

การนึ่งสีย้อมธรรมชาติจากดอกคำฝอย *Carthamus tinctorius* และขมิ้นชัน *Curcuma longa*
บนผ้าฝ้ายด้วยกรดพอลิคาร์บอกซิลิก



นางสาวผุสดี แซ่ลิ่ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN : 974-17-3774-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FIXATION OF NATURAL DYES FROM SAFFLOWER *CARTHAMUS TINCTORIUS* AND
TURMERIC *CURCUMA LONGA* ONTO COTTON FABRIC USING POLYCARBOXYLIC
ACIDS



Miss Phussadee Lim

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Material Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN : 974-17-3774-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพ่นก๊อสมรรณชาติจากดอกคำฝอย *Carthamus tinctorius* และ
ขมิ้นชัน *Curcuma longa* บนผ้าฝ้ายด้วยกรดพอลิคาร์บอกซิลิก
โดย นางสาวผุสดี แซ่ลิ้ม
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีภูถักกิจ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจริต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กาวี ศรีภูถักกิจ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

.....กรรมการ
(ดร. อุษษา แสงวัฒนาโรจน์)

.....กรรมการ
(ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์)

นางสาวผู้สดี แซ่ลิ่ม : การย้อมสีด้วยธรรมชาติจากดอกคำฝอย *Carthamus tinctorius* และขมิ้นชัน *Curcuma longa* บนผ้าฝ้ายด้วยกรดพอลิคาร์บอกซิลิก (FIXATION OF NATURAL DYES FROM SAFFLOWER *CARTHAMUS TINCTORIUS* AND TURMERIC *CURCUMA LONGA* ONTO COTTON FABRIC USING POLYCARBOXYLIC ACIDS) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. กาวี ศรีภูถกกิจ, 71หน้า. ISBN 974-17-3774-2

ได้ทำการศึกษาวิธีการย้อมสีด้วยธรรมชาติสกัดจากดอกคำฝอยและขมิ้นลงบนผ้าฝ้าย โดยอาศัยสารเชื่อมขวางเป็นตัวย้อม การย้อมสีและการย้อมสีจะอาศัยวิธีการย้อมแบบจุ่มอัด และทำการย้อมสีโดยวิธีการอบที่อุณหภูมิระหว่าง 160-180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที การย้อมสีที่เหมาะสมสำหรับสีสกัดจากขมิ้นคือย้อมสีก่อนแล้วทำการอบย้อมด้วยสารเชื่อมขวาง เนื่องจากสีไม่ละลายในสารละลายของสารเชื่อมขวาง ในขณะที่การย้อมสีสกัดจากดอกคำฝอยสามารถย้อมสีกับสารเชื่อมขวางได้ในขั้นตอนเดียว สารเชื่อมขวางที่ใช้คือสารผสมของกรด 2-ฟอสโฟโน-บิวเทน-1,2,4-ไตรคาร์บอกซิลิก กับโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยากับเซลล์ลูโลสเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห สีย้อมจึงถูกกักขังไว้ภายในโครงสร้างร่างแห ช่วยทำให้สีย้อมมีความคงทนต่อการซักเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการย้อมแบบดั้งเดิมที่อาศัยสารมอร์แดนท์เป็นสารช่วยติดสี โดยอุณหภูมิการย้อมสีที่เหมาะสมคือ 170 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการย้อมสี 3 นาที

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวัสดุศาสตร์
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4372339023 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEYWORD : NATURAL DYES/POLYCARBOXYLIC ACIDS/FIXATION/ CROSS-LINKING AGENT

PHUSSADEE LIM : (FIXATION OF NATURAL DYES FROM SAFFLOWER *CARTHAMUS*

TINCTORIUS AND TURMERIC *CURCUMA LONGA* ONTO COTTON FABRIC USING

POLYCARBOXYLIC ACIDS). THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KAWEE SRIKULKIT, Ph.D.

, 71pp. ISBN 974-17-3774-2

Study of fixation of natural dyes extract from safflower and cucumin onto cotton fabric by using cross-linking agent was carried out. The dye extracts were applied onto cotton fabric using padding technique and the fixation were performed in hot air oven at temperature between 160-180°C for 3 minutes. Due to insolubility of curcumin in cross-linking agent solution, suitable dyeing process for curcumin was required two steps; dyeing and then crosslinker fixation. While suitable dyeing process for safflower was all-in-one method. 2-phosphono-butane-1,2,4-tricarboxylic acid and sodium hypophosphite, as a catalyst underwent crosslinking reaction with cellulose at high temperature treatment. The cross-linking agent was capable of forming cross-linked network with cellulose. As a result, the cross-link acted as a barrier preventing the dye molecule to diffuse out during washing. The results, showed that significant improvement in washing fastness could be achieved comparable to conventional method like mordant fixation. From this study, suitable fixation temperature was 170°C in 3 minutes.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Materials Science

Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology

Academic year 2003

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนให้การสนับสนุนและส่งเสริมจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่งสำหรับ รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีภูถกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา อุดหนุน และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข อาจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์ และอาจารย์ ดร.สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบและแนะนำการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้แก่ผู้เขียนเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ที่ให้กำลังใจและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวและคนใกล้ชิดที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสามารถสำเร็จได้ด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 ฝ้าย (Cotton).....	3
2.1.1 ข้อมูลทั่วไป.....	3
2.1.2 โครงสร้างทางเคมี.....	4
2.2 สีย้อมธรรมชาติ (Natural dyes).....	5
2.2.1 ความเป็นมาของสีย้อมธรรมชาติ.....	5
2.2.2 ชนิดของสีย้อมธรรมชาติ.....	7
2.2.2.1 สีย้อมจากแร่ธาตุ.....	7
2.2.2.2 สีย้อมจากสัตว์.....	7
2.2.2.3 สีย้อมจากพืช.....	8
2.2.3 กรรมวิธีในการย้อมสีธรรมชาติ.....	10
2.2.4 ความคงทนของสี.....	11
2.2.4.1 Direct dyes.....	11
2.2.4.2 Acid และ basic dyes.....	11
2.2.4.3 Vat dyes.....	11
2.2.4.4 Mordant dyes.....	11
2.3 ขมิ้นชัน (Turmeric).....	12
2.3.1 ข้อมูลทั่วไป.....	12

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

3.4.4	ผลของความเข้มข้นสี.....	34
3.4.5	ผลของสารช่วยให้สีติด หรือสารช่วยย้อม หรือมอร์แดนท์.....	34
3.4.5.1	การย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบผนึกสารเชื่อมขวาง ก่อนการย้อมสี (Pre-mordanting).....	34
3.4.5.2	การย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบผนึกสารเชื่อมขวาง หลังการย้อมสี (Post mordanting).....	35
3.5	การทดสอบสมบัติความแข็งแรงของผ้าที่ผ่านการอบผนึกด้วยสารเชื่อมขวาง เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ.....	35
3.6	การทดสอบความคงทนต่อการยับของผ้าที่ผ่านการอบผนึกด้วยสารเชื่อมขวาง เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ.....	35
3.7	การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ต่าง ๆ.....	36
3.7.1	เครื่องฟูรีเออร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR spectrophotometer).....	36
3.7.2	การวัดหาความเข้มของเจดสีย้อมบนผ้า.....	37
3.7.3	การวัดความคงทนต่อแสง.....	38
3.7.4	การวัดความคงทนต่อการซักล้าง.....	39
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	41
4.1	การคำนวณหาปริมาณของแข็งในสีย้อม.....	41
4.2	การวิเคราะห์หาการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารเชื่อมขวาง กับเส้นใยฝ้าย.....	43
4.3	อิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผนึกให้เกิดพันธะเชื่อมขวาง.....	50
4.4	อิทธิพลของวิธีการย้อมต่อการดูดซับสีย้อมและความเข้มสี.....	51
4.4.1	การย้อมสีขั้นตอนเดียว.....	51
4.4.2	การผนึกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี.....	51
4.4.3	การผนึกสารเชื่อมขวางหลังการย้อมสี.....	52
4.4.4	ผลของความเข้มสีย้อมดอกคำฝอย.....	55
4.4.5	การย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบผนึกสารเชื่อมขวาง ก่อนการย้อมสี.....	56

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4.6 การย้อมมอร์แดงที่หลังการอบฟีนิกสารเชื่อมขวาง.....	57
4.5 ผลการทดสอบสมบัติความแข็งแรงของผ้าที่อบฟีนิกด้วยสารเชื่อมขวาง เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ.....	60
4.6 ผลการทดสอบความคงทนต่อการยับของผ้าที่อบฟีนิกด้วยสารเชื่อมขวาง เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ.....	60
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	63
รายการอ้างอิง.....	64
ภาคผนวก.....	66
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	71

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของสีย้อมหลัก ๆ ประเภทต่าง ๆ.....	9
ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
ตารางที่ 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	28
ตารางที่ 3.3 สีของผ้าขนสัตว์ที่ใช้อ้างอิงหมายเลข 1 ถึง 8.....	38
ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งในของแข็งกึ่งเหลวที่สกัดได้จากดอกคำฝอยและขมิ้นชัน.....	41
ตารางที่ 4.2 ผลได้ของสี (ความเข้มของสีบนผ้า) และค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อม ที่เตรียมได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิและความเข้มข้นของสีย้อมต่าง ๆ.....	50
ตารางที่ 4.3 ค่าผลได้ของสีและค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมโดยวิธีการฟีนิกสาร Bayhibit ก่อนการย้อมสี (สีย้อมจากดอกคำฝอย).....	51
ตารางที่ 4.4 ค่าผลได้ของสีและค่าร้อยละการฟีนิกสี ความคงทนต่อแสงและความคงทน ต่อการซักล้างของผ้าย้อมโดยวิธีการฟีนิกสารเชื่อมขวางหลังการย้อมสี โดยใช้ความเข้มข้นของ Bayhibit ต่างๆ (สีย้อมจากขมิ้นชัน).....	54
ตารางที่ 4.5 ค่าผลได้ของสีและค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมโดยใช้ Bayhibit ที่ความเข้มข้นของสีย้อม ต่าง ๆ.....	56
ตารางที่ 4.6 ค่าผลได้ของสีและค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมด้วยมอร์แดนท์ (ซิงค์คลอไรด์) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวิธีการย้อมมอร์แดนท์ บนผ้าที่ผ่านการอบฟีนิกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี.....	56
ตารางที่ 4.7 ค่าผลได้ของสีและค่าร้อยละการฟีนิกสี ค่าความคงทนต่อแสง และค่าความคงทน ต่อการซักล้างของผ้าย้อมด้วยวิธีการย้อมมอร์แดนท์หลังการอบฟีนิกสารเชื่อมขวาง โดยใช้มอร์แดนท์ความเข้มข้นต่าง ๆ.....	58
ตารางที่ 4.8 ค่าผลได้ของสีและค่าร้อยละการฟีนิกสี ค่าความคงทนต่อแสง และค่าความคงทน ต่อการซักล้างของผ้าย้อมด้วยวิธีการย้อมแบบดั้งเดิม โดยใช้มอร์แดนท์ ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์.....	59
ตารางที่ 4.9 ค่าความคงทนต่อการยับของผ้าที่อบฟีนิกด้วยสารเชื่อมขวาง เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ.....	61

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ปุยฝ้าย.....	3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....	4
รูปที่ 2.3 ต้นขมมันชั้น เหง้าขมมันชั้น และผงขมมันชั้น.....	13
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทางเคมีของเคอร์คิวมินอยด์.....	14
รูปที่ 2.5 ต้นดอกคำฝอย.....	15
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างทางเคมีของดอกคำฝอย.....	16
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ Bayhibit.....	24
รูปที่ 2.8 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Bayhibit กับเส้นใยฝ้าย.....	25
รูปที่ 2.9 แสดงปฏิกิริยาระหว่างหมู่ฟอสฟอนิกกับมอร์แดนท์.....	26
รูปที่ 3.1 Buechi Evaporator.....	30
รูปที่ 3.2 Mangle-type Padder.....	31
รูปที่ 3.3 Laboratory mini dryer.....	32
รูปที่ 3.4 เครื่องฟูรีเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์.....	36
รูปที่ 3.5 Spectrophotometer Macbeth 700.....	39
รูปที่ 3.6 Xenon Weather Meter.....	40
รูปที่ 4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสีย้อมขมมันชั้น.....	42
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสีย้อมดอกคำฝอย.....	42
รูปที่ 4.3 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย	44
ก) Bayhibit ปริมาณ 10 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 10 กรัม/ลิตร	
ข) Bayhibit ปริมาณ 20 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 20 กรัม/ลิตร	
ค) Bayhibit ปริมาณ 30 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 30 กรัม/ลิตร	
รูปที่ 4.4 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย	45
ก) Bayhibit ปริมาณ 40 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 40 กรัม/ลิตร	
ข) Bayhibit ปริมาณ 50 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 50 กรัม/ลิตร	
ค) Bayhibit ปริมาณ 60 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 60 กรัม/ลิตร	
รูปที่ 4.5 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 70 กรัม/ลิตรและ โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 70 กรัม/ลิตร.....	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.6 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 80 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 80 กรัม/ลิตร.....	47
รูปที่ 4.7 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 90 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 90 กรัม/ลิตร.....	48
รูปที่ 4.8 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 100 กรัม/ลิตรและโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ปริมาณ 100 กรัม/ลิตร.....	49
รูปที่ 4.9 ค่าร้อยละการย้อมสีของผ้าย้อมโดยใช้ Bayhibit ความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบกับผ้าย้อมที่ไม่ใช้ Bayhibit.....	55
รูปที่ 4.10 ค่าร้อยละการย้อมสีของผ้าที่ย้อมมอร์แดนท์หลังการอบย้อมด้วย Bayhibit.....	59
รูปที่ 4.11 ค่าร้อยละการย้อมสีของผ้าย้อมโดยใช้มอร์แดนท์แต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เทียบกับผ้าย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนท์.....	60

บทที่ 1

บทนำ

ฝ้ายเป็นพืชเส้นใยในตระกูล Malvaceae อยู่ใน genus Gossypium เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทราย ชอบอากาศร้อน ไม่ชอบสภาพฝนตกชุก แหล่งปลูกฝ้ายที่สำคัญของโลก คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา จีน ไชเวียต อินเดีย อียิปต์ ปากีสถาน เม็กซิโก แอฟริกาใต้ ยูกันดา ไนจีเรีย และแทนซาเนีย ส่วนประเทศไทยสามารถปลูกฝ้ายได้ทุกภาคของประเทศยกเว้นภาคใต้ แหล่งปลูกฝ้ายที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ ภาคกลาง (ลพบุรี สระบุรี) ภาคตะวันออก (จันทบุรี สระแก้ว) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (นครราชสีมา อุบลราชธานี ชัยภูมิ อุดรธานี เลย หนองบัวลำภู) ภาคเหนือ (เชียงใหม่ ลำปางแพร่ น่าน อุดรดิตถ์ พะเยา พิษณุโลก สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร อุทัยธานี เพชรบูรณ์ นครสวรรค์)

ฝ้ายเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศ ซึ่งปัจจุบันความต้องการใช้ฝ้ายเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีปีละกว่า 350,000 ตัน แต่การผลิตฝ้ายของประเทศไทยมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการใช้ภายในประเทศ คือผลิตฝ้ายได้เพียงปีละ 25,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 7 ของปริมาณความต้องการใช้ภายในประเทศ ส่วนที่เหลือทั้งหมดต้องนำเข้าจากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละไม่ต่ำกว่า 15,000 ล้านบาท อย่างไรก็ตามประเทศไทยสามารถส่งออกผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ใช้ฝ้ายเป็นวัตถุดิบคิดเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 100,000 ล้านบาท ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 กำหนดให้ฝ้ายเป็นพืชที่ต้องรักษาระดับปริมาณการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศในยุคที่เกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจซึ่งมีผลกระทบมาจากค่าเงินบาทลอยตัว ดังนั้นจึงได้มีการส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตฝ้ายให้ได้ฝ้ายที่มีคุณภาพดีขึ้น

สมบัติเด่นของฝ้ายคือมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดี เป็นตัวนำความร้อนที่เร็ว ทำให้ฝ้ายได้รับความนิยมนำมาแปรรูปเป็นเครื่องนุ่งห่มในเขตเมืองร้อนเนื่องจากผู้สวมใส่จะรู้สึกเย็นสบาย ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วสีสันและลวดลายของผ้าฝ้ายมักถูกกำหนดโดยปัจจัยทางการตลาดและการแข่งขันทางธุรกิจ โดยทั่วไปนิยมเพิ่มสีสันของผ้าฝ้ายด้วยการใช้สีย้อมซึ่งมีทั้งสีย้อมสังเคราะห์และสีย้อมธรรมชาติ ปัจจุบันกระแสของสังคมโลกด้านความปลอดภัยและด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวกระตุ้นและเร่งความนิยมการใช้สีย้อมธรรมชาติในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งบางประเทศเริ่มใช้กฎหมายเกี่ยวกับการนำเข้าสิ่งทอย้อมสี

ด้วยสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือที่มีความเสี่ยงในการใช้สารดังกล่าว ในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้กฎหมายลักษณะดังกล่าวมากขึ้น จึงเป็นโอกาสที่ดีสำหรับอุตสาหกรรมการย้อมผ้าด้วยสีย้อมธรรมชาติตลอดจนอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับสีย้อมธรรมชาติซึ่งเป็นที่ยอมรับในด้านความปลอดภัยมากกว่า การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติจะมีข้อจำกัดด้านเคมี ความคงทนของสี ต่อแสงและการซักล้าง โดยทั่วไปนิยมใช้มอร์แดนท์เป็นตัวช่วยให้สีย้อมธรรมชาติเกาะติดบนผ้าฝ้ายได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้มอร์แดนท์ในการย้อมผ้าฝ้ายมีความเข้มข้นสูงมากประมาณ 1-10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งจะส่งผลให้น้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมมีปริมาณโลหะสูงกว่าค่าที่กำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อลดปริมาณมอร์แดนท์ที่ใช้ในการย้อมผ้าฝ้ายโดยใช้กรดพอลิคาร์บอกซิลิก คือ กรด 2-ฟอสโฟโน-บิวเทน-1,2,4-ไตรคาร์บอกซิลิก ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Bayhibit และโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ เป็นตัวช่วยย้อมสีย้อมธรรมชาติจากขมิ้นชันและดอกคำฝอยให้เกาะติดอยู่บนผ้าฝ้าย โดยปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาการเชื่อมขวาง (Cross-linking reaction) โดยที่ Bayhibit จะทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมสายโซ่โมเลกุลของเส้นใยฝ้ายเกิดเป็นโครงสร้างร่างแหครอบคลุมผิวเส้นใย จึงช่วยป้องกันไม่ให้สีย้อมที่อยู่ภายในเส้นใยของผ้าฝ้ายหลุดออกมาขณะทำการซักล้าง คาดว่าจะทำให้ความคงทนต่อการซักล้างของสีย้อมจากขมิ้นชันและดอกคำฝอยดีขึ้น นอกจากนี้หมู่ฟังก์ชันฟอสฟอนิกที่อยู่บนโมเลกุลของ Bayhibit ยังมีความสามารถในการดูดซับมอร์แดนท์ได้ดี ดังนั้นจึงคาดว่าจะใช้มอร์แดนท์ในปริมาณที่น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการย้อมสีธรรมชาติแบบดั้งเดิม ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากช่วยลดปริมาณโลหะในน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อม ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการย้อมสีย้อมธรรมชาติลงบนผ้าฝ้าย ได้แก่ ความเข้มข้นของสีย้อม ความเข้มข้นของ Bayhibit อุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมขวาง วิธีการย้อม ชนิดและความเข้มข้นของมอร์แดนท์ และลำดับขั้นตอนการย้อมมอร์แดนท์ นอกจากนี้ยังมีการทดสอบความแข็งแรงและความคงทนต่อการย้อมของผ้าฝ้ายที่ใช้ Bayhibit เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ใช้ Bayhibit อีกด้วย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ฝ้าย (Cotton)



รูปที่ 2.1 ฝ้าย

2.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืชที่มีความสำคัญ และมีการใช้งานกว้างขวางมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยจากพืชประเภทอื่น ๆ เช่น ลินิน ป่าน และปอ มีการรู้จักและนำฝ้ายมาใช้ประโยชน์มานานกว่า 5,000 ปี ฝ้ายสามารถปลูกได้เกือบทุกแห่งทั่วโลก ยกเว้นในบางประเทศที่มีอากาศหนาวเพราะฝ้ายจะไม่เติบโตในอุณหภูมิต่ำกว่า 70 องศาฟาเรนไฮต์ (21°C) ปัจจุบันประเทศผู้ส่งออกฝ้ายรายใหญ่ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา อียิปต์ อินเดีย และบราซิล

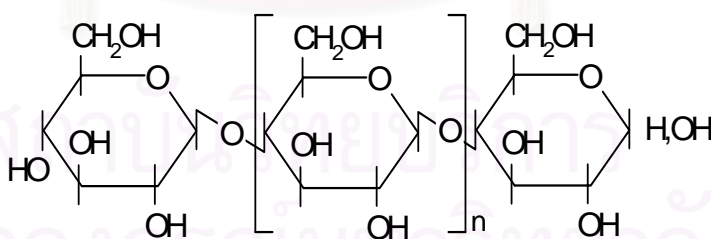
2.1.2 โครงสร้างทางเคมี

เส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดจัดเป็นเส้นใยประเภทเซลลูโลส โดยทั่วไปเส้นใยธรรมชาติจากพืชมีองค์ประกอบหลักทางเคมีประกอบด้วยธาตุหลักคือ คาร์บอน 44.4 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 6.2 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 49.4 เปอร์เซ็นต์ มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานที่เรียกว่า anhydro-d-glucose ($C_6H_{10}O_5$) ต่อกันเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาว โมเลกุลของเส้นใยประกอบด้วยส่วนที่มีโครงสร้างแบบผลึก (crystalline structure) และ ส่วนที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (amorphous structure) โดยมีอัตราส่วนของโครงสร้างแบบผลึกต่อโครงสร้างแบบอสัณฐานประมาณ 2 ต่อ 1

โครงสร้างแบบผลึก : โมเลกุลของเส้นใยมีการเรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้เส้นใยมีความแข็ง (rigid) โมเลกุลของสารต่าง ๆ ซึมผ่านได้ยาก

โครงสร้างแบบอสัณฐาน : โมเลกุลของเส้นใยมีการเรียงตัวกันแบบไม่เป็นระเบียบ ทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่น (flexible) สูง และยอมให้โมเลกุลของสารต่าง ๆ ซึมผ่านได้

ซึ่งสัดส่วนระหว่างโครงสร้างแบบอสัณฐานและแบบผลึกในเส้นใยฝ้ายจะมีผลอย่างมากต่อสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยฝ้าย ทำให้ฝ้ายมีความสามารถในการยืดตัวดีและดูดซึมความชื้นสูง โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยฝ้ายแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส (11)

บนโมเลกุลของเส้นใยฝ้ายมีหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญ คือ หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) หมู่ฟังก์ชันนี้เป็นตัวทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของเส้นใย ส่งผลให้เส้นใยมีความแข็งแรง

สูง และยากต่อการละลายในตัวทำละลายเกือบทุกชนิด นอกจากจะทำหน้าที่เป็นตัวยึดระหว่างโมเลกุลของเส้นใยแล้ว หมู่ไฮดรอกซิลยังทำให้เส้นใยฝ้ายมีความสามารถในการดูดซับความชื้นที่ดี เมื่อเส้นใยฝ้ายดูดความชื้นแล้ว ความชื้นจะระเหยกลายเป็นไอ ดังนั้นเส้นใยฝ้ายจึงได้รับความนิยมนำมาแปรรูปเป็นผ้าฝ้ายเนื่องจากผู้สวมใส่จะรู้สึกเย็นสบาย จึงนิยมใช้ฝ้ายผสมกับเส้นใยสังเคราะห์

เส้นใยฝ้ายมีความคงรูป (dimensional stability) ดีในสภาวะแห้ง แต่จะหดตัวและยับง่ายในสภาวะเปียก เนื่องจากในสภาวะเปียกโมเลกุลของน้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างแบบอสัณฐานของเส้นใย ทำลายพันธะไฮโดรเจนที่ยึดระหว่างโมเลกุลของเส้นใย เมื่อมีแรงภายนอกมากกระทำ จะทำให้โมเลกุลของเส้นใยเคลื่อนที่แยกออกจากกัน และไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ เมื่อเอาแรงกระทำออก ส่งผลให้เส้นใยเกิดรอยยับและหดตัวได้ง่าย ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยทำให้เส้นใยฝ้ายเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมขวาง (cross-linking reaction) ระหว่างโมเลกุลของเส้นใยด้วยสารเชื่อมขวาง (cross-linking reagent)

2.2 สีย้อมธรรมชาติ (Natural dyes)

2.2.1 ความเป็นมาของสีย้อมธรรมชาติ

มนุษย์รู้จักนำสีย้อมธรรมชาติมาใช้เป็นเวลานานมาแล้วในอดีตมีการนำสีจากดอกไม้ ต้นไม้ เปลือกไม้เพื่อมาระบายบนผ้าที่อาศัย ทาระบายตัว มีการค้นพบภาพวาดสีเกี่ยวกับการล่าสัตว์ในถ้ำที่เคยเป็นที่พักอาศัยของมนุษย์ยุคหินและเสื้อผ้าเครื่องใช้ที่มีสีสันในหลุมฝังศพโบราณในอียิปต์และอินเดีย ทั้งนี้ในยุคแรก ๆ สีที่นำมาใช้ได้จากร่ธาตุต่าง ๆ เริ่มมีการนำสีย้อมธรรมชาติมาใช้ในสิ่งทอเมื่อมนุษย์รู้จักจักผลิตและใช้สิ่งทอ อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถชี้ชัดไปได้ถึงเวลาที่แน่ชัดที่มนุษย์รู้จักนำสีย้อมจากธรรมชาติมาใช้

สีและการใช้ประโยชน์สารสีที่ได้จากพืชเป็นที่รู้จักมาตั้งแต่สมัยโบราณ ความรู้เกี่ยวกับสารสีและการใช้ประโยชน์สารสีจาก woad (*Isatis tinctoria* L.), *Rubia* spp. และคราม (*Indigofera* spp.) ในการย้อมเสื้อผ้าและตกแต่งเครื่องมือเครื่องใช้มีมานานกว่า 2,000 ปี รายงานครั้งแรกในการใช้ครามในจีนมีอายุมากกว่า 6,000 ปี ตัวอย่างหนึ่งที่ย้อมสีแดง เหลืองและเขียวที่พบในอียิปต์ มีอายุมากกว่า 4,000 ปี สีเหลืองอาจได้มาจากเปลือกของทับทิมและสีแดงจากรากของ madder (*Rubia tinctorum*)

L.) ในกรีกและโรมันโบราณใช้สีแดงจากเทียนกิ่ง (*Lawsonia inermis* L.) เป็นเครื่องสำอาง โดยเฉพาะใช้ย้อมสีผมให้มีสีออกเหลืองแดง ในคริสต์ศตวรรษที่ 16 มีการปลูกคราม (*Indigofera tinctoria* L.) ในอินเดียและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อย่างกว้างขวาง มีบันทึกเกี่ยวกับครามและสีที่ได้ในสันสกฤตที่มีอายุ 4,000 ปี (Krochmal & Krochmal, 1974) ต้นครามและ woad ให้สีน้ำเงินดำ ในยุโรปมีการแข่งขันด้านการค้าระหว่างสีจาก woad ที่มีการปลูกในฝรั่งเศส เยอรมันและอังกฤษเป็นส่วนใหญ่และครามที่นำเข้ามาจากอินเดียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยมีบทลงโทษอย่างรุนแรงแก่ผู้ที่จำหน่ายครามก่อนที่ครามจะเป็นที่ยอมรับและมีความสำคัญเหนือ woad ในที่สุด ยังมีการค้นพบหลักฐานการนำสีย้อมจากธรรมชาติ ได้แก่สีแดง สีดำ และสีเหลือง มาใช้ในการย้อมผ้าไหมในประเทศจีนตั้งแต่ 2,600 ปีก่อนคริสตกาล และ 331 ปีก่อนคริสตกาลกษัตริย์อเล็กซานเดอร์มหาราชได้มีการค้นพบเชือกซึ่งย้อมด้วยสีม่วงที่มีอายุเก่าแก่ประมาณ 190 ปีในคลังสมบัติของราชสำนักเปอร์เซีย

การใช้ประโยชน์สีหลายชนิดจากพืชมีจุดสูงสุดในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 ในช่วงปลายมีการใช้สีสังเคราะห์เป็นส่วนใหญ่แทนการใช้สีจากพืช นับจากการสังเคราะห์ mauveine ในปี ค.ศ. 1856 มีสีม่วงซึ่งได้จากการสังเคราะห์ amiline dye ใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ในการย้อมผ้าไหม สาร aligarin สกัดได้จาก *Rubia tinctorum* L. ให้สีแดง สามารถสังเคราะห์ได้เป็นครั้งแรกในเยอรมันในปี ค.ศ. 1869 ติดตามมาด้วยการสังเคราะห์คราม ซึ่งมีการผลิตเป็นปริมาณมากนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1897 เป็นต้นมา ความนิยมในการใช้สีสังเคราะห์มีมากกว่าสีที่ได้จากพืชเพราะสีสังเคราะห์มีราคาถูกและมีความบริสุทธิ์มากกว่าสารสีที่ได้จากธรรมชาติ การใช้ประโยชน์ที่ได้จากพืชลดลงอย่างรวดเร็วตั้งเห็นได้จากในปี ค.ศ. 1896 มีเพียงการใช้ครามที่ผลิตจากบริติชอินเดียเท่านั้น คิดเป็นปริมาณ 4% ของครามที่ใช้อยู่ทั้งหมด และเมื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 20 สารสีจากพืชมีความสำคัญในระดับท้องถิ่นเท่านั้น

สีย้อมจากธรรมชาติที่ยังคงมีการใช้ประโยชน์ในปัจจุบันได้แก่การย้อมเสื้อผ้า (ตัวอย่าง: คราม, logwood) ทาตัว (ตัวอย่าง: เทียนกิ่ง) ใช้วาดภาพงานศิลปะ ทาไม้และเครื่องจักสาน (ตัวอย่าง: ไม้ฝางและมะขามป้อม) และใช้ปรุงแต่งสีอาหาร (ตัวอย่าง: ดอกอัญชัญ) และการใช้สารสีแดง-ม่วงจากโคชินีล สีแดงจากครั่ง และสีเหลือง-ส้มจากแซฟฟรอน

2.2.2 ชนิดของสีย้อมธรรมชาติ

สีย้อมธรรมชาติได้แก่สีซึ่งสามารถสกัดมาได้จากพืช ซากสัตว์ และจากแร่ธาตุต่าง ๆ สีย้อมธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากพืชจากราก ลำต้น เปลือกของลำต้น และใบ สีย้อมธรรมชาติที่ใช้ในงานเส้นใยและสิ่งทอ เป็นสีกลุ่มที่เล็กมากเมื่อเทียบกับสีย้อมสังเคราะห์ สามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สีย้อมจากแร่ธาตุ สีย้อมจากสัตว์ และสีย้อมจากพืช (7,16,27)

2.2.2.1 สีย้อมจากแร่ธาตุ (mineral dyes)

เป็นสีอนินทรีย์ เกิดจากของผสมระหว่างออกไซด์ของโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น ออกไซด์ของโลหะผสมกับออกไซด์ของโครเมียม หรืออาจเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะ โลหะที่ใช้ส่วนมาก ได้แก่ เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิล สารให้สีเหล่านี้มีความเสถียรมาก เมื่อเกิดการตกตะกอนในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของเส้นใย สีย้อมที่ได้จะมีความทนทานต่อแสงมาก

2.2.2.2 สีย้อมจากสัตว์ (animal dyes)

สีย้อมธรรมชาติในกลุ่มนี้ที่สำคัญมีเพียง 3 ชนิด เท่านั้น ได้แก่ โคชินิล เคอร์มิส และครั่ง โดยโคชินิลได้จากตัวแมลงแห้งหรือจากสิ่งที่ขับออกจากตัวแมลง *Coccus cacti* ให้สีแดงส้ม เคอร์มิสได้จากแมลงเปลือกแข็งขนาดเล็ก *Coccus illicis* ให้สีแดง-แดงส้ม สีทั้งสองชนิดนี้ปัจจุบันมีราคาแพงเนื่องจากหายากและมีความยุ่งยากในการผลิต สีจากครั่งเป็นสีในกลุ่มแดงเช่นกันได้จากสิ่งที่ขับออกจากตัวแมลง *Laccifera lacca* ใช้ย้อมไหมและขนสัตว์ นอกจากนี้ยังใช้มากทางด้านอาหารโดยใช้เป็นสีผสมอาหาร เช่น แยม ไข่กรอก แยม น้ำผลไม้ เป็นต้น สีจากครั่งนี้เชื่อว่าคุณภาพของสีขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ที่ใช้เลี้ยงครั่งด้วย

2.2.2.3 สีย้อมจากพืช (vegetable dyes)

สีจากพืชเป็นเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช ตั้งแต่ ราก เปลือก ราก ลำต้น เปลือก ต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล เมล็ด สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นสีย้อม สกัดจากพืชโดยกรรมวิธีการหมัก การต้ม หรือกรรมวิธีทางเคมีในปริมาณเล็กน้อย สารสีบางชนิดสามารถเห็นได้ในพืชที่ยังมีชีวิต เช่น แซฟฟรอน สกัดจากส่วนยอดเกสรเพศเมียที่มีสีส้มของหญ้าฝรั่น (*Crocus sativus* L.) ในขณะที่สารสีที่สำคัญบางชนิด เช่น คราม จากพรรณไม้ในสกุล *Indigofera* เมื่ออยู่ในต้นจะไม่มีสี

สารที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติเป็นสารสีเพราะสารเหล่านี้จะดูดซับสีในคลื่นความถี่ของแสง 400-800 nm ที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้ (Singleton, 1972) สารสีจากพืชให้สีเกือบทั้งหมดที่มีอยู่ เช่น สีน้ำเงินจากพรรณไม้ในสกุลคราม สีเหลืองจากหญ้าฝรั่น สีแดงจาก *Rubia cordifolia* L. สีน้ำตาลจากนนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) และสีดำจากเม็ก (*Macaranga tanarius* (L.) Muell, Arg) ตามปกติสีเขียวได้จากการผสมสารสีน้ำเงินและสารสีเหลือง

สีจากพืชในงานด้านย้อมสีสามารถจำแนกตามวิธีย้อมออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. สีไดเรก (direct dyes) เป็นสีที่สามารถย้อมติดบนเส้นใยได้โดยตรง เช่น สีจากขมิ้น และสีจากดอกคำฝอย เป็นต้น สีที่ได้ไม่ค่อยคงทน
2. สีมอร์แดนต์ (mordant dyes) จัดเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดของสีย้อมธรรมชาติจากส่วนต่าง ๆ ของพืช สีพวกนี้ส่วนมากเกาะติดบนเส้นใยได้น้อย สามารถเกาะติดได้ดีขึ้นเมื่อใช้สารอื่นช่วย เรียกสารช่วยว่า มอร์แดนต์ สีในกลุ่มนี้จึงนิยมเรียกในปัจจุบันว่า สีมอร์แดนต์ สีที่ได้จะมีระดับความคงทนแตกต่างกันไป
3. สีแวนต์ (vat dyes) ได้แก่สีน้ำเงินในกลุ่มคราม เป็นสีที่ต้องรีดิวซ์ไปเป็นสารไม่มีสีก่อนเพื่อให้ละลายน้ำได้ หลังจากเกาะติดบนเส้นใยแล้วจึงปล่อยให้ถูกออกซิไดซ์กลับเป็นสารมีสีที่ไม่ละลายน้ำอีกครั้งและตกตะกอนอยู่บนเส้นใยหรือในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของเส้นใย

ตัวอย่างสีย้อมธรรมชาติที่มีใช้กันแบ่งตามประเภทของสี และตามชื่อเรียกแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1: ตัวอย่างของสีย้อมหลัก ๆ ประเภทต่าง ๆ (29)

Application Class	Chemical name	Coloring matter	Natural dye	Color obtainable
Vat dyes	Indole	Indigotin	Woad, Indigo	Blue
	Quinone	Juglone	Walnut	Brown
Mordant dyes	Anthraquinone	Alizarin	Madder roots	Red, orange, brown
		Pseudopurpurin	Madder roots	Red, orange, brown
		Munjistin	Munjeet stems	Red, brown, maroon
		Laccaic acids	Lac insects	Red, purple, maroon
	Falvanoid tannin	Catachin	Cutch	Brown, grey
	Flavone	Lucteolin	Weld	Yellow, khaki
	Flavonol	Quercetin	50% of all plants	Yellow, khaki
	Anthocyanin	Cyanidin	Elderberries	Purple
	Neoflavonoidene	Haematoxylin	Loogwood	Violet, black
	Isoflavanoid	Brazilin	Brazilwood	Red, purple
Pterocarpin		Sanderswood	Orange	
Direct dyes	Diaryloylmethane	Curcurmin	Turmeric	Yellow
	Carotinoid	Crocin	Saffron, gardenia	Yellow
	Alkaloid	Berberine	Mahonia wood	Yellow
	Orinol	Orcein	Orchil	Purple
	Benzoquinone	Carthamine	Safflower	Pink

Reactive dyes	Depside	Atranorin	Lichens	Fawn
	Despidone	Salazinic acid	Lichens	Brown
Disperse dyes	None identified yet			

2.2.3 กรรมวิธีในการย้อมสีธรรมชาติ

มี 2 วิธี คือ การย้อมโดยตรงและการย้อมโดยใช้มอร์แดนท์ โดยปกติจะมีการทำความสะอาดเส้นด้ายก่อนนำไปย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมไว้ล่วงหน้า วิธีการเตรียมน้ำย้อมส่วนมากไม่ยุ่งยากมากนัก ยกเว้นการย้อมครามและการย้อมสีจากแก่นไม้บางชนิดที่ต้องโค่นไม้ทิ้งไว้เป็นปีก่อนนำมาสกัดสี การย้อมสีส่วนมากใช้วิธีต้มเดือด เส้นด้ายหลังการย้อมแล้วมักทำความสะอาดด้วยน้ำ อาจมีการลงแป้งเพื่อให้ง่ายในการทอ ก่อนนำไปตากให้แห้ง ส่วนมากไม่มีการย้อมซ้ำยกเว้นการย้อมครามและการย้อมด้วยผลมะเกลือซึ่งต้องมีการย้อมซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนกว่าจะได้เฉดสีที่ต้องการ ในแง่การใช้ความร้อนช่วยในการย้อมสี สามารถจำแนกการย้อมเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การย้อมเย็นซึ่งเป็นการย้อมที่อุณหภูมิห้องไปจนถึงอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส และการย้อมร้อนซึ่งเป็นการย้อมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 50 องศาเซลเซียส ไปจนถึงจุดเดือดของน้ำย้อม (3) อย่างไรก็ตามการใช้สีธรรมชาติในการย้อมเส้นใยในปัจจุบันมีปัญหาหลาย ๆ ประการที่ต้องพิจารณาแก้ไขดังนี้

1. สีที่ย้อมได้มักจะทำซ้ำได้ยาก ก่อให้เกิดปัญหาด้านผลิตภัณฑ์งานหัตถกรรม โดยเฉพาะกรณีที่ใช้สีสังเคราะห์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2. สีที่ย้อมได้มีเฉดสีที่จำกัด แม้แต่สีมอร์แดนท์ซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดก็ไม่สามารถให้เฉดสีมากเท่าสีสังเคราะห์
3. สีที่ย้อมได้ไม่ทนทานต่อแสง ต่อการขูดถูและต่อการซักเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์
4. ความรู้ทางด้านวิชาการและทางเทคนิคที่จำกัดของผู้ผลิตเป็นปัญหาต่อการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของสีที่ย้อมได้
5. ขีดจำกัดด้านความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายของวัตถุดิบที่ให้สีย้อมธรรมชาติ
6. ทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดที่เป็นแหล่งของสีย้อมธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์จากป่า การใช้ทรัพยากรดังกล่าวปริมาณมากโดยไม่มีการจัดการที่เหมาะสมก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อภาวะแวดล้อมในระยะยาวได้

2.2.4 ความคงทนของสี

ความคงทนของสีเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพและความสำคัญของสารสีจากพืช โดยทั่วไปแล้วสารสีที่ได้จากพืชมีความคงทนค่อนข้างต่ำ สีมักจะจางหรือสีตกอย่างรวดเร็วเมื่อซักโดยผงซักฟอกและโดนแดด โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมของเขตร้อน สารสีจากพืชที่ใช้ประโยชน์ในการย้อมผ้าและเส้นใยสามารถจำแนกออกเป็น 4 ชนิด ตามคุณสมบัติซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการนำไปใช้ประโยชน์

2.2.4.1 สีไต่แรก

สารสีเกาะติดกับเส้นใยโดยอาศัยการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใย สีชนิดนี้จะหลุดได้ง่าย ไม่ทนต่อการซักล้าง ยกตัวอย่างเช่น เคอร์คิวมิน

2.2.4.2 สีแอสิด และ สีเบสิก

จะรวมกับหมู่แอสิดและ หมู่เบสิกของขนสัตว์และไหมตามลำดับ ติดไม่ทนในเส้นใยฝ้าย ยกตัวอย่างเช่น สารสีฟลาโวนอยด์

2.2.4.3 สีแวต

เป็นสีที่เกิดขึ้นในเส้นใยโดยกระบวนการรีดดอกซ์ สีชนิดนี้มักจะติดทนทาน ไม่มีปัญหาในการซักและแสงแดด ยกตัวอย่างเช่น คราม

2.2.4.4 สีมอร์แดนท์

สีย้อมเส้นใยผ้าที่ผ่านการแช่สารที่ทำให้สีติดแน่น เช่น สารประกอบ polyvalent metals เมื่อนำไปย้อมสีติดแน่นทนทานมาก ยกตัวอย่างเช่น อลิซารินและโมรินดิน

สารที่เรียกว่า มอร์แดนท์ จะเป็นตัวช่วยในการเพิ่มการติดสีในเส้นใย ในสมัยโบราณ จะใช้การเติมมูลสัตว์หรือปัสสาวะลงไปในถังย้อม ในปัจจุบันสารมอร์แดนท์ที่ใช้เป็นเกลือของโลหะจำพวกอลูมิเนียม เหล็ก ดีบุก หรือโครเมียม ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมทางเคมีระหว่างโมเลกุลสีและเส้นใยพืชบางชนิดเช่นใบและเปลือกลำต้นของไม้ในสกุล *Symplocos* spp. ยังคงนิยมนำมาใช้เป็นมอร์แดนท์ ทั้งนี้สารมอร์แดนท์จะมีผลต่อสีที่ได้จากการย้อม เพื่อให้สีติดแน่นทนทานยิ่งขึ้นมีการนำเส้น

ใยที่ผ่านการย้อมมาใช้ในสารผสมระหว่างปูนและน้ำตาลหรือย้อมด้วยสารสีจากพืช เช่น จากตาดอกของ *Sophora japonica* L. ในการย้อมขั้นสุดท้าย

2.3 ขมิ้นชัน (Turmeric)

2.3.1 ข้อมูลทั่วไป

ขมิ้นชันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma Longa* Linn. อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ชื่อพื้นเมืองเรียกขมิ้นชัน ชื่ออื่น ๆ ขมิ้น(ภาคกลาง) ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว(เชียงใหม่) ขี้มันหรือหมิ้น(ภาคใต้) ตายอ(กะเหรี่ยง-กำแพงเพชร) สะยอ(กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) และมีชื่อสามัญคือ Turmeric, Curcuma, Yellow root มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย ก่อนมีการนำไปใช้ในยุโรป เป็นพืชล้มลุกมีเหง้าอยู่ใต้ดิน เนื้อในของเหง้าขมิ้นชันมีสีเหลืองเข้มจนถึงสีแดงจัด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ใบรูปรีเว้ายาวปลายแหลม ดอกออกเป็นช่อ มีก้านช่อแทงจากเหง้าโดยตรง ดอกสีขาวอมเหลือง มีกลีบประดับสีเขียวอมชมพู

ขมิ้นชันเป็นพืชที่คนไทยรู้จักกันมาแต่โบราณโดยนำมาใช้แต่งสี แต่งกลิ่น และรสของอาหาร ตลอดจนเป็นสมุนไพรรักษาโรคต่าง ๆ เช่น แผลในกระเพาะอาหาร อากาศท้องอืดท้องเฟ้อ ขับลม ฝี และแผลพุพอง เป็นต้น ขมิ้นชันเป็นพืชปลูกง่ายสามารถปลูกขึ้นได้ทุกภาคของประเทศไทย เติบโตได้ดีในที่ดอน ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ขมิ้นชันผงบเป็นแหล่งสีธรรมชาติให้ความปลอดภัยมากกว่าสีสังเคราะห์ การนำมาใช้ทำสีย้อมใช้ล้างดินใต้ดิน ให้สีเหลืองจากสี curcumin หรือผสมกับผลและใบของมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) ให้สีเขียว ใช้ย้อมไหมและผ้าฝ้าย (1) พืชชนิดอื่น ๆ ที่ให้สีย้อมสีเหลืองที่มีผู้นิยมเป็นจำนวนมากได้แก่ แกแล ขนุน ขี้เหล็ก พลองเหมือด ไพล มะพูด มะม่วง มังคุด และราชพฤกษ์

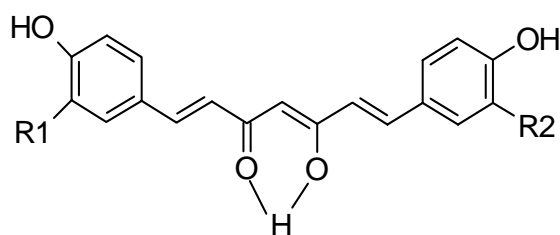
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.3 ต้นขมิ้นชัน เหง้าขมิ้นชัน และผงขมิ้นชัน

เหง้าขมิ้นชันมีสารสำคัญ คือ น้ำมันหอมระเหย และสารสีเหลืองที่อยู่ในขมิ้น ชื่อ เคอร์คิวมินอยด์ (Curcuminoids) ซึ่งประกอบด้วย เคอร์คิวมิน (Curcumin) เป็นหลัก ดีเมทอกซีเคอร์คิวมิน (Demethoxycurcumin) ประมาณ 0.8 % และบีสดีเมทอกซีเคอร์คิวมิน (Bisdemethoxycurcumin) ประมาณ 0.48 % สามารถแยกส่วนประกอบเหล่านี้ได้โดยวิธีการโครมาโตกราฟี องค์ประกอบหลักทั้งสามแตกต่างกันเนื่องจากตำแหน่งของ methoxy group จัดอยู่ใน C.I. 75300 Natural Yellow 3 ใน color index โครงสร้างทางเคมีของเคอร์คิวมินอยด์แสดงดังรูป 2.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



	R ₁	R ₂
เคอร์คิวมิน	OCH ₃	OCH ₃
ดีเมทอกซีเคอร์คิวมิน	OCH ₃	H
บีสดีเมทอกซีเคอร์คิวมิน	H	H

รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทางเคมีของเคอร์คิวมินอยด์

สีย้อมธรรมชาติจากขมิ้นชันได้มาจากส่วนเหง้า มีสีเหลืองเข้ม ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้ว เช่น อะซีโตน เอทานอลเอทิลอีเทอร์ เอทิลีนคลอไรด์ กรดอะซิติก ไอโซโพรพานอล เมทานอล เมทิลีนคลอไรด์ และโพพิลีนไกลคอล แต่ไม่ละลายในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน และเพนเทน มีจุดหลอมเหลวที่ 183°C ไม่ทนต่อแสงและสภาวะกรด-ด่าง ให้สีเหลืองมะนาวในสภาวะกรด ปัจจุบันขมิ้นชันได้ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในเครื่องเทศ สีย้อมเครื่องหนัง สีย้อมกระดาษ สีเคลือบเงา สีผสมอาหาร และใช้เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับตรวจวัดปริมาณโบรอน (curcumin-paper) เป็นต้น

2.4 ดอกคำฝอย (Safflower)

2.4.1 ข้อมูลทั่วไป

ดอกคำฝอยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carthamus tinctorius* Linn. อยู่ในวงศ์ Compositae มีชื่อพื้นเมืองเรียกว่า ดอกคำฝอย ชื่ออื่น ๆ ได้แก่ คำ(ทั่วไปเรียก) ดอกคำ(ภาคเหนือ) คำยอง(ลำปาง) ชื่อสามัญคือ Safflower, False Saffron, Saffron Thistle เป็นพืชล้มลุกที่มีดอกออกรวมกันเป็นช่ออัดแน่นบนฐานดอก ดอกมีสีเหลืองและจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีส้ม พอแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีส้มแดง

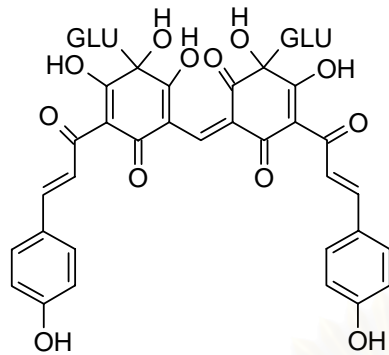


รูปที่ 2.5 ต้นดอกคำฝอย

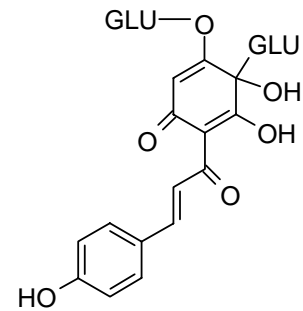
มีการนำดอกคำฝอยมาใช้เป็นสีย้อมประมาณ 4,000 ปีมาแล้วในประเทศอียิปต์ มีการปลูกสำหรับเป็นพืชให้สีมาตั้งแต่ในยุคโบราณรอบ ๆ เมดิเตอร์เรเนียน หลังจากนั้นจึงมีการขยายการเพาะปลูกไปยังตอนใต้และตอนกลางของทวีปยุโรปและแอฟริกาเหนือ ภายหลังจึงมีการเพาะปลูกในออสเตรเลีย และ ตอนใต้ของอเมริกา และออสเตรเลีย

2.4.2 โครงสร้างทางเคมี

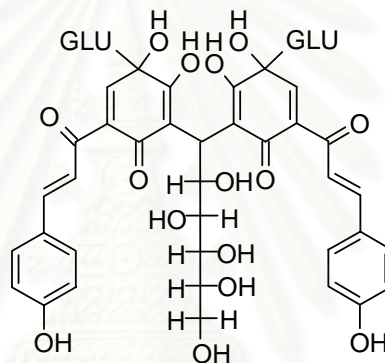
ในดอกประกอบด้วยสารสีแดงที่ชื่อ คาร์ตามิน (Carthamin) และสารสีเหลืองชื่อ แซฟฟลอร์เยลโล เอ (Safflor yellow A) และ แซฟฟลอร์เยลโล บี (Safflor yellow B) ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายชนิด เช่น โปรตีน เบต้าแคโรทีน วิตามินอี เป็นต้น ในน้ำมันจากเมล็ดซึ่งได้จากการบีบเมล็ดประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายชนิดในปริมาณสูง เช่น กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) กรดไลโนลิก (Linolic acid) และ กรดโอเลอิก (Oleic acid) เป็นต้น ใช้ย้อมไหม ฝ้ายและลินิน โดยนำดอกมาตำให้ละเอียด ห่อด้วยผ้าขาวบางผสมน้ำต่างเพื่อให้เกิดสี (น้ำต่างได้จากนำต้นผักขมหนามที่แก่จนเป็นสีแดง นำไปเผาไฟให้เป็นขี้เถ้า ผสมกับน้ำทิ้งให้ตกตะกอนรินเอาน้ำใส ๆ มาผสมกับสี) นำไปต้มให้น้ำสีออกมาก ๆ จนเหนียว แล้วเก็บน้ำสีไว้ใช้ย้อม (จิราภรณ์ อรัญยะนาถ, 2525) จัดอยู่ใน C.I. Nature Yellow 5 ใน color index โครงสร้างทางเคมีของดอกคำฝอยแสดงดังรูปที่ 2.6



คาร์ทามีน



แซฟฟลอร์เยลโล เอ



แซฟฟลอร์เยลโล บี

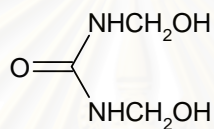
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างทางเคมีของดอกคำฝอย

สี้อมธรรมชาติจากดอกคำฝอยได้จากกลีบดอกแห้ง มีสีเหลืองอ่อน ละลายได้ดีในเอทานอล ละลายน้ำได้น้อย ไม่ละลายในอีเทอร์ ไม่ทนต่อแสง ในอดีตดอกคำฝอยนิยมใช้เป็นสี้อมในผ้าไหม ผ้าฝ้าย เครื่องสำอาง สุนัข และลูกกวาด เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการปลูกดอกคำฝอยเพื่อสกัดน้ำมันจาก เมล็ดและใช้ทำเครื่องดื่มสมุนไพร

2.5 สารเชื่อมขวาง (Crosslinking agent)

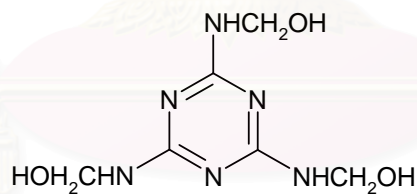
สารเชื่อมขวาง หรือรู้จักกันในฐานะเป็น resin pre-condensates เป็นสารเคมีซึ่งช่วยในการเพิ่มความทนทานต่อการยับ ความทนทานต่อแรงกด และลดการหดตัวในผ้าฝ้ายซึ่งเกิดจากการมี elongation ที่ต่ำของฝ้ายและจากการเปลี่ยนมิติในเส้นใยในระหว่างสภาวะเปียกเป็นสภาวะแห้ง สารเชื่อมขวางที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันได้แก่

- อนุพันธ์ของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (urea-formaldehyde derivatives)



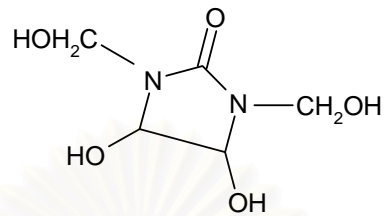
ไดเมทิลอล ยูเรีย (dimethylol urea)

- อนุพันธ์ของเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Melamine-formaldehyde derivatives)



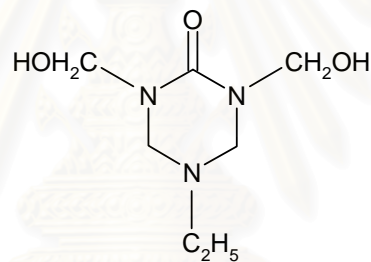
ไตรเมทิลอล เมลามีน (trimethylol melamine)

- อนุพันธ์เมทิลอลของยูเรียที่มีโครงสร้างทางเคมีแบบวง (methylol derivatives of cyclic ureas)



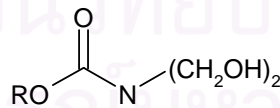
N,N'-1,3-ไดเมทิลอล-4,5-ไดไฮดรอกซีเอทิลีน ยูเรีย (DMDHEU)

- ไทอาโซน (triazones)



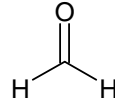
ไดเมทิลเอทิล ไทอาโซน (dimethylethyl triazone)

- คาร์บาเมต (carbamates)

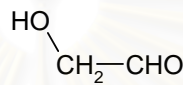


อนุพันธ์ ของ N,N'-ไดไฮดรอกซีเมทิล (N,N'-dihydroxymethyl derivative)

- พอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde)

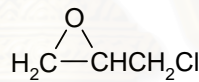


- อะซีทัล (acetals)



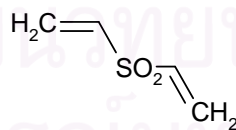
ไฮดรอกซีอะซีทัล อัลดีไฮด์ (hydroxyacetaldehyde)

- อีพอกไซด์และอีพิกลอโรไฮดริน (epoxides and epichlorohydrin)



อีพิกลอโรไฮดริน (epichlorohydrin)

- ซัลโฟน (sulphones)



ไดไวนิล ซัลโฟน (divinyl sulphone)

สารเชื่อมขวางบางชนิดสามารถปล่อยพอร์มาลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารอันตรายออกมาในระหว่างขั้นตอนการผลิตและการจัดเก็บผ้า พอร์มาลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมามี 2 ชนิด คือ พอร์มาลดีไฮด์อิสระ (ไม่มี

พันธะทางเคมีกับผ้า) และ พอร์มาลดีไฮด์ที่เกิดพันธะทางเคมีกับผ้าซึ่งสามารถหลุดออกมาได้พร้อมน้ำ หลังการตกแต่ง (finishing treatment) ได้มีความพยายามที่จะลดปริมาณพอร์มาลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมา โดยการเลือกใช้สารเชื่อมขวางชนิดที่ปลดปล่อยพอร์มาลดีไฮด์น้อย ๆ โดยใช้อนุพันธ์ของ 2-อิมิดาโซลิไดโนน (2-imidazolidinone) ได้แก่ N,N'-1,3-ไดเมทิลอล-4,5-ไดไฮดรอกซีเอทิลีน ยูเรีย [N,N'-1,3-dimethylol -4,5-dihydroxyethylene urea (DMDHEU)]

ในปัจจุบันได้สนใจใช้ กรดพอลิคาร์บอกซิลิก เป็นสารเชื่อมขวางแทนเนื่องจากไม่มีการปลดปล่อยพอร์มาลดีไฮด์ออกมา ปฏิกริยาทางเคมีจะทำให้เกิดเชื่อมโยงโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยด้วย หมู่ฟังก์ชัน ไดเอสเทอร์ ข้อดีของการใช้กรดพอลิคาร์บอกซิลิก คือ ความคงทนต่อแรงกด (excellent durable press performance), high fabric strength retention และ ความคงทนต่อการซัก (good home laundry durability) ได้มีงานวิจัยที่ใช้ กรด 1,2,3,4-บิวเทนเตตระคาร์บอกซิลิก [1,2,3,4-butane tetracarboxylic acid (BTCA)] และ กรด 1,2,3,4-ไซโคลเพนเทนเตตระคาร์บอกซิลิก (1,2,3,4-cyclopentane tetracarboxylic acid) ร่วมกับ ตัวกระตุ้นปฏิกิริยา (catalyst) เช่น โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ (sodium hypophosphite) เป็นสารเชื่อมขวาง (9) ถึงแม้ว่ากรดพอลิคาร์บอกซิลิกจะมีราคาแพงกว่า DMDHEU แต่ก็มีประสิทธิภาพดีกว่าในแง่ การดูแลรักษา (easy care finishing) พวกชุดกีฬาและชุดชั้นใน

2.6 มอร์แดนต์ (Mordant)

2.6.1 มอร์แดนต์ประเภทต่าง ๆ และความสำคัญ

มอร์แดนต์หรือบางที่เรียกว่าสารช่วยให้สีติดหรือสารช่วยย้อม เป็นสารเคมีที่ทำให้สีธรรมชาติตรึงอยู่บนเส้นใยได้ โดยที่มอร์แดนต์จะรวมตัวกับโมเลกุลสีและรวมตัวกับโมเลกุลของเส้นใยทำให้เกิดสิ่งที่ไม่ละลายเรียกว่า "Color lake" มอร์แดนต์ที่นิยมใช้กันในงานย้อมสีนั้นมีอยู่มากมาย อาทิเช่น (3)

การใช้มูลสัตว์ เช่น มูลวัว

1. น้ำสกัดจากพืชที่มีแทนนิน น้ำมะนาว น้ำมะขาม และอื่น ๆ
2. การใช้สารเคมีต่าง ๆ เช่น โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์บอเนต กรดแลคติก กรดแทนนิก กรดออกซาลิก กรดอะซิติก โบแตสเซียมไบทาร์เทรต แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์

3. การใช้เกลือของโลหะหรือกึ่งโลหะเช่น

อลูมิเนียม	จาก	โปแตสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต
โครเมียม	จาก	โปแตสเซียมไดโครเมต หรือ โปแตสเซียมไบโครเมต
ทองแดง	จาก	คอปเปอร์ซัลเฟต
เหล็ก	จาก	เฟอร์รัสซัลเฟต
ดีบุก	จาก	สแตนนัสคลอไรด์
แบเรียม	จาก	แบเรียมซัลเฟต

มอร์แดนท์นอกจากจะทำให้สีติดบนเส้นใยแล้วยังพบว่ามีส่วนสำคัญต่อสมบัติความคงทนของสีที่ย้อมต่อแสงด้วย (3) การเปลี่ยนแปลงชนิดของมอร์แดนท์สามารถให้เฉดสีที่แตกต่างไปได้ เส้นใยมีสีเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของมอร์แดนท์ที่ใช้ มอร์แดนท์บางอย่างมีผลต่อสภาพเส้นใยหลังย้อม เช่น อลูมิเนียม ทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่นและความทนต่อแรงดึงลดลง (3) ปัญหาน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมทำให้เกิดการพัฒนากระบวนการย้อมสีสังเคราะห์โดยใช้ระบบตัวทำละลายใหม่ที่ไม่ใช้น้ำ คือ คาร์บอนไดออกไซด์เหลวภายใต้ภาวะวิกฤตยวดยิ่ง และเริ่มมีการนำมาทดลองใช้กับสีธรรมชาติ ได้มีการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีสังเคราะห์พวกสีย้อมเพอร์สและสีธรรมชาติพวกคาโรทีนอยด์สกัดจากมะเขือเทศในระบบตัวทำละลายดังกล่าว พบว่าฝ้ายที่ย้อมได้มีความคงทนต่อการซักเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง นอกจากนี้สารที่ใช้เป็นมอร์แดนท์หลายตัวที่ก่อให้เกิดของเสียที่เป็นพิษเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้สิ่งทอได้ จึงมีการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยหลาย ๆ อย่างและมีการกำหนดใช้หรือการบังคับใช้เป็นกฎหมายในบางประเทศแล้ว ตัวอย่างเช่น eco standards ที่รู้จักกันในชื่อ Oeko-Tex Standard 100 เป็นข้อกำหนดสำหรับปริมาณโลหะต่าง ๆ สารบางชนิด และความคงทนของสีสำหรับสินค้าเส้นใยและสิ่งทอประเภทต่าง ๆ สินค้าที่เป็นไปตามข้อกำหนดนี้ถือว่าเป็น eco textiles และผู้ผลิตสินค้าสามารถใช้สติกเกอร์ Oeko-Tex label ได้

2.6.2 วิธีการย้อมสีย้อมด้วยมอร์แดนท์

วิธีการย้อมมอร์แดนท์แบ่งออกได้เป็น 3 วิธีหลัก ๆ คือ (3)

1. การย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยนำเส้นใยที่ผ่านการทำ

ความสะอาดแล้วไปใส่ในภาชนะที่บรรจุสารละลายมอร์แดนท์ ส่วนมากจะทำให้ร้อนหรือเดือดนานระหว่าง 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ก่อนปล่อยแช่ทิ้งไว้ในสารละลายต่ออีก 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยออก ล้างทำความสะอาด ก่อนทำให้แห้งหรือนำไปย้อมสีต่อ

2. การย้อมมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี วิธีการนี้สารละลายมอร์แดนท์จะถูกเติมลงไปโดยตรงในน้ำย้อม การย้อมใช้อุณหภูมิเดียวกันกับการย้อมสี ทั้งนี้การเติมมอร์แดนท์จะมีทั้งที่เติมในน้ำย้อมก่อนย้อม เติมห่วงการย้อมผ่านไประยะเวลาหนึ่ง เติมเป็นช่วง ๆ ระหว่างการย้อม และการเติมมอร์แดนท์เมื่อการย้อมใกล้สิ้นสุด การย้อมแบบนี้มีข้อเด่นที่ลดขั้นตอนของกระบวนการลง แต่สีที่ได้มักไม่คงทนเท่าการย้อมแบบแรกหลังการย้อมแล้วสิ่งที่ย้อมอาจถูกปล่อยแช่ไว้ในน้ำย้อมจนเย็นตัวลงหรืออาจถูกนำออกจากน้ำย้อมทันที ส่วนมากจะล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิลดลง เรื่อย ๆ หรือล้างในน้ำสบู่อ่อน ๆ จนกว่าสีไม่ตกอีกต่อไป จากนั้นจึงนำไปทำให้แห้ง การย้อมแบบนี้มีข้อด้อยที่น้ำย้อมที่ใช้แล้วอาจไม่สามารถนำกลับไปใช้ได้ใหม่ ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าในน้ำย้อมแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำเสียด้วย

3. การย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี มอร์แดนท์บางอย่างสามารถย้อมหลังการย้อมสีได้ เช่นเกลือของดีบุก เกลือของเหล็ก แทนนินหรือกรดแทนนิก การย้อมมอร์แดนท์แบบนี้อาจใช้วิธีย้อมแยกอิสระหรือในบางกรณีมอร์แดนท์จะถูกเติมลงไปลงในน้ำย้อมในช่วง 5 ถึง 10 นาทีสุดท้าย ก่อนนำเส้นใยที่แช่ในน้ำย้อมออก บางกรณีผู้ย้อมจะแช่เส้นใยในสารละลายเกลือดีบุกหรือเกลือของเหล็กหลังการย้อมสีเพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงเจดสี

2.7 แนวทางในการย้อมธรรมชาติโดยใช้กรดพอลิคาร์บอซิลิก

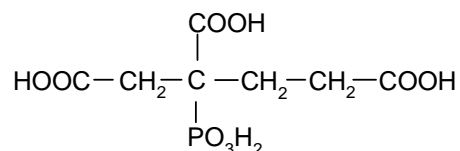
เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าสีย้อมธรรมชาติมีความคงทนต่อการซักล้างและความคงทนต่อแสงที่ต่ำ ผู้ใช้สีย้อมโดยทั่วไปมักใช้สารซึ่งเรียกว่ามอร์แดนท์ ซึ่งเป็นสารประกอบเกลือของโลหะช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยมอร์แดนท์จะรวมตัวกับโมเลกุลของสีและรวมตัวกับโมเลกุลของเส้นใยทำให้เกิดสิ่งที่ไม่ละลาย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าวิธีการนี้สามารถช่วยให้คุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวของสีย้อมธรรมชาติดีขึ้นได้บ้าง แต่สารประกอบเกลือของโลหะที่ใช้นี้มักทำให้เกิดมลภาวะ และเป็นพิษ

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติความคงทนต่อการซักล้างและความคงทนต่อแสงของสีย้อมธรรมชาติโดยการทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหในเส้นใยเซลลูโลสโดยพันธะเอสเทอร์ โดยการนำกรดพอลิคาร์บอซิลิกที่มีหมู่ฟอสฟอนิกและใช้โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์เป็นตัวช่วยในการเกิด

ปฏิกิริยา โดยคาดว่าโมเลกุลเซลลูโลสซึ่งเกิดเป็นโครงสร้างร่างแหนี้จะทำตัวเป็นเสมือนร่างแหซึ่งจะป้องกันไม่ให้โมเลกุลของสี่ย้อมหลุดออกไปจากช่องว่างของเส้นใยได้ในระหว่างการซักล้าง ยิ่งกว่านั้น หมู่ฟังก์ชันฟอสฟอนิกที่อยู่บนโมเลกุลของสารเชื่อมขวางยังจัดเป็น chelating group ที่รุนแรงที่สามารถดูดซับมอร์แดนที่ดี จึงคาดว่าจะใช้มอร์แดนที่ในปริมาณที่น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมแบบดั้งเดิม

ปฏิกิริยาการเกิดโครงสร้างร่างแหจะเกิดได้ต่อเมื่อมีการใช้โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ซึ่งเป็นเบสอ่อนร่วมด้วยเท่านั้น เพราะจะเป็นตัวทำให้พอลิคาร์บอซิลิกเกิดเป็นโครงสร้างแอนไฮไดร (anhydride) ซึ่งจะสามารถเกิดปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เกิดเป็นเอสเทอร์ได้(18) จากการศึกษาของ Yang และ Andrews (8) โดยการใช้ FTIR ตรวจ symmetric stretching mode ของแอนไฮไดร แสดงให้เห็นว่าการใช้โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้กรดพอลิคาร์บอซิลิกเกิดการเปลี่ยนรูปเป็น five-membered cyclic anhydride โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นระหว่างคาร์บอนอะตอมซึ่งอยู่ติดกัน

กรดพอลิคาร์บอซิลิกที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือกรด 2-ฟอสโฟโน-บิวเทน-1,2,4-ไตรคาร์บอซิลิก [2-Phosphono-butane-1,2,4-tricarboxylic acid (PBTC)] มีชื่อทางการค้าว่า Bayhibit มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 2.7 คาดว่าโครงสร้าง five-membered cyclic anhydride จะเกิดระหว่างหมู่คาร์บอซิลิกซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 1 และ 2 ของ PBTC ทั้งนี้โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมด้วยที่อุณหภูมิประมาณ 160-200°C จากนั้น five-membered cyclic anhydride ซึ่งมีความแฉะที่ฟสูงจะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับเส้นใยเซลลูโลสเกิดเป็นสารประกอบระหว่างเซลลูโลสต่อกับคาร์บอซิลิกของ PBTC หมู่คาร์บอซิลิกอีกสองหมู่ที่เหลือที่ตำแหน่ง คาร์บอนอะตอมที่ 2 และ 4 สามารถเกิดปฏิกิริยาเป็น six-membered cyclic anhydride ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับเซลลูโลสโมเลกุลที่สองได้ต่อเกิดเป็นสารประกอบระหว่าง PBTC ซึ่งมีโมเลกุลของเซลลูโลสแทนที่หมู่ OH ของคาร์บอซิลิกสองหมู่ หมู่คาร์บอซิลิกที่เหลือเกิดเป็น single-ended attachment สำหรับโมเลกุลเซลลูโลสโมเลกุลที่สามที่จะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันต่อไป กลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Bayhibit และเส้นใยฝ้ายแสดงดังรูปที่ 2.8

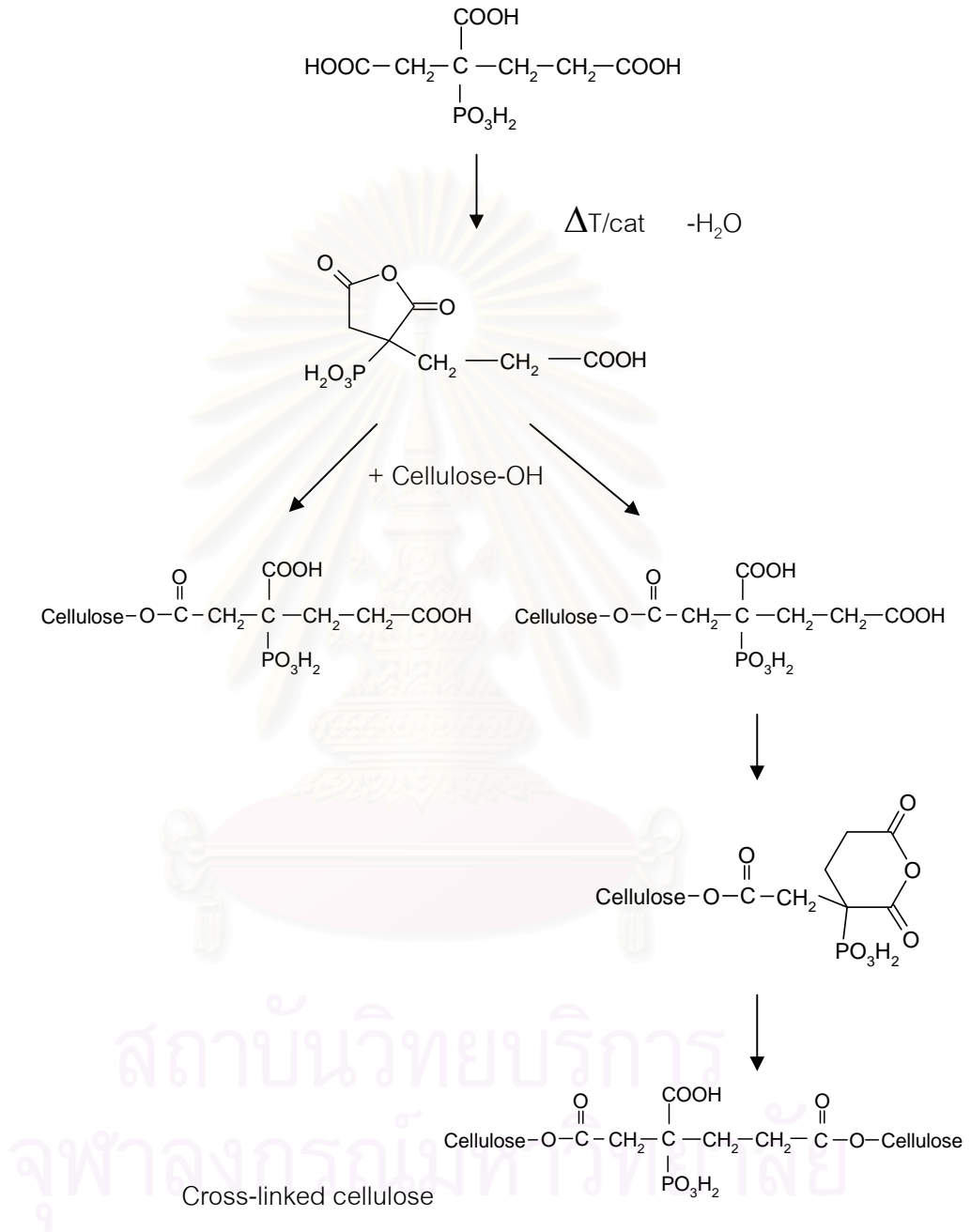


รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ Bayhibit

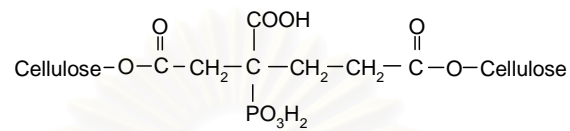
กลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Bayhibit กับเส้นใยฝ้ายแสดงดังรูปที่ 2.8 ซึ่งมีกลไกการเกิดปฏิกิริยาคัดค้านกับกรดพอลิคาร์บอกซิลิกอื่น ๆ (18) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาการเชื่อมขวาง โดย Bayhibit ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมสายโซ่โมเลกุลของเส้นใยฝ้ายเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห ร่างแหที่เกิดขึ้นคาดว่าจะสามารถช่วยป้องกันไม่ให้สีย้อมที่อยู่ภายในเส้นใยฝ้ายหลุดออกมาขณะทำการซักล้าง

นอกจากนี้หมู่ฟังก์ชันฟอสฟอนิกที่อยู่บนโมเลกุลของ Bayhibit ยังสามารถดูดซับมอร์แดนที่ได้ติดอีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.9 ดังนั้นจึงคาดว่าปริมาณมอร์แดนที่ที่ใช้ในการย้อมเส้นใยจะมีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์แดนชนิดแบบดั้งเดิม ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากช่วยลดปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.8 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Bayhibit กับเส้นใยฝ้าย



Mordant attractions

รูปที่ 2.9 แสดงปฏิกิริยาระหว่างหมู่ฟอสฟอนิกกับมอร์แดนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัสดุ

3.1.1 ผ้าฝ้าย

ผ้าฝ้ายที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผ้าฝ้ายทอที่ผ่านการฟอกขาวและล้างให้สะอาดแล้วตัดให้มีขนาด 12 x 12 นิ้ว

3.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยเป็นสารเคมีเกรดเคมีวิเคราะห์ (analytical grade) ยกเว้นเอทานอลเป็นเกรดทางการค้า (commercial grade) และสารส้มซึ่งซื้อจากร้านขายยาทั่วไป รายละเอียดของสารเคมีแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

สารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
เอทานอล (ethanol)	T.C. Sathaporn Group
กรดอะซิติก หรือน้ำส้มสายชู (acetic acid)	Mallinckrodt
กรด 2-ฟอสโฟโน-บิวเทน-1,2,4-ไตรคาร์บอกซิลิก (2-phosphono-butane-1,2,4-tricarboxylic acid)	World Chemical Treatment Co., Ltd.
โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ (sodium hypophosphite)	Ajax Chemical
ซิงค์คลอไรด์ (zinc chloride)	Ajax Chemical
โครมซัลเฟต (chrome sulphate)	Reidel-de Haen
สารส้ม (alum)	-
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)	J.B. Baker
สารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขั้ว (non-ionic surfactant)	U.N.T. Chemical Co., Ltd.
ขมิ้นชัน (turmeric)	-
ดอกคำฝอย (safflower)	-

3.1.3 สีย้อม

ในงานวิจัยนี้ใช้สีย้อมผงที่สกัดจากขมิ้นชันและดอกคำฝอย รายละเอียดการสกัดสีย้อมแสดงในหัวข้อ 3.3

3.1.4 สารเชื่อมขวาง (Crosslinking agent)

ตัวช่วยผนังสีธรรมชาติสำหรับงานวิจัยนี้คือสารผสมของกรด 2-ฟอสโฟโน-บิวเทน-1,2,4-ไตรคาร์บอกซิลิก ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า “Bayhibit” และโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

ตารางที่ 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์	รุ่น/ขนาด	บริษัทผู้ผลิต
1. Laboratory Padding Machine	TSUYII, Japan model	-
2. H.T. Minidryer Stenter	-	Labortex Co., Ltd.
3. Evaporator	Buechi Rotavapor R-205	-
4. Evaporator Eyela Rotary Vacuum	-	Tokio Rikakakai Co., Ltd.
5. ตู้อบ	Eyala Windy Oven, WFO-600ND	-
6. Instrumental Color System Spectrophotometer	Macbeth Color-Eye 7000	Suga Test Instrument Co., Ltd.
7. Xenon Weather Meter	Model X75	Electric Device Co.
8. AATCC Launder-O-Meter	Standard Instrument Atlas	Nicolet
9. FT-IR Spectrophotometer	Impact 400 _D	-
10. Suction Pump	Advantec Aspirator AS-75	Gallenkamp
11. Magnetic Stirrer Regulator Hotplate	-	-
12. Magnetic Bar	-	Merck
13. กระดาษ pH 0-14	-	

14. กระดาษกรอง	เบอร์ 1 และ 41	Whatman
15. โกร่ง (Mortar)	-	-
16. Bunchner	-	-
17. เครื่องแก้ว		-
- ปีกเกอร์	20, 100, 500, 1000, 2000 มิลลิลิตร	
- ขวดเชิงปริมาตร	100 มิลลิลิตร	
- Desiccator		
- เทอร์โมมิเตอร์		
- ปิเปต	1 และ 10 มิลลิลิตร	
- หลอดดูดสาร		
- กรวยแก้ว		
- Suction Flask		
- ขวดก้นกลม	250 และ 500 มิลลิลิตร	
- กระจกนาฬิกา		

3.3 วิธีการสกัดสีข้อม

3.3.1 การสกัดสีข้อมจากขมิ้นชัน

นำเหง้าขมิ้นชันมาปอกเปลือกและสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ หลังจากนั้นบดให้ละเอียดด้วย โกร่ง (กรณีของขมิ้นผง ให้นำไปสกัดสีข้อมด้วยตัวทำละลายได้เลย โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธี ข้างต้น) การสกัดสีข้อมด้วยตัวทำละลายทำโดยใส่ผงขมิ้นชันน้ำหนักประมาณ 200 กรัมลงในตัว ทำละลายเอทานอลที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และกวนตลอดเวลาด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง จะได้สารละลายสีเหลืองสด นำ สารละลายที่ได้มา กรองและระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator (รูปที่ 3.1) หลังจากนั้นนำสีข้อมที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน แล้วจึงเก็บใน desiccator โดยไม่ให้ถูกแสงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก็จะได้สีข้อมที่สกัดจากขมิ้นชัน ตัวทำละลายที่ ถูกระเหยออกด้วยเครื่อง rotary evaporator สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การสกัดสีข้อมตามวิธี ข้างต้นจะทำซ้ำจนกระทั่งสีข้อมถูกสกัดออกจากผงขมิ้นชันจนหมดโดยการสังเกตจากสีของ สารละลายที่สกัดได้เป็นสีเหลืองจางมาก นำสีข้อมที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

3.3.2 การสกัดสีย้อมจากดอกคำฝอย

นำดอกคำฝอยแห้งมาสกัดด้วยวิธีเดียวกับการสกัดสีย้อมจากขมิ้นชัน ยกเว้นคือต้องเติมกรดอะซิติกลงในเอทานอลแล้วปรับ pH ให้ได้ 3-4 ก่อนที่จะทำการสกัด เพื่อให้สีย้อมที่ได้มีความเสถียร สารละลายจากการสกัดดอกคำฝอยด้วยเอทานอลมีสีเหลืองอมส้ม



รูปที่ 3.1 Buechi Evaporator

3.4 การย้อม

ทำการย้อมผ้าฝ้ายตัวอย่างขนาด 12 x 12 นิ้ว น้ำหนัก 11.5-12 กรัม/ตารางเมตร ด้วยเทคนิคการย้อมแบบจุ่มอัดโดยใช้เครื่อง Mangie-type Padder (รูปที่ 3.2) การย้อมทำโดยจุ่มผ้าฝ้ายลงในสารละลายผสมที่เตรียมจากสีย้อมความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร กับตัวช่วยย้อมสีความเข้มข้น 100 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 3 นาที ก่อนอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาทีเพื่อให้เกิดพันธะเชื่อมขวางระหว่างโมเลกุลในผ้าฝ้าย หลังจากนั้นจึงจุ่มในสารช่วยย้อมให้สีติด หรือมอร์แดนต์เป็นเวลา 10 นาที โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์ 3 ความเข้มข้น คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเสร็จกระบวนการช่วยย้อมให้สีติดให้กัวผ้าด้วยน้ำแล้วล้างด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวแบบไม่มีหัวที่มีความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร และมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

สำหรับการย้อมสีที่ได้จากขมิ้นชันมีกรรมวิธีที่แตกต่างจากข้างต้น กล่าวคือ ต้องปรับค่า pH ของสารละลายสีย้อมที่มีความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตรด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วกรอง



รูปที่ 3.2 Mangle-type Padder

เมื่อจุ่มอัดแล้วนำผ้าฝ้ายไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงอบเพื่อให้เกิดพันธะเชื่อมขวางด้วยอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีโดยใช้เครื่อง laboratory mini dryer (รูปที่ 3.3) แล้วล้างด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขี้ความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

นำผ้าฝ้ายที่ได้มาวิเคราะห์หาการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง Bayhibit กับเส้นใยผ้าด้วยเครื่อง FT-IR spectrophotometer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 Laboratory mini dryer

3.4.2 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการพnikสีย้อมธรรมชาติ

เตรียมสารละลายผสมของสีย้อมที่ได้จากดอกคำฝอยกับสารเชื่อมขวางความเข้มข้นคงที่ที่ 80 กรัม/ลิตร โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสีย้อม 3 ความเข้มข้น คือ 5, 10 และ 20 กรัม/ลิตร จุ่มผ้าฝ้ายในสารละลายผสมนี้เป็นเวลา 3 นาที นำไปจุ่มอัดแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ทำการอบเพื่อให้เกิดพันธะเชื่อมขวางระหว่างสารเชื่อมขวางกับเส้นใย โดยเปลี่ยนอุณหภูมิของการอบ 3 อุณหภูมิดังนี้ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส

เปรียบเทียบความเข้มของสีที่ได้จากการอบแต่ละอุณหภูมิโดยใช้ค่า K/S ที่วัดได้จากเครื่อง Macbeth Color-Eye machine

3.4.3 ผลของขั้นตอนและวิธีการย้อมแบบต่าง ๆ

ในงานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการย้อมสีธรรมชาติ 3 วิธีการ คือ

3.4.3.1 การย้อมสีขั้นตอนเดียว (All in one method)

วิธีการนี้ทำโดยจุ่มผ้าฝ้ายที่ต้องการย้อมลงในสารละลายผสมที่เตรียมจากสีย้อมธรรมชาติ Bayhibit และ โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปผ่านกระบวนการจุ่มอัด อบแห้ง อบฟีนิกสีโดยอาศัยพันธะเชื่อมขวาง จุ่มในสารช่วยให้สีติดหรือมอร์แดนท์ และล้างด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขั้วตามลำดับ

3.4.3.2 การผนึกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี (Pre-dyeing method)

สำหรับวิธีการนี้จะจุ่มผ้าฝ้ายในสารละลายสารเชื่อมขวางก่อน เป็นเวลา 1 นาที โดยสารละลายสารเชื่อมขวางประกอบด้วย Bayhibit ความเข้มข้น 100 กรัม/ลิตร และโซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ ความเข้มข้น 100 กรัม/ลิตร หลังจากนั้นทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และอบเพื่อให้เกิดพันธะเชื่อมขวางโดยให้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงจุ่มในสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 3 นาที ทำการจุ่มอัด อบแห้ง แล้วล้างด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขั้ว ที่มีความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร และมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.4.3.3 การผนึกสารเชื่อมขวางหลังการย้อมสี (Post dyeing method)

วิธีการนี้ใช้สำหรับสีย้อมที่ได้จากขมิ้นชัน ทำโดยจุ่มผ้าฝ้ายลงในสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตรเป็นเวลา 3 นาที แล้วจุ่มอัด อบแห้ง ก่อนจุ่มลงในสารละลายสารเชื่อมขวางที่มี Bayhibit และ โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ เข้มข้นอย่างละ 100 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และอบเพื่อให้เกิดพันธะเชื่อมขวางโดยให้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงล้างด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขั้ว

ทำการวัดและเปรียบเทียบความเข้มของสีที่ได้จากการผนึกสีทั้งสามวิธีโดยใช้

เครื่อง Macbeth Color Measurement Machine

3.4.4 ผลของความเข้มข้นสี

ในงานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นสีโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสีย้อมที่ได้จากดอกคำฝอยในช่วงความเข้มข้น 5 ถึง 40 กรัม/ลิตร และใช้วิธีการย้อมสีขั้นต้นตอนเดียว วัดค่า K/S ของผ้าที่ย้อมได้จากการใช้สีแต่ละความเข้มข้นทั้งก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขี้

3.4.5 ผลของสารช่วยให้สีติด หรือสารช่วยย้อม หรือมอร์แดนท์

มอร์แดนท์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ สารส้ม ซิงค์คลอไรด์ และ โครมซัลเฟต การศึกษาอิทธิพลของมอร์แดนท์ทำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของมอร์แดนท์แต่ละชนิดจาก 0.5 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้าที่จะนำมาย้อม โดยนำผ้าฝ้ายจุ่มในสารละลายมอร์แดนท์ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที และเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการย้อมมอร์แดนท์ดังนี้

3.4.5.1 การย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบผนึกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี (Premordanting)

จุ่มผ้าฝ้ายลงในสารละลายผสมของ Bayhibit และ โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์ ที่มีความเข้มข้นอย่างละ 100 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที แล้วจุ่มอัด อบแห้ง และทำให้เกิดพันธะเชื่อมขวางโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วจุ่มในสารละลายมอร์แดนท์ที่มีความเข้มข้น 0.5 - 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นจุ่มในสารละลายสีย้อมเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 3 นาที นำมาจุ่มอัด และอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วล้างด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขี้ ที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 15 นาที

มอร์แดนท์ที่ใช้ศึกษาอิทธิพลของการย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี คือ สารส้ม และ ซิงค์คลอไรด์

3.4.5.2 การย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบผนึกสารเชื่อมขวางหลังการย้อมสี (Postmordanting)

จุ่มผ้าฝ้ายลงในสารละลายผสมที่เตรียมจาก Bayhibit (100 กรัม/ลิตร) โซเดียมไฮโปไฟต์ (100 กรัม/ลิตร) และ สีย้อม (40 กรัม/ลิตร) เป็นเวลา 3 นาที แล้วอบแห้งโดยใช้ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และอบผนึกให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นจุ่มในสารละลายมอร์แดนท์ที่มีความเข้มข้นระหว่าง 0.5 - 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที แล้วล้างด้วยสารละลายด่างตั้งผิวแบบไม่มีซัลฟิวที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 15 นาที

มอร์แดนท์ที่ใช้ศึกษาในขั้นตอนนี้ คือ สารส้ม ซิงค์คลอไรด์ และโครมซัลเฟต

เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนความเข้มข้นและลำดับขั้นตอนการย้อมมอร์แดนท์โดยวัดค่า K/S ของผ้าย้อมทั้งก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายด่างตั้งผิวแบบไม่มีซัลฟิว

3.5 การทดสอบสมบัติความแข็งแรงของผ้าที่ผ่านการอบผนึกด้วยสารเชื่อมขวางเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ

ทดสอบความทนต่อแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D 5035-95 (Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics) ด้วยเครื่อง universal testing machine โดยใช้ Load cell ขนาด 10 กิโลนิวตัน อัตราเร็วในการดึง 300 มิลลิเมตร/นาที อุณหภูมิในการทดสอบ 23 องศาเซลเซียส และความชื้น 50 ± 5 เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์

3.6 การทดสอบความคงทนต่อการยับของผ้าที่ผ่านการอบผนึกด้วยสารเชื่อมขวางเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ

ทดสอบความคงทนต่อการยับ ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 128-1985 (Wrinkle Recovery of Fabrics: Appearance Method) ด้วยเครื่อง wrinkle tester ใช้แรงกดทับน้ำหนัก 3,500 กรัม เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิในการทดสอบ 21 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้น 65 ± 2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ เปรียบเทียบผลที่ได้ด้วย AATCC 3-Dimensional Wrinkle Recovery Replicas

3.7 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ต่าง ๆ

3.7.1 เครื่องฟูรีเออร์ทรานฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR spectrophotometer)

เครื่องเอฟที-ไออาร์ เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดการดูดกลืนแสงที่มีความถี่ต่างกัน อย่างต่อเนื่องพร้อมกันหมด (simultaneously) ในขณะที่เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ธรรมดา วัดได้ทีละความถี่ (sequentially) ดังนั้นการใช้เทคนิค fourier transform ช่วยให้การวิเคราะห์หรือการวัดสเปกตรัมทำได้อย่างรวดเร็วขึ้น การแยก (resolution) ก็ดีขึ้น หรือเป็นการทำให้ signal-to-noise ratio ดีขึ้นกว่าวิธีธรรมดา นอกจากนี้เอฟที-ไออาร์ยังช่วยให้การวิเคราะห์ง่ายและสะดวกขึ้น ด้วยการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ควบคุมและทำงาน



รูปที่ 3.4 เครื่องฟูรีเออร์ทรานฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR spectrophotometer)

เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคที่นิยมใช้วิเคราะห์ ตรวจสอบ และศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลของสารทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สก็ได้ โดยโมเลกุลของสารจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดแล้วถูกกระตุ้น (excite) ให้เป็นโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าอยู่ที่ภาวะพื้นทำให้โมเลกุลเกิดการสั่น (vibration) หรือการหมุน (rotation) ซึ่งการสั่นของพันธะระหว่างอะตอมแต่ละคู่เกิดที่ความถี่แตกต่างกัน ทำให้วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันต่างๆในโมเลกุลได้ สเปกตรัมที่ได้จาก

การวัดด้วยเทคนิค เอฟที-ไออาร์ เป็นกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) กับค่าความถี่ (frequency) หรือความยาวคลื่น (wavelength)

ในงานวิจัยนี้ ใช้เทคนิค เอฟที-ไออาร์ เพื่อวิเคราะห์หาพันธะเชื่อมขวางหรือเอสเทอร์ที่ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ของเซลลูโลสกับหมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic group) ของ Bayhibit โดยการดูดกลืนแสงของเอสเทอร์จะสังเกตได้ในช่วงความถี่ $1735 - 1750 \text{ cm}^{-1}$ ทำการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของ Bayhibit และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เกิดพันธะเชื่อมขวางโดยเปรียบเทียบปริมาณการดูดกลืนแสงในช่วงดังกล่าว

3.7.2 การวัดหาความเข้มของเจดสีย้อมบนผ้า

วัดปริมาณสีย้อมที่ถูกผนึกด้วยเครื่อง Instrumental Color System spectrometer (I.C.S.) (รูปที่ 3.5) โดยบันทึกค่าการสะท้อน (reflectance value) ของสีตัวอย่างในช่วงวิสิเบิล คือ ช่วงความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร การวัดค่าการสะท้อนแสงของสีย้อมเข้มข้นใช้ความยาวคลื่นสูงสุด 420 นาโนเมตร ส่วนการวัดค่าการสะท้อนแสงของสีย้อมจางใช้ความยาวคลื่นสูงสุด 400 นาโนเมตร ค่า K/S ที่ใช้แสดงถึงความเข้มของสีย้อมบนผ้าทั้งก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายด่างตึงผิวแบบไม่มีขั้ว สามารถคำนวณได้จากสมการ Kubelka-Munk ดังนี้

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R$$

โดยค่า K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน

S คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย

R คือ ค่าแสงสะท้อนของผ้าที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})

จากสมมติฐานที่ว่า ค่า K/S แปรผันตามความเข้มข้นของสีย้อมที่ติดบนผ้า ดังนั้น ปริมาณสีย้อมที่ถูกผนึกสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ปริมาณการผนึกติดของสี (\%F)} = \frac{K/S \text{ หลังการซักล้าง} \times 100}{K/S \text{ ก่อนการซักล้าง}}$$

3.7.3 การวัดความคงทนต่อแสง

ทำการวัดค่าความคงทนต่อแสงของสีย้อมที่ติดบนผ้าตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 การทดสอบทำโดยฉายแสงซินอนให้กับผ้าย้อมและผ้ามาตรฐานที่ใช้อ้างอิงจำนวน 8 ชั้น ภายใต้ภาวะที่กำหนด ผ้ามาตรฐานที่ใช้คือผ้าขนสัตว์สีฟ้าดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สีของผ้าขนสัตว์ที่ใช้อ้างอิงหมายเลข 1 ถึง 8

ค่าอ้างอิง	สี (เทียบจากดัชนีสี)
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

หมายเลข 8 หมายถึงผ้าย้อมมีความคงทนต่อแสงดีมาก กล่าวคือสีผ้าย้อมมีการเปลี่ยนแปลงช้ามากเมื่อโดนแสง ในขณะที่หมายเลข 1 หมายถึงผ้าย้อมไม่มีความคงทนต่อแสง คือ สีย้อมเปลี่ยนแปลงเร็วมาก เมื่อหมายเลขลดลงหนึ่งหมายเลขแสดงว่าสีผ้าย้อมจะมีการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นประมาณสองเท่า เปรียบเทียบอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าย้อมกับผ้ามาตรฐานโดยดูความแตกต่างของสีผ้าย้อมก่อนและหลังการฉายแสง

ในงานวิจัยนี้จะวัดค่าความคงทนต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการย้อมและผ้าย้อมโดยใช้มอร์แดนท์ความเข้มข้นต่างๆและไม่ใช้มอร์แดนท์ด้วยเครื่อง Xenon Weather Meter (รูปที่ 3.6)

3.7.4 การวัดความคงทนต่อการซักล้าง

ทำการวัดค่าความคงทนต่อการซักล้างของสีย้อมที่ติดบนผ้าตามมาตรฐาน ISO 105-E01 : 1994 การทดสอบทำโดยนำผ้าเฉพาะ 2 ชั้นมาประกบผ้าย้อมที่ต้องการทดสอบก่อนจุ่มลงในน้ำที่น้ำทิ้ง แล้วให้ความดันภายใต้ภาวะมาตรฐาน หลังจากทิ้งให้ผ้าแห้งแล้วนำผ้าที่ประกบด้านข้างทั้งสองชั้นมาดูการเลอะติดสีโดยเทียบกับ gray scale ซึ่งจะอยู่ในช่วง 1 ถึง 5 ถ้าค่าที่ได้เท่ากับ 1 หมายความว่าผ้าย้อมทำให้ผ้าที่ประกบด้านข้างเลอะติดสีมาก ถ้าค่าที่ได้เท่ากับ 5 หมายความว่าผ้าย้อมไม่ทำให้ผ้าที่ประกบด้านข้างเลอะติดสี

ในงานวิจัยนี้จะวัดค่าความคงทนต่อน้ำของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการย้อมและผ้าย้อมโดยใช้มอร์แดนท์และไม่ใช้มอร์แดนท์ด้วยเครื่อง AATCC Launder-O-Meter



รูปที่ 3.5 Spectrophotometer Macbeth 700



รูปที่ 3.6 Xenon Weather Meter

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การคำนวณหาค่าปริมาณของแข็งในสีย้อม

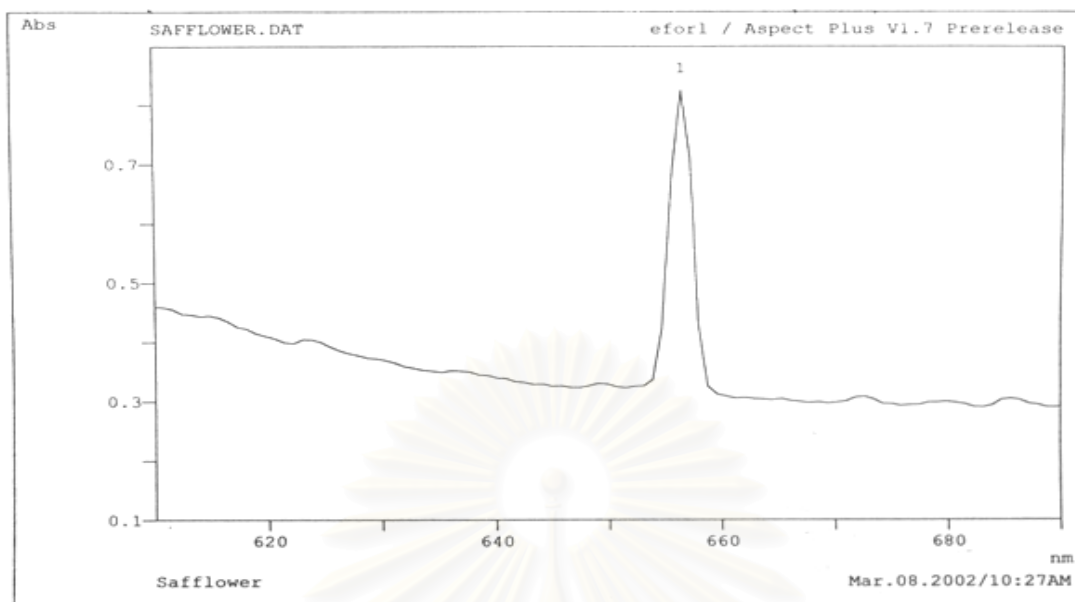
การสกัดสีย้อมจากขมิ้นชันและดอกคำฝอยด้วยเอทานอล แม้ว่าจะทำการระเหยเอาเอทานอลออก แล้วนำไปเก็บในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลาหลายวัน สีย้อมที่ได้ก็ยังไม่แห้งสนิท ดังนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการนำสีย้อมไปใช้งานจึงจำเป็นต้องหาน้ำหนักสีย้อมที่แท้จริงโดยคำนวณจากปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่หลังจากนำสีย้อมไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่

$$\text{ร้อยละของปริมาณของแข็ง} = \frac{\text{น้ำหนักของสีย้อมหลังการอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักของสีย้อมก่อนการอบแห้ง}} \times 100$$

ร้อยละของปริมาณของแข็งที่คำนวณได้จากสีย้อมที่สกัดจากขมิ้นชันและดอกคำฝอยแสดงดังตารางที่ 4.1 เมื่อนำสีย้อมทั้งสองชนิดมาวัดค่าการดูดกลืนแสงพบว่าสีย้อมที่ได้จากขมิ้นชันจะดูดกลืนแสงได้มากที่สุดที่ความยาวคลื่น 656.37 นาโนเมตร และสีย้อมที่ได้จากดอกคำฝอยจะดูดกลืนแสงได้มากที่สุดที่ความยาวคลื่น 656.38 นาโนเมตร สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสีย้อมขมิ้นชันและสีย้อมดอกคำฝอยแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสีย้อมที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์

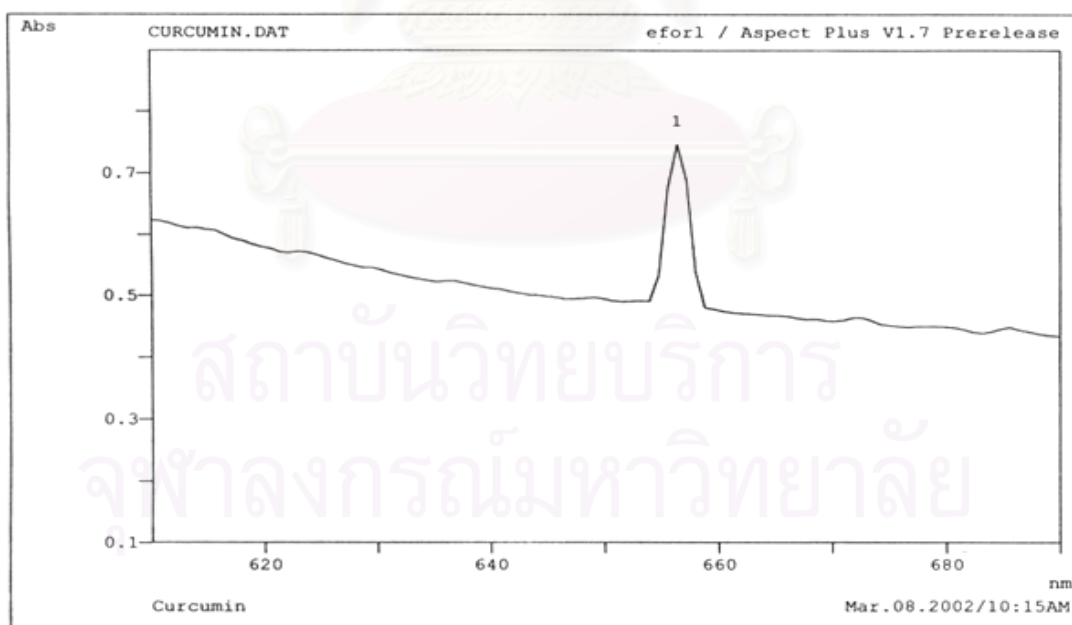
ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งในของแข็งกึ่งเหลวที่สกัดได้จากขมิ้นชันและดอกคำฝอย

สีย้อม	ร้อยละของปริมาณของแข็ง
สีย้อมจากขมิ้นชัน	79.0
สีย้อมจากดอกคำฝอย	36.4



SAFFLOWER.DAT		
	nm	Abs
1	656.37	0.8242

รูปที่ 4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสีข้อมะลิ



CURCUMIN.DAT		
	nm	Abs
1	656.37	0.7467

รูปที่ 4.2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสีข้อมดอกคำฝอย

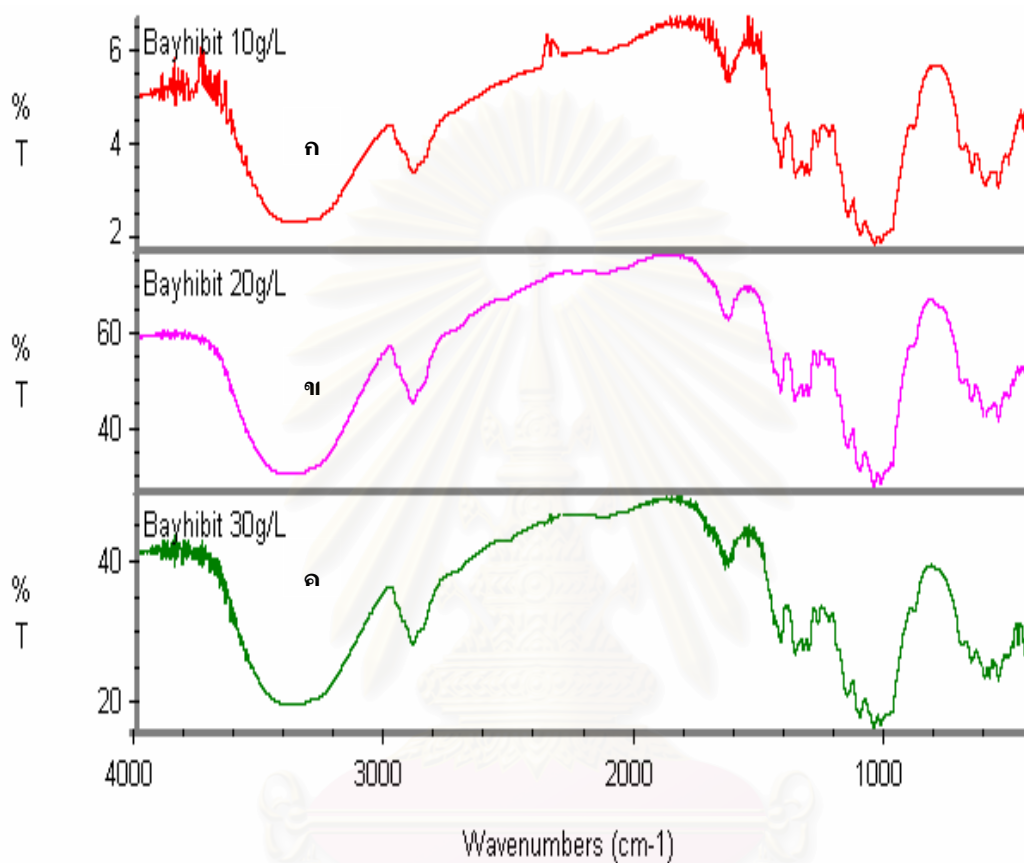
4.2 การวิเคราะห์หาการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารเชื่อมขวางกับเส้นใยฝ้าย

การเกาะติดของสารเชื่อมขวางหรือ Bayhibit บนเส้นใยฝ้ายสามารถตรวจสอบได้โดยใช้เทคนิค FTIR เพื่อสังเกตเอกลักษณ์ของหมู่เอสเทอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสกับหมู่คาร์บอกซิลิกของ Bayhibit ในงานวิจัยนี้มีการเปลี่ยนความเข้มข้นของ Bayhibit ดังนี้ คือ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 กรัม/ลิตร โดยอัตราส่วนของ Bayhibit ต่อ โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์คงที่เท่ากับ 1 : 1 ตลอดงานวิจัย

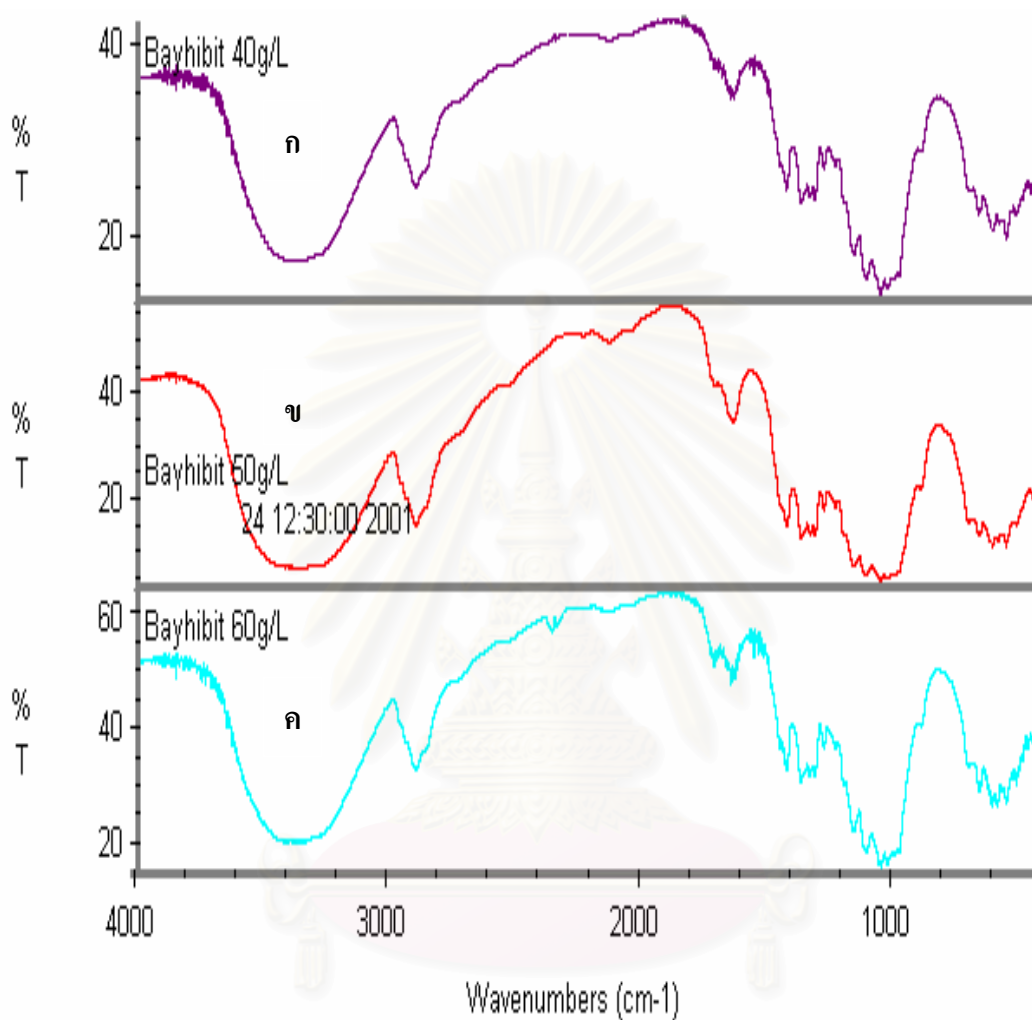
FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านการฝืนกสีด้วยความเข้มข้น 10 20 และ 30 กรัม/ลิตร แสดงดังรูปที่ 4.3 จากผลการทดลองพบว่า การฝืนกสีโดยใช้ Bayhibit เข้มข้น 10 – 30 กรัม/ลิตร ไม่สามารถสังเกตเห็นหมู่เอสเทอร์ในช่วงความถี่ดังกล่าว เนื่องจากหมู่เอสเทอร์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยเกินกว่าที่เครื่อง FTIR จะตรวจวัดได้ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Bayhibit เป็น 40, 50 และ 60 กรัม/ลิตร พบว่า FTIR สเปกตรัมแสดงการดูดกลืนแสงที่ความถี่ 1723 cm^{-1} ซึ่งบ่งบอกว่ามีหมู่เอสเทอร์เกิดขึ้น และความเข้มของการดูดกลืนแสงที่ความถี่ดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Bayhibit ดังแสดงในรูปที่ 4.4 – 4.8

จากผลการทดลองที่ได้สรุปได้ว่า Bayhibit สามารถเกิดพันธะเคมีกับเซลลูโลส กลไกของปฏิกิริยาการฝืนกสีเชื่อว่าเกิดผ่านโครงสร้างแอนไฮไดรด์ (anhydride) แล้วจึงทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสเกิดเป็นพันธะเอสเทอร์ขึ้น รายละเอียดของกลไกการเกิดปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 2.7

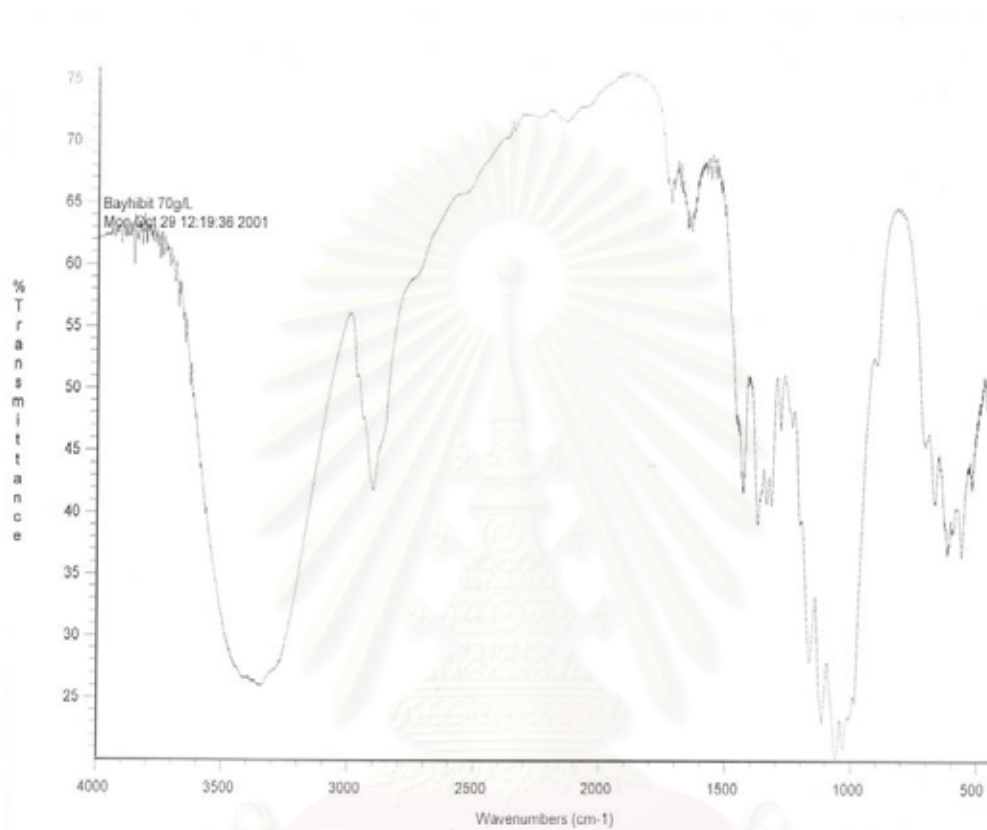
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 FTIR สเปกตรัมของผ้าข้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย ก) Bayhibit ปริมาณ 10 กรัม/ลิตรและไฮเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 10 กรัม/ลิตร ข) Bayhibit ปริมาณ 20 กรัม/ลิตรและไฮเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 20 กรัม/ลิตร ค) Bayhibit ปริมาณ 30 กรัม/ลิตร และไฮเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 30 กรัม/ลิตร

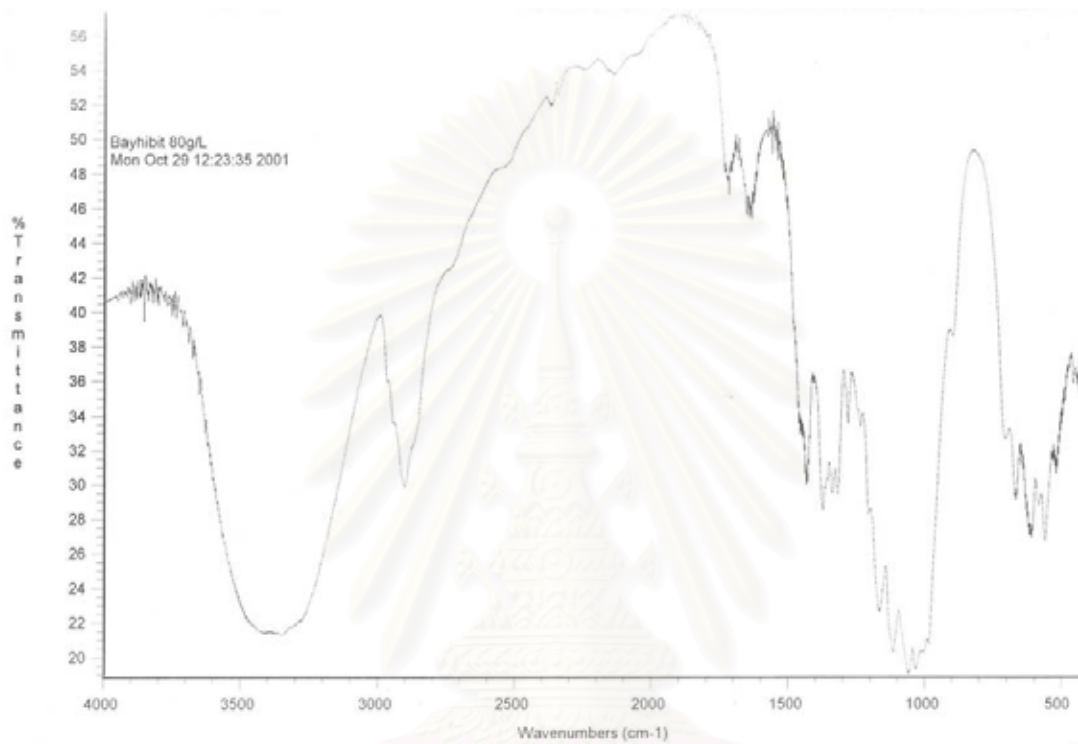


รูปที่ 4.4 FTIR สเปกตรัมของผ้าข้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย ก) Bayhibit ปริมาณ 40 กรัม/ลิตรและไฮเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 40 กรัม/ลิตร ข) Bayhibit ปริมาณ 50 กรัม/ลิตรและไฮเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 50 กรัม/ลิตร ค) Bayhibit ปริมาณ 60 กรัม/ลิตรและไฮเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 60 กรัม/ลิตร



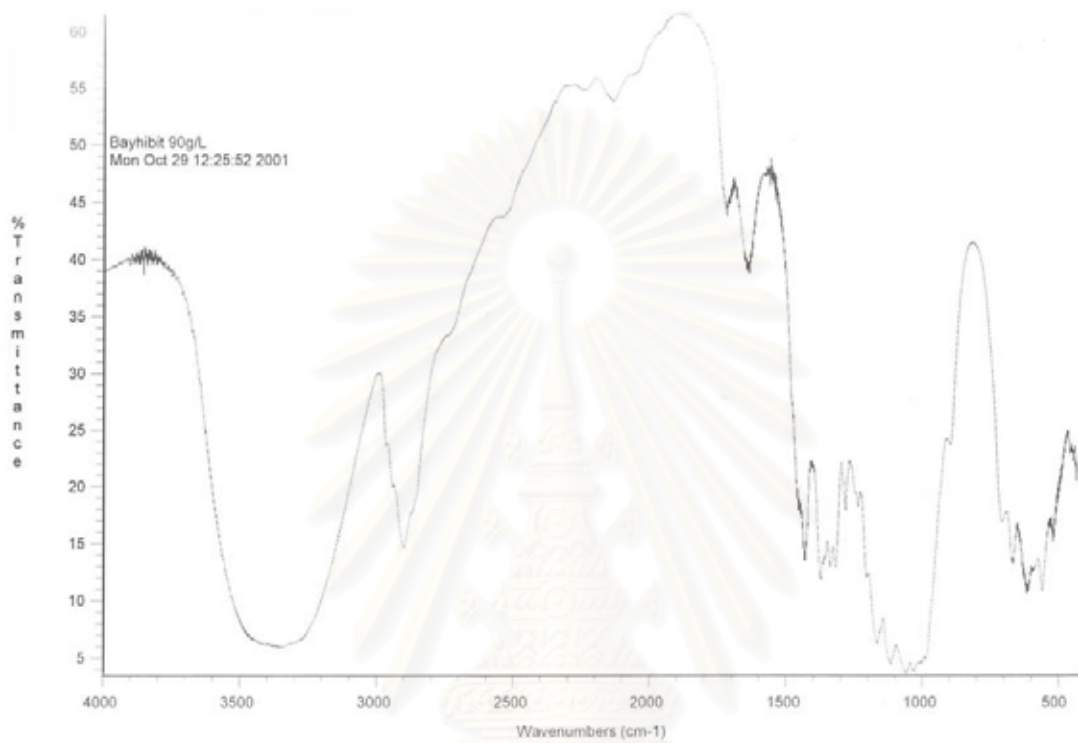
รูปที่ 4.5 FTIR สเปกตรัมของผ้าข้อมที่ผ่านการนึ่งสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 70 กรัม/ลิตร และ โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 70 กรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



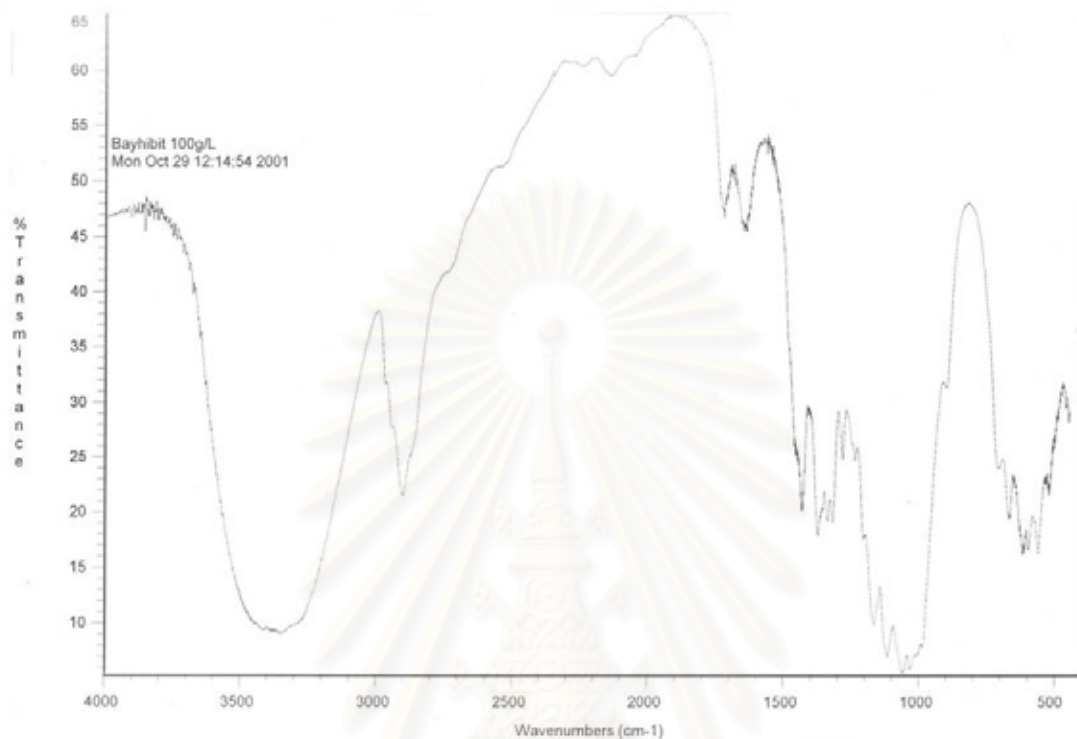
รูปที่ 4.6 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 80 กรัม/ลิตร และ โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 80 กรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 FTIR สเปกตรัมของผ้าข้อมที่ผ่านการนึ่งสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 90 กรัม/ลิตร และ โซเดียมไฮโปไฟสไฟต์ปริมาณ 90 กรัม/ลิตร

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 FTIR สเปกตรัมของผ้าย้อมที่ผ่านการย้อมสีด้วย Bayhibit ปริมาณ 100 กรัม/ลิตร และ โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ปริมาณ 100 กรัม/ลิตร

จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าความเข้มข้นของการดูดกลืนแสงที่ความถี่ 1723 cm^{-1} มีค่ามากที่สุดที่ความเข้มข้นของ Bayhibit 100 กรัม/ลิตร และคาดว่าปริมาณของ Bayhibit บนผ้า จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นของ Bayhibit ที่ใช้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bayhibit ที่ 100 กรัม/ลิตร เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสม ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเข้มข้นนี้ในการทดลองอื่น ๆ ต่อไป

4.3 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนกึ่งให้เกิดพันธะเชื่อมขวาง

การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมสกัดจากดอกคำฝอยทำโดยเปลี่ยนอุณหภูมิอบผืนกึ่งที่ใช้ในการทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยง 3 อุณหภูมิคือ 160 170 และ 180 องศาเซลเซียส แล้ววัดค่าความเข้มสีของผ้าย้อมภายหลังการซักล้างด้วยเครื่องโม่ได้สเปกโตรมิเตอร์ โดยค่าความเข้มของสีบนผ้าที่วัดได้จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการเกิดพันธะเชื่อมขวางของ Bayhibit

ตารางที่ 4.2 ผลได้ของสี (ความเข้มของสีบนผ้า) และร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมที่เตรียมได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิและความเข้มข้นของสีย้อมต่างๆ

อุณหภูมิที่ใช้เกิดพันธะเชื่อมขวาง (°C)	ความเข้มข้นของสี ย้อมดอกคำฝอย (กรัม/ลิตร)	ค่า K/S		ร้อยละการฟีนิกสี (สัมพัทธ์) (%)
		ก่อนการล้าง	หลังการล้าง	
160	5	0.960	0.842	87.71
	10	1.942	1.782	89.38
	15	2.871	1.694	59.00
	20	3.383	2.241	66.24
170	5	0.998	0.748	74.95
	10	2.120	1.353	63.82
	15	2.871	2.020	70.01
	20	4.078	2.523	61.87
180	5	1.111	0.806	72.61
	10	2.005	1.543	77.03
	15	2.995	2.283	76.23
	20	3.451	2.871	83.19

จากค่าในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่อบผืนกึ่งที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด แต่ค่าร้อยละของการฟีนิกสีที่ทุกอุณหภูมิมีค่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ดังนั้นในการทดลองจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส อันเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมและคาดว่าจะไม่ทำให้ผ้าฝ้ายเกิดการเสียหายเป็นอุณหภูมิสำหรับการใช้ในการอบผืนกึ่งสารเชื่อมขวางตลอดการทดลอง

4.4 ผลของวิธีการย้อมต่อการดูดซับสีย้อมและความเข้มสี

4.4.1 การย้อมสีขั้นตอนเดียว

ผลการทดลองการย้อมสีขั้นตอนเดียวโดยใช้สีย้อมจากดอกคำฝอยแสดงในหัวข้อที่ 4.4.4 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการย้อมสีขั้นตอนเดียวด้วยสีย้อมจากดอกคำฝอยมีความเหมาะสม

ในขณะที่การย้อมสีขั้นตอนเดียวไม่สามารถทำได้เมื่อใช้สีย้อมจากขมิ้นชัน เนื่องจากสารเชื่อมขวางที่ใช้มีภาวะเป็นกรดซึ่งสีย้อมจากขมิ้นชันไม่ละลายน้ำในภาวะกรดทำให้สีย้อมเกิดการตกตะกอนไม่สามารถทำการย้อมผ้าได้ การย้อมสีขั้นตอนเดียวจึงไม่เหมาะสมสำหรับสีย้อมจากขมิ้นชัน

4.4.2 การผนึกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี

ในงานวิจัยนี้วัดความเข้มสีของผ้าย้อมที่ได้จากการอบผนึก Bayhibit และโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์เข้มข้นอย่างละ 100 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ก่อนนำผ้ามาย้อมด้วยสีย้อมดอกคำฝอยและสีย้อมขมิ้นชันเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร ค่าผลได้ของสีของผ้าย้อมแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าผลได้ของสี และค่าร้อยละการผนึกสีของผ้าย้อมโดยวิธีการผนึกสาร Bayhibit ก่อนการย้อมสี (สีย้อมจากดอกคำฝอย)

อุณหภูมิที่ใช้เกิดพันธะเชื่อมขวาง (°C)	ความเข้มข้นของสีย้อมดอกคำฝอย (กรัม/ลิตร)	ค่า K/S		ร้อยละการผนึกสี (สัมพัทธ์) (%)
		ก่อนการล้าง	หลังการล้าง	
170	40	4.858	0.305	6.28

จากตารางที่ 4.3 เห็นได้ว่าผ้าย้อมก่อนการล้างมีค่า K/S สูงถึง 4.858 ในขณะที่หลังการล้างด้วยสารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขั้วค่า K/S ลดต่ำลงมาก ทำให้ได้ค่าร้อยละการผนึกสีเพียง 6.28 ทั้งนี้เนื่องมาจากการอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ก่อนการย้อมสีทำให้เกิดพันธะเชื่อมขวาง

ขึ้นในโมเลกุลของผ้า เมื่อนำผ้ามาข้อมด้วยน้ำสีข้อมโมเลกุลของสีข้อมจะติดอยู่ที่ผิวผ้าเท่านั้น ไม่สามารถแพร่เข้าไปในเนื้อผ้าได้จึงทำให้ค่า K/S ก่อนการล้างมีค่าสูง หลังทำการล้างผ้าข้อมด้วยสารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขั้วสีข้อมที่ติดอยู่ที่ผิวผ้าจะหลุดออกไปทำให้ค่า K/S หลังการล้างมีค่าต่ำ

ดังนั้นจึงคาดว่ากลไกการฟีนิกสีเกิดจาก Bayhibit ทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห (net structure) โมเลกุลของสีข้อมจึงไม่สามารถแพร่เข้าไปในโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสได้ ดังนั้นสีข้อมจึงติดอยู่ที่เฉพาะผิวของผ้าเท่านั้น สรุปได้ว่าการข้อมสีภายหลังจากที่ผ้าข้อมได้ผ่านการฟีนิกด้วย Bayhibit แล้วเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสม

สำหรับการทดลองวิธีการข้อมโดยการฟีนิกสีก่อนการข้อมสีด้วยสีข้อมจากขมิ้นชัน การฟีนิกสีก่อนการข้อมสีไม่สามารถทำการข้อมสีได้เนื่องจากสีข้อมจากขมิ้นชันไม่ละลายน้ำในภาวะกรด และสารเชื่อมขวางที่ใช้ในการทดลองอยู่ในภาวะกรดทำให้สีข้อมจากขมิ้นชันเกิดการตกตะกอนไม่สามารถทำการข้อมได้ การฟีนิกสีก่อนการข้อมจึงไม่เหมาะสมกับการข้อมสีจากขมิ้นชัน

4.4.3 การฟีนิกสารเชื่อมขวางหลังการข้อมสี

ในงานวิจัยนี้ศึกษาผล ของการฟีนิกสารเชื่อมขวางหลังการข้อมสีโดยใช้สีข้อมสกัดจากขมิ้นชันซึ่งสีข้อมชนิดนี้สามารถละลายในสารละลายต่างได้ แต่ในขั้นตอนฟีนิกสีที่มีการเติม Bayhibit หรือ 2-phosphono-butane-1,2,4-tricarboxylic acid มีผลทำให้สีข้อมเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นในขั้นการข้อมจึงต้องปรับค่า pH ของน้ำข้อมเพื่อให้สีข้อมสามารถละลายได้ แล้วจึงนำผ้าข้อมมาทำการฟีนิกสีด้วย Bayhibit ที่ความเข้มข้นต่างๆ นำผ้าข้อมที่ได้มาวัดค่าผลได้ของสี, ความคงทนต่อการซักล้าง และ ความคงทนต่อแสง เปรียบเทียบกับผ้าที่ข้อมด้วย unmodified dyed ข้อมูลที่วัดได้แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5

ค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าที่ข้อมจากการข้อมโดยไม่อาศัยสารเชื่อมขวางมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าในระหว่างการล้าง สีข้อมมีการแพร่ออกจากช่องว่างระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสซึ่งไม่มีพันธะเชื่อมขวางได้ แต่สำหรับผ้าที่ผ่านการทำให้เกิดพันธะเชื่อมขวางด้วย Bayhibit พบว่าค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าข้อมเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Bayhibit ที่ใช้ โดยจะมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้ Bayhibit เข้มข้นเท่ากับ 50 กรัม/ลิตร การที่ค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าข้อมเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากมีพันธะเชื่อมขวางเกิดขึ้นในโครงสร้างของผ้าฝ้ายซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้สีข้อมแพร่ออกจากผ้าใน

ระหว่างการล้าง จากงานวิจัยพบว่าผ้าย้อมที่ผ่านการฟีนิกสีมีค่าร้อยละการฟีนิกสีอยู่ในช่วง 83 – 99 เปอร์เซ็นต์ และแม้ว่าการใช้ Bayhibit เข้มข้น 10 กรัม/ลิตรจะให้ค่าร้อยละการฟีนิกสีต่ำสุดคือ 83 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็อยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นการใช้ Bayhibit เข้มข้น 10 กรัม/ลิตรเพียงพอสำหรับการย้อมเพื่อให้สีติดดี

นอกจากนี้ยังทำการทดสอบค่าความคงทนต่อแสงและค่าความคงทนต่อการซักล้างของผ้าย้อมตามมาตรฐาน ISO ดังแสดงผลในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าการย้อมสีโดยใช้ Bayhibit ไม่มีผลให้ค่าความคงทนต่อแสงเปลี่ยนไป แต่มีผลให้ค่าความคงทนต่อการซักล้างดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเข้มข้นของ Bayhibit ช่วยให้ความคงทนต่อการซักล้างดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเนื่องมาจากการเกิดโครงสร้างร่างแหของผ้าย้อมนั่นเอง แต่ปริมาณของ Bayhibit มีผลน้อยมากต่อความคงทนต่อการซักล้าง

การศึกษาผลของการฟีนิกสีหลังการย้อมโดยใช้สีย้อมจากดอกคำฝอย เมื่อนำผ้าฝ้ายซึ่งย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากดอกคำฝอยมาจุ่มในสารละลายสารเชื่อมขวาง ปรากฏว่าสีย้อมดอกคำฝอยบนผ้าฝ้ายหลุดละลายลงไปในสารละลายสารเชื่อมขวาง ทำให้มีสีย้อมเหลือติดบนผ้าฝ้ายเพียงเล็กน้อยแม้สังเกตด้วยตา ดังนั้นการฟีนิกสีสารเชื่อมขวางหลังการย้อมสีไม่เหมาะสมสำหรับใช้ย้อมด้วยสีย้อมจากดอกคำฝอย

ตารางที่ 4.4 ค่าผลได้ของสี และค่าร้อยละการฟุ้งสี ความคงทนต่อแสง และความคงทนต่อการซักล้างของผ้าย้อมด้วยวิธีการย้อมสีธรรมชาติเชื่อมขวางหลังการย้อมสี โดยใช้ความเข้มข้นของ Bayhibit ต่างๆ (สีย้อมจากขมิ้นชัน)

ความเข้มข้นของ สารช่วยย้อมสี (กรัม/ลิตร)	ค่า K/S		ร้อยละการ ฟุ้งสี (สัมพัทธ์) (%)	ค่า ความ คงทนต่อแสง	ค่า ความ คงทนต่อการ ซักล้าง
	ก่อนการ ล้าง	หลังการล้าง			
unmodified	20.643	9.950	48.20	3-4	2
10	21.884	18.299	83.62	3-4	3-4
20	20.888	19.198	91.91	3-4	3Y*
30	21.579	18.427	85.39	3-4	3Y*
40	21.145	18.667	88.28	3-4	3Y*
50	21.697	21.630	99.69	3-4	3Y*
60	20.568	20.443	99.39	3-4	3Y*
70	20.489	20.180	98.49	3-4	3-4Y*
80	19.567	18.281	93.43	3-4	3-4Y*
90	20.284	19.686	97.05	3-4	3-4Y*
100	18.548	17.839	96.18	3-4	3-4Y*

หมายเหตุ Y*= Yellower

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมโดยใช้ Bayhibit ความเข้มข้นต่างๆ เทียบกับผ้าย้อมที่ไม่ใช้ Bayhibit

4.4.4 ผลของความเข้มข้นสีย้อมดอกคำฝอย

ทำการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมดอกคำฝอยโดยใช้ความเข้มข้นสีย้อมต่างๆกันแบบวิธีการย้อมขั้นตอนเดียว สมบัติของผ้าย้อมแสดงดังตารางที่ 4.5 ค่าผลได้ของสี (K/S) จะสังเกตเห็นว่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามความเข้มข้นของสีย้อมที่ใช้และจาก 30 กรัม/ลิตร เป็น 40 กรัม/ลิตร จะเห็นว่าความเข้มของสีบนผ้าแทบไม่ค่อยแตกต่างกัน ดังนั้นคาดว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสีเพิ่มไปเรื่อยๆ ก็คงไม่ทำให้ค่าความเข้มของสีบนผ้าเพิ่มขึ้น ในการศึกษาต่อไปจึงเลือกใช้ค่าความเข้มข้นของสีย้อมสูงสุดที่ 40 กรัม/ลิตร และจากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าร้อยละของการฟีนิกสีเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าค่าร้อยละของการฟีนิกสีไม่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม

ตารางที่ 4.5 ค่าผลได้ของสี และค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมโดยใช้ Bayhibit ที่ความเข้มข้นของสีย้อมต่างๆ

ความเข้มข้นสีย้อม (กรัม/ลิตร)	ค่า K/S		ร้อยละการฟีนิกสี (สัมพัทธ์) (%)
	ก่อนการย้อม	หลังการย้อม	
5	0.997	0.747	74.92
10	1.951	1.445	74.06
15	2.868	2.008	70.01
20	4.030	2.734	67.84
30	4.629	3.305	71.39
40	4.890	3.874	79.22

4.4.5 การย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบฟีนิกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี

ในงานวิจัยนี้ศึกษาผลของการย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบฟีนิกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสีโดยใช้ ซิงค์คลอไรด์เป็นมอร์แดนท์ ค่าผลได้ของสี และค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมแสดงดังตารางที่ 4.6 โดยนำผ้าฝ้ายซึ่งผ่านการอบฟีนิกด้วยสารเชื่อมขวาง Bayhibit มาจุ่มในสารละลายมอร์แดนท์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากนั้นจึงนำไปจุ่มในสารละลายสีย้อม

ตารางที่ 4.6 ค่าผลได้ของสี และค่าร้อยละการฟีนิกสีของผ้าย้อมด้วยมอร์แดนท์ (ซิงค์คลอไรด์) ความเข้มข้นต่างๆโดยวิธีการย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบฟีนิกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี

ความเข้มข้นของ มอร์แดนท์ (%)	ค่า K/S		ร้อยละการฟีนิกสี (สัมพัทธ์) (%)
	ก่อนการล้าง	หลังการล้าง	
1	2.503	0.236	0.09
1.5	1.810	0.205	0.11
2	2.712	0.224	0.08

จากผลการวิจัยพบว่าวิธีการย้อมมอร์แดนท์บนผ้าที่ผ่านการอบผนึกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสีให้ผลคล้ายกับการอบผนึกสารเชื่อมขวางก่อนการย้อมสี กล่าวคือได้ผ้าย้อมที่มีค่าร้อยละการฟีนิกส์และความเข้มของสีต่ำ เนื่องมาจากพันธะเชื่อมขวางที่มีอยู่ในโครงสร้างของเซลลูโลสขัดขวางไม่ให้โมเลกุลของสีย้อมแทรกซึมเข้าไปในใยผ้า นอกจากนี้ผลการวิจัยแสดงว่าไม่พบสารเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำเกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างมอร์แดนท์และสีย้อม ดังนั้นวิธีการย้อมสีภายหลังการมอร์แดนท์จึงเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสม

4.4.6 การย้อมมอร์แดนท์หลังการอบผนึกสารเชื่อมขวาง

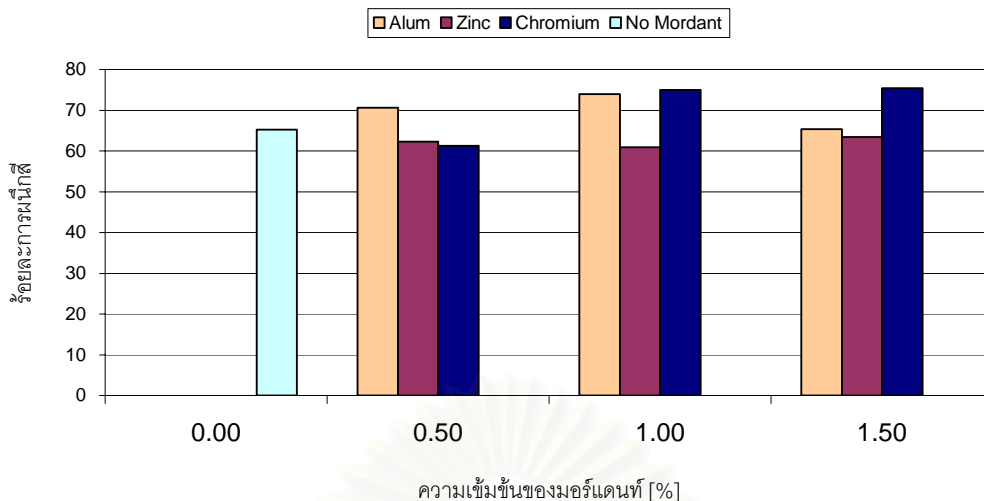
นำผ้าฝ้ายมาย้อมด้วยวิธีการย้อมขั้นตอนเดียวโดยใช้ Bayhibit และ โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ ความเข้มข้น 100 กรัม/ลิตร ผสมกับสีย้อมดอกคำฝอย 40 กรัม/ลิตร หลังจากนั้นทำการอบผนึกผ้าย้อมที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงนำผ้าที่ได้จุ่มในสารละลายมอร์แดนท์ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ความเข้มข้นเป็นเวลา 10 นาทีที่อุณหภูมิห้อง มอร์แดนท์ที่ใช้ในงานวิจัยส่วนนี้คือ สารส้ม ซิงค์คลอไรด์ และโครมซัลเฟต นำผ้าย้อมที่ได้มาทดสอบความคงทนต่อแสงและการซักล้าง ค่าร้อยละการฟีนิกส์และค่าความเข้มสี เปรียบเทียบกับผ้าย้อมที่ได้จากการย้อมโดยวิธีธรรมดา แสดงผลดังตารางที่ 4.7, 4.8 และ รูปที่ 4.6 และ 4.7

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าค่าร้อยละการฟีนิกส์ของผ้าย้อมที่ใช้มอร์แดนท์ความเข้มข้นต่างๆกับผ้าย้อมที่ไม่ใช้มอร์แดนท์มีค่าอยู่ในช่วง 60 – 75 เปอร์เซ็นต์ และดูเหมือนการเพิ่มปริมาณมอร์แดนท์ไม่ช่วยให้การติดสีดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใช้ อย่างไรก็ตามค่าความคงทนต่อแสงและการซักล้างมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่าผลได้ของสี ค่าร้อยละการย่นสี ค่าความคงทนต่อแสง และค่าความคงทนต่อการซักล้างของผ้าย้อมด้วยวิธีการย้อมมอร์แดนท์หลังการอบผนึกสารเชื่อมขวาง โดยใช้มอร์แดนท์ความเข้มข้นต่างๆ

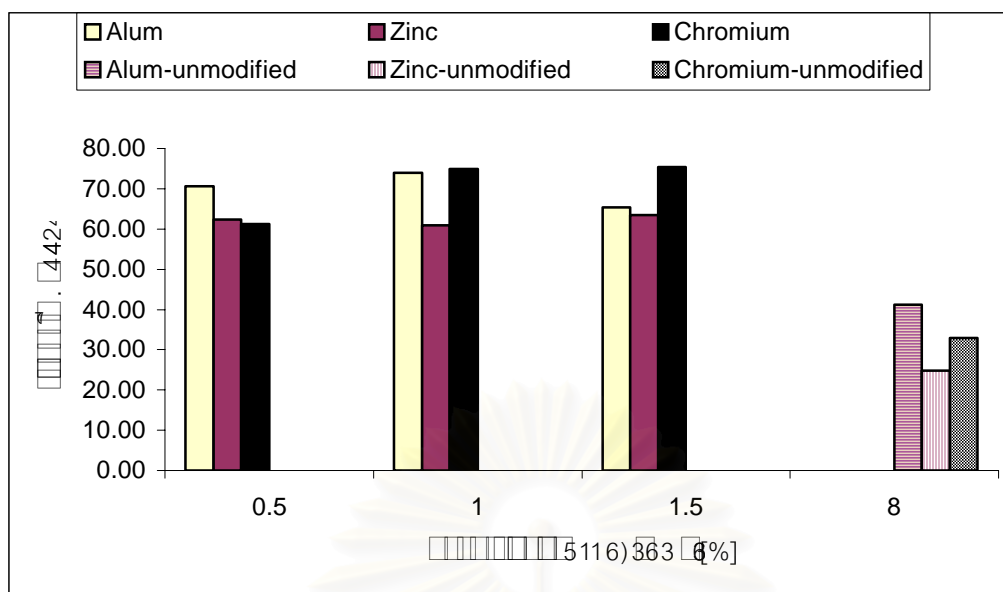
มอร์แดนท์	ความเข้มข้นของมอร์แดนท์ (%)	ค่า K/S		ร้อยละการย่นสี (สัมพัทธ์) (%)	ความคงทนต่อแสง	ความคงทนต่อการซักล้าง
		ก่อนการล้าง	หลังการล้าง			
ไม่ใช้	0	5.250	3.429	64.31	3-4	3
สารส้ม	0.5	5.486	3.877	70.67	4	4
	1.0	5.594	4.136	73.94	4	3-4
	1.5	6.143	4.015	65.36	4	3
ซิงค์คลอไรด์	0.5	4.900	3.051	62.27	4	3-4
	1.0	4.716	2.872	60.90	4	4
	1.5	4.639	2.944	63.46	4	4
โครม	0.5	3.011	1.843	61.21		
	1.0	2.603	1.951	74.95		
	1.5	2.754	2.076	75.38		



รูปที่ 4.10 ค่าร้อยละของการย้อมสีของผ้าที่ย้อมมอร์แดนท์หลังการอบย้อมด้วย Bayhibit

ตารางที่ 4.8 ค่าผลได้ของสี ค่าร้อยละการย้อมสี ค่าความคงทนต่อแสง และค่าความคงทนต่อการซักล้างของผ้าย้อมด้วยวิธีการย้อมแบบดั้งเดิม โดยใช้มอร์แดนท์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์

มอร์แดนท์	ความเข้มข้นของมอร์แดนท์ (%)	ค่า K/S		ร้อยละการย้อมสี (สัมพัทธ์) (%)	ความคงทนต่อแสง	ความคงทนต่อการซักล้าง
		ก่อนซักล้าง	หลังซักล้าง			
Alum	8	2.590	1.068	41.24	2	1
Zinc	8	3.651	0.907	24.84	2	1
Chromium	8	2.839	0.936	32.97	3	1-2



รูปที่ 4.11 ค่าร้อยละการพ่นสีของผ้าย้อมโดยใช้มอร์แดนท์แต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆเทียบกับผ้าย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนท์

4.5 ผลการทดสอบสมบัติความแข็งแรงของผ้าที่อบพ่นสีด้วยสารเชื่อมขวางเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ

นำผ้าฝ้ายมาอบพ่นสีด้วย Bayhibit ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 10-100 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นำผ้าที่ได้มาทดสอบสมบัติความแข็งแรง แสดงค่าในภาคผนวก จากค่าที่ได้จะเห็นว่าความแข็งแรงของผ้ามีค่าใกล้เคียงกันทั้งในผ้าฝ้ายปกติและผ้าที่ปรับปรุงด้วย Bayhibit

4.6 ผลการทดสอบความคงทนต่อการยับของผ้าที่อบพ่นสีด้วยสารเชื่อมขวางเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ

นำผ้าฝ้ายมาอบพ่นสีด้วย Bayhibit ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 10-100 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นำผ้าที่ได้มาทดสอบความคงทนต่อการยับแสดงค่าตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าความคงทนต่อการยับของผ้าที่อบแห้งด้วยสารเชื่อมขวางเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ

ความเข้มข้นของ Bayhibit กรัม/ลิตร	ค่าความคงทนต่อการยับ
0	1
10	2
20	2
30	2
40	2
50	2
60	2
70	2
80	2
90	2
100	2

ค่าความคงทนต่อการยับสามารถพิจารณาได้ตามมาตรฐาน AATCC ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดง

Fabric Smoothness Ratings

5- an appearance equivalent to the WR-5

4- an appearance equivalent to the WR-4

3- an appearance equivalent to the WR-3

2- an appearance equivalent to the WR-2

1- an appearance equivalent to the WR-1

โดยความเรียบของผ้าเรียงจากตัวเลขมากไปน้อย นั่นคือ 5 เรียบมาก-1 ยับมากที่สุด

จากค่าที่ได้จะเห็นผ้าที่ปรับปรุงด้วย Bayhibit มีค่าความคงทนต่อการยับดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ แต่ปริมาณความเข้มข้นของ Bayhibit ไม่ทำให้ค่าความคงทนต่อการยับเปลี่ยนแปลง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการพ่นกีสัณธรมชาติจากดอกคำฝอยและขมิ้นโดยใช้กรดพอลิคาร์บอซิลิกได้แก่ กรด 2-ฟอสโฟโนโนบิวเทน-1,2,4-ไตรคาร์บอซิลิก หรือชื่อทางการค้าคือ Bayhibit เป็นสารช่วยติดสีและโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถช่วยให้ค่าร้อยละการติดสี ความคงทนต่อการซัก และความคงทนต่อการยับของผ้าฝ้ายดีขึ้น โดยกรดพอลิคาร์บอซิลิกจะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางกับเซลลูโลสโดยเอสเทอร์บอนด์ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการใช้เทคนิค FT-IR โดยใช้ความเข้มข้นของ Bayhibit และโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์เท่ากับ 100 กรัม/ลิตร ใช้อุณหภูมิในการพ่นกีสัณธ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

วิธีการย้อมสีจากขมิ้นที่เหมาะสม คือการย้อมสีก่อนการพ่นกีสัณธสารเชื่อมขวาง หลังการย้อมสีเมื่อพ่นกีสัณธด้วย Bayhibit สีย้อมจะเปลี่ยนอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นในการย้อมสีจากขมิ้นการใช้มอร์แดนที่จึงไม่มีความจำเป็น และโดยวิธีการย้อมนี้ทำให้ค่าร้อยละของการติดสี ความสดใน และความคงทนต่อการซักของผ้าดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการย้อมสีธรรมชาติดั้งเดิม ซึ่งคาดว่า การเกิดโครงสร้างร่างแหของเซลลูโลสช่วยป้องกันไม่ให้โมเลกุลของสีย้อมหลุดออกมาจากเส้นใยในการซักล้าง ความเข้มข้นของสารเชื่อมขวางหรือ Bayhibit มีผลเล็กน้อยเท่านั้นต่อค่าร้อยละการติดสีซึ่งให้ค่าสูงสุดเมื่อความเข้มข้นของ Bayhibit เท่ากับ 50 กรัม/ลิตร แต่ไม่ทำให้ค่าความคงทนต่อการซักล้างเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามค่าร้อยละของการติดสีเมื่อใช้ Bayhibit ที่ความเข้มข้นอื่น ๆ ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังนั้นในการย้อมเพื่อให้ได้ค่าร้อยละการติดสีในช่วงนี้จะต้องใช้ Bayhibit อย่างน้อยที่ความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร

วิธีการย้อมที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีจากดอกคำฝอยคือการย้อมในขั้นตอนเดียวโดยการย้อมมอร์แดนทีหลังการย้อมและพ่นกีสัณธสารเชื่อมขวาง ผลการทดลองแสดงค่าร้อยละการติดสี ความเข้มของสี รวมถึงความคงทนต่อการซักที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการย้อมโดยวิธีดั้งเดิม มอร์แดนทีซึ่งใช้ในการทดลองได้แก่ ออลัม ซิงค์คลอไรด์ และโครมซัลเฟต อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณมอร์แดนทีไม่ทำให้ค่าร้อยละการติดสี และคุณสมบัติความคงทนต่อการซักของผ้า

ดีขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองกล่าวได้ว่าไม่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำระหว่างสีย้อมกับมอร์แดนท์

ความคงทนต่อแสงของผ้าฝ้ายซึ่งย้อมด้วยสีย้อมจากขมิ้นและผ่านการฟีนิกสีด้วย Bayhibit เมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมแบบดั้งเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ย้อมด้วยสีจากดอกคำฝอยและฟีนิกสีด้วย Bayhibit และใช้มอร์แดนท์มีค่าความคงทนต่อแสงสูงขึ้นเล็กน้อย

ความคงทนต่อการซักของผ้าฝ้ายซึ่งถูกอบฟีนิกโดย Bayhibit มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ Bayhibit ไม่มีผลต่อความคงทนต่อการซัก

ความแข็งแรงของผ้าฝ้ายซึ่งถูกอบฟีนิกโดย Bayhibit ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ

ดังนั้นจากการทดลองกล่าวได้ว่าการใช้กรดพอลิคาร์บอซิลิกในการฟีนิกสีย้อมจากดอกคำฝอยและขมิ้นสามารถช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในการย้อมสีธรรมชาติแบบดั้งเดิมนั้นคือปัญหาการดูดสีต่ำ การมีปริมาณน้ำสีที่มากเกินไป ทั้งยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของผ้าฝ้ายให้ดีขึ้นด้วย อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณการใช้มอร์แดนท์ลงด้วย ดังนั้นจึงอาจเป็นแนวทางให้ภาคอุตสาหกรรมที่สนใจได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทำการศึกษเพิ่มเติมเกี่ยวกับ

- ทำการทดลองกับสีย้อมธรรมชาติตัวอื่น ๆ เช่น สีย้อมคราม สีจากครั่ง เป็นต้น
- ทำการศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น ๆ เช่น ไหม

รายการอ้างอิง

1. จิราภรณ์ อรัณยะนาค, สีย้อมธรรมชาติ, ศิลปากร 26, 2525:96-123
2. ปิยชาติ ไตรสารศรี, การศึกษาอนุกรมวิธานของพืชให้สีย้อมเส้นใยธรรมชาติในประเทศไทย.
วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
3. อนันต์เสวก เหวซึ่งเจริญ, รายงานการวิจัยเรื่อง "การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับ
อุตสาหกรรมครอบครัว", 2543.
4. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.), ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชีย
ตะวันออกเฉียงใต้ 3 พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน, 2544.
5. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, วิทยาศาสตร์เส้นใย, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พิมพ์ครั้งที่ 2, 2543.
6. B. A. Kottes Andrews & Nancy M. Morris. Alkali Metal Salts of Hydroxy Acids as
Catalysts in Durable Press Finishing with Butanetetracarboxylic Acid. J. Text
Inst. Vol 84, No.4, Textile Institute (1993).
7. Brain Glover & Jeffrey H Pierce. Are natural colorants good for your health?. J. Textile
Chemist and Colorist Vol.27, No.4 (1995): 17-20.
8. Charles Q. Yang & B.A. Kottes Andrews. Infrared Spectroscopic Studies of the
Nonformaldehyde Durable Press Finishing of Cotton Fabrics by Use of
Polycarboxylic Acids. J. of Applied Polymer Science Vol. 43 (1991): 1609-1616.
9. Charles Q. Yang. FTIR Spectroscopy Study of Ester Crosslinking of Cotton Cellulose
Catalyzed by Sodium hypophosphite. J. Textile Rev Vol.71, No.3 (2001):201-206.
10. Clark M. Welch & B.A. Kottes Andrews. Ester Crosslinks: A Route to High Performance
Nonformaldehyde Finishing of Cotton. J. Textile Chemist and Colorist Vol.21,
No.2, (1989): 13-17.
11. C Preston. The dyeing of cellulosic fibers. The Eastern Press Ltd., 1986.
12. DJ Hill. Is there a future for natural dyes?. Rev. Prog. Coloration Vol.27 (1997): 18-25.
13. Dr. Astrid Faust. Natural dyeing of textiles with export destinations. United Nations,
Bangkok, 2545.
14. EG Tsatsaroni & IC Eleftheriadis. The colour and fastness of natural saffron. J. of the
society of Dyers and Colorists Vol.110 (1994): 313-315.
15. GAF Henry & J D Houghton. Natural Food Colorants. Chapman & Hall, 1996.

16. Gill Dalby. Greener mordants for natural coloration. J. Textile Chemist and Colorist Vol.27, No.4 (1995).
17. G J Lauro & F J Francis. Natural Food Colorants. Marcel Dekker, 2000.
18. G Solomons. Organic Chemistry. John Wiley & Sons Inc.. 7th Edition, 1998.
19. G W Taylor. Natural Dyes in Textile Applications. Rev. Prog. Coloration Vol.16 (1986): 53-61.
20. H Petersen. The chemistry of crease-resist crosslinking agents. Rev. Prog. Coloration Vol.17 (1987): 7-22.
21. H Schweppe. Handbuch der Naturfarbstoffe. Ecomed, 1993.
22. I. Holme. New Developments in the Chemical Finishing of Textiles. J. Text. Inst. Vol.84, No.4 Textile Institute (1993): 520-532.
23. J Shore, Ed. Colorants and auxiliaries. Vol.1 (Bradford:SDC,1990).
24. J & M Cannon. Dye Plants and Dyeing. The Herbert Press, 1994.
25. Mike Lomas. Textile wet processing and the environment. J. Textile Chemist and Colorist Vol.27, No.4 (1995).
26. M L Cowan & ME Jungerman. Introduction to Textiles. Pentice-Hall, Inc., 1980.
27. M Moeyes. Natural Dyeing in Thailand. White Lotus, 1993
28. Patricia Cox Crews. The influence of mordant on the light fastness of yellow natural dyes. J. of the American Institute for Conservation. Vol. 21, No. 2 (1982): 43-58.
29. R.K. Gupta. Manufacture of Textile Auxiliaries & Chemicals. SBP, 1989.
30. S A Abdel-Hafiz. Fixation of a direct dye on cotton using a cellulose thiocarbonate/ammonium persulphate system. JSDC Vol. 113 (1997): 170-173.
31. A K Dharwa. <http://www.ecouncil.ac.cr/devalt/livelihoods/resources.html>, 11/2001
32. H Bohmer. http://www.dobag.com.au/dobag/dobag_story_page7.html, 11/2001
33. K Driessen. <http://www.quilthistory.com/dye.html>, 11/2001
34. L Siobhan. <http://www.kws.atlantia.sca.org/dyeing.html>, 11/2001
35. M Dorner. <http://www.smith.edu/hsc/silk/Papers/meredith.html>, 11/2001
36. S C Druding. <http://www.straw.com/sig/dyehist.html>, 11/2001
37. <http://www.raise.org/natural/pubs/dyes/dyes.stm>, 11/2001
38. http://www.apparesearch.com/natural_dye.html, 11/2001
39. www.pbsltd.com/Eco/ecohistory.html, 11/2001



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ข้อมูลดิบการทดสอบสมบัติความทนแรงดึงของผ้าที่ปรับปรุงด้วย Bayhibit เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายปกติ

ตารางที่ 1 ค่าความทนแรงดึงของผ้าที่ปรับปรุงด้วย Bayhibit

ค่าความทนแรงดึงของด้ายพุ่ง (MPa)		
ปริมาณ Bayhibit กรัม/ลิตร	MEAN	SD
0	0.8	0.1
1	0.59	0.12
2	0.63	0.15
3	0.65	0.06
4	0.70	0.06
5	0.77	0.04
6	0.81	0.11
7	0.89	0.11
8	0.91	0.05
9	0.92	0.05
10	0.97	0.03

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความทนแรงดึงของด้ายยีน (MPa)		
ปริมาณ Bayhibit กรัม/ลิตร	MEAN	SD
0	1.95	0.18
1	1.35	0.17
2	1.31	0.18
3	1.78	0.29
4	1.81	0.17
5	1.83	0.24
6	2.01	0.41
7	2.55	0.14
8	2.77	0.18
9	2.83	0.03
10	2.90	0.12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 ความสามารถในการยัดตั้ง ณ จุดขาด

% การยัดตั้ง ณ จุดขาดของด้ายพุ่ง		
ปริมาณ Bayhibit กรัม/ลิตร	MEAN	SD
0	20.35	1.00
WR1	20.38	1.00
WR2	19.64	2.04
WR3	20.83	0.98
WR4	19.70	0.64
WR5	19.50	0.68
WR6	19.85	0.78
WR7	20.02	0.85
WR8	19.65	0.69
WR9	20.22	0.93
WR10	19.78	0.75

% การยึดติง ณ จุดขาดของด้ายยีน		
ปริมาณ Bayhibit กรัม/ลิตร	MEAN	SD
0	29.78	1.0
WR1	26.99	2.39
WR2	28.65	0.97
WR3	29.11	1.4
WR4	29.93	1.2
WR5	29.88	1.1
WR6	29.75	1.0
WR7	29.52	1.0
WR8	28.63	0.97
WR9	29.15	1.4
WR10	29.33	0.99

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ผุสดี แซ่ลิ้ม เกิดวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2510 สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาพอลิเมอร์และสิ่งทอ จากภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2532 หลังจากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อใน
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2543 และ
สำเร็จการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2545 ปัจจุบันรับราชการที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย