือเส้นไหมที่จะย้อมและเตรียมน้ำย้อมให้มีปริมาตรของน้ำย้อมต่อผ้า (LR) = 30:1

รูปที่ 3.1 เครื่องย้อมแบบ Padder

- ทำการวัดระดับความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight และเปรียบเทียบความถูกต้องของการทดสอบกับผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) ที่ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

1.3 ศึกษาอิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมโดยเทคนิคการทำให้เกิดโครงสร้างของสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง (ITLT) มาร่วมด้วย เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการย้อมและสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ระหว่างการย้อมแบบ pad dye กับ exhaust dye โดยมีวิธีการย้อมที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

- ทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยสารมอร์แด้นท์ โดยนำสารมอร์แด้นท์มาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45-50°C โดยใช้ปริมาณน้ำกลั่น 1% ของน้ำหนักผ้า นำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายมอร์แด้นท์ แล้วนำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad จนผ้าไหมดูดซับสารละลายมอร์แด้นท์หมด นำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- จากนั้นนำผ้าไหมไปย้อมสีธรรมชาติแบบ pad dye โดยนำผ้าไหมมาให้ความร้อนในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่สกัดได้ แล้วทำการขยำผ้าไหมเพื่อให้สีย้อมเข้าสู่ผ้าไหมเป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะทำการย้อมแบบ pad dye โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad dye จนผ้าไหมดูดซับน้ำย้อมหมด จากนั้นนำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนัก

2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

- ทำการเตรียมสารละลาย Tetraethyl orthosilicate (TEOS; $Si(OCH_2CH_3)_4$) เพื่อให้เกิดโครงสร้าง SiO_2 1% โดยน้ำหนักของผ้าไหมบนผิวหน้าของผ้าไหม (ตามที่คำนวณไว้ในภาคผนวก ก.1) ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม detergent และกวนด้วย magnetic bar จนกระทั่งได้สารละลายใส จากนั้นจุ่มผ้าไหมที่เตรียมไว้แช่ในสารละลายและกวนเป็นเวลา 5 นาที นำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้ง 2.2 kg/cm^3 สเปรย์กรดอะซิติกที่มี pH 3.8 บนผ้าที่อยู่ในถาด แล้วนำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- นำผ้าไหมที่ได้ไปทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยสารมอร์แด้นท์ โดยนำสารมอร์แด้นท์มาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45-50°C โดยใช้ปริมาณน้ำกลั่น 1% ของน้ำหนักผ้า นำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายมอร์แด้นท์ แล้วนำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad จนผ้าไหมดูดซับสารละลายมอร์แด้นท์หมด นำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- นำผ้าไหมไปย้อมสีธรรมชาติแบบ pad dye โดยนำผ้าไหมมาให้ความร้อนในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่สกัดได้ แล้วทำการขยำผ้าไหมเพื่อให้สีย้อมเข้าสู่ผ้าไหมเป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะทำการย้อมแบบ pad dye โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad dye จนผ้าไหมดูดซับน้ำย้อมหมด จากนั้นนำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนัก

3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ

- ทำการเตรียมสารละลาย Tetraethyl orthosilicate (TEOS; $Si(OCH_2CH_3)_4$) เพื่อให้เกิดโครงสร้าง SiO_2 1% โดยน้ำหนักของผ้าไหมบนผิวหน้าของผ้าไหมในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม detergent และกวนด้วย magnetic bar จนกระทั่งได้สารละลายใส จากนั้นจุ่มผ้าไหมที่เตรียมไว้แช่ในสารละลายและกวนเป็นเวลา 5 นาที นำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้ง 2.2 kg/cm^3 สเปรย์กรดอะซิติกที่มี pH 3.8 บนผ้าที่อยู่ในถาด แล้วนำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- นำผ้าไหมที่ได้ไปทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยสารมอร์แด้นท์ โดยนำสารมอร์แด้นท์มาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45-50°C โดยใช้ปริมาณน้ำกลั่น 1% ของน้ำหนักผ้า นำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายมอร์แด้นท์ แล้วนำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad จนผ้าไหมดูดซับสารละลายมอร์แด้นท์หมด นำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- นำผ้าไหมไปย้อมสีธรรมชาติแบบ exhaust dye โดยนำผ้าไหมมาให้ความร้อนในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆใส่ลงในกระบอกย้อมที่มีน้ำย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่สกัดได้ ในเครื่องย้อมแบบ Exhaustion ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว ทำการรีดน้ำย้อมออกจากผ้าไหมโดยเครื่อง Padder นำผ้าไหมที่ย้อมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นจนกว่าน้ำล้างจะใส แล้วนำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาทีอีกครั้ง จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม เก็บข้อมูลน้ำหนักผ้าไหม

รูปที่ 3.2 เครื่องย้อมแบบ Exhaustion

- ทำการวัดประสิทธิภาพการย้อม โดยการหาค่าการดูดซึมของสี (%dye exhaustion) และการผนึกสี (%dye fixation) ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

- ทำการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) โดยเครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10 ในตู้แสง GretagMacbeth :The JudgeII ด้วยหลอดไฟแสง daylight ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE)

- ทำการวัดระดับความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight

รูปที่ 3.3 เครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10 ในตู้แสง GretagMacbeth :The JudgeII

1.4 ศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสีและระดับความคงทนของสีต่อแสง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสี เพื่อให้สามารถสังเกตเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้สายตาได้ง่ายขึ้น สารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่ใช้ในงานวิจัย คือ D-(+)-Glucose anhydrous ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าสีธรรมชาติ ดังนั้นจึงนำมาใช้เพื่อให้สีที่อยู่ในน้ำย้อมสามารถแยกตัวออกมาจากน้ำย้อมและเข้าไปในเส้นใยได้ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้สีมีความเข้มมากขึ้น และ Chitosan Powder (95% DAC) น้ำหนักโมเลกุล 700,000 เพื่อทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สีมีความเข้มมากขึ้น สารมอร์แด้นท์ที่ใช้คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และทำการวัดความเข้มของสีย้อมด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

1.4.1 การวัดค่าการดูดกลืนแสง UV

- ทำการเตรียมน้ำย้อมสีธรรมชาติในหลอดทดลอง ซึ่งประกอบด้วย น้ำย้อมสีธรรมชาติที่สกัดได้ สารมอร์แด้นท์ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมปริมาณ 1% vol.ของปริมาณน้ำย้อม ทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อจำลองสภาวะการย้อม จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นลง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง UV

1.4.2 การวัดค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง

สำหรับการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสงนั้น จะทำการศึกษาเฉพาะ Glucose เนื่องจากผลงานวิจัยของ Felse และ Panda,1999 พบว่า ไคติน-ไคโตซาน สามารถใช้เป็นตัวจับไอออนโลหะในน้ำทิ้ง เช่น ไอออนของปรอท ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม เป็นต้น และผลงานวิจัยของ Annachhatre และคณะ (1996) พบว่า ไคโตซานสามารถใช้เป็น

สารดูดซับในการกำจัดทองแดง (Cu) จากสารละลายได้ โดยไคโตซาน 1 กรัม สามารถดูดซับ Cu ได้ 13 มิลลิกรัม เมื่อใช้สารละลายโลหะที่ความเข้มข้น 1 mg./L ทั้งนี้อัตราการดูดซับภายใน 4 ชั่วโมงแรกจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว และ pH ที่เหมาะสมของ Cu คือ 5.5-6.0 ดังนั้น การเติม Chitosan จึงไม่เหมาะที่จะนำมาพัฒนาค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง เพราะ Chitosan จะไปจับสารมอร์แด้นท์ ซึ่งเป็นโลหะหนัก ทำให้สารมอร์แด้นท์ที่ควรจะติดผ้ามีปริมาณน้อยลง ซึ่งมีผลทำให้ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงมีค่าลดลงด้วย

- ทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยสารมอร์แด้นท์ โดยนำสารมอร์แด้นท์มาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45-50°C โดยใช้ปริมาณน้ำกลั่น 1% ของน้ำหนักผ้า นำผ้าไหมที่เปียกน้ำหมาดๆแช่ลงในสารละลายมอร์แด้นท์ แล้วนำเข้าเครื่อง Padder โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad จนผ้าไหมดูดซับสารละลายมอร์แด้นท์หมด นำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม แล้วชั่งน้ำหนัก

- แบ่งน้ำย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่สกัดได้ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเติม Glucose ลงไปในน้ำย้อม ปริมาณ 1%Vol.ของปริมาณน้ำย้อม และส่วนที่สองจะไม่มีการเติม Glucose จากนั้นนำผ้าไหมไปย้อมสีธรรมชาติแบบ pad dye โดยนำผ้าไหมมาให้ความร้อนในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำย้อมที่เตรียมไว้ แล้วทำการขยำผ้าไหมเพื่อให้สีย้อมเข้าสู่ผ้าไหมเป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะทำการย้อมแบบ pad dye โดยใช้ความดันของลูกกลิ้งอยู่ที่ 2.2 kg/cm^3 ทำการ pad dye จนผ้าไหมดูดซับน้ำย้อมหมด จากนั้นนำผ้าไหมไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำผ้าไหมทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการดูดความชื้นของผ้าไหม ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนัก

- ทำการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของผ้าไหมที่ย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ที่ผ่านการปรับแต่งผิวหน้าด้วยการ pad สารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และทำการย้อมแบบ pad dye

- ทำการวัดระดับความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight

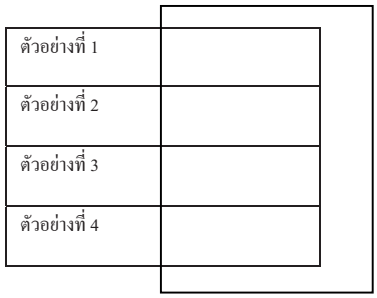
ตอนที่ 2. การทดสอบระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติซึ่งได้จากผู้ผลิตในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดสกลนคร จำนวน 28 ตัวอย่าง และผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐาน Blue wool standards ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight ในสภาวะแสงแดด 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ยุติการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีความแตกต่างของผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ระดับที่ 7 ระหว่างส่วนที่ปิดกระดาษแข็งกับส่วนที่ตากแสงแดด ที่ grey scale ระดับ 4/5 และเปรียบเทียบความถูกต้องของการทดสอบกับผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) ที่ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

- ทำการทดสอบการอ่านค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงแดด โดยผู้ย้อมจำนวน 5 คน ในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

ตอนที่ 3. การศึกษาความแม่นยำของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ

นำผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติและผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ จำนวน 28 ตัวอย่าง มาตัดให้มีขนาด 1×5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชุด ตัดกระดาษแข็งขนาด 1×2.5 เซนติเมตร หุ้มกระดาษแข็งด้วยกระดาษฟอยด์แล้วนำมาปิดทับผ้าไหมตามรูปที่ 3.4 ต่อจากนั้นนำชุดทดสอบทั้งหมด 4 ชุด มาวางอาบแสงแดดเป็นระยะเวลา 1,2, 3 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ เก็บชุดทดสอบทุกสัปดาห์จนครบ 4 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) โดยเครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10 ในตู้แสง GretagMacbeth :The JudgeII เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสี (fading rate) เมื่อตากแสงแดดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



รูปที่ 3.4 การวางชุดทดสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสี

- ทำการพัฒนาชุดการทดสอบในรูปแบบ Light fastness test box เพื่อให้การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงมีความง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถนำไปปฏิบัติได้ในระดับชาวบ้าน และมีการทดสอบความแม่นยำของชุดการทดสอบ โดยการทดสอบซ้ำใน Light fastness test box จำนวน 1 ครั้ง

3.4.4 วิเคราะห์และสรุปผลงานวิจัย

3.4.5 จัดทำรายงานผลการวิจัย

3.4.6 เสนอผลงานิจัย

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อทำการพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนการนำเข้าผ้ามาตรฐานการทดสอบ Blue wool standard ที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดของสีเคมีซึ่งราคาสูงมาก และพัฒนาให้ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติมีความแม่นยำเมื่อทำการทดสอบและทำซ้ำไม่น้อยกว่า 80%

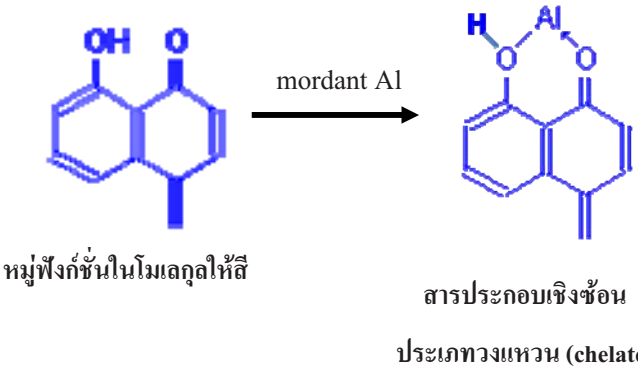
ตอนที่ 1. การเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ

4.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของโลหะมอร์แด้นท์ที่มีต่อค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติ

ผลการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วนการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีธรรมชาติ โดยสารมอร์แด้นท์ที่ใช้ ได้แก่ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม สีธรรมชาติที่ใช้ ได้แก่ ใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดดของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กจะอยู่ในช่วง 2-5 ผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากผลมะเกลือจะอยู่ในช่วง 3-4 และผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากฝอยกาบมะพร้าวจะอยู่ในช่วง 1-5 โดยที่ผ้าไหมที่ย้อมสีธรรมชาติที่ไม่ใช้สารมอร์แด้นท์ จะมีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับผ้าไหมที่ย้อมสีธรรมชาติที่ใช้สารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต คอปเปอร์ซัลเฟต และอะลูมิเนียมซัลเฟต ตามลำดับ เนื่องจากว่าสีธรรมชาติส่วนใหญ่ไม่สามารถย้อมติดผ้าหรือสิ่งทอได้คงทนด้วยตนเอง เพราะตัวสีเองไม่มีพลังเกาะติดผ้าหรือเส้นใยต่างๆ จึงต้องใช้สารมอร์แด้นท์ โดยที่สารมอร์แด้นท์สามารถรวมตัวกับโมเลกุลของสีกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสี ทำให้สีสามารถถูกผนึกอยู่กับเส้นใยได้ดีขึ้น ทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ขึ้น และสารมอร์แด้นท์จะเป็นสารที่ให้สีด้วย

สารมอร์แด้นท์จะทำปฏิกิริยากับหมู่ฟังก์ชั่นที่อยู่ในโมเลกุลของสีย้อมผ่านพันธะโคเวเลนต์ซึ่งจะเกิดระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในโมเลกุลของสีย้อมและผ่านพันธะโคออร์ดิเนตซึ่งจะเกิดระหว่าง

หมู่คาร์บอนิลที่อยู่ในโมเลกุลของสีย้อมเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน มีชื่อเรียกเฉพาะว่า สารประกอบเชิงซ้อนประเภทวงแหวน (chelate) ซึ่งจะทำให้โมเลกุลของสีมีความเสถียรเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมที่ย้อมสีธรรมชาติที่ใช้สารมอร์แด้นท์มีค่ามากกว่าผ้าไหมที่ย้อมสีธรรมชาติที่ไม่ใช้สารมอร์แด้นท์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารมอร์แด้นท์กับโมเลกุลของสีกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสี

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือและฝอยกาบมะพร้าว

สารมอร์แด้นท์		ระดับความคงทนของสีต่อแสง		
ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	ใบขี้เหล็ก	ผลมะเกลือ	ฝอยกาบมะพร้าว
	0	2	3	1-2
Al	5	2	3	1
	10	2	3	1
	15	2	3	1
	20	2	3	1
Cu	5	3-4	3-4	3
	10	3-4	3-4	3-4
	15	3-4	3-4	3-4
	20	3-4	3-4	3-4

สารมอร์แด้นท์		ระดับความคงทนของสีต่อแสง		
ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	ใบขี้เหล็ก	ผลมะเกลือ	ฝอยกาบมะพร้าว
Fe	5	4-5	3-4	4-5
	10	4-5	3-4	4-5
	15	4-5	3-4	4-5
	20	4-5	3-4	4-5

หมายเหตุ : **ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดด มีค่าตั้งแต่ 1-8**
ระดับที่ 1 มีความคงทนของสีต่อแสงแดดต่ำสุด ระดับที่ 8 จะมีความคงทนของสีต่อแสงสูงสุด
ทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสง 14 วัน ในห้องปฏิบัติการ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณสารมอร์แด้นท์ที่มีต่อสมบัติความคงทนของสีต่อแสงที่มีอยู่ในพืชที่ใช้ในงานวิจัย 2 ชนิด คือ ใบขี้เหล็กและฝอยกาบมะพร้าว (ส่วนผลมะเกลือไม่ได้ทำการทดสอบ) โดยการวิเคราะห์ปริมาณโลหะอะลูมิเนียม คอปเปอร์และเหล็กซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นสารมอร์แด้นท์ ด้วยเทคนิค ICP ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะที่มีอยู่ในพืช

ชนิดพืช	Al%(w/w)	Cu%(w/w)	Fe%(w/w)
ใบขี้เหล็ก	0.0140	ND	0.0160
ผลมะเกลือ	ไม่ได้ทดสอบ		
ฝอยกาบมะพร้าว	0.0071	ND	0.0130

หมายเหตุ ND = Nondetect

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ใบขี้เหล็กและฝอยกาบมะพร้าวมีโลหะอะลูมิเนียมและเหล็กอยู่ แต่ไม่พบโลหะคอปเปอร์ ซึ่งปริมาณโลหะที่พบจะมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณของสารมอร์แด้นท์ที่ใช้ในงานวิจัย คือ ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม ดังนั้นปริมาณสารมอร์แด้นท์ที่มีอยู่ในใบขี้เหล็กและฝอยกาบมะพร้าวจึงไม่มีผลต่อระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัย

4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง

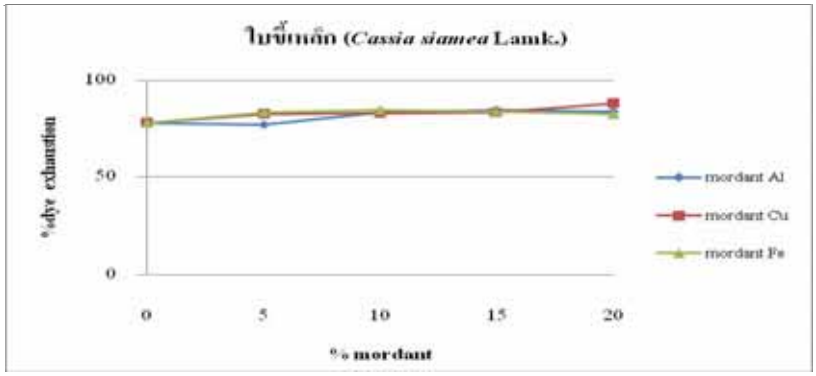
ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมโดยเทคนิคการทำให้เกิดโครงสร้างของสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง (ITLT) มาร่วมด้วย เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการย้อมและสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ระหว่างการย้อมแบบ pad dye กับ exhaust dye โดยมีวิธีการย้อมที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ (Pad mordant + Pad dye)

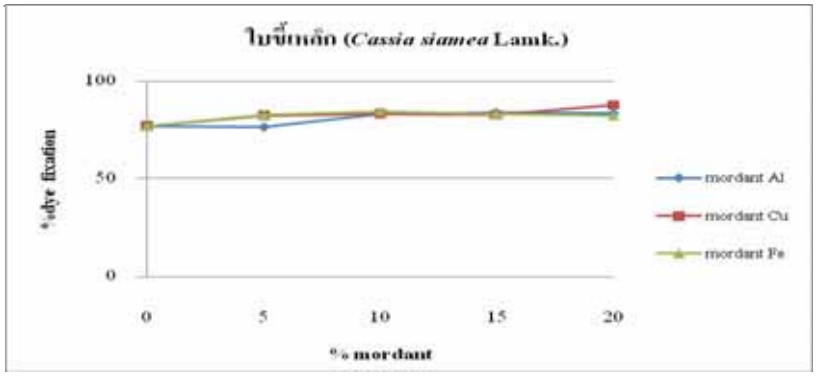
2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ (ITLT + Pad mordant + Pad dye)

3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ (ITLT + Pad mordant + Exhaust dye)

และทำการวัดประสิทธิภาพการย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่นำเทคนิคการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมโดยเทคนิคการทำให้เกิดโครงสร้างของสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง (ITLT) มาใช้ร่วมกับกระบวนการย้อม โดยการหาค่าการดูดซึมของสี (%dye exhaustion) และการผนึกสี (%dye fixation) ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.2-4.4 พบว่าการนำเทคนิค ITLT มาใช้ในการย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพของการดูดซึมของสีและการผนึกสี มีค่ามากกว่า 80% (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก.2) และประสิทธิภาพการดูดซึมของสีและการผนึกสีส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารมอร์แด้นท์เพิ่มขึ้น และจากงานวิจัยของปาเจรา พัฒนถาบุตร และคณะ (2546) พบว่าการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิคการทำให้เกิดโครงสร้างของสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง (ITLT) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดซับสี(%dye exhaustion) ของสี Alizarin สี Curcumin และสี Indigo จาก 36%, 92% และ 78% เป็น 80%, 98.5% และ 90% ตามลำดับ และจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผนึกสี (%dye fixation) จาก 34%, 92% และ 74% เป็น 77.5%, 98% และ 82.5% ตามลำดับ เนื่องมาจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนประเภทวงแหวน (chelate) ทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น และเปลี่ยนรูปร่างของโมเลกุลสีย้อมอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำสีจึงไม่ตกหรือซีดจาง

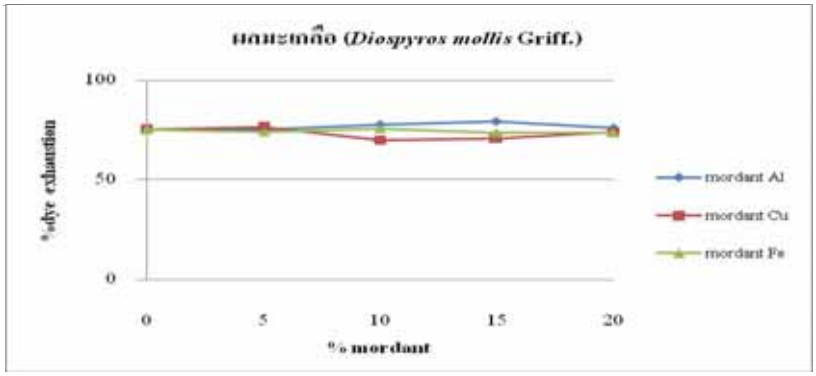


(a)

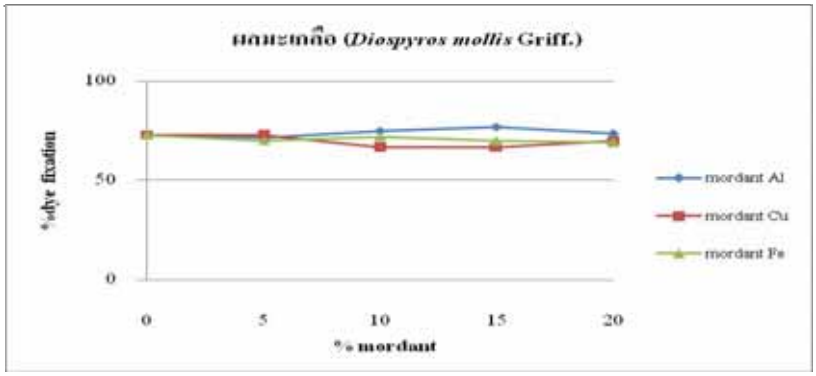


(b)

รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพของการดูดซึมของสีใบขี้เหล็ก (a) %dye exhaustion และการผนึกสี (b) %dye fixation ของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม

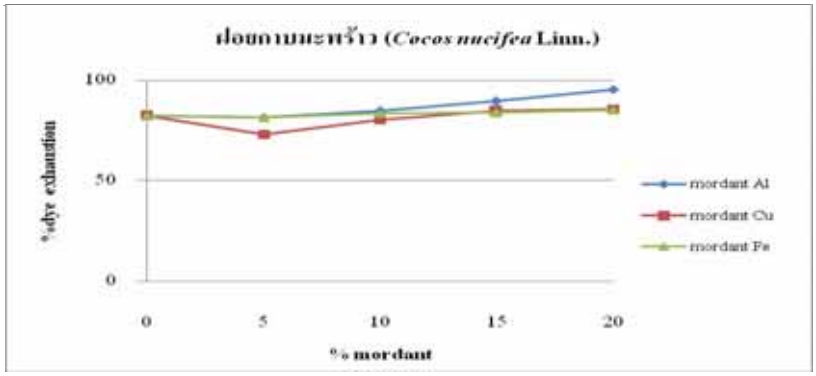


(a)

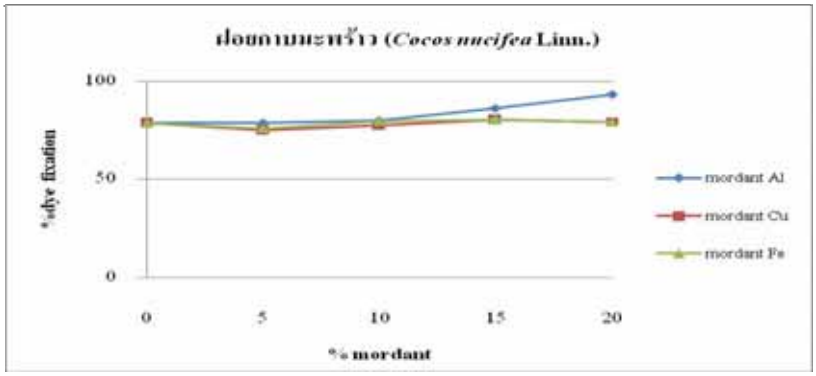


(b)

รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพของการดูดซึมของสีผลมะเกลือ (a) %dye exhaustion และการผนึกสี (b) %dye fixation ของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม



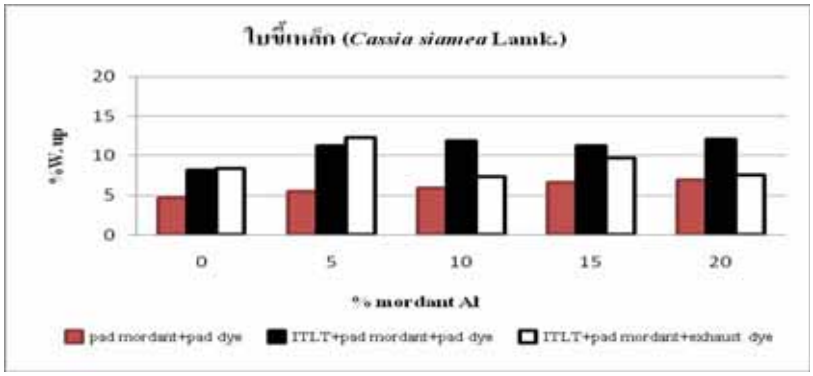
(a)



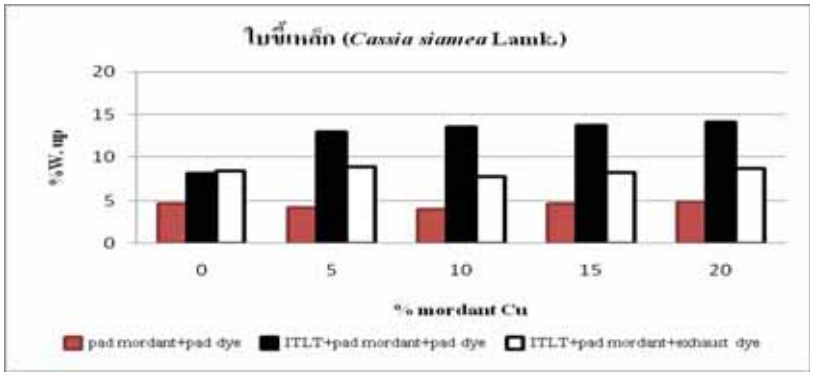
(b)

รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพของการดูดซึมของสีฝอยกาบมะพร้าว (a) %dye exhaustion และการผนึกสี (b) %dye fixation ของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม

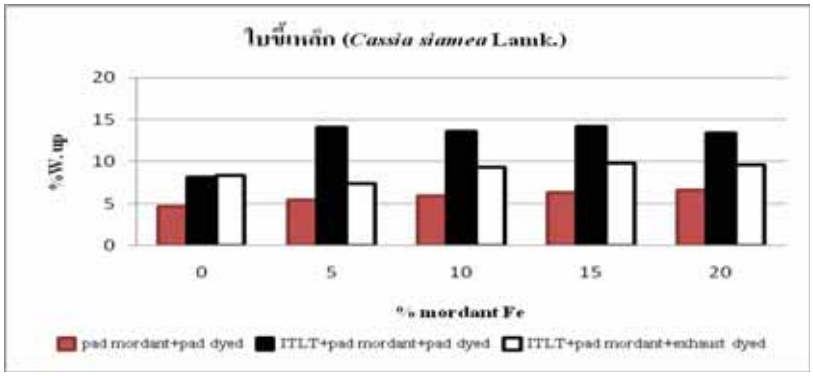
และจากการศึกษาพบว่า การนำเทคนิคการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT มาใช้ในกระบวนการย้อมจะทำให้น้ำหนักของผ้าไหมหลังการย้อมสีใบขี้เหล็กและฝอยกาบมะพร้าวเพิ่มขึ้น (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก.3) เมื่อเทียบกับวิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ (Pad mordant + Pad dye) และส่วนใหญ่น้ำหนักของผ้าไหมหลังการย้อมสีจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารมอร์แด้นท์เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.5-4.7 สำหรับผ้าไหมที่ย้อมด้วยใบขี้เหล็กด้วยวิธีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ (ITLT + Pad mordant + Pad dye) จะทำให้ผ้าไหมหลังการย้อมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด สำหรับผ้าไหมด้วยสีย้อมผลมะเกลือโดยวิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติจะทำให้ผ้าไหมหลังการย้อมมีน้ำหนักเพิ่มมากกว่าการการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT



(a)

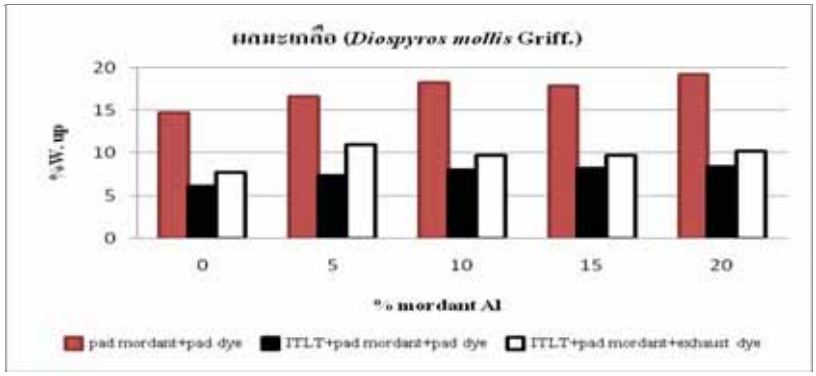


(b)

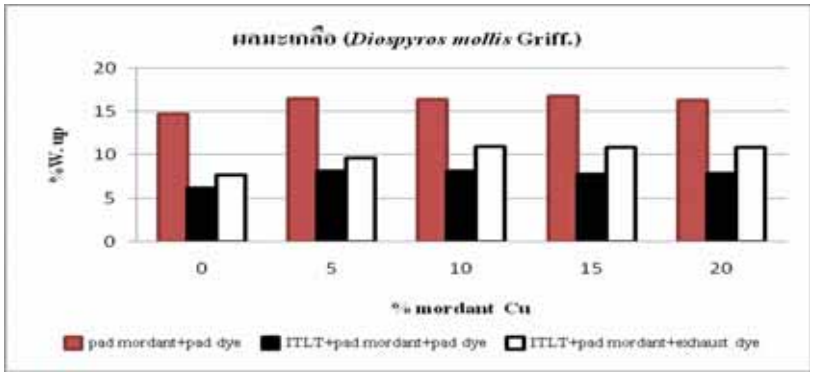


(c)

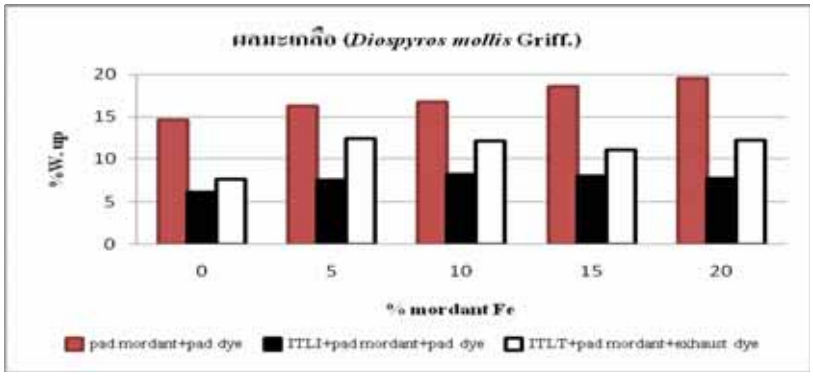
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการย้อมสีย้อมใบขี้เหล็ก คือ ได้แก่ 1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$),(b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม



(a)

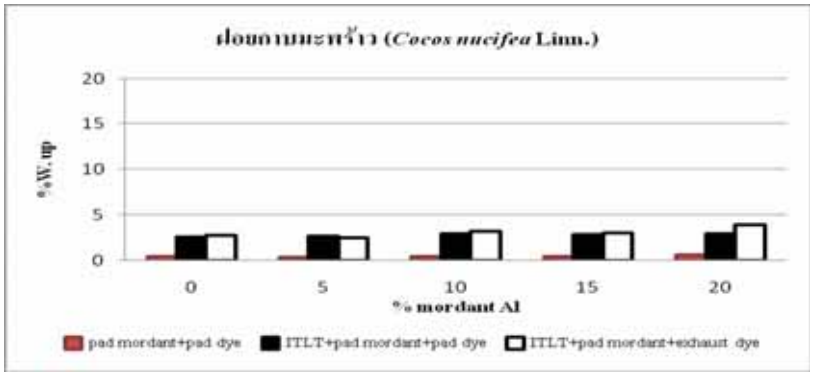


(b)

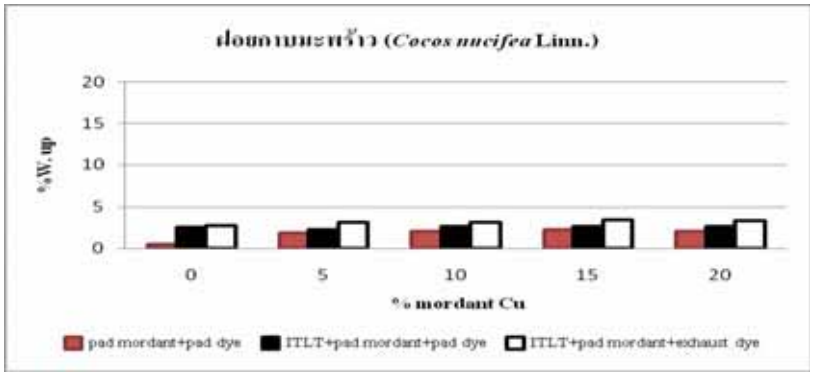


(c)

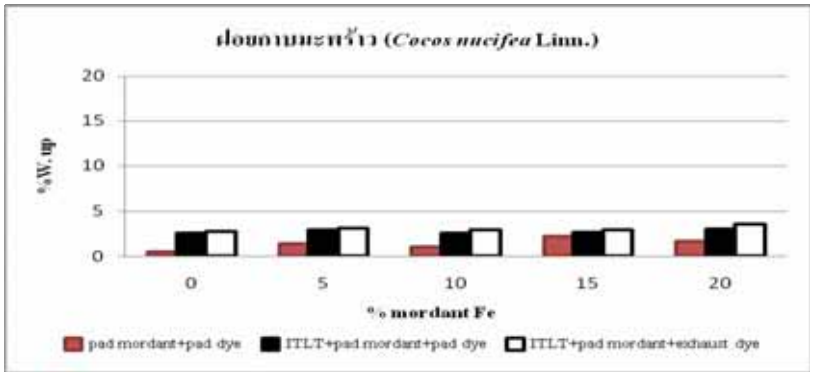
รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการย้อมสีย้อมผลมะเกลือ คือ 1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$),(b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการย้อมสีย้อมฝอยกาบมะพร้าว คือ 1. วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 2. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ 3. การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ สารมอร์แด้นท์ที่ใช้ คือ (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม

สำหรับการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง จะทำการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) ของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว รวมทั้งมีการคำนวณหาค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE)

4.2.1 วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ (Pad mordant + Pad dye)

จากผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและผลการทดสอบการวัดเฉดสีที่แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า ระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กจะอยู่ในช่วง 2-5 ผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากผลมะเกลือจะอยู่ในช่วง 3-4 และผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากฝอยกาบมะพร้าวจะอยู่ในช่วง 1-5 ตามลำดับ

และจากผลการทดสอบวัดเฉดสี พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมสีใบขี้เหล็กจะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด เป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง(darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์ อะลูมิเนียมซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างแดงกว่าสีผ้าอ้างอิง (redder) ส่วนสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเหลืองกว่าสีผ้าอ้างอิง (yellower)

ผ้าไหมที่ย้อมสีผลมะเกลือจะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟตและคอปเปอร์ซัลเฟตเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความสว่างกว่าสีผ้าอ้างอิง (lighter) ส่วนสารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิดจะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer)

ผ้าไหมที่ย้อมสีฝอยกาบมะพร้าว จะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด เป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเหลืองกว่าสีผ้าอ้างอิง (yellower)

ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือและฝอยกาบมะพร้าวพบว่า สารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟตจะให้ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) มากกว่าสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตและอะลูมิเนียมซัลเฟต ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและเฉดสีของผ้าไหมที่ใช้วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

Pad mordant + Pad dye										
ชนิดสีย้อม	**สารมอร์แด้นท์**		**Light fastness**	**L***	**a***	**b***	**DL***	**Da***	**Db***	**ΔE**
	ชนิด	**ปริมาณ (%wt.)**								
ใบขี้เหล็ก		0	2	64.9	0.8	19.5	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	2	64.9	1.8	22.7	0.0	1.0	3.2	3.35
		10	2	65.2	1.6	24.1	0.3	0.8	4.6	4.68
		15	2	63.2	2.6	24.6	-1.7	1.2	5.1	5.51
		20	2	63.5	2.2	26.1	-1.4	1.4	6.6	6.89
	Cu	5	3-4	63.0	0.4	18.9	-1.9	-0.4	-0.6	2.03
		10	3-4	64.0	0.4	20.9	-0.9	-0.4	1.4	1.71
		15	3-4	63.5	0.1	19.5	-1.4	-0.7	0.0	1.57
		20	3-4	62.1	0.3	19.0	-2.8	-0.5	-0.5	2.89
	Fe	5	4-5	52.6	1.9	16.9	-12.3	1.1	-2.6	12.62
		10	4-5	54.8	2.5	20.0	-10.1	1.7	0.5	10.25
		15	4-5	53.3	3.1	20.1	-11.6	2.3	0.6	11.84
		20	4-5	50.2	4.4	22.0	-14.7	3.6	2.5	15.34
ผล มะเกลือ		0	3	31.9	1.3	2.6	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	3	34.4	0.4	1.9	2.5	-0.9	-0.7	2.75
		10	3	35.4	0.5	1.8	3.5	-0.8	-0.8	3.68
		15	3	33.0	0.4	1.6	1.1	-0.9	-1.0	1.74
		20	3	32.0	0.3	1.7	0.1	-1.0	-1.1	1.49
	Cu	5	3-4	32.0	1.2	2.6	0.1	-0.1	0.0	0.14
		10	3-4	37.6	0.4	1.9	5.7	-0.9	-0.7	5.81
		15	3-4	38.3	0.4	1.5	6.4	-0.9	-0.7	6.50
		20	3-4	37.6	0.4	1.5	5.7	-0.9	-0.7	5.81

Pad mordant + Pad dye										
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		Light fastness	L*	a*	b*	DL*	Da*	Db*	ΔE
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)								
	Fe	5	3-4	29.2	0.7	2.8	-2.7	-0.6	0.2	2.77
		10	3-4	29.1	0.6	2.9	-2.8	-0.7	0.3	2.90
		15	3-4	28.7	0.7	3.1	-3.2	-0.6	0.5	3.29
		20	3-4	30.2	0.8	3.8	-1.7	-0.5	0.9	1.99
ฝอยกาบมะพร้าว		0	1-2	72.1	6.2	18.2	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	1	69.7	5.9	20.9	-2.4	-0.3	2.7	3.62
		10	1	68.3	5.9	21.4	-3.8	-0.2	3.2	4.97
		15	1	69.0	5.7	21.1	-3.1	-0.5	2.9	4.27
		20	1	68.0	6.3	21.8	-4.1	0.1	3.6	5.46
	Cu	5	3	63.1	4.9	19.8	-9.0	-1.3	1.6	9.23
		10	3-4	62.0	4.8	19.6	-10.1	-1.4	1.4	10.29
		15	3-4	60.5	5.3	20.0	-11.6	-0.9	1.8	11.77
		20	3-4	60.3	4.9	19.6	-11.8	-1.3	1.4	11.95
	Fe	5	4-5	55.5	2.6	17.4	-16.6	-3.6	-0.8	17.00
		10	4-5	56.1	4.6	17.8	-16.0	-1.6	-0.4	16.09
		15	4-5	57.5	4.8	19.3	-14.6	-1.4	1.1	14.71
		20	4-5	54.3	5.9	21.4	-17.8	-0.3	3.2	18.09

หมายเหตุ : **ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดด มีค่าตั้งแต่ 1-8**

ระดับที่ 1 มีความคงทนของสีต่อแสงแดดต่ำสุด และระดับที่ 8 จะมีความคงทนของสีต่อแสงสูงสุด

ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

4.2.2 การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ (ITLT + Pad mordant + Pad dye)

จากผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและผลการทดสอบการวัดเฉดสีที่แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดดของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กจะอยู่ในช่วง 2-5 ผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากผลมะเกลือจะอยู่ในช่วง 2-4 และผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากฝอยกาบมะพร้าวจะอยู่ในช่วง 1-2 ตามลำดับ

และจากผลการทดสอบวัดเฉดสี พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมสีใบขี้เหล็กจะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด เป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟต จะมีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างแดงกว่าสีผ้าอ้างอิง (redder) ส่วนสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟตจะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟต มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเหลืองกว่าสีผ้าอ้างอิง (yellower) ส่วน สารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer)

ผ้าไหมที่ย้อมสีผลมะเกลือจะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด เป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิดจะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิดจะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer)

ผ้าไหมที่ย้อมสีฝอยกาบมะพร้าว จะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด เป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟต มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเหลืองกว่าสีผ้าอ้างอิง (yellower) ส่วนสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer)

ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือและฝอยกาบมะพร้าวพบว่า สารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟตจะให้ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) มากกว่าสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตและอะลูมิเนียมซัลเฟต ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและเฉดสีของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

ITLT + Pad mordant + Pad dye										
ชนิดสีย้อม	**สารมอร์แด้นท์**		**Light fastness**	**L***	**a***	**b***	**DL***	**Da***	**Db***	**ΔE**
	ชนิด	**ปริมาณ (%wt.)**								
ใบขี้เหล็ก		0	2	68	1.2	16.2	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	2	61.4	1.4	16.5	-6.6	0.2	0.3	6.61
		10	2	60.0	1.5	16.9	-7.9	0.3	0.7	7.94
		15	2	60.1	1.3	17.0	-7.9	0.1	0.8	7.94
		20	2	61.6	1.3	17.7	-6.4	0.1	1.5	6.57
	Cu	5	2	59.8	1.3	16.3	-8.2	0.1	0.1	8.20
		10	2	59.8	0.9	14.9	-8.2	-0.3	-1.3	8.31
		15	2	59.9	0.9	15.4	-8.1	-0.3	-0.8	8.15
		20	2	59.1	1.0	15.4	-8.9	-0.2	-0.8	8.94
	Fe	5	4-5	55.0	1.5	13.3	-13.0	0.3	-2.9	13.32
		10	4-5	54.9	1.0	11.9	-13.1	-0.2	-4.3	13.79
		15	4-5	53.7	1.5	13.3	-14.3	0.3	-2.9	14.59
		20	4-5	53.8	1.0	11.8	-14.2	-0.2	-4.4	14.87
ผลมะเกลือ		0	2	40.2	1.7	4.1	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	2-3	37.8	1.6	3.6	-2.4	-0.1	-0.5	2.45
		10	2-3	36.5	1.7	3.7	-3.7	0.0	-0.4	3.72
		15	2-3	37.1	1.5	3.3	-3.1	-0.2	-0.8	3.21
		20	2-3	36.0	1.5	3.4	-4.2	-0.2	-0.7	4.26
	Cu	5	3	34.1	1.4	2.6	-6.1	-0.3	-1.5	6.29
		10	3	38.5	1.6	3.1	-1.7	-0.1	-1.0	1.98
		15	3	36.5	1.6	2.9	-3.7	-0.1	-1.2	3.89
		20	3	38.3	1.4	2.9	-1.9	-0.3	-1.2	2.27

ITLT + Pad mordant + Pad dye										
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		Light fastness	L*	a*	b*	DL*	Da*	Db*	ΔE
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)								
	Fe	5	3-4	40.2	1.3	3.5	0.0	-0.4	-0.6	0.72
		10	3-4	38.7	1.3	3.3	-1.5	-0.4	-0.8	1.75
		15	3-4	39.8	1.1	3.7	-0.4	-0.6	-0.4	0.83
		20	3-4	39.7	1.1	3.8	-0.5	-0.6	-0.3	0.84
ฝอยกาบมะพร้าว		0	1	74.5	7.5	17.9	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	1	74.2	6.3	18.1	-0.3	-1.2	0.2	1.25
		10	1	74.5	6.4	18.1	0.0	-1.1	0.2	1.12
		15	1	73.9	6.6	18.6	-0.6	-0.9	0.7	1.29
		20	1	74.1	6.5	18.8	-0.4	-1.0	0.9	1.40
	Cu	5	2	68.7	5.9	17.1	-5.8	-1.6	-0.8	6.07
		10	2	69.4	5.8	17.1	-5.1	-1.7	-0.8	5.44
		15	2	69.3	5.7	16.7	-5.3	-1.8	-1.2	5.73
		20	2	68.6	5.8	16.9	-5.9	-1.7	-1.0	6.22
	Fe	5	2	59.4	3.8	7.3	-15.1	-3.7	-10.6	18.82
		10	2	60.4	3.9	7.6	-14.1	-3.6	-10.3	17.83
		15	2	60.4	3.6	7.3	-14.1	-3.9	-10.6	18.07
		20	2	59.2	3.8	7.6	-15.3	-3.7	-10.3	18.81

หมายเหตุ : **ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดด มีค่าตั้งแต่ 1-8**

ระดับที่ 1 มีความคงทนของสีต่อแสงแดดต่ำสุด ระดับที่ 8 จะมีความคงทนของสีต่อแสงสูงสุด

ทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสง 14 วัน ในห้องปฏิบัติการ

4.2.3 การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ (ITLT + Pad mordant + Exhaust dye)

จากผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและผลการทดสอบการวัดเฉดสีที่แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่า ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดดของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กจะอยู่ในช่วง 2-5 ผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากผลมะเกลือจะอยู่ในช่วง 2-4 และผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากฝอยกาบมะพร้าวจะอยู่ในช่วง 2-3 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบวัดเฉดสี พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมสีใบขี้เหล็กจะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟต เป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความสว่างมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (lighter) ส่วนสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟตจะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟตและคอปเปอร์ซัลเฟต จะมีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างแดงกว่าสีผ้าอ้างอิง (redder) ส่วนสารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟต มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเหลืองกว่าสีผ้าอ้างอิง (yellower) ส่วน สารมอร์ แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตแลเฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer)

ผ้าไหมที่ย้อมสีผลมะเกลือจะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด เป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความสว่างมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (lighter) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) ส่วนสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตจะมีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างแดงกว่าสีผ้าอ้างอิง (redder) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟตและคอปเปอร์ซัลเฟตจะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer) ส่วนสารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟตจะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer)

ผ้าไหมที่ย้อมสีฝอยกาบมะพร้าว จะมีค่า DL* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด เป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะมีความมืดมากกว่าสีผ้าอ้างอิง (darker) สำหรับค่า Da* ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเขียวกว่าสีผ้าอ้างอิง (greener) และค่า Db* ของสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟตและคอปเปอร์ซัลเฟต มีค่าเป็น (+) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างเหลืองกว่าสีผ้าอ้างอิง (yellower) ส่วนสารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต จะมีค่าเป็น (-) แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างน้ำเงินกว่าสีผ้าอ้างอิง (bluer)

ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือและฝอยกาบมะพร้าวพบว่า สารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟตจะให้ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) มากกว่าสารมอร์แด้นท์คอปเปอร์ซัลเฟตและอะลูมิเนียมซัลเฟต ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและเฉดสีของผ้าไหมที่มีการปรับแต่งผิวหน้าด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ

ITLT + Pad mordant + Exhaust dye										
ชนิดสีย้อม	**สารมอร์แด้นท์**		**Light fastness**	**L***	**a***	**b***	**DL***	**Da***	**Db***	**ΔE**
	ชนิด	**ปริมาณ (%wt.)**								
ใบขี้เหล็ก		0	2	60.0	3.8	18.8	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	2	63.4	4.6	21.6	3.4	0.8	2.8	4.48
		10	2-3	62.3	3.8	20.7	2.3	0.0	1.9	2.98
		15	2-3	62.6	4.6	21.6	2.6	0.8	2.8	3.90
		20	2-3	61.3	4.5	22.5	1.3	0.7	3.7	3.98
	Cu	5	2	53.1	4.9	18.7	-7.7	1.1	-0.1	7.78
		10	2-3	53.1	4.5	18.4	-6.9	0.7	-0.4	6.95
		15	3-4	52.4	4.9	18.5	-6.9	1.1	-0.3	6.99
		20	3-4	50.8	5.7	19.3	-7.6	1.9	0.5	7.85
	Fe	5	4-5	50.3	3.9	14.8	-9.7	0.1	-4.0	10.49
		10	4-5	54.4	2.6	14.5	-5.6	-1.2	-4.3	7.16
		15	4-5	50.5	3.0	14.6	-9.5	-0.8	-4.2	10.42
		20	5	52.1	3.8	15.5	-7.9	0.0	-3.3	8.56
ผลมะเกลือ		0	2	47.6	1.7	4.5	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	2	52.7	1.6	4.6	5.1	-0.1	0.1	5.10
		10	2	52.2	1.3	4.4	4.6	-0.4	-0.1	4.62
		15	2	50.7	1.3	4.2	3.1	-0.4	-0.3	3.14
		20	2	49.7	1.6	4.4	2.1	-0.1	-0.1	2.11

ITLT + Pad mordant + Exhaust dye										
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		Light fastness	L*	a*	b*	DL*	Da*	Db*	ΔE
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)								
	Cu	5	3	50.0	1.7	3.9	2.4	0.0	-0.6	2.47
		10	3	41.4	2.0	4.3	-6.2	0.3	-0.2	6.21
		15	3	49.1	2.1	4.2	1.5	0.4	-0.3	1.58
		20	3	51.3	2.1	4.3	3.7	0.4	-0.2	3.73
	Fe	5	3-4	51.0	1.5	5.3	3.4	-0.2	0.8	3.50
		10	3-4	53.8	1.6	5.5	6.2	-0.1	1.0	6.28
		15	3-4	53.5	1.5	6.5	5.9	-0.2	2.0	6.23
		20	3-4	52.8	1.7	6.3	5.2	0.0	1.8	5.50
ฝอยกาบมะพร้าว		0	2	68.1	8.2	15.9	เป็นผ้าอ้างอิง			
	Al	5	2	67.8	6.7	16.3	-0.3	-1.5	0.4	1.58
		10	2-3	66.2	5.3	14.3	-1.9	-2.9	-1.6	3.82
		15	2-3	65.6	7.0	18.2	-2.5	-1.2	2.3	3.60
		20	2-3	63.0	7.0	18.9	-5.1	-1.2	3.0	6.04
	Cu	5	2	58.4	6.9	17.2	-9.7	-1.3	1.3	9.87
		10	2	59	7.6	18.7	-9.1	-0.6	2.8	9.54
		15	2	57.4	7.2	18.1	-10.7	-1.0	2.2	10.97
		20	2-3	56.3	6.3	16.7	-11.8	-1.9	0.8	11.98
	Fe	5	3	54.9	3.0	8.3	-13.2	-5.2	-7.6	16.10
		10	3	55.6	2.7	8.3	-12.5	-5.5	-7.6	15.63
		15	4	55.1	2.4	8.7	-13.0	-5.8	-7.2	15.95
		20	4-5	52.3	2.3	8.9	-15.8	-5.9	-7.0	18.26

หมายเหตุ : **ระดับความคงทนของสีต่อแสงแดด มีค่าตั้งแต่ 1-8**

ระดับที่ 1 มีความคงทนของสีต่อแสงแดดต่ำสุด และระดับที่ 8 จะมีความคงทนของสีต่อแสงสูงสุด

ทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสง 14 วัน ในห้องปฏิบัติการ

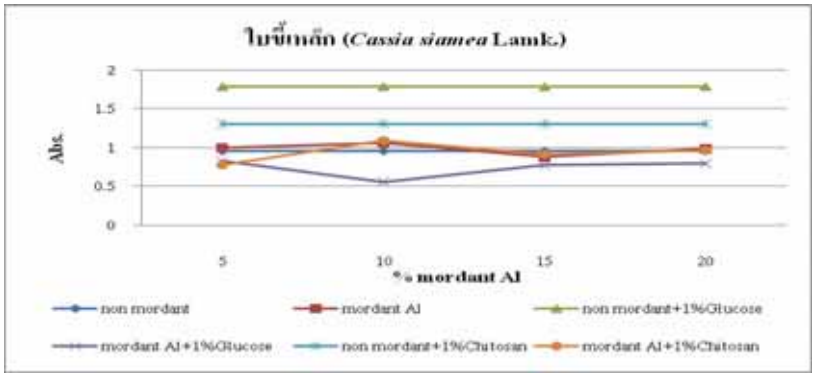
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของวิธีการย้อมทั้ง 3 วิธี พบว่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือและฝอยกาบมะพร้าว จะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจากผลการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว จึงสรุปได้ว่า ในการเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิค ITLT เนื่องจากระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว โดยใช้สารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟต คอปเปอร์ซัลเฟต และเฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหมที่ใช้วิธีการย้อมที่แตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากัน ดังนั้นในการเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติจึงใช้วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ (Pad mordant + Pad dye) เพื่อให้สามารถเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติได้ง่ายและไม่ยุ่งยาก และมีต้นทุนในการทำผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติที่ไม่สูง สามารถนำไปใช้ได้ในระดับชุมชน

4.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสีและระดับความคงทนของสีต่อแสง

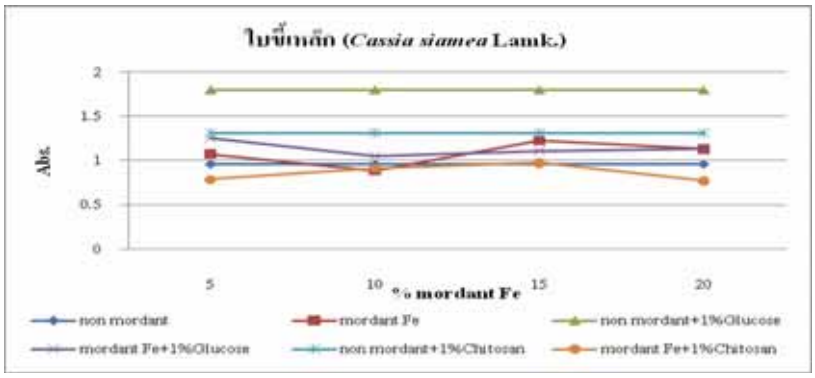
4.3.1 การวัดค่าการดูดกลืนแสง UV

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสี เพื่อให้สามารถสังเกตเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้สายตาได้ง่ายขึ้น สารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่ใช้ในงานวิจัย คือ D-(+)-Glucose anhydrous ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าสีธรรมชาติ ดังนั้นจึงนำมาใช้เพื่อให้สีที่อยู่ในน้ำย้อมสามารถแยกตัวออกมาจากน้ำย้อมและเข้าไปในเส้นใยได้ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้สีมีความเข้มมากขึ้น และ Chitosan Powder (95% DAC) น้ำหนักโมเลกุล 700,000 เพื่อทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สีมีความเข้มมากขึ้น ปริมาณ 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม สารมอร์แด้นท์ที่ใช้คืออะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และทำการวัดความเข้มของสีย้อมด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.8-4.10 ค่าการดูดกลืนแสง UV ของสีย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว จะแสดงค่าที่ wavelength 276.00 nm., 264.00 nm. และ 361.00 nm. ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่า การเติม Glucose และ Chitosan ปริมาณ 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม ลงในสีย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว ที่ไม่มีการเติมสารมอร์แด้นท์ทำให้ได้ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากว่า Glucose มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าสีธรรมชาติ จึงทำให้สีที่อยู่ในน้ำย้อมแยกตัวออกมาจากน้ำย้อม ทำให้ความเข้มของสีย้อมเพิ่มขึ้น จึงเป็น

ผลให้ค่าการดูดกลืนแสง UV เพิ่มขึ้น สำหรับ Chitosan นั้นในโครงสร้างมีหมู่ amine อยู่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นหมู่ออกโซโครม จึงเป็นผลทำให้สีย้อมมีความเข้มสีมากขึ้น เป็นผลให้ค่าการดูดกลืนแสง UV เพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าลดลงเมื่อเติมสารมอร์แด้นท์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และพบว่าการเติม Glucose จะทำให้สีย้อมมีค่าการดูดกลืนแสง UV มากกว่าการเติม Chitosan ซึ่งอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมจะมีผลต่อเฉดสีของสีย้อมใบขี้เหล็กมากกว่าสีย้อมผลมะเกลือและสีย้อมฝอยกาบมะพร้าว ตามลำดับ

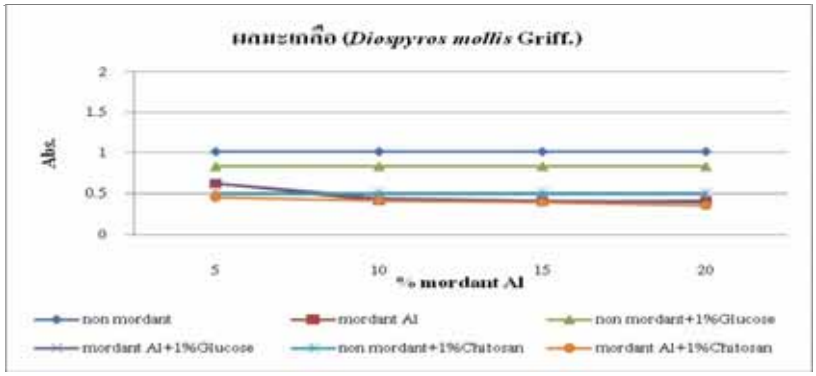


(a)

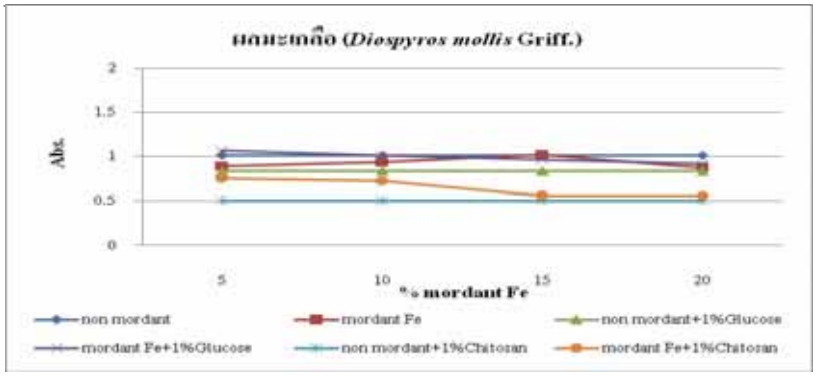


(b)

รูปที่ 4.8 ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ wavelength 276.00 nm. ของสีย้อมที่ได้จากใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.) ที่ใช้ (a) สารมอร์แด้นท์ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ (b) สารมอร์แด้นท์ คือ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ

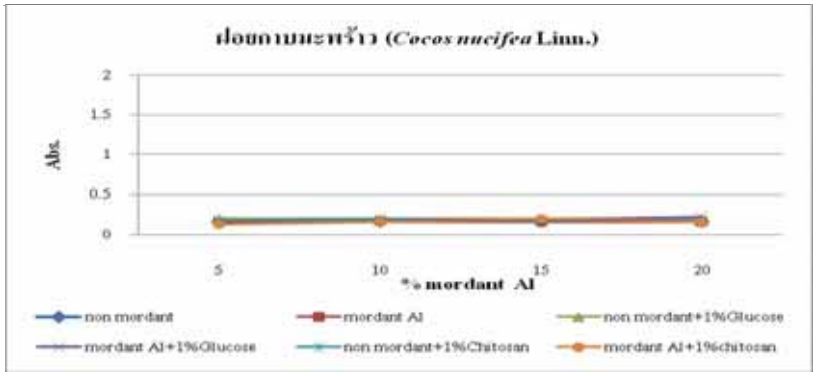


(a)

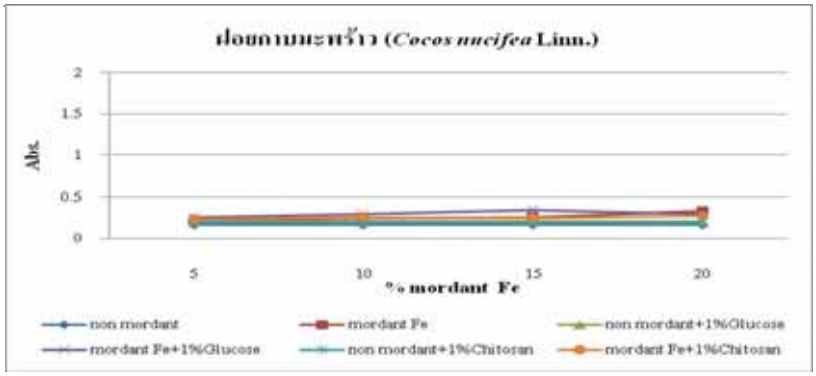


(b)

รูปที่ 4.9 ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ wavelength 264.00 nm. ของสีย้อมที่ได้จากผลมะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.) ที่ใช้ (a) สารมอร์แด้นท์ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ (b) สารมอร์แด้นท์ คือ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ



(a)



(b)

รูปที่ 4.10 ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ wavelength 361.00 nm. ของสีย้อมที่ได้จากฝอยกาบมะพร้าว (*Cocos nucifea* Linn.) ที่ใช้ (a) สารมอร์แด้นท์ คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ (b) สารมอร์แด้นท์ คือ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม และเติม 1%Glucose และ 1%Chitosan ตามลำดับ

4.3.2 การวัดค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง

สำหรับการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสงนั้น จะทำการศึกษาเฉพาะ Glucose เนื่องจากผลงานวิจัยของ Felse และ Panda,1999 พบว่า ไคติน-ไคโตซาน สามารถใช้เป็นตัวจับไอออนโลหะในน้ำทิ้ง เช่น ไอออนของปรอท ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม เป็นต้น และผลงานวิจัยของ Annachhatre และคณะ (1996) พบว่า ไคโตซานสามารถใช้เป็นสารดูดซับในการกำจัดทองแดง (Cu) จากสารละลายได้ โดยไคโตซาน 1 กรัม สามารถดูดซับ Cu ได้ 13 มิลลิกรัม เมื่อใช้สารละลายโลหะที่ความเข้มข้น 1 mg./L ทั้งนี้อัตราการดูดซับภายใน 4 ชั่วโมงแรกจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว และ pH ที่เหมาะสมของ Cu คือ 5.5-6.0 ดังนั้น การเติม Chitosan จึงไม่เหมาะที่จะนำมาพัฒนาค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง เพราะ Chitosan จะไปจับสารมอร์แด้นท์ ซึ่งเป็นโลหะ

หนัก ทำให้สารมอร์แด้นท์ที่ควรทำหน้าที่จับสีเพื่อให้ผ้าย้อมสีธรรมชาติมีความคงทนของสีต่แสง มีปริมาณน้อยลง ซึ่งมีผลทำให้ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าย้อมสีธรรมชาติมีค่าลดลงด้วย

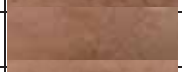
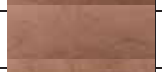
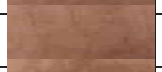
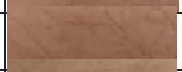
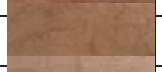
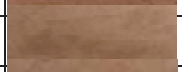
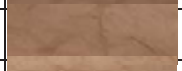
4.3.2.1 ผลการวัดค่าเฉดสี

ในงานวิจัยนี้จะทำการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยวิธีการ pad สารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม ก่อนการ pad สีย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่ไม่มีและมีการเติม Glucose ลงไปในสีย้อม ปริมาณ 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม จากนั้นทำการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.6-4.8 จากข้อมูลที่ได้พบว่า การเติม Glucose ปริมาณ 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม ลงในสีย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวจะทำให้ค่า b* มีค่าเป็น (+) เพิ่มขึ้น ทั้งสารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟต แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างจะเหลืองกว่าสีผ้าอ้างอิง (yellower) แต่ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีไปอย่างชัดเจนด้วยสายตาเปล่า

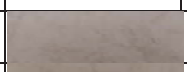
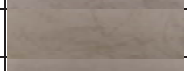
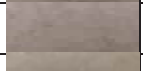
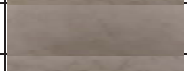
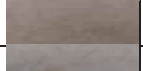
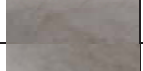
ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบเฉดสีระหว่างผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็กกับผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็กที่ผสม Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เฉดสี	L*	a*	b*	เฉดสี (1% Glucose)	L*	a*	b*
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)								
ใบขี้เหล็ก		0		63.3	6	21.6		60.1	5.6	19.6
	Al	5		56.9	6.5	22.4		59.1	6.7	23.1
		10		57.2	6.8	22.7		57.8	6.4	22.1
		15		58.4	6.7	24.1		57.2	6.4	22.4
		20		59.3	6.4	24.3		57.4	6.2	22.0
	Fe	5		45.8	5	14.1		46.5	5.8	15.2
		10		44.1	5.6	14.0		45.9	5.3	14.9
		15		45.4	5.7	14.8		44.5	5.7	14.5
		20		42.8	5.5	14.1		44.6	5.7	14.5

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบเฉดสีระหว่างผ้าไหมย้อมสีผลมะเกลือกับผ้าไหมย้อมสีผลมะเกลือที่ผสม Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เฉดสี	L*	a*	b*	เฉดสี (1% Glucose)	L*	a*	b*
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)								
ผลมะเกลือ		0		53.0	13.5	12.2		53.2	13.6	13.9
	Al	5		53.3	14.1	14.2		56.9	13.4	16.3
		10		54.6	14.0	14.1		54.1	13.8	15.4
		15		54.2	14.2	14.7		53.4	14.0	15.4
		20		53.9	13.5	15.4		54.1	14.4	16.8
	Fe	5		50.1	12.0	14.6		49.5	11.3	14.6
		10		50.6	12.0	14.6		52.0	11.5	14.9
		15		49.9	12.2	16.2		51.7	11.3	15.1
		20		50.3	12.1	15.6		50.9	11.2	15.6

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบเฉดสีระหว่างผ้าไหมย้อมสีฝอยกาบมะพร้าวกับผ้าไหมย้อมสีฝอยกาบมะพร้าวที่ผสม Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เฉดสี	L*	a*	b*	เฉดสี (1% Glucose)	L*	a*	b*
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)								
ฝอยกาบมะพร้าว		0		70.6	7.1	11.0		71.9	6.4	10.6
	Al	5		67.5	5.7	11.5		70.6	6.5	13.9
		10		66.6	6.5	13.6		67.6	6.1	13.0
		15		65.7	6.3	13.1		65.5	6.1	13.3
		20		65.2	6.5	14.3		66.5	6.0	13.6
	Fe	5		55.5	3.4	6.3		56.4	3.5	6.1
		10		54.6	3.6	7.0		55.2	3.7	7.6
		15		55.1	3.3	7.2		55.9	3.4	7.3
		20		55	3.6	8.6		54.2	3.6	7.9

4.3.2.2 การวัดค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง

ทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) ที่ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI) ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า การเติม Glucose ในสีย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่มีสารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม ไม่ได้ช่วยปรับปรุงสมบัติด้านความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว เนื่องจาก Glucose ทำหน้าที่เพิ่มปริมาณการดูดซับสีย้อมเท่านั้น แต่ไม่ได้เพิ่มความเสถียรของโมเลกุลสีเหมือนในกรณีการใช้สารมอร์แด้นท์

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าวที่ไม่มีและมีการเติม Glucose 1% Vol.ของปริมาณน้ำย้อม

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		ระดับความคงทนของสีต่อแสง	
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	non Glucose	1%Glucose (by vol.)
ใบขี้เหล็ก	Fe	5	4-5	4
		10	4-5	4
		15	4-5	4
		20	4-5	4
ผลมะเกลือ		5	3	3
		10	3	3
		15	3	3
		20	3	3
ฝอยกาบมะพร้าว		5	4-5	4
		10	4	4
		15	4	4
		20	4	4

หมายเหตุ : ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

ดังนั้นในการเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติจึงไม่จำเป็นต้องใช้สารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อม เนื่องจากเฉดสีย้อมที่ได้ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีไปอย่างชัดเจนด้วยสายตาเปล่า และไม่ได้ช่วยปรับปรุงสมบัติด้านความคงทนของสีต่อแสงของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติด้วย

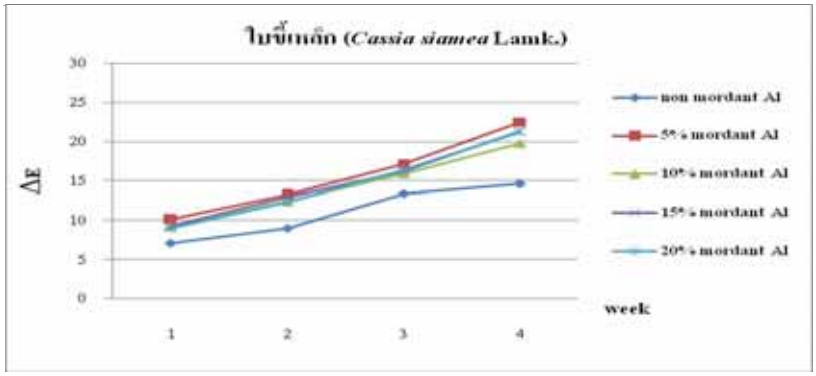
จากผลการทดสอบทั้งหมดทำให้สามารถเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ โดยวิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีธรรมชาติ ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมที่ง่ายและเหมาะสมที่สุด

4.4 การศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติ

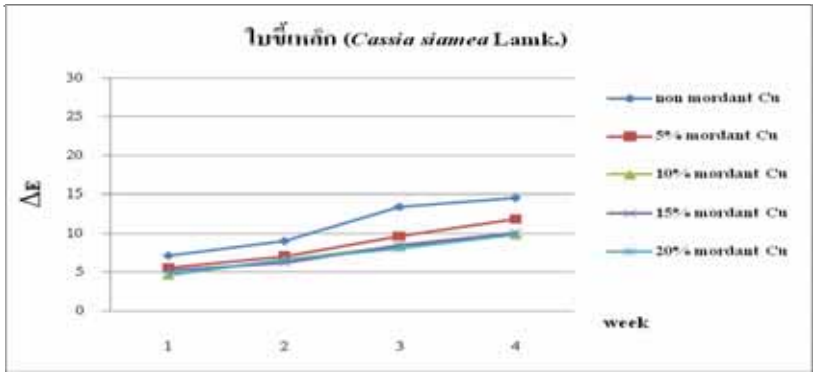
ทำการทดสอบโดยการนำผ้าไหมที่ผ่านการปรับแต่งผิวหน้าด้วยการ pad สารมอร์แด้นท์อะลูมิเนียมซัลเฟต คอปเปอร์ซัลเฟต และเฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 5-20%ของน้ำหนักผ้าไหม และผ่านการ pad สีย้อมใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว มาตัดให้มีขนาด 1×5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชุด ตัดกระดาษแข็งขนาด 1×2.5 เซนติเมตร หุ้มกระดาษแข็งด้วยกระดาษฟอยด์แล้วนำมาปิดทับผ้าไหม ต่อจากนั้นนำชุดทดสอบทั้งหมด 4 ชุด มาวางอาบแสงแดดเป็นระยะเวลา 1,2, 3 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ เก็บชุดทดสอบทุกสัปดาห์จนครบ 4 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) นำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสี (fading rate) เมื่อตากแสงแดดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

4.4.1 ผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติด้วยใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.)

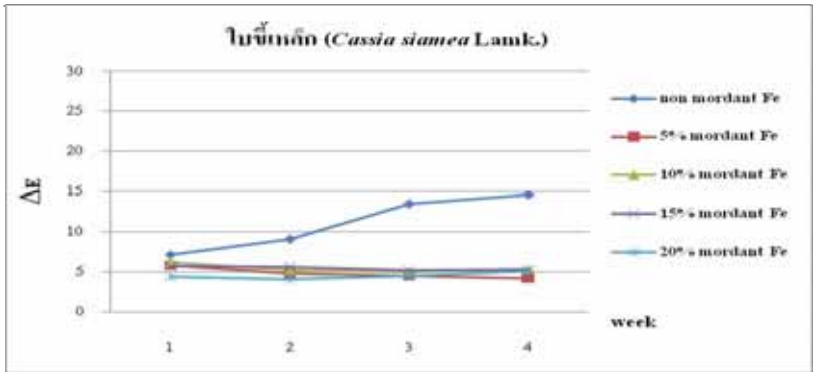
จากข้อมูลที่ได้ในรูปที่ 4.11 พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีใบขี้เหล็กโดยมีอะลูมิเนียมซัลเฟตและคอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารมอร์แด้นท์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ผ้าไหมตากแสงแดดเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีจะแปรผกผันกับปริมาณของสารมอร์แด้นท์ที่ใช้ และจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีสูงกว่าผ้าไหมย้อมด้วยสีใบขี้เหล็กที่ไม่มีสารมอร์แด้นท์ ส่วนผ้าไหมย้อมด้วยใบขี้เหล็กโดยมีเฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสารมอร์แด้นท์นั้นจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอยู่ในระดับต่ำ และมีค่าค่อนข้างคงที่โดยเฟอร์รัสซัลเฟตปริมาณ 20% ของน้ำหนักผ้าไหม จะมีค่าต่ำที่สุด



(a)



(b)

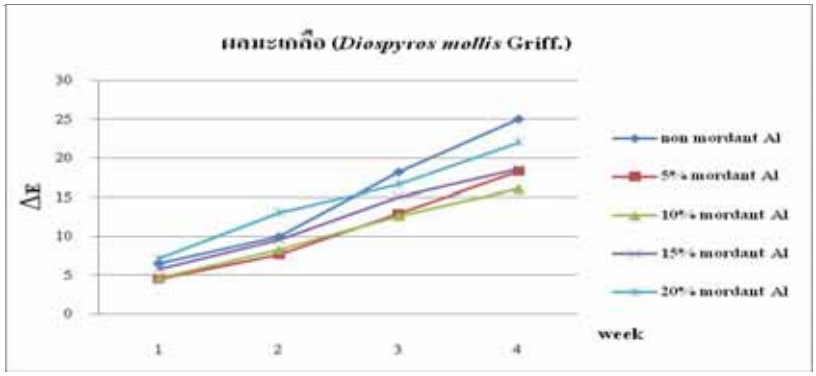


(c)

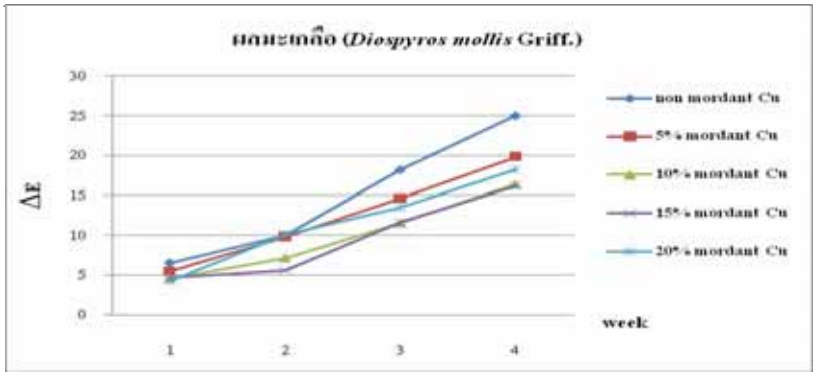
รูปที่ 4.11 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีใบขี้เหล็ก (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) เป็นสารมอร์แด้นท์ มีปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม

4.5.2 ผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติด้วยผลมะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.)

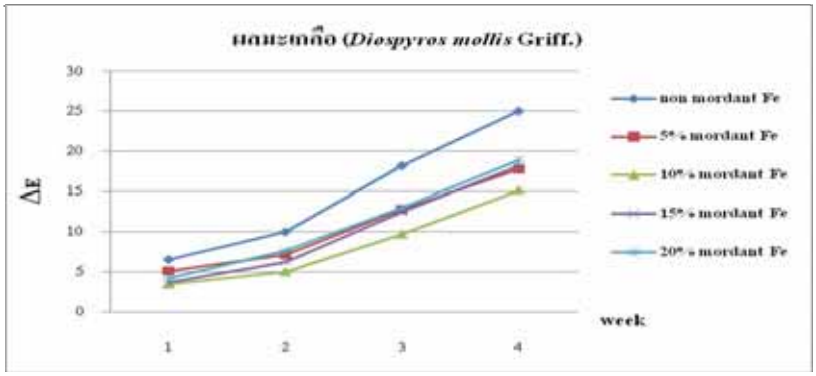
จากข้อมูลที่ได้ในรูปที่ 4.12 พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีผลมะเกลือ ของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ผ้าไหมตากแสงแดดเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณของสารมอร์แด้นท์ที่ใช้ และผ้าไหมที่มีการย้อมโดยไม่ใช้สารมอร์แด้นท์จะมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีสูงที่สุด



(a)



(b)

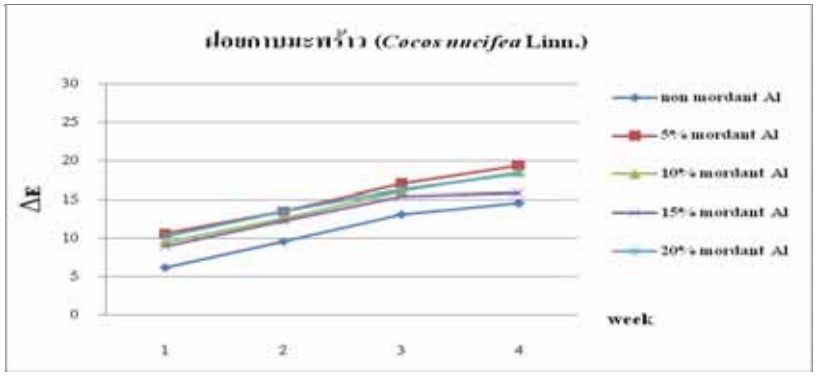


(c)

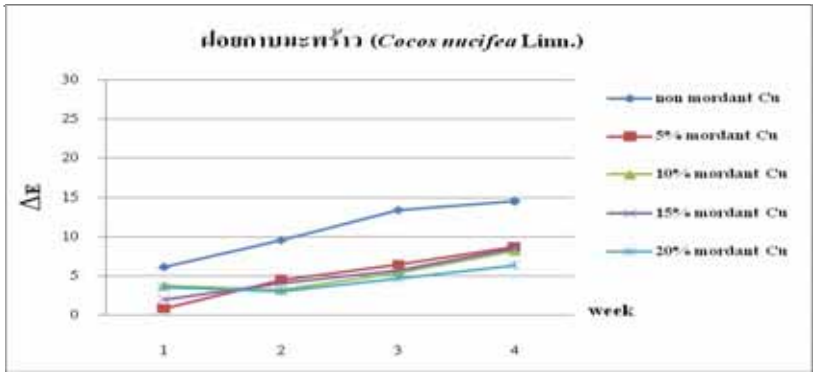
รูปที่ 4.12 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีผลมะเกลือ (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) เป็นสารมอร์แด้นท์ ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม

4.5.3 ผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติด้วยฝอยกาบมะพร้าว (*Cocos nucifea* Linn.)

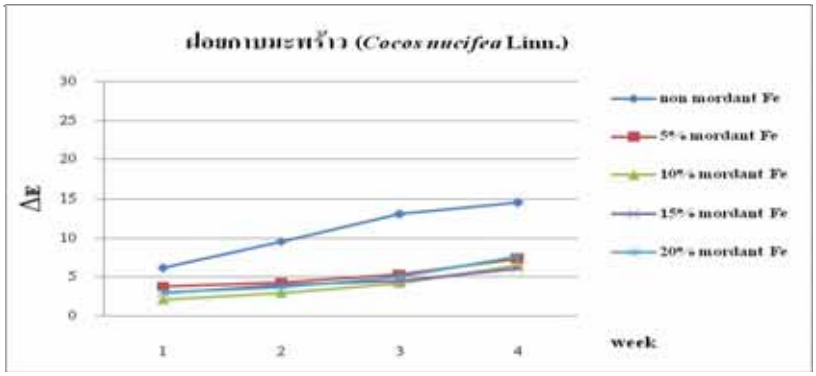
จากข้อมูลที่ได้ในรูปที่ 4.13 พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีฝอยกาบมะพร้าวของสารมอร์แด้นท์ทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ผ้าไหมตากแสงแดดเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คืออัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณของสารมอร์แด้นท์ที่ใช้ แต่สำหรับผ้าไหมย้อมด้วยสีฝอยกาบมะพร้าว โดยมีอะลูมิเนียมซัลเฟต เป็นสารมอร์แด้นท์นั้นจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีสูงกว่าผ้าไหมย้อมด้วยสีฝอยกาบมะพร้าวที่ไม่มีสารมอร์แด้นท์



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 4.13 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าไหมย้อมด้วยสีฝอยกาบมะพร้าว (a)อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$), (b)คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ (c)เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) เป็นสารมอร์แด้นท์ปริมาณ 5-20% ของน้ำหนักผ้าไหม

จากผลการทดลอง พบว่าสามารถเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติได้ จากผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีใบขี้เหล็ก ใช้เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 20%ของน้ำหนักผ้าไหม เป็นสารมอร์แด้นท์ เนื่องจากมีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงเท่ากับ 4-5 และสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของความแตกต่างของสีโดยรวมอย่างเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่การตากแสงแดดที่สัปดาห์ที่ 1 และอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสีจะคงที่เมื่อตากแสงแดดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ตลอดจนถึงสัปดาห์ที่ 4 โดยการกำหนดระยะเวลาการตากแสงแดดไว้ที่ 2 สัปดาห์ ภายใต้แสงแดด 8 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อให้สะดวกกับการนำไปใช้ทดสอบ ซึ่งจะใช้ระยะเวลาไม่นานในการวิเคราะห์ผลของค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

4.5 การทดสอบการอ่านค่าระดับความคงทนของสีต่อแสง โดยกลุ่มผู้ทำการย้อมผ้า

เมื่อทำการทดสอบเบื้องต้นกับผู้ที่ทำการย้อมผ้าในกลุ่มอาชีพย้อมสีธรรมชาติบ้านไร่ไผ่งามและบ้านหนองอาบช้าง จังหวัดเชียงใหม่ เรื่องการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงโดยใช้ผ้ามาตรฐาน Blue wool standard รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเรื่องทักษะการอ่านค่า light fastness และความเข้าใจในเรื่องการทดสอบโดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.14 ทำการทดสอบกับผู้ที่ทำการย้อมในกลุ่มอาชีพจำนวน 5 คน

1. การทดสอบการอ่านระดับ light fastness ของผ้า Blue wool standard ระดับ 1-8 ที่ผ่านการโดนแสงแดด และเรียงลำดับค่าระดับ ทำการอ่านคนละ 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5-10 นาที พบว่าผู้ที่ทำการย้อมผ้าในกลุ่มอาชีพสามารถอ่านระดับ light fastness ของผ้า blue wool standrad ที่ผ่านการโดนแสงแดดในระดับ 1-8 ดังแสดงในตารางที่ 4.10 ได้ถูกต้องเกิน 50% โดยระดับที่ 1, 2, 3 และ 4 เป็นระดับที่กลุ่มชาวบ้านตัวอย่างสามารถอ่านได้มีค่าร้อยละของความถูกต้องมากที่สุด และสามารถเรียงลำดับค่าระดับ 1, 2, 3 และ 4 ได้มีความถูกต้องมากที่สุด

2. การทดสอบการอ่านระดับ light fastness ของตัวอย่างผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่ผ่านการโดนแสงแดดกับ blue wool standard และผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ ทั้งนี้ได้มีการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของการอ่านระดับ light fastness ของตัวอย่างผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่ผ่านการโดนแสงแดด โดยมีชิ้นงานตัวอย่าง 7 ชิ้นงาน ทำการอ่านค่าคนละ 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5-10 นาที ได้ผลคือ กลุ่มชาวบ้านตัวอย่างสามารถอ่านระดับ light fastness ของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติที่ผ่านการโดนแสงได้ถูกต้อง คิดเป็น 47.14% และมีความแม่นยำในการอ่านค่าซ้ำคิดเป็น 34.29%

รูปที่ 4.14 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบกับผู้ที่ทำการย้อมในกลุ่มอาชีพ

ตารางที่ 4.10 เฉดสีของผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ที่แตกต่างกันระหว่างส่วนที่โดนแสงและไม่โดนแสง

ผ้ามาตรฐาน Blue wool	ส่วนที่โดนแสง	ส่วนที่ไม่โดนแสง	ผ้ามาตรฐาน Blue wool	ส่วนที่โดนแสง	ส่วนที่ไม่โดนแสง
ระดับที่ 1			ระดับที่ 5		
ระดับที่ 2			ระดับที่ 6		
ระดับที่ 3			ระดับที่ 7		
ระดับที่ 4			ระดับที่ 8		

จากผลการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเรื่องทักษะการอ่านค่า light fastness กับผู้ที่ทำการย้อมในกลุ่มอาชีพ พบว่า กลุ่มผู้ที่ทำการย้อมในกลุ่มอาชีพจะสามารถแยกความแตกต่างของเฉดสีของผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ระหว่างส่วนที่โดนแสงแดดกับส่วนที่ไม่โดนแสงแดดได้แม่นยำในระดับ 1-4 ส่วนในระดับ 5-8 นั้นกลุ่มผู้ที่ทำการย้อมในกลุ่มอาชีพยังไม่สามารถแยกความแตกต่างของเฉดสีได้ถูกต้องในเชิงคุณภาพ ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงที่ยอมรับได้ คือผ้าย้อมสีธรรมชาติที่มีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงที่มากกว่าระดับที่ 4 ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงระดับที่ 4 เป็นค่าระดับวิกฤติสำหรับการทดสอบอย่างง่าย นอกจากนี้ยังมีความถูกต้องของผลการ

ทดสอบซึ่งสามารถสังเกตความแตกต่างของผ้าที่ซีดจางได้ นอกจากนี้มาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light : Daylight ได้ระบุไว้ว่า ค่าความคงทนของสีต่อแสงที่ระดับ 4 ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ดีสำหรับการใช้งาน โดยจะแบ่งระดับความคงทนของสีต่อแสงออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับความคงทนของสีต่อแสงที่มีค่ามากกว่า 4 และ ระดับความคงทนของสีต่อแสงที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เนื่องจากผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติที่เตรียมจากผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็ก มีเฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 20%ของน้ำหนักผ้าไหม เป็นสารมอร์แด้นท์ จะมีระดับความคงทนของสีต่อแสงเท่ากับ 4-5

ตอนที่ 2. การทดสอบระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติซึ่งได้จากผู้ผลิตในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดสกลนคร จำนวน 28 ตัวอย่าง และผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กและสารมอร์แด้นท์ คือ เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 20%ของน้ำหนักผ้าไหม จำนวน 1 ตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐาน Blue wool standards ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105 B01-1994 colour fastness to light: Daylight ในสภาวะแสงแดด 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดสอบ เท่ากับ 836 lux. ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ยุติการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีความแตกต่างของผ้ามาตรฐาน Blue wool standard ระดับที่ 7 ระหว่างส่วนที่ปิดกระดาษแข็งกับส่วนที่ตากแสงแดด ที่ grey scale ระดับ 4/5 และเปรียบเทียบความถูกต้องของการทดสอบกับผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) ที่ทดสอบโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI) ดังแสดงในตารางที่ 4.11และตารางที่ 4.12 พบว่าความถูกต้องของผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการกับผลการทดสอบที่สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ คิดเป็น 71.42%

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาผลการทดสอบที่ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 พบว่า มีผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ จำนวน 21 ตัวอย่างที่มีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับที่ 4 โดยมีค่าความถูกต้องของการทดสอบในห้องปฏิบัติการคิดเป็น 100% และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบที่ค่าความคงทนของสีต่อแสงที่ค่าระดับมากกว่า 4 พบว่า มีผ้าตัวอย่างจำนวน 7 ตัวอย่างที่มีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงมากกว่าระดับที่ 4 โดยมีค่าความถูกต้องของการทดสอบในห้องปฏิบัติการคิดเป็น 71.43%

ตารางที่ 4.11 ค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของตัวอย่างผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ 28 ตัวอย่าง และผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ จำนวน 1 ตัวอย่าง ที่ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105 B01-1994 Colour fastness to light: Daylightในห้องปฏิบัติการโดยเปรียบเทียบความถูกต้องกับผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) โดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

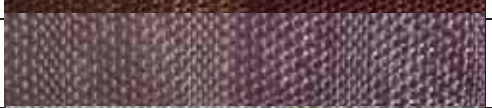
ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ	ระดับความคงทนของสีต่อแสง		
	ตามมาตรฐาน ISO 105 B01-1994 Colour fastness to light: Daylight	ตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E)	ตามมาตรฐาน ISO 105 B01-1994 Colour fastness to light: Daylight โดยเทียบกับผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ
ผ้าตัวอย่างที่ 1	1	1	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 2	1	1-2	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 3	2	1-2	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 4	2	2	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 5	3	2	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 6	3	2	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 7	3	2	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 8	2-3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 9	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 10	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 11	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 12	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 13	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 14	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 15	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 16	3	2-3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 17	3	3	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 18	3	3-4	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 19	4	4	≤4

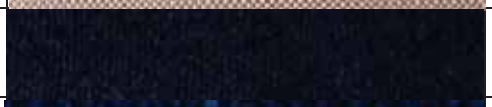
ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ	ระดับความคงทนของสีต่อแสง		
	ตามมาตรฐาน ISO 105 B01-1994 Colour fastness to light: Daylight	ตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E)	ตามมาตรฐาน ISO 105 B01-1994 Colour fastness to light: Daylight โดยเทียบกับผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ
ผ้าตัวอย่างที่ 20	4	4	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 21	4	4	≤4
ผ้าตัวอย่างที่ 22	1	4-5	>4
ผ้าตัวอย่างที่ 23	4	>5	>4
ผ้าตัวอย่างที่ 24	5	5	>4
ผ้าตัวอย่างที่ 25	7	5	>4
ผ้าตัวอย่างที่ 26	7	5	>4
ผ้าตัวอย่างที่ 27	7	>5	>4
ผ้าตัวอย่างที่ 28	7	7	>4

หมายเหตุ : * = ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ระยะเวลาทำการทดสอบ 14 วัน

ตารางที่ 4.12 เฉดสีของตัวอย่างผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่แตกต่างกันระหว่างส่วนที่โดนแสงและไม่โดนแสง เทียบกับผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ

	ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ		ระดับความคงทนของสีต่อแสง
	ส่วนที่โดนแสง	ส่วนที่ไม่โดนแสง	
ผ้าตัวอย่างที่ 1			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 2			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 3			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 4			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 5			≤ 4

	ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ		ระดับความคงทนของสีต่อแสง
	ส่วนที่โดนแสง	ส่วนที่ไม่โดนแสง	
ผ้าตัวอย่างที่ 6			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 7			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 8			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 9			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 10			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 11			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 12			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 13			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 14			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 15			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 16			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 17			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 18			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 19			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 20			≤ 4

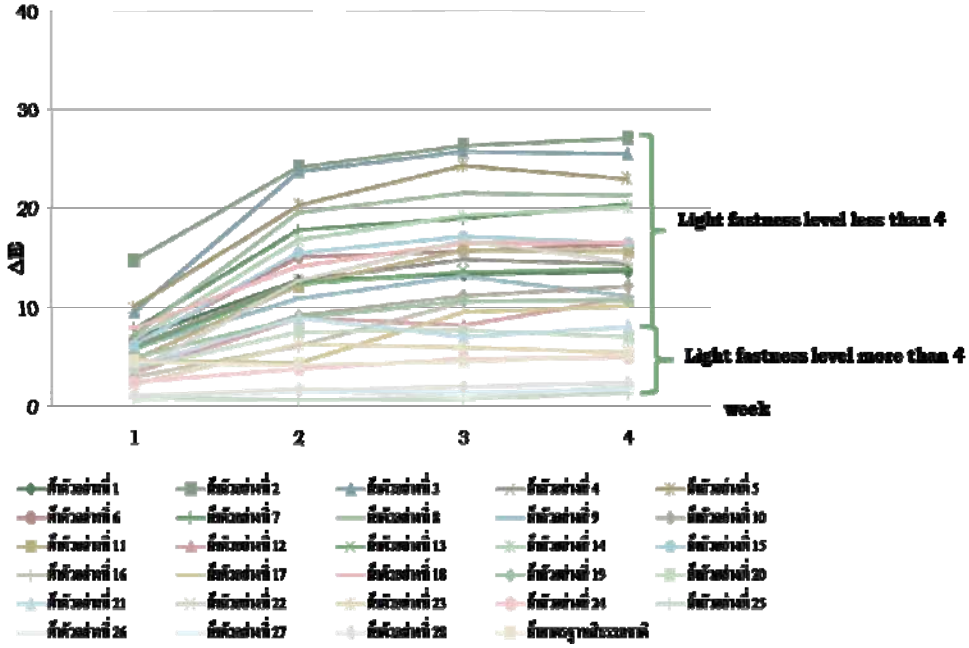
	ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ		ระดับความคงทนของสีต่อแสง
	ส่วนที่โดนแสง	ส่วนที่ไม่โดนแสง	
ผ้าตัวอย่างที่ 21			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 22			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 23			≤ 4
ผ้าตัวอย่างที่ 24			>4
ผ้าตัวอย่างที่ 25			>4
ผ้าตัวอย่างที่ 26			>4
ผ้าตัวอย่างที่ 27			>4
ผ้าตัวอย่างที่ 28			>4
ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ			4-5

ตอนที่ 3. ความแม่นยำในการทดสอบของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ

นำผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติและผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ จำนวน 28 ตัวอย่าง มาตัดให้มีขนาด 1×5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชุด ตัดกระดาษแข็งขนาด 1×2.5 เซนติเมตร หุ้มกระดาษแข็งด้วยกระดาษฟอยด์แล้วนำมาปิดทับผ้าไหม ต่อจากนั้นนำชุดทดสอบทั้งหมด 4 ชุด มาวางอาบแสงแดดเป็นระยะเวลา 1,2, 3 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ เก็บชุดทดสอบทุกสัปดาห์จนครบ 4 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) โดยเครื่อง ColorReader Konica Minolta CR-10 ในตู้แสง GretagMacbeth :The JudgeII เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉดสี (fading rate) เมื่อตากแสงแดดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

จากรูปที่ 4.15 แสดงค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ ซึ่งตากแดดที่สัปดาห์ที่ 1-4 พบว่า ที่ระยะเวลาการทดสอบสัปดาห์ที่ 2 โดยมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดสอบ เท่ากับ 836 lux. พบว่ามีผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ เป็นจำนวน 23 ตัวอย่าง นั่นคือมีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงต่ำกว่าผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติซึ่งมีจุดวิกฤติในการทดสอบที่ระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เป็นจำนวน 23 ตัวอย่าง ในขณะที่จากผลการทดสอบค่าความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน ISO 105 B02-1994 (E) โดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI) แสดงว่ามีผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติจำนวน 21 ตัวอย่าง ที่มีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าระดับที่ 4 ดังนั้นความแม่นยำในการทดสอบโดยใช้ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กคิดเป็น 91.30%

นอกจากนี้ เมื่อทำการทดสอบการอ่านค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงแดดโดยผู้ย้อม พบว่าผู้ย้อมสามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่มีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงที่ระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ภายหลังการตากแสงแดดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ได้ถูกต้อง 100% ว่ามีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีไปมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ



รูปที่ 4.15 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) เมื่อตากแสงแดดที่สัปดาห์ที่ 1-4 ของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติจากใบขี้เหล็กและสารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 20%ของน้ำหนักผ้าไหม

ในการพัฒนาขั้นตอนการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงโดยใช้ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติที่ได้จากการทดลองให้มีความง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถใช้ได้ในระดับชาวบ้าน ซึ่งได้ทำการพัฒนาชุดทดสอบในรูปแบบของ light fastness test kit ดังแสดงในรูปที่ 4.16 โดยชุดการทดสอบจะประกอบด้วยกล่องพลาสติกใสขนาด 11×25.5 เซนติเมตร มีช่องทั้งหมด 14 ช่องโดยแบ่งเป็นด้านละ 7 ช่อง ด้านหนึ่งจะถูกปิดด้วยกระดาษแข็งทึบแสง ส่วนอีกด้านเปิดไว้เพื่อรับแสงแดด ภายในกล่องจะมีผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงจำนวน 1 ตัวอย่าง และผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่ต้องการทดสอบ ขนาด 3×5 เซนติเมตร ทำการตากแสงแดดเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดเวลา จึงเก็บชุดการทดสอบ จากนั้นทำการเปรียบเทียบเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อโดนแสงแดดของผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติกับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่ต้องการทดสอบ ถ้าสีของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่ต้องการทดสอบมีสีที่จางหรือซีดมากกว่าผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ ก็สามารถสรุปได้ว่า ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่นำมาทดสอบมีระดับความคงทนของสีต่อแสงน้อย

กว่าหรือเท่ากับระดับ 4 แต่ถ้าถ้าสีของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่ต้องการทดสอบมีสีที่จางหรือซีดน้อยกว่าผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ ก็แสดงว่า ผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่นำมาทดสอบมีระดับความคงทนของสีต่อแสงมากกว่าระดับ 4

รูปที่ 4.16 ชุดทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ในรูปแบบ Light fastness test kit

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ พบว่า การใช้เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) เป็นสารมอร์แด้นท์ จะทำให้ผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติใบขี้เหล็ก ผลมะเกลือ และฝอยกาบมะพร้าว มีระดับความคงทนของสีต่อแสงแดดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และอะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ตามลำดับ

ผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติสามารถเตรียมได้โดยใช้วิธีการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยวิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ เนื่องจากผลการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการย้อมที่มีต่อระดับความคงทนของสีต่อแสงโดยการนำเทคนิคการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมโดยการทำให้เกิดโครงสร้างของสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง (ITLT) มาใช้นั้น พบว่า ระดับความคงทนของสีต่อแสงมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง และการใช้เทคนิค ITLT จะทำให้ต้นทุนการผลิตมีราคาสูง เนื่องจากสารเคมีที่ใช้มีราคาแพง ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ทำผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติสำหรับการทดสอบในระดับชุมชน และจากการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อมที่มีต่อเฉดสีและระดับความคงทนของสีต่อแสงนั้นพบว่า การเติมสารช่วยเพิ่มความเข้มสีในการย้อม คือ Glucose และ Chitosan จะช่วยทำให้สีย้อมมีความเข้มมากขึ้นโดยการทดสอบด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer แต่ยังไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยสายตาเปล่าได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติ เนื่องจากเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตเช่นกัน

จากการศึกษา สรุปได้ว่า สามารถเตรียมผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงสำหรับผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติได้ จากผ้าไหมที่ทำการปรับแต่งผิวหน้าด้วยการ pad สารมอร์แด้นท์เฟอร์รัสซัลเฟต ปริมาณ 20%ของน้ำหนักผ้าไหม ก่อนการ pad สีย้อมใบขี้เหล็ก ซึ่งมีค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงเท่ากับ 4-5 ใช้ระยะเวลาการทดสอบ 2 สัปดาห์ ภายใต้แสงแดด 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยสามารถระบุค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติที่มีระดับความคงทนของสีต่อแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับที่ 4 โดยมีความแม่นยำในการทดสอบมากกว่า 90% นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิตผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติมีราคาต่ำกว่าผ้ามาตรฐาน Blue wool standards ซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ผู้ย้อมในระดับชาวบ้านสามารถนำไปใช้ทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าในระหว่างกระบวนการผลิตผ้าทอพื้นเมืองได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สีธรรมชาติที่ใช้ยังมีข้อจำกัด คือระยะเวลาการเก็บรักษา ควรมีการศึกษาหาแนวทางที่ทำให้สามารถเก็บรักษาสีธรรมชาติได้นานขึ้น จะสามารถเพิ่มความนิยมในการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติได้ เช่น การแปรรูปสีธรรมชาติให้เป็นผง ทำให้การย้อมสีธรรมชาติสามารถย้อมได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

5.2.2 สีธรรมชาติที่ใช้ยังมีข้อจำกัด คือวัตถุดิบที่ใช้ควรเป็นวัตถุดิบจากแหล่งเดียวกัน เนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมในแต่ละที่จะไม่เหมือนกัน ซึ่งจะผลต่อเฉดสีที่สกัดได้

5.2.3 ในกรณีที่ต้องการทดสอบระดับความคงทนของสีต่อแสงของเส้นด้ายที่ย้อมสีธรรมชาติ ทำได้โดยการพันเส้นด้ายรอบกระดาษแข็งให้มีขนาด 3×5 เซนติเมตร แล้วจึงนำมาวางในชุดการทดสอบ light fastness test kit

บรรณานุกรม

1. Bechtol, T., Turcanu, A., Ganglberger, E., and Geissler, S. (2003). Natural dyes in modern textile dyehouses-how to combine experiences of two centuries to meet the demands of future. **Journal of Cleaner Production**, 11, 499-509.
2. Moeyes, M. (1993). **Natural Dyeing in Thailand**. Bangkok, White Lotus Co.Ltd.
3. Padfield, T., and Landi, S.(1966). The lightfastness of the natural dyes. **Studies in Conservation**, 11, 181-196.
4. อนันต์เสวก เหว่เจริญ และคณะ.(2543).**คู่มือย้อมสีธรรมชาติฉบับชาวบ้าน สีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ เล่ม 1,** เชียงใหม่,หน่วยพิมพ์เอกสารวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
5. นิศารัตน์ ทวีวรรณ.(2546). **การลดปริมาณของเสียที่เป็นพิษในการย้อมผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
6. พูลทรัพย์ สวนเมือง ตุลาพันธุ์ และคณะ.(2542). **การย้อมสีไหมด้วยวัสดุธรรมชาติในภาคอีสานของไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ 21 เซ็นจูรี่ จำกัด, กรุงเทพมหานคร.
7. พลอย เหลืองไพโรจน์, พักตร์ประไพ เกียรติอุทัย และสิงหา วัดน้อย.(2547). **การย้อมวัสดุเซลลูโลสด้วยเทคโนโลยีอนินทรียสารชั้นบาง**. ปริญญานิพนธ์ สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
8. สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ.(2548). **ไหม : การลอกกาวไหมและการฟอกขาวไหม.** วารสารคัลเลอร์เวย์ 10,56,34-38.
9. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา.(2543). **วิทยาศาสตร์เส้นใย.** พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์แห่งจุฬลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
10. “ภาคตัดขวางของเส้นใยไหม” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.google.co.th (20 เมษายน 2551).
11. “สายโซ่โมเลกุลของเส้นใยไหม” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.google.co.th (20 เมษายน 2551).

12. ไกรวิชญ์ กี่ศิริ, เมธาวี วิเศษสินธุ์ และศุภรัตน์ บุญฤทธิผล.(2549). **การเตรียมโครงสร้างอนินทรีย์สองค์ประกอบบนผิวเส้นใยธรรมชาติจากแกลบ.** ปริญญานิพนธ์ สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

13. กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ.(2523).**การย้อมสี**. กรมส่งเสริมโรงงานอุตสาหกรรม,กรุงเทพฯ.20น.

14. ปาเจรา พัฒนถาบุตร และคณะ.(2546). **โครงการแนวทางใหม่ในการทำโลหะมอร์แด้นท์สำหรับการย้อมสีธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีชั้นสารอนินทรีย์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไหมที่ปลอดภัย,** รายงานฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

15. Brinker, J.C. and George W. Scherer.(1990). **Sol-Gel science: the physicals and chemistry of sol gel processing.** 1st ed. London : Academic press, Inc.

16. Bryan, L. **Stain Theory : How mordants work** [online] Available from http://memgers.pgonline.com/~bryand/Stainsfile/mordant.htm (accessed 24 August 2003).

17. แชง เรย์มอนด์ม.(2543). **เคมี 2**, กรุงเทพฯ: แมกกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพร์ส อิงค์, 271.

18. “ต้นขี้หลีก” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.forest.go.th/private/images/kelek03.jpg (20 เมษายน 2550).

19. “มะเกลือ” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.geocities.com/.../san56makleau1.jpg (20 เมษายน 2550).

20. “มะพร้าว” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.rspg.thaigov.net/.../pic/oil/coconut2.jpg (20 เมษายน 2550).

21. สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ.(2548). **การย้อมสีเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติ.** วารสารคัลเลอร์เวย์ 10,56, 25-26.

22. INTERNATIONAL STANDARD. ISO 105 B01-1994 **Textiles-tests for colour fastness-Part B01 : Colour fastness to light : Daylight.**

23. INTERNATIONAL STANDARD. AATCC 16-1998 **Colour fastness to artificial : Xenon arc fading lamp test.**

24. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.(2518). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสิ่งทอ : ความคงทนของสี เล่ม 1 ความคงทนของสีต่อแสง (แสงแดด).** มอก. 121.

25. ธนวรรณ หลวงอุดม, ภัทรินทร์ แสงฝาก และวิชชุวรรณ พลอยประสงค์.(2550). **การเปลี่ยนแปลงของผ้าย้อมสีธรรมชาติด้วยผลมะเกลือภายหลังจากการโดนแสง**. ปริญญานิพนธ์ สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

26. ผ่องศรี รอดโพธิ์ทอง.(2540). **การย้อมผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุดสด.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาคหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

27. “Color space” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.techexchange.com/.../DTPColorMgmt_RIPS.html. (20 เมษายน 2550).

28. “Color space” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.sapdesignguild.org/.../index1.htm. (20 เมษายน 2550).

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 การคำนวณ TEOS เพื่อให้เกิด SiO_2 1%โดยน้ำหนักผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT

การเตรียมสารละลายสำหรับการปรับแต่งผิวหน้าด้วยเทคนิค ITLT นี้ การคำนวณจะมีการคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ผ้าไหมสามารถดูดซับเป็นสำคัญ ดังนั้นสารละลายที่เตรียมได้จึงสามารถใช้ได้มากกว่า 1 ครั้งและใช้ได้จนกว่าจะหมดปริมาตรที่เตรียม

ตัวอย่างการคำนวณการกระจายตัวของ TEOS เพื่อให้เกิดสารประกอบของ SiO_2 1%โดยน้ำหนักผ้าไหม ในกรณีใช้น้ำกลั่น 50 ml.

กำหนดให้ น้ำหนักโมเลกุลของ TEOS = 208.33 ความหนาแน่น = 0.933 g/cm^3

น้ำหนักโมเลกุลของ SiO_2 = 60.1

สมมติให้ ผ้าไหมตัวอย่างหนัก 0.8000 กรัม (ผ้าไหม 1 ผืน) ดูดซับน้ำได้ 1.0 ml.

น้ำหนักผ้าไหมตัวอย่าง 1 ผืน = 0.8000 กรัม

ต้องใช้ TEOS 1%โดยน้ำหนักผ้า = (0.01)(0.800)

= 0.00800 กรัม

จากปฏิกิริยา

$$Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O \xrightarrow{\text{Acid condition}} Si(OH)_4 + 4\,C_2H_5OH$$

$$Si(OH)_4 \rightarrow SiO_2 + 2H_2O$$

อัตราส่วนโดยโมล TEOS : SiO_2 = 1 : 1

น้ำหนักของ SiO_2 เกิดขึ้น = (0.0080)/60.1

$= 1.3311\times10^{-4}$ โมล

ดังนั้น ต้องใช้ TEOS $= 1.3311\times10^{-4}$ โมล

เท่ากับน้ำหนัก TEOS $= 1.3311\times10^{-4}\times208.33$

= 0.027731 กรัม

เท่ากับปริมาตร = 0.027731/0.933

= 0.02971 ml.

ต้องใช้ TEOS 0.02971 ml. ต่อ 1.0 ml. ของน้ำกลั่น ดังนั้น ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย 50 ml. จะต้องใช้ TEOS 1.4855 ml. ในน้ำกลั่น 50 ml.

ก.2 การคำนวณประสิทธิภาพการย้อม โดยการหาค่าการดูดซึมของสี (%dye exhaustion) และการผนึกสี (%dye fixation)

% dye exhaustion = $\{([D_a]-[D_b])/[D_a]\}\times100\%$

% dye fixation = $\{([D_a]-[D_b]-[D_r])/[D_a]\}\times100\%$

โดยที่ $[D_a]$ = ความเข้มข้นของสีก่อนการย้อม

$[D_b]$ = ความเข้มข้นของสีหลังการย้อม

$[D_r]$ = ความเข้มข้นของสีหลังการล้าง

ตัวอย่างการคำนวณ

ใบขี้เหล็ก	Conc.	Abs.
น้ำก่อนย้อม	2.9700	2.5123
น้ำหลังย้อม	0.4500	0.3793
น้ำหลังล้าง	0.0267	0.0232

% dye exhaustion = {(2.9700-0.4500)/2.9700}×100%

= 84.85%

% dye fixation = {(2.9700-0.4500-0.0267)/2.9700}×100%

= 83.95%

ก.3 การคำนวณค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผ้าไหมหลังย้อมสีธรรมชาติ (%W. up)

กำหนดให้ น้ำหนักผ้าไหมก่อนการย้อม = 1 g.

น้ำหนักผ้าไหมหลังผ่านการย้อมสี = 1.95 g.

ดังนั้น น้ำหนักผ้าไหมเพิ่มขึ้น = 1.95-1 g.

= 0.95 g.

ร้อยละการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผ้า = (น้ำหนักผ้าไหมที่เพิ่มขึ้น/น้ำหนักผ้าไหมการการย้อม) × 100

= (0.95/1) × 100

= 95

ดังนั้น ร้อยละการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผ้า คือ 95 หรือ น้ำหนักผ้าไหมเพิ่มขึ้น 95% หลังจากการย้อมสี

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองการพัฒนาผ้ามาตรฐานสีธรรมชาติเพื่อการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของผ้าทอพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติ

ตารางที่ ข.1 วิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีธรรมชาติ

Pad mordant + Pad dye							
ชนิดสีย้อม	**สารมอร์แด้นท์**		**น้ำหนักเริ่มต้น (g.)**	**น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)**	**%น้ำหนักเพิ่ม**	**น้ำหนัก pad dye (g.)**	**% น้ำหนักเพิ่ม**
	ชนิด	**ปริมาณ (%wt.)**					
ใบขี้เหล็ก		0	1.1558	1.1558	0.00	1.2099	4.68
	Al	5	1.2571	1.2609	0.30	1.3256	5.45
		10	1.2109	1.2187	0.64	1.2818	5.86
		15	1.1761	1.1989	1.94	1.2538	6.61
		20	1.2368	1.2768	3.23	1.3222	6.91
	Cu	5	1.1819	1.1887	0.56	1.2309	4.15
		10	1.2322	1.2426	0.84	1.2809	3.95
		15	1.2511	1.2838	2.61	1.3094	4.66
		20	1.1737	1.2179	3.77	1.2307	4.86
	Fe	5	1.1956	1.2033	0.64	1.2608	5.45
		10	1.1881	1.1982	0.85	1.259	5.97
		15	1.1744	1.1824	0.68	1.2489	6.34
		20	1.2102	1.2659	4.60	1.2903	6.62
ผลมะเกลือ		0	1.1968	1.1968	0	1.3723	14.66
	Al	5	1.2475	1.2494	0.15	1.4547	16.61
		10	1.2161	1.2269	0.89	1.4378	18.23

Pad mordant + Pad dye							
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	%น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนัก pad dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)					
		15	1.2078	1.2308	1.90	1.4242	17.92
		20	1.2101	1.2452	2.90	1.4427	19.22
	Cu	5	1.2771	1.2806	0.27	1.4873	16.46
		10	1.1995	1.2179	1.53	1.3968	16.45
		15	1.2001	1.2295	2.45	1.4012	16.76
		20	1.2441	1.2948	4.08	1.4475	16.35
	Fe	5	1.1928	1.2041	0.95	1.3863	16.22
		10	1.2264	1.2371	0.87	1.432	16.77
		15	1.2007	1.2149	1.18	1.4242	18.61
		20	1.2356	1.2776	3.40	1.4774	19.57
ฝอยกาบมะพร้าว		0	1.2468	1.2468	0	1.2525	0.46
	Al	5	1.2041	1.2098	0.47	1.2078	0.31
		10	1.2127	1.225	1.01	1.2175	0.40
		15	1.1836	1.2136	2.54	1.1888	0.44
		20	1.2031	1.2393	3.01	1.2104	0.61
	Cu	5	1.2615	1.2671	0.44	1.2847	1.84
		10	1.1837	1.2118	2.37	1.2086	2.10

Pad mordant + Pad dye							
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	%น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนัก pad dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)					
		15	1.2184	1.2462	2.28	1.2455	2.22
		20	1.1682	1.2165	4.14	1.1922	2.05
	Fe	5	1.2912	1.3033	0.94	1.3096	1.43
		10	1.1679	1.1734	0.47	1.1805	1.08
		15	1.1479	1.1721	2.11	1.1737	2.25
		20	1.2334	1.2754	3.41	1.2535	1.63

ตารางที่ ข.2 การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

ITLT + Pad mordant + Pad dye									
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง treated TEOS (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)							
ใบขี้เหล็ก		0	1.1599	1.1788	1.63	-	-	1.2541	8.12
	Al	5	1.1895	1.2088	1.62	1.2041	1.23	1.3231	11.23
		10	1.1811	1.2019	1.76	1.1972	1.36	1.3213	11.87
		15	1.2667	1.2812	1.15	1.2808	1.11	1.409	11.23
		20	1.2168	1.2303	1.11	1.2316	1.22	1.3638	12.08
	Cu	5	1.2387	1.2627	1.94	1.2527	1.13	1.3991	12.95
		10	1.2406	1.2545	1.12	1.2484	0.63	1.4079	13.49
		15	1.1677	1.1814	1.17	1.1771	0.81	1.3278	13.71
		20	1.1763	1.1845	0.70	1.1826	0.54	1.3419	14.08
	Fe	5	1.2456	1.2699	1.95	1.2657	1.61	1.4207	14.06
		10	1.1631	1.1804	1.49	1.1774	1.23	1.3211	13.58
		15	1.1658	1.1804	1.25	1.1774	1.00	1.3312	14.19
		20	1.2378	1.2458	0.65	1.2445	0.54	1.4035	13.39
ผลมะเกลือ		0	1.2069	1.2284	1.78	-	-	1.2802	6.07
	Al	5	1.2358	1.2495	1.11	1.2461	0.83	1.3262	7.32
		10	1.2258	1.2431	1.41	1.2427	1.38	1.3235	7.97

ITLT + Pad mordant + Pad dye									
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง treated TEOS (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)							
		15	1.2208	1.2305	0.80	1.2374	1.36	1.3206	8.18
		20	1.2146	1.2311	1.36	1.2401	2.10	1.3162	8.37
	Cu	5	1.2254	1.2397	1.17	1.2351	0.79	1.3242	8.06
		10	1.1915	1.2051	1.14	1.2039	1.04	1.2875	8.06
		15	1.2325	1.2416	0.74	1.2482	1.27	1.3274	7.70
		20	1.2311	1.2461	1.22	1.2498	1.52	1.3272	7.81
	Fe	5	1.2504	1.2615	0.89	1.2534	0.24	1.3444	7.52
		10	1.2375	1.2511	1.10	1.2544	1.37	1.3382	8.14
		15	1.2504	1.2754	2.00	1.2761	2.06	1.3498	7.95
		20	1.1906	1.2029	1.03	1.2061	1.30	1.2821	7.69
ฝอยกาบมะพร้าว		0	1.2166	1.2393	1.87			1.2482	2.60
	Al	5	1.1963	1.2107	1.20	1.2141	1.49	1.2277	2.63
		10	1.1637	1.1767	1.12	1.1827	1.63	1.1979	2.94
		15	1.2172	1.2279	0.88	1.2379	1.70	1.2517	2.83
		20	1.2503	1.2625	0.98	1.2778	2.20	1.2869	2.93
	Cu	5	1.2837	1.2961	0.97	1.2974	1.07	1.3131	2.29
		10	1.2416	1.2541	1.01	1.2572	1.26	1.2742	2.63

ITLT + Pad mordant + Pad dye									
ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง treated TEOS (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)							
		15	1.2281	1.2417	1.11	1.2473	1.56	1.2605	2.64
		20	1.1989	1.2141	1.27	1.2211	1.85	1.2306	2.64
	Fe	5	1.1631	1.1801	1.46	1.1819	1.62	1.1975	2.96
		10	1.1627	1.1763	1.17	1.1772	1.25	1.1931	2.62
		15	1.2083	1.2187	0.86	1.2237	1.28	1.2401	2.63
		20	1.2319	1.2446	1.03	1.2515	1.59	1.2691	3.02

ตารางที่ ข.3 การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง treated TEOS (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง exhaust dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)							
ใบขี้เหล็ก		0	0.8605	0.8683	0.91	-	-	0.9324	8.36
	Al	5	0.9166	0.9296	1.42	0.9456	3.16	1.0286	12.22
		10	0.956	0.9645	0.89	0.9749	1.98	1.0262	7.34
		15	0.8289	0.8387	1.18	0.8489	2.41	0.9095	9.72
		20	0.9142	0.9229	0.95	0.9373	2.53	0.9829	7.52
	Cu	5	0.8453	0.8548	1.12	0.864	2.21	0.92	8.84
		10	0.8376	0.8476	1.19	0.8542	1.98	0.9024	7.74
		15	0.9635	0.9763	1.33	0.983	2.02	1.0421	8.16
		20	0.8628	0.8702	0.86	0.881	2.11	0.9375	8.66
	Fe	5	0.9088	0.924	1.67	0.9328	2.64	0.9763	7.43
		10	0.9717	0.9885	1.73	0.9955	2.45	1.0621	9.30
		15	0.8392	0.8547	1.85	0.8583	2.28	0.9219	9.86
		20	0.9718	0.9953	2.42	0.9974	2.63	1.0657	9.66
ผลมะเกลือ		0	0.8392	0.8439	0.56	-	-	0.9033	7.64
	Al	5	0.8508	0.8596	1.03	0.8658	1.76	0.9441	10.97
		10	0.8513	0.8619	1.25	0.8699	2.18	0.9338	9.69
		15	0.8736	0.8836	1.15	0.8936	2.29	0.9586	9.73
		20	0.9654	0.9746	0.95	0.9891	2.46	1.0635	10.16

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง treated TEOS (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง exhaust dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)							
	Cu	5	0.9777	0.9820	0.44	0.9897	1.23	1.0715	9.59
		10	0.8619	0.8711	1.07	0.8754	1.57	0.9563	10.95
		15	0.8361	0.8441	0.96	0.8498	1.64	0.927	10.87
		20	0.9010	0.9108	1.09	0.9208	2.20	0.9989	10.87
	Fe	5	0.8563	0.8751	2.20	0.8777	2.50	0.9625	12.40
		10	0.8405	0.8632	2.70	0.8627	2.64	0.9421	12.09
		15	0.8822	0.9033	2.39	0.906	2.70	0.9797	11.05
		20	0.8375	0.8588	2.54	0.8648	3.26	0.9399	12.23
ฝอยกาบมะพร้าว		0	0.8396	0.8466	0.83	-	-	0.8631	2.80
	Al	5	0.8881	0.8975	1.06	0.9027	1.64	0.9104	2.51
		10	0.8696	0.8794	1.13	0.8869	1.99	0.8973	3.19
		15	0.8473	0.8575	1.20	0.8653	2.12	0.8728	3.01
		20	0.9287	0.9388	1.09	0.9495	2.24	0.9655	3.96
	Cu	5	0.8597	0.8720	1.43	0.8754	1.83	0.8866	3.13
		10	0.8576	0.8710	1.56	0.8774	2.31	0.8847	3.16
		15	0.8553	0.8699	1.71	0.8757	2.39	0.8848	3.45
		20	0.8346	0.8481	1.62	0.8549	2.43	0.8628	3.38
	Fe	5	0.8573	0.8737	1.91	0.875	2.07	0.8844	3.16
		10	0.8373	0.854	2.00	0.8565	2.29	0.8623	2.99

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		น้ำหนักเริ่มต้น (g.)	น้ำหนักหลัง treated TEOS (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง pad mordant (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม	น้ำหนักหลัง exhaust dye (g.)	% น้ำหนักเพิ่ม
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)							
		15	0.8492	0.8655	1.92	0.8686	2.29	0.8741	2.93
		20	0.8382	0.8547	1.97	0.8592	2.51	0.8679	3.54

ตารางที่ ข.4 ค่าการดูดกลืนแสง UV ของผ้าไหมย้อมสีใบขี้เหล็กโดยการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ

	สารมอร์แด้นท์		**Conc.**	**Abs.**
	ชนิด	**ปริมาณ (%wt.)**		**ที่ 276 nm.**
น้ำก่อนย้อม			2.97	2.5123
น้ำย้อมสีใบขี้เหล็ก		0	0.66	0.56
	Al	5	0.68	0.5712
		10	0.49	0.4115
		15	0.45	0.3793
		20	0.48	0.4013
	Cu	5	0.52	0.4421
		10	0.5	0.4211
		15	0.49	0.4147
		20	0.36	0.2999
	Fe	5	0.49	0.4165
		10	0.46	0.3913
		15	0.48	0.4075
		20	0.52	0.4356
น้ำล้างสีใบขี้เหล็ก	Al	0	0.03	0.0256
		5	0.0233	0.021
		10	0.0067	0.0054
		15	0.0267	0.0232
		20	0.0033	0.0023
	Cu	5	0.0067	0.0067
		10	0.0067	0.0045
		15	0.0233	0.0203
		20	0.0033	0.0023
	Fe	5	0.02	0.0179
		10	0.0033	0.0028
		15	0.0167	0.0145
		20	0.0067	0.0046

ตารางที่ ข.5 ค่าการดูดกลืนแสง UV ของผ้าไหมย้อมสีผลมะเกลือโดยการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ

	สารมอร์แด้นท์		Conc.	Abs. ที่ 264 nm.
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)		
น้ำก่อนย้อม			3.29	1.0722
น้ำย้อมสีผลมะเกลือ		0	0.82	0.2669
	Al	5	0.81	0.2639
		10	0.74	0.2417
		15	0.68	0.2226
		20	0.79	0.2562
	Cu	5	0.78	0.2533
		10	0.99	0.3222
		15	0.98	0.3184
		20	0.85	0.2751
	Fe	5	0.85	0.2778
		10	0.80	0.2597
		15	0.87	0.2840
		20	0.87	0.2834
น้ำล้างสีผลมะเกลือ		0	0.07	0.0229
	Al	5	0.13	0.0407
		10	0.09	0.0285
		15	0.08	0.0238
		20	0.08	0.0265
	Cu	5	0.12	0.0388
		10	0.12	0.0374
		15	0.12	0.0388
		20	0.14	0.0435
	Fe	5	0.14	0.0461
		10	0.12	0.0400
		15	0.13	0.0410
		20	0.16	0.0500

ตารางที่ ข.6 ค่าการดูดกลืนแสง UV ของผ้าไหมย้อมสีฝอยกาบมะพร้าวโดยการปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ exhaust สีย้อมธรรมชาติ

	สารมอร์แด้นท์		Conc.	Abs.
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)		ที่ 361 nm.
น้ำก่อนย้อม			3.72	0.2100
น้ำย้อมสีฝอยกาบมะพร้าว		0	0.66	0.0370
	Al	5	0.68	0.0383
		10	0.57	0.0320
		15	0.39	0.0217
		20	0.17	0.0095
	Cu	5	0.80	0.0449
		10	0.73	0.0409
		15	0.57	0.0318
		20	0.53	0.0297
	Fe	5	0.69	0.0390
		10	0.61	0.0343
		15	0.60	0.0339
		20	0.55	0.0306
น้ำล้างสีฝอยกาบมะพร้าว		0	0.14	0.0079
	Al	5	0.11	0.0062
		10	0.18	0.0099
		15	0.12	0.0069
		20	0.09	0.0050
	Cu	5	0.14	0.0079
		10	0.12	0.0065
		15	0.17	0.0093
		20	0.25	0.0141
	Fe	5	0.21	0.0117
		10	0.15	0.0083
		15	0.14	0.0077
		20	0.23	0.0129

ตารางที่ ข.7 ค่าการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) ของผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติ ที่ย้อมด้วยวิธีการ pad สารมอร์แด้นท์ ก่อนการ pad สีธรรมชาติ

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เริ่มต้น			1 week			2 week			3 week			4 week		
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
ใบขี้เหล็ก		0	64.9	0.8	19.5	70.4	5.2	18.5	71.9	6.4	18.6	77.1	5.3	16.2	78.4	5.8	17.1
	Al	5	64.9	1.8	22.7	73.0	4.3	17.2	75.8	5.0	15.9	79.5	4.9	14.2	86.1	5.6	16.3
		10	65.2	1.6	24.1	72.0	4.4	18.5	74.1	4.8	16.1	77.6	4.9	14.7	83.2	5.1	16.7
		15	63.2	2.6	24.6	70.7	4.6	19.4	73.3	4.7	16.8	75.9	4.8	14.8	83.1	5.5	17.6
		20	63.5	2.2	26.1	69.5	4.7	19.9	72.3	5.4	18.1	75.8	5.1	15.6	82.7	5.7	17.7
	Cu	5	63.0	0.4	18.9	67.2	4.0	18.7	68.3	4.8	18.0	71.5	4.8	17.6	73.6	5.7	19.3
		10	64.0	0.4	20.9	66.2	4.0	19.1	68.4	4.4	18.0	70.3	4.4	17.2	72.2	5.0	18.1
		15	63.5	0.1	19.5	66.8	3.8	18.0	67.6	4.6	18.5	70.2	4.1	16.1	72.2	5.2	18.9
		20	62.1	0.3	19.0	65.1	3.8	18.5	66.8	4.3	16.8	68.6	4.5	16.9	70.6	5.2	18.4
	Fe	5	52.6	1.9	16.9	48.0	3.7	13.9	50.1	4.2	13.6	51.8	4.3	13.3	52.7	4.6	13.7
		10	54.8	2.5	20.0	49.9	4.4	16.8	51.9	4.9	16.5	52.7	5.2	16.4	53.3	5.0	15.6
		15	53.3	3.1	20.1	48.8	5.1	17.3	49.3	5.6	17.2	50.2	5.6	16.8	51.3	5.8	16.0
		20	50.2	4.4	22.0	47.4	6.3	19.2	48.7	6.6	18.9	49.1	6.8	18.4	50.3	6.7	17.5
ผลมะเกลือ		0	31.9	1.3	2.6	34.9	4.2	7.6	39.3	4.6	8.4	49.0	4.1	8.1	55.4	5.5	10.0
	Al	5	34.4	0.4	1.9	36.7	2.9	4.8	40.1	3.6	5.8	46.0	3.8	6.3	51.5	4.5	6.8
		10	35.4	0.5	1.8	38.4	2.8	4.5	42.0	3.6	5.7	46.7	3.8	6.2	50.3	4.4	6.2
		15	33.0	0.4	1.6	36.9	3.0	4.9	40.9	3.6	5.9	46.8	3.8	6.6	50.5	4.3	6.7

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เริ่มต้น			1 week			2 week			3 week			4 week		
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
		20	32.0	0.3	1.7	37.9	2.8	4.8	43.9	3.6	5.9	47.6	3.7	6.3	53.2	4.0	6.3
	Cu	5	32.0	1.2	2.6	37.0	3.6	6.1	40.1	4.1	7.4	45.0	4.2	8.6	50.8	4.7	7.8
		10	37.6	0.4	1.9	40.3	2.7	4.8	43	3.3	5.6	47.5	3.5	7.1	53.3	3.5	5.4
		15	38.3	0.4	1.5	41.3	2.4	4.4	41.1	3.3	5.4	47.8	3.6	7.4	53.5	3.6	6.1
		20	37.6	0.4	1.5	39.7	2.5	4.6	46.2	3.1	6.2	49.4	3.3	7.4	55	3.6	6.0
	Fe	5	29.2	0.7	2.8	32.4	3.0	6.0	34.7	3.7	6.2	40.7	4.0	7.3	46.1	4.3	6.9
		10	29.1	0.6	2.9	30.3	2.8	5.2	31.3	3.8	6.0	36.9	4.3	7.2	43.2	4.4	6.8
		15	28.7	0.7	3.1	30.1	3.1	5.5	32.8	3.9	6.6	39.3	4.6	8.4	45.4	5.0	8.9
		20	30.2	0.8	3.8	32.2	3.4	6.4	35.3	4.4	8.2	41.2	4.5	9.6	47.7	5.4	9.2
ฝอยกาบมะพร้าว		0	72.1	6.2	18.2	77.9	4.7	16.9	80.9	4.5	14.9	83.9	3.6	13.3	85.9	3.7	14.5
	Al	5	69.7	5.9	20.9	78.7	4.1	15.5	81.2	4.2	14.1	84.7	3.2	13.5	88.1	4.1	15.3
		10	68.3	5.9	21.4	76.6	4.9	17.1	79.1	4.8	15.2	82.5	4.0	14.3	86.0	4.9	16.2
		15	69.0	5.7	21.1	76.9	4.7	17.2	79.7	4.8	15.4	82.6	3.9	14.2	84.1	4.8	16.4
		20	68.0	6.3	21.8	76.6	4.5	16.7	79.4	4.7	15	81.9	4.2	13.7	85.1	4.8	15.7
	Cu	5	63.1	4.9	19.8	63.0	5.4	20.4	67.5	5.3	19.8	69.5	4.8	19.1	71.8	5.2	19.9
		10	62.0	4.8	19.6	59.2	6.7	21.1	64.8	5.9	20.6	67.4	4.8	19.8	69.8	6.2	21.4
		15	60.5	5.3	20.0	59.1	6.4	20.7	64.3	6.2	21.1	66.2	5.3	20.5	68.9	6.0	21.2
		20	60.3	4.9	19.6	57.7	6.8	20.9	63.0	5.9	20.5	64.7	5.6	20.8	66.3	5.6	21.3
		5	55.5	2.6	11.4	57.4	3.8	14.4	57.5	4.2	14.8	59.9	4.1	14	61.9	4.4	14.3

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เริ่มต้น			1 week			2 week			3 week			4 week		
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
	Fe	10	56.1	4.6	17.8	58.0	4.8	18.4	58.6	5.5	18.8	60.2	5.4	18.0	62.1	6.1	19.5
		15	57.5	4.8	19.3	58.8	5.9	21.6	59.7	6.7	22.0	60.9	6.5	21.6	62.9	6.5	21.5
		20	54.3	5.9	21.4	57.3	5.9	21.8	57.9	6.3	21.6	59.1	6.6	22.4	61.9	6.4	21.3

ตารางที่ ข.8 ค่าการวัดเฉดสี (CIE DL* Da* Db*) ของผ้าไหมที่ใช้การปรับแต่งผิวหน้าผ้าไหมด้วยเทคนิค ITLT และการ pad สารมอร์แด้นท์ก่อนการ pad สีย้อมธรรมชาติ

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เริ่มต้น			1 week			2 week			3 week			4 week		
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
	Al	5	61.4	1.4	16.5	72	3.1	12.3	73.6	4.1	12.2	77.4	4.1	10.8	79	3.9	10.5
		10	60	1.5	16.9	70.5	3.3	13.4	72.3	4	12.3	76.4	3.9	10.9	77.7	3.8	10.6
		15	60.1	1.3	17	70.2	3.5	13.6	73.2	4	12.2	76	3.8	10.7	77.2	4.1	10.9
		20	61.6	1.3	17.7	69.9	3.5	13.8	72.5	4	12.4	76	4	11.3	77.1	4	11
	Cu	5	59.8	1.3	16.3	69.8	3.2	12.8	71.7	3.8	12.2	73.9	3.9	11.7	75.1	3.9	11.9
		10	59.8	0.9	14.9	68.5	3.4	13.2	71	3.8	12.1	73.7	3.8	11.8	74.2	3.9	12.2
		15	59.9	0.9	15.4	67	3.6	13.6	70.5	3.9	12.8	72.8	3.9	12	73.2	3.8	11.8
		20	59.1	1	15.4	68.1	3.2	13.2	69.5	3.8	12.4	73.2	3.8	11.8	73.7	3.7	12
	Fe	5	55	1.5	13.3	61.5	2.4	10.2	63.2	2.9	9.6	66.2	3	9.2	63.8	3.1	9.9
		10	54.9	1	11.9	60	2.4	10.6	61.9	3	10.2	63.9	3.2	9.5	62.7	3.3	9.7
		15	53.7	1.5	13.3	60.9	2.3	10.1	62.1	2.8	9.9	64.7	3	9.1	62.9	3.1	9.6
		20	53.8	1	11.8	58.7	2.4	10.5	60.4	2.9	10.1	62.8	3.1	9.7	62.4	3	9.2
ผลมะเกลือ		0	40.2	1.7	4.1	45.1	3.8	8.2	51.3	4.3	8.5	63.5	3.4	7.6	67.5	3	7
	Al	5	37.8	1.6	3.6	41	3.5	6.7	47.8	3.9	7.6	57.2	3.2	6.5	61.2	2.9	6.6
		10	36.5	1.7	3.7	41.2	3.5	6.9	45.2	3.8	7	56.9	3.1	6.2	59.7	2.9	6.2
		15	37.1	1.5	3.3	39.9	3.7	6.8	45.1	3.9	7.2	57.3	3.4	6.6	59.3	2.9	6.4

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เริ่มต้น			1 week			2 week			3 week			4 week		
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
		20	36	1.5	3.4	39.9	3.5	6.5	45.7	3.6	6.9	57.6	3	6.1	58.8	2.9	6
	Cu	5	34.1	1.4	2.6	43.1	3.6	7.2	44.2	4.1	7.5	53	3.7	8.1	55.6	3.3	8
		10	38.5	1.6	3.1	41.6	3.7	6.7	44.6	3.8	7.1	53	3.6	8.4	57	3.2	8.2
		15	36.5	1.6	2.9	39.4	3.3	6.1	43.9	4.1	7.6	52.4	3.6	8	57.6	3.1	8
		20	38.3	1.4	2.9	41.7	3.1	6.3	43.3	3.6	7	51.5	3.6	7.8	57	3.2	8.1
	Fe	5	40.2	1.3	3.5	39.4	3.2	6.4	43.8	3.7	7.2	51	3.5	7.3	52.2	4	8.7
		10	38.7	1.3	3.3	41.7	3.2	6.5	43.2	3.7	7.2	51.1	3.2	6.6	53.1	3.5	7.5
		15	39.8	1.1	3.7	38.9	3	6.2	43.3	3.6	7.4	51.6	3.3	7.1	52.7	3.8	8.5
		20	39.7	1.1	3.8	41.3	3.2	7.3	45.5	3.5	7.8	49.3	3.7	7.9	50.4	3.7	8.1
ฝอยกาบมะพร้าว		0	74.5	7.5	17.9	79.6	3.1	14.9	82.1	3.9	13.1	84.6	3.2	12.2	85.7	2.8	11.6
	Al	5	74.2	6.3	18.1	79.6	3.7	14.8	82.2	3.3	12.6	84.8	3.1	12.1	85.8	2.8	11.5
		10	74.5	6.4	18.1	79.5	3.5	15	82.4	3.7	12.8	85	3	12	85.6	2.9	11.7
		15	73.9	6.6	18.6	80	3.7	15.2	81.9	3.9	13	85	2.8	12.4	84.9	2.8	11.5
		20	74.1	6.5	18.8	80.1	3.6	15	82.1	3.7	12.9	84.9	3.1	12.8	85.6	2.9	11.5
	Cu	5	68.7	5.9	17.1	71.6	4.4	18.7	74.1	4.2	17.6	76	3.4	16.4	77	3.3	16.3
		10	69.4	5.8	17.1	71.2	4.5	18.7	73.4	4.6	17.4	76	3.6	16.7	77.3	3.3	16.1
			69.3	5.7	16.7	71.7	4.4	18.4	73.8	3.9	17.2	75.7	3.7	16.5	76.4	3.3	16.4
		20	68.6	5.8	16.9	71.4	4.2	18.4	73.3	4.4	17.8	75.7	3.5	16.5	76.3	3.3	16.4
	Fe	5	59.4	3.8	7.3	64.6	2.3	11.1	65.5	3	10.7	66.5	3.3	10.5	63	3.7	12
		10	60.4	3.9	7.6	64.4	2.4	11.2	65.6	3	11	67.2	3.2	10.5	65.2	3.5	10.9

ชนิดสีย้อม	สารมอร์แด้นท์		เริ่มต้น			1 week			2 week			3 week			4 week		
	ชนิด	ปริมาณ (%wt.)	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
		15	60.4	3.6	7.3	64.1	2.5	11.5	65.3	3	11.1	66.9	3.1	10.7	63.6	3.4	10.9
		20	59.2	3.8	7.6	63.6	2.3	11.1	64.9	2.9	10.7	66.6	3.1	10.8	63.8	3	10.4

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวพลอย เหลืองไพโรจน์

ที่อยู่ 114/19 ซอยพัฒนรัตน์ ถนนพุทธมณฑลสาย 2 แขวงบางไผ่ เขตบางแค กรุงเทพ 10160 โทรศัพท์ 0-2803-0828

Email Address yellow_poly16@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์) มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม

พ.ศ. 2548 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2546 นักศึกษาฝึกงานที่บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) อำเภอวังน้อย จังหวัด พระนครศรีอยุธยา

ผลงานวิจัยที่พิมพ์ออกเผยแพร่แล้ว

1. ปาเจรา พัฒนถาบุตร สุพรรณี ฉายะบุตร พลอย เหลืองไพโรจน์ และVolker Rossbach.(2548). **คู่มือย้อมสีธรรมชาติเฉดสีย้อมธรรมชาติกับชนิดของโลหะมอร์แด้นท์.** ISBN 974-9624-85-8 พิมพ์ครั้งแรก โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

การนำเสนอผลงานวิจัย

10-11 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาสาขาโพลิเมอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา จ.นครปฐม นำเสนอผลงานในหัวข้อ *Light Fastness of Natural Dyed Silk with Metal Modants* . นำเสนอรูปแบบโปสเตอร์