สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม

นางสาวจันทนา เทศเจริญ

นางสาววสุ วงศ์ไชยกุล

นางสาวอรกนก บุญธรรมติระวุฒิ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49253
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2547
.....
.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Colorant Extraction from Petals of Marigold for Dyeing Application

Miss Chantana Tescharoen

Miss Vasu Wongchaikul

Miss Onkanok Boonthumtirawuti

A special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม

นักศึกษา นางสาวจันทนา เทศเจริญ

นางสาววสุ วงศ์ไชยกุล

นางสาวอรกนก บุญธรรมติระวุฒิ

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.พัชนี เจริญยิ่ง

ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

---------- หัวหน้าภาควิชาเคมี

(รศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

---------- ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร. ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์)

---------- กรรมการ

(อ. สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล)

---------- กรรมการ

(รศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

---------- กรรมการ

(ดร.พัชนี เจริญยิ่ง)

---------- กรรมการ

(ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ การสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม
นักศึกษา นางสาวจันทนา เทศเจริญ
นางสาววสุ วงศ์ไชยกุล
นางสาวอรกนก บุญธรรมติระวุฒิ
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2545
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.พัชนี เจริญยิ่ง
ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการย้อมผ้าฝ้าย โดยศึกษาสภาวะของกลีบดอกดาวเรืองและระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการย้อมสีผ้าฝ้ายเพื่อให้มีสีที่สวยงามและมีความคงทนของสีที่ดี ได้แก่ ความเข้มข้นของสารให้สี สารยึดติด และอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม พบว่าปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือการใช้สารยึดติด ซึ่งทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีมีสีเหลืองออกแดงที่สดใสและมีความคงทนของสี่ที่ดีกว่าการไม่ใช้สารยึดติด การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สี มีผลทำให้ผ้าฝ้ายมีสีเหลืองออกแดงที่เข้มและมีความสดใสเพิ่มมากขึ้น แต่อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ไม่มีผลต่อการย้อมสีผ้าฝ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Colorant Extraction from Petals of Marigold for Dyeing Application
Name	Miss Chantana Tescharoen Miss Vasu Wongchaikul Miss Onkanok Boonthumtirawuti
Department	Chemistry
Program	Industrial of Chemistry
Academic Year	2002
Special Project Advisor	Assoc.Prof.Dr.Somsak Woramongconchai
Special Project Co-advisor	Dr.Patchanee Charoenying Dr.Jutarat Prachayawarakorn

Abstract

This research aimed to extract colorants from petals of marigold for cotton fabric dyeing application. The optimum condition for the extraction of the high quantity colorant that can dye cotton fabric from differences in marigold petal states and solvent system were studied. It was found that the optimum condition for the extraction was obtained from dried petals of marigold by using 95% ethanol. In addition experimental factors, for examples , concentration of colorants , mordant and ratio of fabric weight to volume of dyestuff solution were examined in order to obtain beautiful color and good color fastnesses. The results showed that the important factor was the mordant , resulted in brighter yellow-red color and better color fastness than that of the non-mordant. The increase in colorant concentration leaded to the intense yellow-red color and brightness. However, the cotton fabric dyeing was not resulted from the ratio of fabric weight to volume of dye stuff solution.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดรสมศักดิ์ วรมงคลชัย ดร.พัชนี เจริญยิ่ง และ ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ สั่งสอน และให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ อ.สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล และ ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์ คณะกรรมการทั้งสอบท่านที่ได้แก้ไขและตรวจสอบโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในการให้คำแนะนำในการตรวจสอบตัวอย่างและการใช้สารเคมี

ขอขอบคุณ คุณชวนพิศ สีมาขจร ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณสุรพล ยิ่งเจริญยืนยงและคุณสมบัติ ไชยรัตนตรัย จาก บริษัท ซี.พี.เอส. โปรดักส์ จำกัด ได้ให้ความอนุเคราะห์เรื่องผืนผ้าฝ้ายดิบ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในการเบิกอุปกรณ์และสารเคมี

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสาวจันทนา เทศเจริญ
นางสาววสุ วงศ์ไชยกุล
นางสาวอรกนก บุญธรรมติรวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ชนิดของดอกดาวเรือง	3
2.2 ลักษณะโครงสร้างของสารให้สีในกลีบดอกดาวเรือง	3
2.3 การสกัดสารออกจากวัสดุธรรมชาติ	5
2.4 สารให้สี	6
2.5 ระบบการวัดสี	16
2.6 ฝ้าย	17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	25
3.2 วิธีการทดลอง	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 การศึกษาสภาวะของกลีบดอกดาวเรืองและตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสีจากกลีบดอกดาวเรือง	35
4.2 การศึกษาสมบัติการดูดกลืนแสงของสารให้สีที่สกัดได้	41
4.3 การศึกษาผลของสารให้สีการใช้สารยึดติดและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่มีต่อการย้อมสีผ้าฝ้าย	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.5 การศึกษาความคงทนของการย้อมติดสี 49

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผล 72

5.2 ข้อเสนอแนะ 73

เอกสารอ้างอิง 74

ภาคผนวก 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ชนิดของสีย้อมตามสมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์	8
ตารางที่ 2.2	ชนิดของสีย้อมตามสมบัติทางเคมีและการใช้ประโยชน์	9
ตารางที่ 2.3	ตัวอย่างชนิดของสารคลอโรฟิลล์	15
ตารางที่ 3.1	ความเข้มข้นของสารยึดติด (Thickening Agent) และสารให้สีที่สกัดได้	28
ตารางที่ 4.1	ปริมาณและลักษณะของสารให้สีที่สกัดได้จากตัวทำละลายน้ำและเอทานอลบริสุทธิ์	35
ตารางที่ 4.2	ปริมาณและลักษณะของสารให้สีที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยตัวทำละลายเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ	37
ตารางที่ 4.3	ผลการตรวจสอบลักษณะของสีที่ติดบนผ้าด้วยเครื่องวัดสี	39
ตารางที่ 4.4	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารให้สีความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มของระบบตัวทำละลายเอทานอล 95 % โดยปริมาตร	41
ตารางที่ 4.5	ผลการตรวจสอบลักษณะของสีที่ติดบนผ้าด้วยเครื่องวัดสีของผ้าฝ้ายชิ้นทดสอบ	43
ตารางที่ 4.6	การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอาร์กโดยใช้เกรย์สเกล	50
ตารางที่ 4.7 (ก)	การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอกโดยใช้เกรย์สเกล	52
(ข)	การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสีหลังการซักฟอกโดยใช้เครื่องวัดสี	53
(ค)	การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสีหลังการซักฟอกโดยใช้เครื่องวัดสี	54
ตารางที่4.8 (ก)	ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรด	56
(ข)	การเปลี่ยนแปลงของสีหลังการทดสอบความคงทนต่อเหงื่อในสภาวะกรดโดยใช้เครื่องวัดสี	57
(ค)	การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรดโดยใช้เครื่องวัดสี	59
ตารางที่ 4.9 (ก)	ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส	61
(ข)	การเปลี่ยนแปลงของสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส โดยใช้เครื่องวัดสี	62
(ค)	การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสโดยใช้เครื่องวัดสี	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู 66

ตารางที่4.11 (ก) ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ 68

(ข) การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสีหลังการทดสอบความคงทนของสี
ต่อน้ำโดยใช้ เครื่องวัดสี 69

(ค) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสีหลังการทดสอบความคงทนของสี
ต่อน้ำโดยใช้ เครื่องวัดสี 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	สูตรโครงสร้างของสารให้สีที่พบในกลีบดอกดาวเรือง	4
รูปที่ 2.2	สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารฟลาโวนส์	11
รูปที่ 2.3	สูตรโครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานิดินและแอนโทไซยานิน	12
รูปที่2.4	สูตรโครงสร้างทางเคมีของแคโรทีนอยด์	14
รูปที่ 2.5	สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ (ก) และหมู่ฟีทิล (ข)	14
รูปที่ 2.6	สูตรโครงสร้างของไมโกลบิน	15
รูปที่ 2.7	CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space	16
รูปที่ 2.8	ส่วนประกอบต่างๆ ที่พบในเส้นใยฝ้าย	18
รูปที่ 2.9	พันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างโซ่พอลิเมอร์ที่อยู่ติดกันภายในบริเวณที่เป็นผลึกของเส้นใยฝ้าย	19
รูปที่ 4.1 (ก)	สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองสดด้วยน้ำกลั่น	
(ข)	สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองสดด้วยเอทานอลบริสุทธิ์	
(ค)	สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยน้ำกลั่น	
(ง)	สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยเอทานอลบริสุทธิ์	36
รูปที่ 4.2 (ก)	สารให้สีที่สกัดได้จากน้ำกลั่น	
(ข)	สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์	
(ค)	สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์	
(ง)	สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์	
(จ)	สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์	
(ฉ)	สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลบริสุทธิ์	37
รูปที่ 4.3 (ก)	ผ้าฝ้ายมาตรฐานก่อนการย้อม	
(ข)	ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล25 เปอร์เซ็นต์	
(ค)	ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์	
(ง)	ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล 75 เปอร์เซ็นต์	
(จ)	ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์	
(ฉ)	ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอลบริสุทธิ์	38
รูปที่ 4.4	สเปกทรัมของสารให้สีที่วัดด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลในช่วง 200-500 นาโนเมตร	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.5	ลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายในสภาวะต่างๆ	42
รูปที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L^*) และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อปริมาตรสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นของสารให้สีต่างๆ	44
รูปที่ 4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ	45
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า b^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ	46
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ	47
รูปที่ 4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า h^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ	48
รูปที่ 4.11	ลักษณะการเปลี่ยนสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอาร์ก	49
รูปที่ 4.12	การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก	51
รูปที่ 4.13	การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรด	55
รูปที่4.14	การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส	60
รูปที่ 4.15 (ก)	ลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายมาตรฐานหลังทดสอบการขัดถูแบบเปียก	64
(ข)	ลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายมาตรฐานหลังทดสอบการขัดถูแบบแห้ง	65
รูปที่ 4.16	การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในสมัยโบราณได้มีการนำพืชมาสกัดเป็นสีย้อมเพื่อใช้ในการย้อมสีเสื้อผ้าหรือสิ่งทอต่างๆ แต่มีการใช้ไม่แพร่หลายนัก ต่อมาในปัจจุบันได้มีผู้ที่สนใจในเรื่องของสีย้อมที่ได้จากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นที่ทราบว่าการใช้สีย้อมสังเคราะห์นั้นก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้การใช้สีย้อมที่ได้จากธรรมชาติจะช่วยลดปัญหานี้ รวมทั้งสามารถแก้ปัญหาสารพิษตกค้างได้ ดังนั้นการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรือง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมสีย้อมได้ เนื่องจากประเทศไทยนิยมปลูกดอกดาวเรืองกันอย่างแพร่หลายทำให้ดอกดาวเรืองมีราคาไม่แพง รวมทั้งในการประยุกต์นี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติในทางเศรษฐกิจอีกด้วย

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งดาวเรืองเป็นผลผลิตทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันมาก เนื่องจากง่ายต่อการเพาะปลูก มีราคาถูก ทำให้มีผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการนำดอกดาวเรืองมาใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เภสัชกรรม เครื่องสำอาง พลาสติกและสีย้อม โดยสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองจะนำมาประยุกต์ใช้ในการย้อมสีผ้าไหมและขนสัตว์ แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นเมืองร้อน ผ้าฝ้ายจึงมีความเหมาะสมต่อการสวมใส่มากกว่าในอากาศลักษณะนี้ เพราะผ้าฝ้ายมีสมบัติการดูดซับน้ำและการถ่ายเทความร้อนได้ดี โครงงานพิเศษนี้จึงเกี่ยวข้องกับการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรือง เพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรือง

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารให้สีที่มีต่อการย้อมสีผ้าฝ้าย

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารยึดติดที่มีต่อการย้อมสีผ้าฝ้าย

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของผลของอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม

1.2.5 เพื่อศึกษาความคงทนของการติดสีบนผ้าฝ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงาน

1.3.1 สกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรือง

1.3.2 นำสารให้สีที่สกัดได้มาประยุกต์ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย

1.3.3 นำสารยึดติด (สารส้ม) มาช่วยในการย้อมสีผ้าฝ้าย

1.3.4 ทดสอบความคงทนของสี ได้แก่ ความคงทนต่อแสง (แสงซีนอนอาร์ก) ความคงทนต่อการซักฟอก ความคงทนต่อเหงื่อ ความคงทนต่อการขัดถู และความคงทนต่อน้ำ รวมทั้งตรวจวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสีและภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

นำกลีบดอกดอกดาวเรืองสดมาตัดย่อย แบ่งส่วนหนึ่งนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำทั้งสองส่วนมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอลที่อัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบสารให้สีที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองสดและกลีบดอกดาวเรืองแห้งในตัวทำละลายต่างๆ แล้วจึงเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด นำสารให้สีที่สกัดได้มาตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปคโตรโฟโตเมทรี (UV-Visible Spectrophotometry) จากนั้นจึงนำสารให้สีที่สกัดได้มาย้อมผ้าฝ้ายโดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารยึดติดรวมทั้งสารให้สีที่ได้จากกลีบดอกดาวเรือง และอัตราส่วนของสารละลายสีย้อมต่อน้ำหนักผ้าฝ้าย แล้วจึงนำมาผ้าฝ้ายย้อมสีมาทดสอบความคงทนของสีที่มีต่อแสง การซักฟอก เหงื่อ การขัดถูและน้ำ รวมถึงการวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) และภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำสารให้สีที่สกัดได้จากดอกดาวเรืองมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการย้อมสีผ้าฝ้ายได้

1.5.2 สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีผ้าฝ้ายตามลักษณะการใช้งาน

1.5.3 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและช่วยลดปัญหาสารตกค้างที่เกิดจากการใช้สีย้อมสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ดาวเรือง (Marigold : *Tagetes spp.* อยู่ในตระกูล *Compositae*) [1] มีถิ่นกำเนิดในประเทศเม็กซิโก ต่อมาได้มีการนำเข้าไปในยุโรปเนื่องจากเป็นดอกไม้ที่สวยงามและปลูกง่าย จึงใช้เป็นดอกไม้หน้าแท่นบูชาพระแม่แมรี และเนื่องจากดอกดาวเรืองดั้งเดิมมีเพียงสีเดียว คือ สีเหลือง จึงเรียกชื่อดอกไม้ชนิดนี้ว่า Mary's gold ต่อมาจึงเปลี่ยนเป็น Marigold แต่ในปัจจุบันดาวเรืองมีหลายสี เช่น สีเหลืองทอง สีส้ม สีขาว และสองสีในดอกเดียวกัน มีทั้งดอกชั้นเดียวและดอกหลายชั้นจึงนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายรวมทั้งในประเทศไทยด้วย

2.1 ชนิดของดอกดาวเรือง [2]

ดอกดาวเรืองที่พบเห็นและปลูกอยู่ในปัจจุบันมี 5 ชนิด คือ

1. *Tagetes erecta* เรียกกันโดยทั่วไปว่า American marigolds หรือ African marigolds หรือ Friendship marigolds ซึ่งเป็นชนิดต้นสูง กลีบดอกซ้อน ขนาดดอกใหญ่

2. *Tagetes patula* มีชื่อเรียก โดยทั่วไปว่า French marigolds เป็นชนิดต้นเตี้ย

3. *Triploid marigolds* เป็นลูกผสมที่เกิดจาก *Tagetes erecta* กับ *Tagetes patula* ซึ่งดอกจะบานเร็วและทนทานกว่า

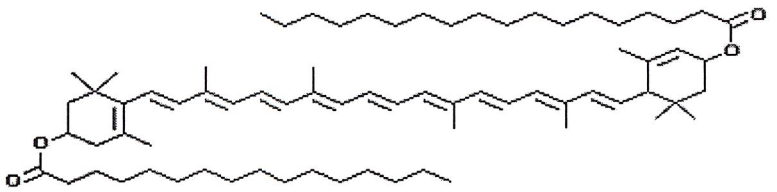
4. *Tagetes tenuifolia pumila* หรือ Tagetes signata pamila หรือเรียกสั้นๆว่า Signet marigold มีพุ่มต้นเตี้ย กลีบดอกชั้นเดียว ขนาดดอกเล็ก

5. *Tagetes filifolia* หรือ Foliage marigolds มีลักษณะใบที่สวยงาม พุ่มต้นแน่น

2.2 ลักษณะโครงสร้างของสารให้สีในกลีบดอกดาวเรือง

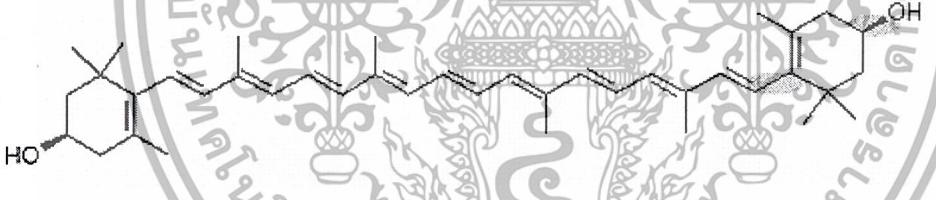
ในกลีบดอกดาวเรืองมีสารให้สีที่เรียกว่า แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ซึ่งเป็นเม็ดสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) อยู่จำนวนมาก [3] ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยเป็นสารจำพวกซีแซนทีน (Zeaxanthin) ลูทีน (Lutein) ลูทีนเอสเทอร์ (Lutein ester) [4] นอกจากนี้สารให้สีที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองยังประกอบด้วยเม็ดสีในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) [5] สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารให้สีที่พบในกลีบดอกดาวเรืองแสดงดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

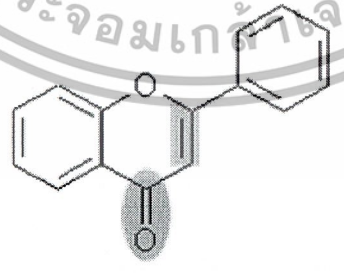


Lutein ester

Lutein



Zeaxanthin



Flavone

รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของสารให้สีที่พบในกลีบดอกดาวเรือง [6,7,8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสกัดสารจากวัสดุธรรมชาติ [9]

โดยทั่วไปในการสกัดสารจากวัสดุธรรมชาติ ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะเนื้อเยื่อ ปริมาณน้ำ สมบัติของสารในการทนทานต่อความร้อน ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ และชนิดของสารที่ต้องการสกัด วิธีที่นิยมใช้ในการสกัดสารจากวัสดุธรรมชาติมีดังนี้

2.3.1. Maceration เป็นวิธีการสกัดโดยการหมักวัสดุธรรมชาติ เช่น เนื้อเยื่อพืชกับตัวทำละลายในภาชนะปิด เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปกรวย ปกติจะทิ้งไว้ 7 วัน โดยเขย่าหรือคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดเวลาจะค่อยๆ รินสารออกและพยายามบีบเอาสารละลายออกจากกากให้มากที่สุด จากนั้นรวบรวมสารได้นำไปกรอง ถ้าต้องการสกัดให้หมดอาจต้องสกัดหลายๆ ครั้ง ข้อดีของวิธีนี้ คือ สารไม่ได้รับความร้อน แต่ข้อเสียคือสิ้นเปลืองตัวทำละลายมากและเป็นวิธีที่ใช้เวลานาน จึงได้มีการพัฒนาดัดแปลงใช้ เครื่องผสม มาช่วยทำให้เซลล์พืชแตกออก การสกัดจึงทำได้เร็วขึ้น เรียกวิธีนี้ว่า "Vortical (turbo) extraction"

2.3.2. Percolation เป็นวิธีสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า " Percolator" โดยนำวัสดุธรรมชาติมาแช่ด้วยตัวทำละลายพอชื้นทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่แล้วค่อยๆ บรรจุลงใน Percolator ทีละน้อยเป็นชั้นๆ แล้วเติมตัวทำละลายลงไปให้ระดับตัวทำละลายสูงเหนือชั้นของวัสดุธรรมชาติ ประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วจึงเริ่มไขเอาสารที่สกัดได้บีบกากเอาสารสกัดออก แล้วเก็บสารสกัดรวบรวมไปกรองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดในระดับอุตสาหกรรมจะใช้ Percolator ต่อกันหลายๆ ตัว เรียกว่า "Counter current-operated percolator battery"

2.3.3. Soxlet Extractor วิธีนี้ไม่เหมาะสมกับสารที่สามารถสลายตัวได้ เนื่องจากต้องใช้ความร้อน

2.3.4. Liquid-liquid Extraction เป็นวิธีการที่อาศัยหลักการความสามารถในการละลายในตัวทำละลายที่ต่างกัน ใช้เมื่อสารที่ต้องการสกัดอยู่ในรูปของเหลว และไม่สามารถทำให้ตกตะกอนได้ นิยมใช้ในการสกัดพวกสารอินทรีย์ที่เป็นของเหลว

2.3.5. Resorption เป็นวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีดูดซับ มักใช้การสกัดสารจากกลีบดอกไม้

2.3.6. Steam Distillation มักใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย อาศัยความร้อนจากไอน้ำที่เดือด โดยไอน้ำจะละลายเอาน้ำมันหอมระเหยออกมา

2.3.7 Water Distillation เป็นวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยการต้มกับน้ำ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "Cleveneaur apparatus"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 Thermomicrodistillation Extraction เป็นการสกัดสารโดยใช้เครื่อง Thermomicro Analysis และ Separation Ovens; ใช้ในการสกัดสารปริมาณที่น้อยมาก โดยนำวัสดุธรรมชาติใส่ลงในคาร์ทริดจ์ (Cartridge) ซึ่งข้างหนึ่งปิดผนึก อีกข้างหนึ่งเป็นรูเล็ก เมื่อใส่เข้าไปในตู้อบ ความร้อนจะทำให้สารระเหยหรือระเหิดออกมาทางคะปิลลารี และรองรับสารที่ระเหยหรือระเหิดออกมาด้วยแผ่น TLC (Thin layer chromatography) แล้วนำไปตรวจสอบ

2.4 สารให้สี (Colorants) [10,11]

สารให้สีที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะให้ที่แตกต่างกัน สารให้สีแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ สีย้อม (Dyes) และผงสีหรือเม็ดสี (Pigments) ซึ่งมีลักษณะต่างๆดังนี้

2.4.1 สีย้อม (Dyes or Dyestuffs)

สีย้อม คือ สารอินทรีย์ที่สามารถดูดซึมและสะท้อนความยาวคลื่นของแสงภายในช่วงที่มองเห็นได้ของสเปกทรัมจากอิเลกโทรแมกเนติก โมเลกุลของสีย้อมต้องมีระบบคอนจูเกต (Conjugated System) คือ สามารถเปลี่ยนพันธะโควาเลนส์คู่และเดี่ยวได้ภายในอะตอมที่เป็นโครงสร้างของสีย้อม โครงสร้างนี้จะมีหมู่พิเศษที่ทำให้เกิดสีเรียกว่า โครโมเจน (Chromogen) ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และออกโซโครม (Auxochromes) ซึ่งเป็นตัวทำให้สีเข้มขึ้น

โครโมเจน (Chromogen) เป็นส่วนของโครงสร้างอะโรมาติก ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักในโมเลกุลของสีย้อม และหมู่ที่ให้สีซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า โครโมฟอร์ (Chromophore) ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่ให้สีโดยการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นแสงที่มองเห็น (Visible spectrum) และหมู่โครโมฟอร์ที่มีอยู่ในโมเลกุลของสีย้อมโดยทั่วไปมีดังต่อไปนี้

1. หมู่ไนโตรโซ
2. หมู่ไนโตร
3. หมู่เอโซ
4. หมู่เอทิลีน
5. หมู่คาร์บอนิล
6. หมู่คาร์บอน-ไนโตรเจน
7. หมู่คาร์บอน-ซัลเฟอร์

หมู่ฟังก์ชันดังกล่าวจะเพิ่มความสามารถในการเกิดสีให้แก่สารประกอบอะโรมาติก โดยเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มการดูดซับสีในช่วงคลื่นของการมองเห็น หมู่โครโมฟอร์สามารถใช้เป็นพื้นฐานในการจำแนกชนิดของสีย้อมด้วย โมเลกุลของสีย้อมบางตัวจะลดความเข้มของสี เมื่อทำให้หมู่โครโมฟอร์โมเลกุลของสีย้อมอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกโซโครม (Auxochrome) เป็นหมู่ฟังก์ชันที่ทำให้เกิดการยึดติดกับวัสดุที่ทำการย้อมสี ตัวอย่างวัสดุที่ทำการย้อมสี คือ เส้นใยสังเคราะห์หรือเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีหมู่ฟังก์ชันที่เกิดปฏิกิริยาได้เกลือกับโมเลกุลของสีย้อม

ปกติสีย้อมจะกระจายไปในโครงสร้างภายในของเส้นใยจากสารละลายและติดอยู่ในส่วนที่เป็นอสัณฐานภายในเส้นใย ออกโซโครมช่วยทำให้รับสีย้อมได้เพิ่มขึ้นเพราะช่วยทำให้สีย้อมละลายน้ำได้ดีมากยิ่งขึ้นและทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างสีย้อมและเส้นใยจึงช่วยปรับปรุงความคงทนในการติดสีย้อมของสิ่งทอที่ย้อมสีหรือตกแต่งสำเร็จ โดยส่วนใหญ่สีย้อมจะคงอยู่ภายในเส้นใยได้โดยพันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิกหรือการยึดจับทางกล มีสีย้อมเพียงไม่กี่ชนิดที่ทำปฏิกิริยากับเส้นใยพอลิเมอร์โดยเกิดพันธะโควาเลนต์กับสีย้อม

การจำแนกสีย้อม สีย้อมสามารถจำแนกออกตามลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. ตามแหล่งที่มาของสี เช่น สีที่เกิดโดยธรรมชาติและสีที่ได้จากการสังเคราะห์ เป็นต้น
2. ตามองค์ประกอบทางเคมี เช่น สีอะโซอิก สีซัลเฟอร์
3. ตามกรรมวิธีในการย้อม เช่น สีย้อมโดยตรง สีมอร์แดนท์
4. ตามชนิดของเส้นใยที่นำไปย้อมสี เช่น สีย้อมผ้าฝ้าย สีย้อมขนสัตว์ สีย้อมเส้นใยสังเคราะห์ เป็นต้น

การจำแนกประเภทของสีย้อมที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้ทำการจัดแบ่งไว้ โดยสมาคมผู้ผลิตสีย้อมและจัดพิมพ์เป็นดัชนีสี (Color Index) ซึ่งเป็นหนังสือที่มีคุณค่าและมีความสำคัญอย่างยิ่งซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสีย้อม เลขดัชนีสีจัดแบ่งสีย้อมตามระบบตัวเลข 2 ระบบ

ให้ตัวเลขโดยดูจากตระกูลของสารเคมี

ให้ชื่อทั่วไปที่จำแนกการประยุกต์ใช้งาน

บริษัทที่ทำการผลิตสีย้อมส่วนใหญ่จะให้ชื่อการค้า ตัวอย่างเช่น Chrome blue-black U เป็นชื่อทางการค้าที่มีเลขดัชนีสี (CI) เท่ากับ 15705 (ตัวเลขตั้งแต่ 11,000 ถึง 19,999 เป็นตัวเลขที่ให้ไว้สำหรับสีย้อมมอนอเอโซ) Mordant black 17 เป็นสีย้อมเอโซ และใช้เป็นสีในตระกูลสีย้อม Mordant หมายเลข 17 ในตารางของสีย้อมชนิดนี้ เลขดัชนีสีจัดแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลของสีย้อมจำนวน 26 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานพิเศษนี้สีย้อมที่ได้เป็นสีย้อมที่เกิดจากธรรมชาติซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1. แบ่งตามสมบัติทางกายภาพ (สีที่มองเห็นได้) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของสีย้อมตามสมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ [12]

สีที่สกัดได้	แหล่งสีจากพืช	ส่วนที่ใช้	การใช้ประโยชน์
1.สีแดง	ฝาง	แก่น	ย้อมผ้าฝ้าย แต่งสีอาหาร
	คำแสด	เมล็ดจากผลแก่จัด	ย้อมผ้าฝ้าย ไหม แต่งสีอาหาร
	ประดู่บ้าน	แก่น	ย้อมผ้า
2.สีเหลือง	แกแล (สูนช้าง)	แก่น	ย้อมสีจีวรพระ (สีเหลืองคล้ำ)
	ขนุน	แก่น	ย้อมสีจีวรพระ
	หม่อน	เนื้อไม้	ย้อมผ้าไหม ผ้าแพร
	เสนียด	ใบสด	ย้อมผ้าฝ้าย หรือผ้าเนื้อหยาบ
	รงทอง	ยางที่เจาะจากลำต้น	ย้อมผ้า ผสมสีเขียนภาพ (สีเหลืองสด)
	สุพรรณิการ์(ฝ้ายคำ)	แก่น	ย้อมผ้า
3.สีส้ม	ยอ	แก่น	ย้อมผ้าไหม ไหมพรม
	กรรณิการ์	ดอกที่เป็นหลอดสีส้ม	ย้อมผ้า จีวรพระ ผ้าไหม
	คำฝอย	ดอกฝอย	ย้อมผ้าไหม (สีเหลืองส้ม)
4.สีดำ	มะเกลือ	ผล	ย้อมผ้า
	สมอไทย	ผล เปลือก ต้น	ย้อมผ้า แห ทำน้ำหมึก
5.สีคราม	ฮ่อม	ใช้ทั้งต้น	ย้อมผ้าเรียกว่า ผ้าฮ่อม
6.สีเขียว	ทับทิม	เปลือกผล	ย้อมผ้า
	หูกวาง	ใบที่โตเต็มที่	ย้อมผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบ่งตามสมบัติทางเคมี (Chemical classification)

ตารางที่ 2.2 ชนิดของสีย้อมตามสมบัติทางเคมีและการใช้ประโยชน์ [5]

ชนิดของสีย้อม	แหล่งสีที่พบ	สี	การใช้ประโยชน์
1. Flavones : มากกว่า 90 % ของสีย้อมที่มีสีเหลืองจะเป็นกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ซึ่งจะมีความคงทนของสีต่อการย้อมดีเยี่ยม	กลีบดอกดาวเรือง ลำต้นขนุน	สีเหลือง	ย้อมสีผ้าขนสัตว์และผ้าไหม
2. Iso-Quinoline อยู่ในกลุ่มของสีย้อมเบสิกเท่านั้นที่มาจากธรรมชาติ	เปลือกไม้ลำต้นและรากของต้นบาร์เบอร์รี่ (Barberry)	สีเหลืองสว่าง	ย้อมสีผ้าขนแกะและผ้าไหม
3. Chromene	เมล็ดและรากของฝักถั่ว	สีเหลืองอมส้ม สีแดง	ย้อมสีผ้าขนแกะผ้าไหม และผ้าฝ้าย
4. Napthoquines ถึงแม้ว่าแนฟโทควิโนนจะเกิดขึ้นในธรรมชาติ แต่จะมีความสำคัญน้อยในเรื่องของการนำมาเป็นสีย้อม	รากและใบของพืชจำพวกถั่ว	สีชมพู สีน้ำตาลแดง สีเขียว สีม่วง ถึงสีเทาม่วง	ย้อมผ้าขนแกะ ผ้าไหม ผ้าฝ้ายและเส้นใยต่างๆ
5. Anthraquinones มากกว่า 95% เป็นสีย้อมจากธรรมชาติที่ให้สีแดง การจำแนกกลุ่มของสีย้อมชนิดนี้แบ่งตามคุณสมบัติความคงทนของสีย้อม	กิ่งของต้นครั่ง	สีแดงสด	ย้อมสีผ้าขนสัตว์และผ้าไหม
	แมลงคอชินิล (Cochineal)	สีแดงเข้มถึงสีแดงเลือดหมู	ย้อมสีผ้าขนสัตว์ผ้าไหม ผ้าฝ้าย เครื่องหนัง
	ต้นแมดเดอร์ (madder)หรือต้นไม้จำพวกเข็ม	สีแดงอิฐ หรือสีชมพูอย่างเนื้อปลาแซลมอลถึงสีพีช	ย้อมสีผ้าขนสัตว์ผ้าไหม ผ้าฝ้าย เครื่องหนัง กระดาษ ไนลอน
6. Benzophyrones	แกนของต้นไม้	สีเทาถึงสีดำ	ย้อมสีผ้าขนสัตว์ผ้าไหม ผ้าฝ้าย เครื่องหนัง กระดาษ ไนลอน
7. Indigoids มีโมเลกุลขนาดเล็ก ให้สีฟ้าที่เสถียรในกระบวนการของสีย้อมแวท(vat Process) ในธรรมชาติพบในสัตว์น้ำจำพวกมีเปลือกเช่น กุ้ง ปู	ใบของคราม (Indigo)	สีฟ้าถึงสีฟ้าคราม	ย้อมสีเส้นใยและไม้เครื่องหนังและกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของสีย้อม	แหล่งสีที่พบ	สี	การใช้ประโยชน์
8. Vegetable Tannin : Gallotannins, Ellagitannins, Catechol tannins มีโครงสร้างโมเลกุลหนัก ขนาดใหญ่ ซึ่งพร้อมที่จะทำปฏิกิริยากับเกลือของโลหะ	เปลือกของไม้จำพวกส้มป่อยะอม กระถิน (Acacia)	สีชมพู่อมน้ำตาล	ย้อมสีเส้นใยและไม้ เครื่องหนังและกระดาษ กรดแทนนิกสามารถย่อยสลายเส้นใยเซลลูโลสได้ถ้าไม่ทำให้เป็นกลาง
	เปลือกไม้ของต้นยูคาริปตัส (Eucalyptus)	สีเหลืองสว่าง	
	ผลของสมอไทย สมอพิเภก (Myrobalan)	สีเหลืองสว่าง	
	เปลือกของต้นเกาลัด (Chestnut)	สีเหลืองแทน (Tan)	

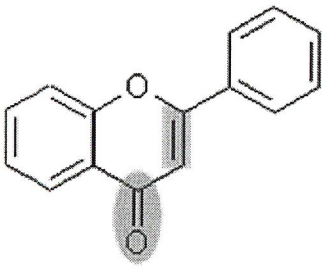
2.4.2 ผงสี (Pigments) [11]

เป็นสารที่ละลายน้ำไม่ได้และเป็นสีที่มีขนาดเล็กและมักติดอยู่บนพื้นผิวของเส้นใยโดยการใส่เรซินผงสีจึงจะรวมตัวได้กับเส้นใย ดังนั้นผงสีสามารถใช้ได้กับเส้นใยทุกชนิด ผงสีมีอยู่ลงไปจำนวนมากมายที่ให้สีแตกต่างกันสามารถแบ่งตามโครงสร้างทางเคมีที่สำคัญได้ 4 กลุ่ม [13] คือ

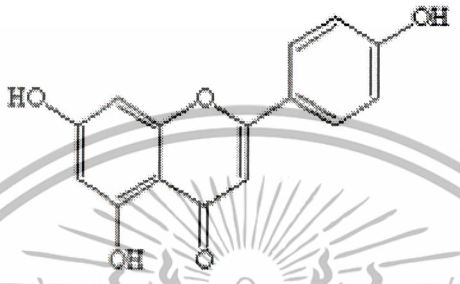
1. ฟีนอลลิกเบส (Phenolic-based pigment) พบมากในพืช เป็นสารประกอบอะโรมาติกฟีนอลิก (Aromatic phenolic compound) สามารถละลายน้ำได้แต่ละลายในอัลกอฮอล์ได้ดีกว่า ให้สีแดงถึงฟ้าประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม วงเบนซีน 2 วง ซึ่งสามารถเกิดการสลายตัวได้ด้วยปฏิกิริยาต่างๆ เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาอัลคาไลน์ สปอนนิฟิเคชัน ปฏิกิริยาออกซิเดชันและอื่นๆ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ ได้แก่

ฟลาโวนอยด์ [8, 14] เป็นสารประกอบจำพวกพอลิฟีนอล (Polyphenol) ต่อกันด้วยแกนคาร์บอน 3 อะตอม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 10 กลุ่มได้ตามโครงสร้างทางเคมี ส่วนใหญ่เป็นสารที่พบมากในพืชดอกตระกูลแอนจิโอสเปอร์ม (Angiosperm families) ได้แก่ ฟลาโวนซ์ (Flavone) อะพิจีนิน(Apigenin) ลูทีโอลิน (Luteoline) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.2

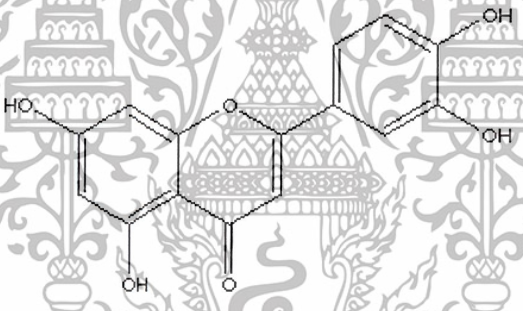
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



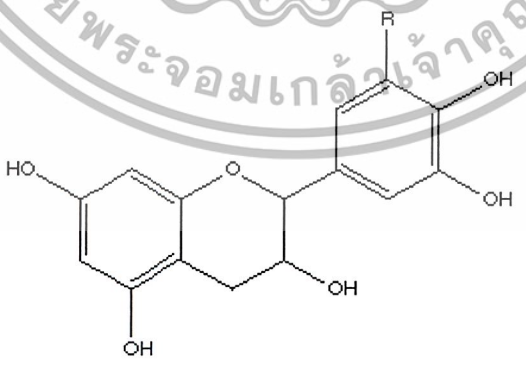
Flavones



Apigenin



Luteolin

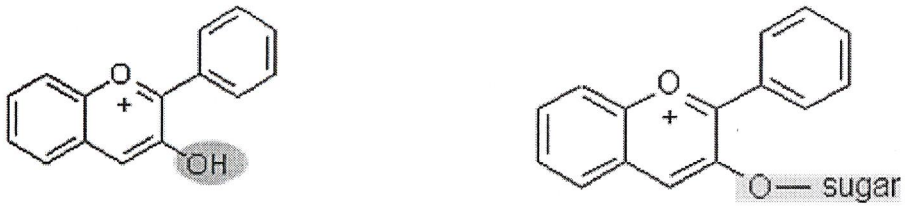


Catechine

รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของฟลาโวนอยด์ **[8, 14]**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนโทไซยานิดินและแอนโทไซยานิน (Anthocyanidins and Anthocyanins) เป็นสารประกอบที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายฟลาโวนอยด์ แตกต่างกันที่โครงสร้างของน้ำตาลและหมู่ฟังก์ชันอื่นๆ มีหลายชนิดพบมากในผักผลไม้และพืชสมุนไพร มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.3



Anthocyanidins **Anthocyanins**

รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานิดินและแอนโทไซยานิน [8]

2. แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) [7] เป็นสารประกอบพวกเททระเทอร์พีน(Tetraterpenes) หรือที่เรียกว่า เทอร์พีน (Terpenes) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 2.4 เป็นสารที่ให้สีเหลือง สามารถแบ่งออกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีได้ดังนี้

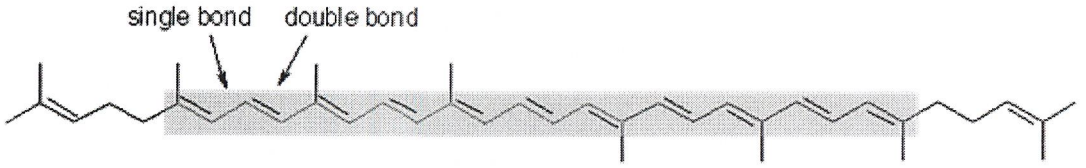
2.1 แคโรทีนอยด์ที่มีโครงสร้างพื้นฐาน (Basic structure) ได้แก่ ไลโคพีน (Lycopene)

2.2 แคโรทีน (carotene) ได้แก่ เอลฟลา เบต้า เคลต้า และแกมมาแคโรทีน (Alpha - , Beta - , Delta- and Gamma-carotene)

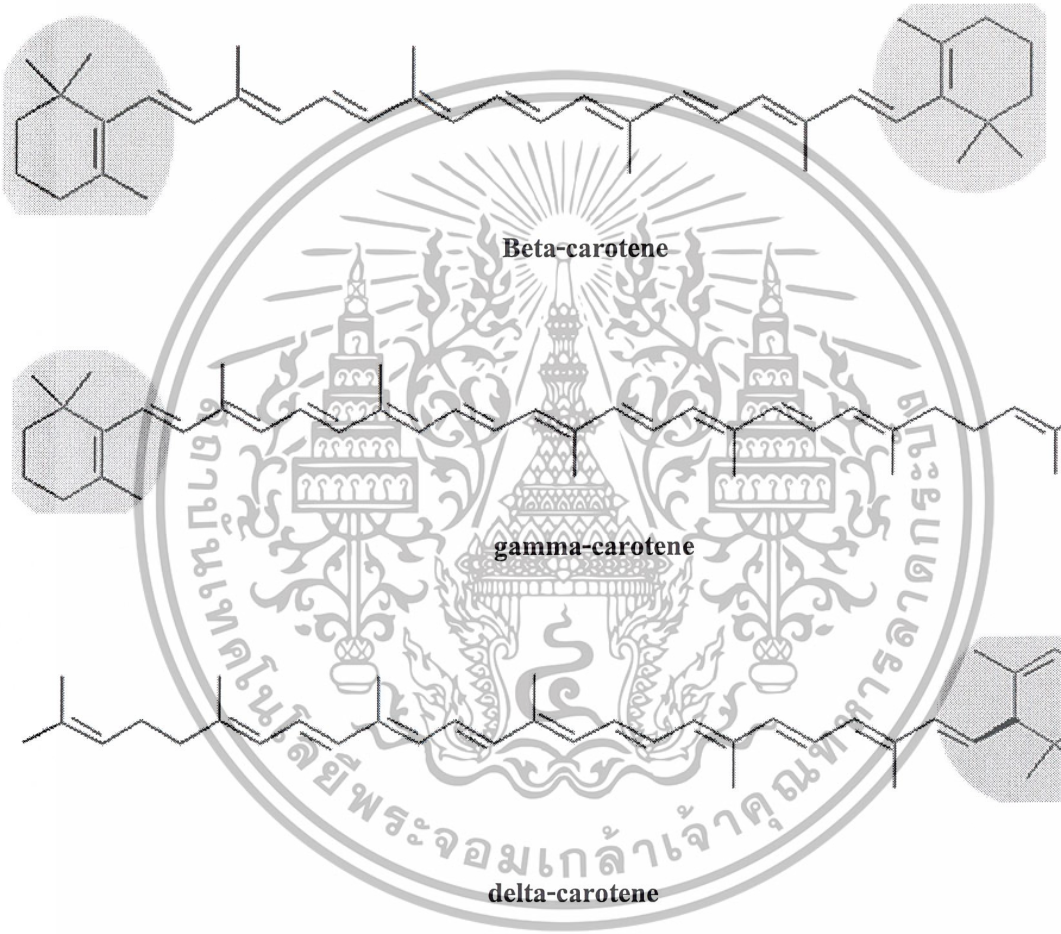
2.3 ออกซิเจนแคโรทีนอยด์ (Oxygenated carotenoid) ได้แก่

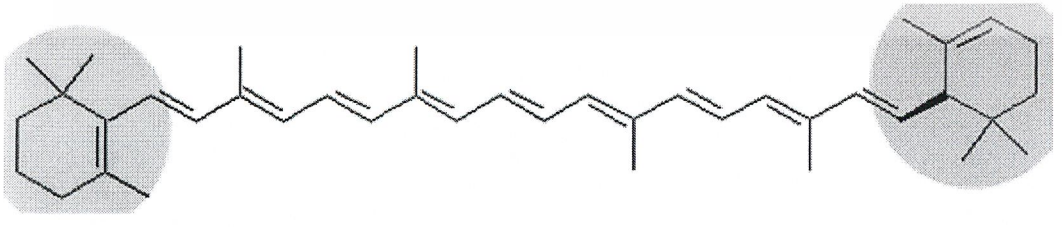
- แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) เช่น ลูทีน (Lutein) ซีแซนทิน (Zeaxathin) แคปแซนทิน (Capsanthin) แคปซอรูบิน (Capsorubin)
- แอสต้าแซนทิน (Astaxanthin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Lycopene

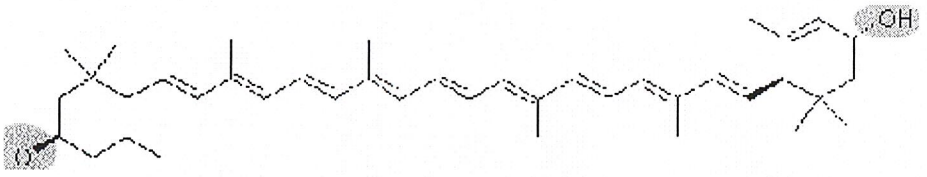




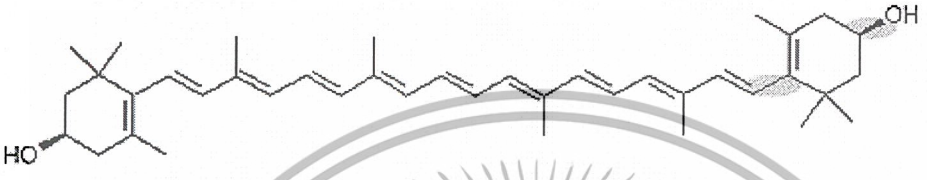
alpha-carotene

รูปที่2.4 สูตรโครงสร้างทางเคมีของแคโรทีนอยด์ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



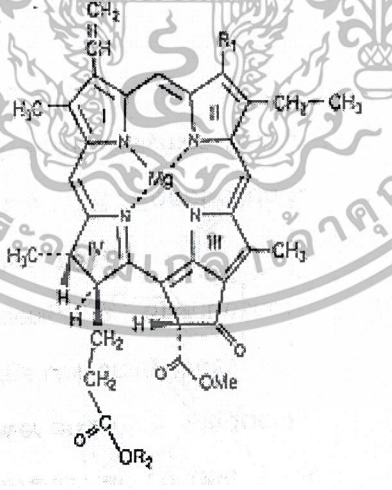
Lutein



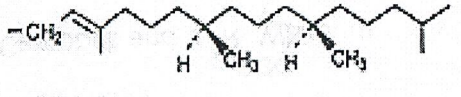
Zeaxanthin

รูปที่2.4 (ต่อ) สูตรโครงสร้างทางเคมีของแคโรทีนอยด์ [7]

3. คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) ประกอบด้วยวงไพรโรน (Pyrrole ring) 4 วงและวงไซโคลเพนทาโนน (Cyclopentanone) ซึ่งมีหมู่โครโมฟอร์ที่สามารถดูดกลืนแสงได้ (10 พันธะคู่) และอะตอมแมกนีเซียมอยู่ตรงกลางดังรูปที่ 2.5 (ก) และตารางที่ 2.3



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของ (ก) คลอโรฟิลล์ และ (ข) หมู่ฟีทิล [13]

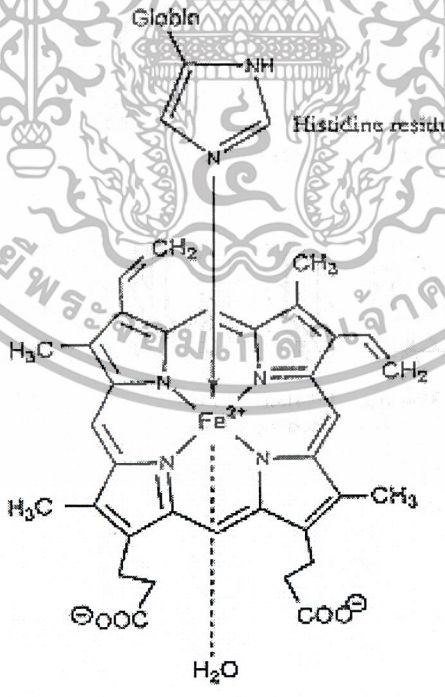
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างชนิดของสารคลอโรฟิลล์ [13]

สารประกอบ	R_1	R_2
คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a)	CH_3	**Phytyl**
คลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll b)	CH_3	**Phytyl**
คลอโรฟิลไลด์ เอ (Chlorophyllide a)	CH_3	H
ฟีไฟทิน เอ (Pheophytin a)	CH_3	**Phytyl**
ฟีฟอร์ไบด์ (Pheophorbide)	CH_3	H

หมายเหตุ หมู่ฟีทิลมีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.5 (ข)

4. ผงสีฮีมหรือเม็ดโปรตีนที่มีพันธะโควาเลนต์เชื่อมกับฮีม (Heme pigment-Globular protein (Histidine terimnd) Covatently linked with heme) เช่น ไมโกลบิน (Myoglobin) ในกล้ามเนื้อ มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.6 ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเลือด



รูปที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของไมโกลบิน [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบการวัดสี [15]

สามารถแบ่งออกเป็น

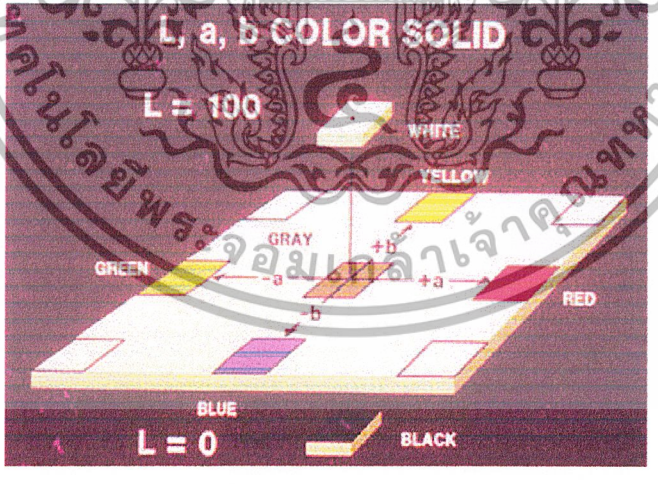
2.5.1 ระบบ Munsell ระบบนี้ได้พัฒนาขึ้นมาโดย Albert Munsell ตั้งแต่ปีค.ศ.1905 ก่อนมีการนำเครื่องวัดสีมาใช้ในการวัดสี

2.5.2 ระบบ CIE ระบบนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อ Commission International del' Eclairage (CIE) ได้เห็นความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการวัดสี

2.5.3 ระบบ CIE Tristimulus Values สามารถคำนวณสีหรือระบุสีออกมาเป็นตัวเลขโดยอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการกระจายพลังงานของแหล่งกำเนิดแสง

2.5.4 ระบบ CIE Chromaticity Coordinates พัฒนามาจากระบบที่ 3 โดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้กับลักษณะของสีที่มองเห็น

2.5.5 ระบบ CIE $L^* a^* b^*$ system ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้จะใช้ระบบนี้ในการตรวจวัด เนื่องจากการระบุสีเป็นตัวเลขมี 2 ระบบ คือ ระบบที่ระบุตัวเลขด้วยค่า CIE Tristimulus Values (X , Y และ Z) และ CIE Chromaticity coordinates (x , y และ Y) ยังมีข้อเสียอยู่ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง CIE Chromaticity coordinates system ไปเป็นระบบใหม่หรือสมการใหม่ที่สามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งก็ได้ทำการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงกันอย่างมากมาย จนกระทั่งปัจจุบันนี้สมการที่ใช้ในการระบุสีที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางก็คือ $CIEL^* A^* B^*$ 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 $CIEL^* A^* B^*$ 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดย L^* : ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

L = 0 = perfect black sample

L = 100 = perfect white sample

a^* : ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (red-green)

a เป็น + สีจะไปในทิศทางของสีแดง

a เป็น - สีจะไปในทิศทางของสีเขียว

b^* : ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (yellow-blue)

b เป็น + สีจะไปในทิศทางของสีเหลือง

b เป็น - สีจะไปในทิศทางของสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ยังมีการปรับปรุงต่อไป โดยการเชื่อมค่า "a" และ "b"เข้ากับ "hue" และ "chroma" โดยกำหนด color term อีก 2 ตัว คือ hue angle (h^*) และ Chroma (C^*)

โดย $h^* = \tan^{-1}[b^*/a^*]$

$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟมีหน่วยเป็นองศา

ถ้า $h^* = 0^\circ$ แสดงว่าเป็นสีแดง

$h^* = 90^\circ$ แสดงว่าเป็นสีเหลือง

$h^* = 180^\circ$ แสดงว่าเป็นสีเขียว

$h^* = 270^\circ$ แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

ส่วน Chroma คือ ความยาวของเส้นตรงที่ลากจากจุดกำเนิดที่ $a^* = h^* = 0$ ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง C^* จะใช้บอกค่าความสดใสของสีที่ค่าความสว่างหนึ่งๆ

โดยทั่วไป ในการระบุสีของวัตถุมีสีในระบบ CIELAB นั้น มักจะระบุด้วยค่า L^*, C^* และ h^* มากกว่า L^*, a^* และ b^* เนื่องจากจะทำให้เข้าใจและทราบลักษณะของสีได้ใกล้เคียงกับที่ตามนุษย์มองเห็นสี

2.6 ฝ้าย (Cotton) [11]

ฝ้ายมีมากมายหลายชนิด ซึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ในการปลูก รวมถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ดิน อากาศ ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง คุณภาพของเส้นใยฝ้ายมักกำหนดได้จากความขาว ความยาวและความแข็งแรง โดยทั่วไปแล้วเส้นใยฝ้ายที่ยาวมักจะมีความละเอียดมากกว่าและมีความแข็งแรงสูงกว่าเส้นใยฝ้ายที่สั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49253

2.6.1 โครงสร้างของเส้นใยฝ้าย (Structure of Cotton Fibres)

เส้นใยฝ้ายเป็นเซลล์พืชเดี่ยว ในบรรดาเส้นใยที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเส้นใยฝ้ายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด และมีค่าตั้งแต่ 16-20 ไมครอน เส้นใยฝ้ายที่มีความยาวมากจะแคบลง อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง (L/D Ratio) มีค่าประมาณ 6000 : 1 สำหรับเส้นใยที่ยาวที่สุดและมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดไปจนถึง 350 : 1 สำหรับเส้นใยที่สั้นที่สุดและกว้างที่สุด โดยทั่วไปแล้วเส้นใยที่ยาวจะมีคุณภาพดีกว่าเส้นใยที่สั้น เส้นใยฝ้ายมีความสม่ำเสมอพอใช้ สีของเส้นใยไม่ใช่สีขาว แต่มีสีตั้งแต่สีครีมขาวไปจนกระทั่งถึงสีเทา เส้นใยที่มีสีขาวมากจะมีคุณภาพดีขึ้น ถ้าต้องการเส้นใยฝ้ายที่มีสีขาวสามารถทำได้โดยการฟอกขาว (Bleaching)

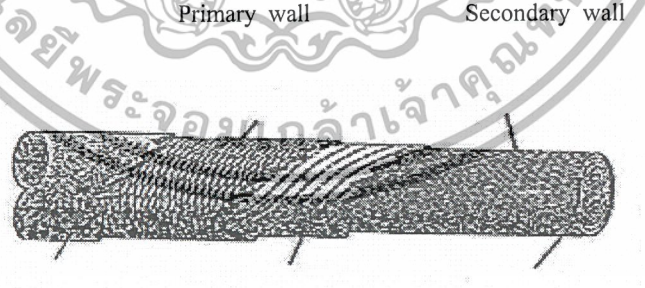
เมื่อมองลึกลงไปจะพบว่าเส้นใยฝ้ายมีลักษณะเป็นแผ่นบาง บิดงอ ภาพตัดขวางมีลักษณะคล้ายถั่วรูปไต (Kidney bean) เส้นใยบางชนิดมีลักษณะเกือบเป็นวงกลมหรือวงรี เส้นใยฝ้ายประกอบด้วย 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.8 คือ

1. เปลือกนอก (Cuticle) เป็นชั้นแวกซ์ ทำหน้าที่ป้องกันส่วนต่างๆของเส้นใยจากสารเคมีชนิดต่างๆ

2. ผนังเซลล์ชั้นที่ 1 (Primary cell wall) ประกอบด้วยหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่า ไฟบริล (Fibril) ที่มีการจัดเรียงตัวโดยทำมุมประมาณ 20-30 องศากับแกนของเส้นใย เส้นใยที่โตเต็มที่จะมีผนังเซลล์ชั้นนี้หนามาก แต่เส้นใยที่ยังโตไม่เต็มที่จะมีผนังชั้นนี้ค่อนข้างบาง

3. ผนังเซลล์ชั้นที่ 2 (Secondary cell wall) เป็นส่วนประกอบหลักของเส้นใย ประกอบด้วยชั้นที่พันกันเป็นวงประมาณ 20 ชั้น ที่เพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโต

4. ลูเมน (Lumen) เป็นท่อกลวงตรงกลางขนานกับความยาวของเส้นใย เมื่อลูเมนยุบตัวลงจะได้ภาพตัดขวางเป็นรูปถั่วรูปไต



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบต่างๆ ที่พบในเส้นใยฝ้าย [11]

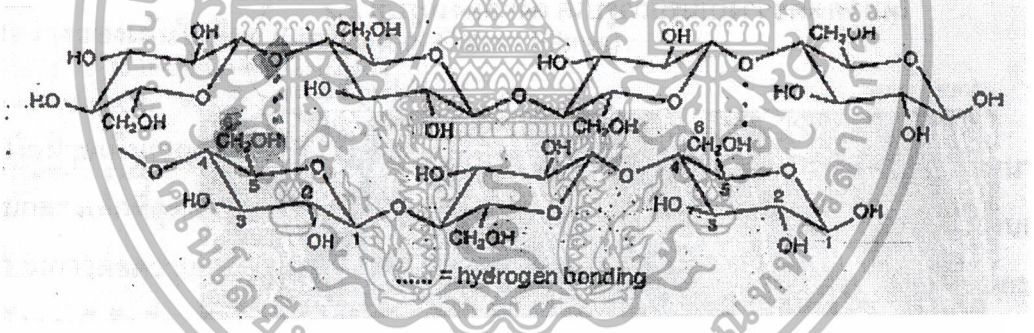
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ระบบพอลิเมอร์ (Polymer System)

พอลิเมอร์ที่พบในเส้นใยฝ้ายอยู่ในรูปของไฟบริล (Fibril) ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบที่บิดงอ ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่เป็นเซลลูโลส ปริมาณของพอลิเมอไรเซชัน (Degree of Polymerizition) ของฝ้ายมีค่าประมาณ 6,000-10,000 และหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญที่สุดในเซลลูโลส คือ หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group)

ถึงแม้ว่าเซลลูโลสประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวง 6 เหลี่ยม แต่พอลิเมอร์นี้สามารถจัดเรียงตัวได้ค่อนข้างแน่น เส้นใยฝ้ายมีความเป็นผลึก (Crytallinity) ประมาณ 65-75 เปอร์เซ็นต์ และมีความเป็นอสัณฐาน (Amorphous) ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ จากรูปที่ 2.8 จะพบว่า พันธะไฮโดรเจนไม่ได้เกิดขึ้นทุกๆ ตำแหน่งที่มีหมู่ ไฮดรอกซิล 2 หมู่ที่อยู่ตรงกันข้ามกัน แต่พันธะนี้จะเกิดขึ้นระหว่างอะตอมของออกซิเจนที่อยู่ระหว่างโครงสร้างที่เป็นวงของเซลลูโลสกับหมู่ไฮดรอกซิลที่ต่อกับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 เนื่องจากพันธะนี้เป็นพันธะที่ให้ความแข็งแรงกับเส้นใยได้อีกด้วย

จากการศึกษาพบว่าเส้นใยฝ้ายประกอบด้วยช่องว่างประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์และ 1 ใน 3 ของช่องว่างนี้เกิดจากลูเมน ส่วนที่เหลือเกิดจากช่องว่างระหว่างไฟบริลในผนังเซลล์ โดยทั่วไปฝ้ายที่หยาบจะมีความพรุนมากกว่าฝ้ายที่ละเอียด



รูปที่ 2.9 พันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างโซ่พอลิเมอร์ที่อยู่ติดกันภายในบริเวณที่เป็นผลึกของเส้นใยฝ้าย [11]

2.6.3 สมบัติต่างๆ ของฝ้าย (Properties of Cotton)

ความแข็งแรง (Strength) เส้นใยฝ้ายมีลักษณะค่อนข้างแข็งแรงเนื่องจากโครงสร้างภายในตัวของเส้นใยที่ประกอบด้วยไฟบริลที่อยู่ในลักษณะที่เป็นเกลียว

ความยืดหยุ่น (Elasticity) เส้นใยฝ้ายจะมีความยืดหยุ่นต่ำแต่สมบัตินี้สามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการใช้เทคนิคการถัก

การกลับคืนตัว (Resilience) ผ้าฝ้ายส่วนใหญ่จะยับง่ายจึงต้องทำการตกแต่งสำเร็จเพื่อเพิ่มสมบัติความต้านทานต่อการเกิดรอยยับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการแขวน (Drapability) ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย เส้นด้าย การผลิตผ้า และการตกแต่งสำเร็จ

การนำความร้อน (Heat Conductivity) ฝ้ายมีการนำความร้อนสูง

การดูดซับน้ำ (Water Absorpency) โดยทั่วไปแล้วเส้นใยฝ้ายเป็นเซลลูโลสจึงมีการดูดซับน้ำได้ดี

ความสะอาดและความสามารถในการซักได้ (Cleanliness and Washability) ฝ้ายจะติดสิ่งสกปรกได้ดีเพราะความหยาบที่พื้นผิว แต่ข้อเสียนี้ก็ช่วยให้การทำความสะอาดเป็นไปได้ง่ายยิ่งขึ้น

ปฏิกิริยาต่อสารฟอกขาว (Reaction to Bleaches) สารฟอกขาวเป็นสารละลายที่ช่วยให้ผ้าฝ้ายมีลักษณะขาวขึ้นได้

การหดตัว (Shrinkage) เส้นใยฝ้ายที่เปียกมักหดตัวเมื่อแห้ง

ผลของความร้อน (Effect of Heat) ฝ้ายทนความร้อนได้ปานกลาง

ผลของแสง (Effect of Light) เส้นใยฝ้ายจะถูกออกซิไดซ์และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อถูกแสงแดดเป็นเวลานานๆ

ความต้านทานต่อรา (Resistance to Mildew) เชื้อราจะเกิดขึ้นได้ง่ายกับผ้าฝ้ายที่เปียกชื้น

ความต้านทานต่อแมลง (Resistance to Insects) ผ้าฝ้ายทนทานต่อแมลงได้ดี

ความทนทานต่อด่าง (Resistance to Alkali) ฝ้ายมีความทนทานต่อด่าง

ความทนทานต่อกรด (Resistance to Acid) กรดอินทรีย์ที่ระเหยไม่ได้ เช่น กรดแกซาลิก หรือกรดซิตริกที่พบได้ในน้ำมะนาวหรือน้ำส้ม ทำให้ผ้ามีความแข็งแรงลดลง

ความสามารถในการย้อมสีได้ (Affinity for Dyes) การย้อมสีผ้าฝ้ายทำได้ง่ายโดยเฉพาะถ้าใช้สีย้อมแวท (Vat Dyes)

ความทนทานต่อเหงื่อ (Resistance to Perspiration) ถ้าเหงื่อเป็นกรดจะส่งผลเสียต่อผ้าฝ้ายได้

2.6.4 การย้อมสีผ้าผืน (Piece Dyeing or Fabric Dyeing) [11]

เป็นการย้อมผ้าเป็นชิ้นโดยผ้าจะจุ่มอยู่ในอ่างย้อมสี ผ้าที่ใช้จะอยู่ในรูปของเส้นใยชนิดเดียวและสีย้อมที่ใช้ก็จะเป็นชนิดเดียวหรือเกิดจากการผสมระหว่างสีย้อม 2 ชนิดให้ได้สีย้อมที่ต้องการก็ได้เนื่องจากผ้าผสมที่ได้จากเส้นใยผสมได้รับความนิยมมากขึ้น ผู้ย้อมสีจึงต้องระมัดระวังในการเตรียมอ่างย้อมเพื่อให้ได้สีที่ต้องการ วิธีการย้อมแบบนี้สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

1. การย้อมสีแบบยูเนียน (Union Dyeing)

จุดประสงค์ของการย้อมด้วยวิธีนี้ คือ ต้องการย้อมให้ได้ผ้าที่มีสีเดียวสำหรับผ้าที่ประกอบด้วยเส้นใยต่างชนิดกัน ซึ่งรับสีย้อมได้ไม่เท่ากัน เช่น ฝ้ายและพอลิเอสเทอร์ สีที่ย้อมพอลิเอสเทอร์ คือ สีย้อมดิสเพอร์ส สำหรับฝ้ายอาจจะเป็นสีย้อมมอร์แดนท์ สีย้อมแนฟทอล สีย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัลเฟอร์ หรือสีย้อมแวท ถ้าต้องการให้ได้ผ้าผสมระหว่างฝ้ายและพอลิเอสเทอร์ที่มีสีเขียว ทำได้โดยใช้สีเขียวที่ใช้กับผ้าในแต่ละชนิดหรือใช้สีผสมของเหลือง/น้ำเงินจากสีย้อมดิสเพอร์ส และสีผสมของเหลือง/น้ำเงินจากสีย้อมแนฟทอล

2. การย้อมสีแบบครอส (Cross Dyeing)

วิธีการย้อมแบบนี้ใช้ผลิตผ้าหลายสี (Multicoloured Fabric) ผ้าที่ใช้อาจมีความแตกต่างกันในลักษณะต่างๆ ดังนี้ คือ เส้นใยต่างชนิดกัน เส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยธรรมชาติจากกลุ่มเดียวกันแต่เส้นใยตัวหนึ่งรับสีย้อมได้จากสีย้อมกลุ่มอื่น เมื่อนำเส้นใยเหล่านี้ผสมกันก่อนนำมาผลิตเป็นผ้าและนำผ้านั้นมาทำการย้อมโดยวิธีนี้จะทำให้ได้ผ้าที่มีสีต่างกันในผ้าผืนเดียวกัน

3. การย้อมสีแบบโทนโทน (Tone-Tone Dyeing)

เป็นวิธีการย้อมผ้าที่ต้องการสีมากกว่าหรือเท่ากับ 2 เฉดสี โดยการใช้ผ้าผสม ผ้าที่ย้อมจึงมีสีเฉดอ่อนและเข้มที่เป็นสีเดียวกัน ผ้าที่นำมาย้อมนั้นจะต้องประกอบด้วยเส้นใยที่มาจากกลุ่มเดียวกันแต่มีความสามารถในการรับสีย้อมไม่เท่ากัน เช่น ผ้า 2 เฉดสีที่ได้จากการผสมเส้นใยไนลอนหรือพอลิเอสเทอร์หรืออะคริลิกที่ประกอบด้วยเส้นใยที่มีความสามารถในการรับสีได้ไม่เท่ากัน (Regular-and deep-dye nylon, Polyester or acrylic fibres)

4. การย้อมสีแบบย้อนกลับ (Reserve Dyeing)

ใช้ในการผลิตผ้าผสมที่ต้องการให้เส้นใยชนิดหนึ่งไม่ถูกย้อม เช่น ผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้องการให้ด้ายยืนมีสีน้ำเงินและด้ายพุ่งมีสีขาว

2.6.5 การเตรียมวัสดุสิ่งทอสำหรับการย้อมสี (Preparation of textile material for dyeing) [16]

เนื่องจากเส้นใยทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยประดิษฐ์มักมีสิ่งสกปรกและสารเจือปนต่างๆ ติดอยู่ เช่น เศษดิน ใบไม้ กิ่งไม้ ที่มีปรากฏการณ์ตามธรรมชาติรวมทั้งสารเคมีจากกรรมวิธีการผลิต สำหรับเส้นใยฝ้ายมักมีปริมาณสิ่งสกปรกอยู่ค่อนข้างสูงมาก สิ่งสกปรกเจือปนเหล่านี้ถึงแม้จะมีการขจัดออกไปบ้างตามขั้นตอนการผลิตเส้นด้าย แต่จะยังคงเหลืออยู่บ้างในเส้นด้าย รวมทั้งเมื่อมีการลงแป้งเส้นด้ายเพื่อให้เส้นด้ายทนมีความแข็งแรงมากขึ้น ในการทอผ้าซึ่งเมื่อได้ผืนผ้าแล้วก็จำเป็นจะต้องขจัดสิ่งไม่จำเป็นออก เพื่อให้การย้อมสีมีประสิทธิภาพสูงสุดนั่นก็คือ ผืนผ้าที่จะนำมาย้อมสีจะต้องผ่านการขจัดสิ่งเจือปนเหล่านี้ออกก่อน รวมทั้งมีการทำให้วัสดุสิ่งทอนั้นมีสมบัติดูดซับดีขึ้น มิฉะนั้นแล้วสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นจะลดคุณค่าของวัสดุที่ย้อมได้ โดยทั่วไปแล้วจะมีขั้นตอนการขจัดสิ่งไม่จำเป็นออกจากผืนผ้าก่อนการย้อมสีตามลำดับ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การลอกแป้ง (Desizing)

เป็นการขจัดสารลอกแป้งที่ติดมากับเส้นด้ายในกระบวนการเตรียมเส้นด้ายสำหรับการทอ ซึ่งปริมาณของสารเหล่านี้ จะมีมากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ มีโดยทั่วไปเป็นสารที่ช่วยทำให้เกิดการเกาะเกี่ยว (Adhesive agent) เช่น แป้ง น้ำมัน ไขมัน หรือน้ำมันหล่อลื่นแบบขี้ผึ้ง ดังนั้นเพื่อเปิดให้เส้นใยสัมผัสกับสารเคมีหรือสีย้อมได้ดีขึ้น จึงต้องทำการขจัดเหล่านี้ออกโดยกระบวนการลอกแป้ง สามารถทำได้ 4 วิธีคือ

1.1. การหมัก (Rot Steeping) กรรมวิธีประกอบด้วยการจุ่มผ้าให้เปียกนำมาหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วปล่อยให้แบคทีเรียในน้ำและอากาศย่อยสลาย วิธีการหมักนี้ต้องใช้เวลานานมาก โดยทั่วไปแล้วใช้เวลาประมาณ 30 ชั่วโมง

1.2. การใช้กรด (Acid Steeping) วิธีการใช้กรดทำปฏิกิริยากับแป้ง ความเข้มข้นของกรดและอุณหภูมิเป็นตัวแปรในการทำปฏิกิริยา กรดสามารถย่อยสลายเส้นใยได้โดยเฉพาะเส้นใยด้าย ดังนั้นเวลาใช้กรดกำจัดแป้งให้ระวังเรื่องการทำลายเส้นใย

1.3. การใช้เอนไซม์ เป็นสารชีวเคมีที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง ดังนั้นเวลาเกิดปฏิกิริยากับสารเฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น เอนไซม์ที่ใช้ย่อยแป้งเรียกชื่อว่า อะไมเลส จะเกิดปฏิกิริยากับแป้งเพียงอย่างเดียวไม่เกิดกับเส้นใยจึงไม่ทำลายเส้นใย สำหรับเอนไซม์ที่ใช้ย่อยแป้งนี้ได้จากสิ่งมีชีวิต คือ จากแบคทีเรีย จากมอลท์และจากตับอ่อน

1.4. การกำจัดแป้งด้วยสารออกซิไดซ์ (oxidixing agent) ที่ใช้ได้แก่ สารประกอบเปอร์ซัลเฟตหรือเปอร์ออกไซด์ เช่น โซเดียมเปอร์ซัลเฟต ($Na_2S_8O_2$) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ข้อดีของการใช้สารกลุ่มนี้คือ จะได้ผ้าที่ขาวกว่าวิธีอื่นเนื่องจากสารกลุ่มนี้เกิดการฟอกขาวด้วยนอกจากการกำจัดแป้ง ส่วนข้อเสียก็มีเช่นกันคือ การทำลายเส้นใยถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปหรือสภาวะรุนแรงเกินไป

2. การขจัดสิ่งสกปรกพวกไขมัน น้ำมัน และขี้ผึ้ง (Scouring) [17]

ขี้ผึ้งเป็นสิ่งเจือปนในฝ้ายเพียง 0.4-1.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักฝ้าย เป็นส่วนที่กำจัดออกยากที่สุด ขี้ผึ้งเหล่านี้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอัลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ รวมถึงกรดไขมันทั้งในรูปที่เป็นอิสระหรือสารประกอบเอสเทอร์ ซึ่งสามารถสร้างพันธะเคมีกับเซลลูโลส เพคติน หรือโปรตีน ดังนั้นในการขจัดสิ่งสกปรกพวกขี้ผึ้งจึงเป็นการช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำ ทำให้การย้อมสีง่าย สีติดได้ดีและสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การฟอกขาว (Bleaching) [11]

เป็นการใช้ตัวออกซิไดส์ไปทำลายแบคทีเรียและกำจัดสี โดยสารฟอกขาวมี 2 ประเภทใหญ่ คือ สารฟอกขาวประเภทไฮเปอร์คลอไรท์ และประเภทออกซิเจน

3.1 สารฟอกขาวประเภทไฮเปอร์คลอไรท์ ส่วนใหญ่จะเป็นสารละลาย 5-6 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไฮเปอร์คลอไรท์ อาจอยู่ในรูปของผงคลอรีนที่นำมาละลายน้ำ เส้นใยบางชนิดเสื่อมสลายได้โดยสารฟอกขาวประเภทไฮเปอร์คลอไรท์ นอกจากนี้การตกแต่งผ้าด้วยสารบางอย่างสามารถทำปฏิกิริยากับสารฟอกขาวแล้วทำให้ผ้ามีสีเหลือง นอกจากนี้ สารเรืองแสงบางตัวถูกทำลายโดยสารฟอกขาวประเภทไฮเปอร์คลอไรท์ได้จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้สัมผัสกับผิวหนัง ตาหรือผม เพราะเป็นสารกัดกร่อนและสารทำลายแบคทีเรียที่ดีมาก

3.2 สารฟอกขาวประเภทออกซิเจนในรูปผง เป็นสารประกอบโซเดียมเปอร์บอเรต โปแทสเซียมโมโนเปอร์ซัลเฟต แต่เป็นสารฟอกขาวที่ปลอดภัยและใช้ได้กับผ้าทุกชนิด สารฟอกขาวประเภทนี้เป็นสารทำลายแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพไม่ดีนัก

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Flestcher, D.L. , PaPa, C.M. และ Tirado, F.X. [18] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสารให้สีจำพวกแซนโทฟิลล์จากดอกดาวเรืองที่สกัดมาได้จากปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน (Saponification) และที่สกัดได้โดยไม่ต้องผ่านปฏิกิริยานี้ ซึ่งพบว่าสารให้สีที่สกัดได้โดยผ่านปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน ให้สารให้สีในปริมาณที่สูง และช่วยเพิ่มสีในผลผลิตของไก่กระทงมากกว่าสารให้สีที่ไม่ได้ผ่านปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน

สมเพียร เกษมทรัพย์ [2] พบว่า นอกจากดอกดาวเรืองสามารถใช้ปลูกเป็นไม้ตัดดอก ไม้ประดับและไม้กระถางแล้วสามารถนำมาใช้เป็นพืชสีโดยใช้เป็นสีย้อมผ้าได้ ในต่างประเทศได้ใช้กลีบดอกดาวเรืองบางพันธุ์ซึ่งมีแซนโทฟิลล์สูงผสมลงในอาหารไก่ นอกจากสีของไข่แดงและผิวหนังไก่เข้มขึ้นแล้ว ดาวเรืองยังให้โปรตีนและไวตามินอีกด้วย

ครวญ บัวคีรี [19] ได้ศึกษาผลของการเสริมสารสีจากแหล่งต่างๆ อันได้แก่ ใบกระถินแช่น้ำ ดาวเรืองแห้ง สารสีที่สกัดจากดอกดาวเรืองและสีสังเคราะห์ ลงในอาหารไก่กระทงที่มีต่อประสิทธิภาพการเพิ่มสีในผลผลิตของไก่กระทง พบว่ากลุ่มของการเสริมสารสีสกัดจากดอกดาวเรือง 0.014 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมดอกดาวเรืองแห้ง 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าสีของแข้งและจงอยปากสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งในช่วง 2 สัปดาห์สุดท้าย มีผลทำให้สีของแข้งและจงอยปากของไก่กระทงเป็นที่ต้องการในตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรรณนีย์ วิชชาชู [20] ได้ศึกษาผลของสีย้อมที่ได้จากดอกดาวเรืองสดและดอกดาวเรืองแห้งแบบที่ทำการนึ่งด้วยไอน้ำแล้วอบแห้ง และแบบที่ทำให้แห้งโดยการผึ่งแดด พบว่าสีที่ได้จากการสกัดสารให้สีจากดอกดาวเรืองแห้งด้วยวิธีนึ่งด้วยไอน้ำมีความเข้มข้นสูงสุด รองลงมาคือสารให้สีที่ได้จากการสกัดจากดอกดาวเรืองแห้งที่ได้จากการผึ่งแดด ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าการย้อมสีผ้าไหมถ้าต้องการสีเหลืองทองให้ใช้สารส้ม 1 เปอร์เซ็นต์ ถ้าต้องการสีน้ำตาลทองให้ใช้จุนสี 1 เปอร์เซ็นต์ แช่ไหมก่อนหรือหลังการย้อม

Hadden, W.L. และคณะ [4] ได้ทำการสกัดสารให้สีจากดอกดาวเรือง (*Targetes erecta*) ผ่านปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน และสกัดแยกองค์ประกอบของสารให้สีจากดอกดาวเรืองด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography) แล้วทำการตรวจวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีครีเทนชัน(Chromatographic retention) ยูวี-วิสิเบิล (UV-visible spectra) และ โพสิทีฟ ไอออนอิเลคโตรสเปรย์ แมสสเปคโตรเมทรี (Positive ion electro spray mass spectrometry) โดยเทียบกับสารมาตรฐาน พบว่า สารให้สีที่สกัดได้ประกอบด้วยเม็ดสีที่มีประโยชน์ 93 เปอร์เซ็นต์ (ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร) อันได้แก่ ไอโซเมอร์ทั้งหมดที่เป็นซิสและทรานส์ของซีแซนทีน (5 เปอร์เซ็นต์) ไอโซเมอร์ทั้งหมดที่เป็น ซิสและทรานส์ของลูทีนและลูทีนเอสเทอร์ (88 เปอร์เซ็นต์)

รัตนาภรณ์ คณารักษ์สันติ [12] ได้ทำการศึกษาการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมที่ได้จากธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยย้อมต่างๆ และทำกระบวนการที่เรียกว่า Aftertreatment ด้วยสารยึดติดหรือมอร์แดนท์ชนิดต่างๆ เพื่อปรับปรุงผ้าที่ย้อมสีแล้วให้มีคุณภาพดี พบว่าเมื่อนำสารยึดติดมาใช้กับผ้าที่ย้อมแล้วจะทำให้ได้สีที่แตกต่างกันและมีความคงทนต่อการซักล้างได้ดีขึ้น

นุจิรา รัศมีไพบูลย์ [21] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าไหมด้วยกลีบดอกดาวเรือง พบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อม คือ น้ำสีมีค่า pH 5 และระยะเวลาย้อม 30 นาที ส่วนสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คือ การย้อมด้วยน้ำสีมีค่า pH 5 และระยะเวลาย้อม 90 นาที และการย้อมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส สภาวะที่เหมาะสม คือน้ำสีมีค่า pH 5 และระยะเวลาย้อม 30 นาที

กำจร แซ่เจียง [22] ได้ศึกษาผลของสภาวะการสกัดและการผลิตต่อลักษณะและสมบัติของน้ำสีจากกลีบดอกดาวเรือง รวมทั้งลักษณะและสมบัติของสีผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยผงสีจากกลีบดอกดาวเรือง พบว่าการสกัดน้ำสีจากกลีบดอกดาวเรืองโดยใช้อัตราส่วนของกลีบดอกดาวเรืองต่อน้ำกลั่น (น้ำหนักต่อปริมาตร) เท่ากับ 1 ต่อ 20 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 30 นาทีให้ผลดีที่สุด โดยการเติมโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมซัลเฟต มีผลต่อสภาวะการผลิตลักษณะและสมบัติของน้ำสีจากกลีบดอกดาวเรือง รวมทั้งความเข้มของสีผ้าฝ้ายและผ้าไหมหลังการย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
งานวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมีและวัสดุธรรมชาติ

1. กลีบดอกดาวเรืองสด
2. น้ำ
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
4. ผ้าฝ้าย 100% บริษัท ซี.พี.เอส โปรดักส์ จำกัด
5. ผ้าขนสัตว์มาตรฐาน
6. อะลัม ($Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$)
7. สบู่มาตรฐานชนิดไร้สารเรืองแสง
8. แอล-ฮีสติดีนโมโนไฮโดรคลอไรด์โมโนไฮเดรต : Merck Germany
9. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
10. โซเดียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต ($NaH_2PO_4.12H_2O$)
11. ไดโซเดียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต ($Na_2HPO_4.12H_2O$)
12. สารละลายเอทานอล 100%
13. สารละลายเอทานอล 95%
14. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น AC 2105;Sartorius
2. อุปกรณ์เครื่องแก้วและพลาสติกที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและกระดาษฟอยด์
3. เครื่องวัดยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer) model 7800
4. เซลล์ขนาด 10 มิลลิเมตร
5. ตู้อาบแสง (Exposure chamber); Xenon Weather Meter X75 WX598007 Suga Test Instrument Co.,Ltd Japan
6. เกรย์สเกล (Standard light source) CX797617 Suga Test Instrument Co.,Ltd ;Japane
7. กระดาษทึบแสงหรือวัสดุทึบแสงอย่างอื่น เช่น แผ่นอลูมิเนียมบางหรือกระดาษแข็งหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์
8. ตู้อบ (Oven)
9. เครื่องครอกมิเตอร์ (Crockmeter) รุ่น FR-15 ; Suga tast instrument Co., Ltd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. เครื่องวัดสี (Spectospectraflash 500)

11. เครื่องทดสอบการซัก ; Atlas Electric Devices Co., Ltd

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาสภาวะของกลีบดอกดาวเรืองและตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสีจากกลีบดอกดาวเรือง

งานวิจัยในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองในสภาวะสดและแห้งโดยใช้ตัวทำละลายคือ น้ำและเอทานอล 100% ตอนที่ 2 เลือกสภาวะของการสกัดกลีบดอกดาวเรืองจากตอนที่ 1 มาสกัดโดยใช้สารละลายเอทานอล ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 25, 50, 75, 95, 100% โดยปริมาตร

3.2.1.1 การสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรือง

- เตรียมกลีบดอกดาวเรืองแห้ง โดยบดย่อยกลีบดอกดาวเรืองสด แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- นำกลีบดอกดาวเรืองแห้ง 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร 2 ขวด
- เติมตัวทำละลายน้ำและเอทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด ปิดด้วยกระดาษฟอยด์
- แช่ไว้ 7 วัน โดยคนด้วยแท่งแก้วคนวันละ 10 นาที
- เมื่อครบกำหนดนำมากรองแบบสุญญากาศ
- นำสารที่สกัดได้ทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary Vacuum Evaporater)
- นำสารมาชั่งและสังเกตสีของสารละลายสีที่สกัดได้
- ทำการทดลองเช่นนี้อีกครั้งโดยเปลี่ยนสภาพของกลีบดอกดาวเรืองมาเป็นดอกสด

3.2.1.2 การเลือกระบบตัวทำละลายเอทานอล

- เตรียมสารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้น 25 50 75% โดยปริมาตรปิเปตสารละลายเอทานอลบริสุทธิ์ จำนวน 25 50 และ 75 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร
- นำอัตราส่วนของตัวทำละลายเอทานอล ได้แก่ 25 50 75 95 100% เอทานอลต่อน้ำมาสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองที่เลือกได้จากตอนที่ 1 และทำการสกัดเช่นเดียวกับตอนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2การศึกษาองค์ประกอบของสารให้สีด้วยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงยูวี-วิสิเบิล [9]

- นำสารให้สีที่บดละเอียดแล้วมาเตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม โดยชั่งสารให้สี 1 มิลลิกรัม แล้วละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร
- นำสารละลายที่เตรียมได้มาวัดสเปกทรัม และวัดค่าแอบซอร์แบนซ์ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยสแกนค่าความยาวคลื่นในช่วง200-500 นาโนเมตร
- เปรียบเทียบค่าความยาวคลื่นที่ได้กับค่าความยาวคลื่นสูงสุดของสารมาตรฐาน

3.2.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารให้สี การใช้สารยึดติดและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่มีต่อการย้อมสีผ้าฝ้าย

3.2.3.1 การเตรียมผ้าฝ้ายสำหรับย้อมสี

1. การลอกแป้ง

- ชั่งผ้าฝ้ายและตวงน้ำโดยใช้น้ำหนักผ้าดิบต่ออัตราส่วนน้ำเป็น 1:20
- ชั่งน้ำสบู่ด้วยอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อน้ำสบู่เป็น 1:1 แล้วต้มที่ 80 องศาเซลเซียส 20 นาที
- ล้างด้วยน้ำสะอาดและนำไปฟอกขาวต่อ

2. การฟอกขาว

- ตวงน้ำในอัตราส่วนน้ำหนักผ้าดิบต่อน้ำเป็น 1 : 20
- ชั่ง H_2O_2 ในอัตราส่วนน้ำหนักผ้าดิบต่อ H_2O_2เป็น 1:1.5
- ชั่ง NaOH ในอัตราส่วนน้ำหนักผ้าดิบต่อ NaOH เป็น 1:1
- ละลายส่วนผสมทั้งหมดแล้วแช่ผ้าลงไป
- ต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วล้างน้ำให้สะอาด ตากให้แห้ง

3.2.3.2 การย้อมสีผ้าฝ้าย

- ชั่งผ้าฝ้ายที่เตรียมไว้ ขนาด 30x55 เซนติเมตร จำนวน 18 ชิ้น
- เตรียมสารละลายสีย้อม โดยใช้สารให้สีที่มีความเข้มข้น 1% 3% และ 5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและใช้สารยึดติด(อะลัม) 5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และอัตราส่วนน้ำหนักผ้าฝ้ายต่อสารละลายสีย้อมเป็น 1:20 1:25 และ 1:30 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย

ชิ้นงาน	ความเข้มข้นของสารให้สี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	ความเข้มข้นของสารยึดติด (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม
1/1	1	0	1:20
2/1	1	5	1:20
3/1	3	0	1:20
4/1	3	5	1:20
5/1	5	0	1:20
6/1	5	5	1:20
1/2	1	0	1:25
2/2	1	5	1:25
3/2	3	0	1:25
4/2	3	5	1:25
5/2	5	0	1:25
6/2	5	5	1:25
1/3	1	0	1:30
2/3	1	5	1:30
3/3	3	0	1:30
4/3	3	5	1:30
5/3	5	0	1:30
6/3	5	5	1:30

- ให้ความร้อนแก่ภาชนะย้อมที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งแช่อยู่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
- นำผ้าชิ้นทดสอบแช่ลงในภาชนะย้อมแล้วปิดด้วยฟอยด์ เป็นเวลา 60 นาที
- นำผ้าชิ้นทดสอบออกจากภาชนะย้อมปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
- แยกผ้าออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 9 ชิ้น โดย

ชุดที่ 1 กรณีไม่ใช้สารยึดติด

ชุดที่ 2 กรณีใช้สารยึดติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เตรียมภาชนะสารยึดติดโดยใช้อะลัม 5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยให้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
- นำผ้าชุดที่ 2 มาแช่ในภาชนะสารยึดติดเป็นเวลา 60 นาที
- นำผ้าออกจากภาชนะสารยึดติดแล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.2.4 การศึกษาความคงทนของการย้อมติดสี

3.2.4.1 การศึกษาความคงทนของสีต่อแสง (แสงซีนอนอาร์ก)

การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงใช้วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก.121 เล่ม 2-2518

1. การเตรียมชิ้นทดสอบ

1.1 ตัดชิ้นทดสอบให้ด้านยาวขนานกับแนวด้ายพุ่ง มีขนาดไม่น้อยกว่า 45 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร หากชิ้นทดสอบเหล่านี้มาวางเรียงกันหรือพันรอบแผ่นกระดาษแข็งจนได้ขนาดตามที่กำหนด ชิ้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐานต้องมีขนาดและรูปร่างอย่างเดียว

1.2 ชิ้นทดสอบที่จะทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน เมื่อจะนำไปอาบแสงไฟให้วางเรียงกันดังผนวก ก.

2. วิธีทดสอบ

2.1 การควบคุมความชื้น

ตรวจสอบความชื้นของตู้อาบแสงโดยการนำผ้าตรวจสอบความชื้นและผ้าสีมาตรฐานซึ่งได้ปิดบางส่วนไว้ ไปอาบแสงซีนอนอาร์ก จนกระทั่งการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าตรวจสอบความชื้นมีค่าเท่ากับเกรด 4 ของเกรย์สเกล แล้วหาค่าความคงทนต่อแสงของผ้านั้น

2.2 วางชิ้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐานไว้ในตูอาบแสง ภายใต้สภาวะปกติ กำหนดให้ความชื้นที่ผิวของตัวอย่างมีค่าปานกลาง ความคงทนของแสงของผ้าตรวจสอบความชื้นเป็น 5 และอุณหภูมิสูงของ แบลกพาเนลเป็น 45 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสามารถหาค่าความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบได้โดยเปรียบเทียบกับผ้าสีมาตรฐานตามภาคผนวก ก.

2.3 การประเมินผลการทดสอบขั้นต้น

เมื่อสีของชิ้นทดสอบเริ่มเปลี่ยนแปลง ตามผนวก ข. ให้บันทึกระดับของผ้าสีมาตรฐานที่เปลี่ยนสีเท่ากับชิ้นทดสอบไว้ หรืออีกวิธีหนึ่งเมื่อผ้าสีมาตรฐาน 3 เริ่มเปลี่ยนสี ให้ตรวจดูการเปลี่ยนสีของชิ้นทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนสีของผ้าสีมาตรฐาน 1 2 และ 3 ต่อจากนั้นให้ผึ่งชิ้นทดสอบไว้ในตู้อาบแสงต่อไป

2.4 การประเมินผลการทดสอบขั้นสุดท้าย

- เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบกับผ้าสีมาตรฐานตามภาคผนวก ข. ความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบ คือ ระดับของผ้าสีมาตรฐานที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงสีเท่ากัน ถ้าชิ้นทดสอบแสดงการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ระหว่างผ้าสีมาตรฐานสองระดับ ให้รายงานผลเป็นค่าระหว่างของป้าสีมาตรฐานทั้งสอง

- ถ้าสีของชิ้นทดสอบจางกว่าผ้าสีมาตรฐาน 1 ให้รายงานผลเป็นระดับ 1
- ถ้าชิ้นทดสอบมีความคลทนของสีเป็นระดับ 4 หรือมากกว่าการประเมินผลการทดสอบขั้นต้นตามข้อ 3 ถือว่ามีความสำคัญ ถ้าในการประเมินผลการทดสอบขั้นนี้ปรากฏว่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบเท่ากับ 3 หรือต่ำกว่าให้บันทึกไว้ในวงเล็บด้วย เช่น มีความคงทนของสีเป็น 6 (3) แสดงว่าชิ้นทดสอบเปลี่ยนสีไปน้อยมากเมื่อผ้าสีมาตรฐาน 3 เริ่มเปลี่ยนสี แต่เมื่ออาบแสงต่อไปสีจะค่อยจางไปเท่ากับผ้าสีมาตรฐาน

3. การรายงานผล

3.1 ให้รายงานค่าของอัตราความคงทนของสีต่อแสงที่ประเมินได้ ถ้าค่านี้เท่ากับ 4 หรือสูงกว่า และในการประเมินผลขั้นต้นได้ค่าเท่ากับ 3 หรือต่ำกว่า ให้ใส่ค่าจากการประเมินผลข้างต้น ไว้ในวงเล็บด้วย

3.2.4.2 การศึกษาความคงทนของสีต่อการซักฟอก

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอกใช้วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.121 เล่ม 3-2518

1. การเตรียมสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก

1.1. สบู่ซึ่งมีความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 5 และไม่มีสารพวกเรืองแสงปนอยู่กับส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- ด่างอิสระคำนวณเป็นประมาณของโซเดียมคาร์บอเนตไม่เกินร้อยละ 0.3
- ด่างคำนวณเป็นปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ0.1
- ไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 85
- อุณหภูมิแข็งตัว ของกรดไขมันซึ่งได้จากสบู่ไม่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส
- ค่าไอโอดีน ไม่เกิน 50

1.2. โซเดียมคาร์บอเนต ชนิดแอนไฮดรัส

- น้ำสบู่เตรียมได้โดยใช้สบู่ 5 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร อุณหภูมิ 42±2 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

2. การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำตัวอย่างวางให้ขนานกันตามความยาว ใช้ผ้าขาวพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายขนาด 40 x 60 มิลลิเมตร ปิดด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นทดสอบน้ำหนักของเส้นด้ายที่ใช้ประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักรวมของผ้าขาวทั้งสองชิ้น แล้วเย็บริมทั้งสองด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดสอบ

3.1. วางชิ้นทดสอบลงในถ้วยซักเติมน้ำสบู่ โดยกำหนดตราส่วนระหว่างน้ำสบู่กับผ้าเป็น 50 ต่อ 1 น้ำหนัก ให้ซักที่อุณหภูมิและเวลาตามที่กำหนด คือ สบู่ 5 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร อุณหภูมิ 42±2 องศาเซลเซียส

3.2. เมื่อซักเสร็จแล้วให้นำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องซัก ล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นสองครั้งแล้วล้างด้วยน้ำซึ่งไหลตลอดเวลาเป็นเวลา 10 นาที บีบน้ำออกจากชิ้นทดสอบ เลาะด้ายที่เย็บออกสามด้าน โดยเว้นด้านสั้นไว้ด้านหนึ่ง ผึ่งชิ้นทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซียส โดยกางผ้าสามชิ้นออกจากกัน

3.3. หาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและค่าการเปื้อนสีบนผ้าขาวโดยการใช้ เกรย์สเกล

หมายเหตุ

1. อัตราความคงทนของสีต่อการซักฟอก ระดับ 1 แสดงว่า มีความคงทนต่ำสุด
2. อัตราความคงทนของสีต่อการซักฟอก ระดับ 5 แสดงว่า มีความคงทนสูงสุด
3. อัตราความคงทนของสีต่อการซักฟอก แต่ละระดับ จะมีความคงทนเพิ่มขึ้นเป็นสอง เท่า(โดยประมาณ) ตามลำดับ
4. อัตราความคงทนของสีต่อการซักฟอก ระดับ 4-5 จะมีความคงทนไม่ถึงระดับ 5 แต่มีความคงทนมากกว่าระดับ 4

3.2.4.3 การศึกษาความคงทนของสีต่อเหงื่อ

การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.121 เล่ม 4-2518

1. สารเคมีที่ใช้และวิธีเตรียม

ในการทดสอบ สารละลายเคมีแต่ละชนิดต้องเตรียมทันที

1.1 สารละลายชนิดที่ 1 เตรียมโดยการละลายสารแอล-ฮิสติดีน โมโนไฮโดรคลอไรด์ โมโนไฮเดรต (1-Histidine monohydrochloride monohydrate) 0.5 กรัม โซเดียมคลอไรด์ (Sodiumchloride) 5 กรัม และผลึกไดโซเดียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต (Disodium hydrogenphosphate-2-hydrate) 5 กรัมในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วทำให้มี pH 8.0 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

1.2 สารละลายชนิดที่ 2 เตรียมโดยการละลายสารแอล-ฮิสติดีน โมโนไฮโดรคลอไรด์ โมโนไฮเดรต (1-Histidine monohydrochloride monohydrate) 0.5 กรัม โซเดียมคลอไรด์ (Sodiumchloride) 5 กรัม และผลึกโซเดียมไดไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต (Sodium dihydrogenphosphate-2-hydrate) 2.2 กรัมในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วทำให้มี pH 5.5โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodiumhydroxide) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

2.การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ตัดชิ้นทดสอบขนาด 60 x 60 มิลลิเมตร ใช้ผ้าขาวสองชิ้นคือ ผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์ ปิดด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นทดสอบ แล้วเย็บริมหนึ่งด้าน ให้เตรียมชิ้นทดสอบไว้สองชิ้น

3. วิธีทดสอบ

3.1 แช่ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นในสารละลายแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที กำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างสารละลายกับชิ้นทดสอบเป็น 50 ต่อ1ของน้ำหนัก แกว่งและบีบชิ้นทดสอบเป็นครั้งคราวเพื่อให้เปียกทั่วกัน เทสารละลายออก แล้วใช้แท่งแก้วสองอันบีบสารละลายที่มากเกินควรออก วางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นไว้ระหว่างแผ่นแก้วสองแผ่น ซึ่งมีขนาด 60 x 115 มิลลิเมตร แล้วนำไปใส่เครื่องทดสอบเหงื่อ ปรับเครื่องให้แรงกดมีค่า 44 นิวตัน (4.5 กิโลกรัมแรง) การทดสอบด้วยสารละลายที่ 1 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างและสารละลายที่ 2 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดต้องไม่ใช้เครื่องทดสอบเดียวกัน

3.2 ใส่เครื่องทดสอบเหงื่อในตู้อบ แล้วอบที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบและผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส โดยกางผ้าทั้งสามชิ้นออกจากกัน

3.3 หาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและปริมาณสีที่ติดบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกล

4. การรายงานผล

ให้รายงานค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและการเปื้อนสีบนผ้าขาว

3.2.4.4 การศึกษาความคงทนต่อการขัดถู

การทดสอบความคงทนต่อการขัดถู ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.121 เล่ม 5-2518

1. การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ตัดชิ้นทดสอบขนาดไม่เล็กกว่า 140 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร จำนวนสองชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง

2. วิธีการทดสอบ

2.1. วิธีขัดถูด้วยผ้าแห้ง

ถูผ้าขาวแห้งบนชิ้นทดสอบแห้งไปมาตามแนวยาว เป็นระยะ 100 มิลลิเมตร 10 ครั้ง ภายใน 10 วินาที โดยมี แรงกด 900 กรัมแรง ให้ทำการทดสอบตามแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งแยกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. วิธีขัดถูด้วยผ้าเปียก

ให้ใช้ชิ้นทดสอบใหม่ที่แห้งถูกับผ้าขาวเปียกซึ่งมีน้ำอยู่ในปริมาณเท่ากับน้ำหนักของผ้าขาว แล้วทดสอบวิธีเดียวกับข้อ1 เสร็จแล้วผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

2.3. หาค่าการเปื้อนสีบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกล

หมายเหตุ 1. อัตราความคงทนของสีต่อน้ำ ระดับ 1 แสดงว่า มีความคงทนต่ำสุด

2. อัตราความคงทนของสีต่อน้ำ ระดับ 5 แสดงว่า มีความคงทนสูงสุด

3. อัตราความคงทนของสีต่อน้ำแต่ละระดับ จะมีความคงทนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า (โดยประมาณ) ตามลำดับ

4. อัตราความคงทนของสีต่อน้ำ ระดับ 2-3 จะมีความคงทนไม่ถึงระดับ 3 แต่จะมีความคงทนมากกว่าระดับ 2

3.2.4.5 การศึกษาความคงทนของสีต่อน้ำ

การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.121 เล่ม25-2526

1. การเตรียมชิ้นทดสอบ

วางชิ้นผ้าทดสอบให้ขนานกันตามความยาว ใช้ผ้าขาว 2 ชิ้น คือผ้าขาวฝ้ายและผ้าขนสัตว์ ขนาด 60 x 60 มิลลิเมตร ปิดด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นทดสอบ น้ำหนักของชิ้นทดสอบใช้ประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักผ้าทั้งสองชิ้นรวมกัน แล้วเย็บริมเพียงด้านเดียว

2. การทดสอบ

2.1. แช่ชิ้นทดสอบลงในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องจนเปียกทั่ว แช่ไว้ประมาณ 30 นาที

2.2. เมื่อครบกำหนดระยะเวลา รินน้ำออกและนำชิ้นทดสอบไปวางแผ่ระหว่างกระจกหรืออะคริลิกใส 2 แผ่น ซึ่งมี ขนาด 115 x 60 มิลลิเมตร แล้วกดด้วยแรงประมาณ 12.5 กิโลปาสกาล

2.3. วางอุปกรณ์ที่บรรจุชิ้นทดสอบนี้ไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง

2.4. แยกชิ้นทดสอบและผ้าขาวออกจากกัน แล้วแขวนให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส

2.5. ประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและค่าการเปื้อนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกล

หมายเหตุ 1. อัตราความคงทนของสีต่อน้ำ ระดับ 1 แสดงว่า มีความคงทนต่ำสุด

2. อัตราความคงทนของสีต่อน้ำ ระดับ 5 แสดงว่า มีความคงทนสูงสุด

3. อัตราความคงทนของสีต่อน้ำแต่ละระดับ จะมีความคงทนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า (โดยประมาณ) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การศึกษาลักษณะการย้อมติดสีบนผ้าฝ้ายโดยภาพถ่าย

นำผ้าฝ้ายย้อมสีที่สภาวะต่างๆ และผ้าฝ้ายย้อมสีหลังการทดสอบความคงทน มาถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล เพื่อดูลักษณะของสีที่ติดบนผ้าฝ้ายในสภาวะต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงของสีหลังการทดสอบความคงทนต่างๆ

3.2.6 การศึกษาลักษณะการย้อมติดสีบนผ้าฝ้ายโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter)

นำผ้าฝ้ายย้อมสีที่สภาวะต่างๆ และผ้าฝ้ายย้อมสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง การซักฟอก เหงื่อ และน้ำ มาวัดโดยใช้ระบบ CIE $L^* a^* b^*$ 1976 เพื่อระบุค่าสีต่างๆ ได้แก่

L^* : Lightness

a^* : Red-green

b^* : Yellow-blue

c^* : Chroma

h^* : Hue angle

โดยนำผ้าฝ้ายย้อมสีนั้นมาแนบเข้ากับเครื่องวัดสี แล้วใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์หาปริมาณการกระจายพลังงานของแหล่งกำเนิดแสง การสะท้อนของวัตถุ และการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน แล้วคำนวณออกมาเป็นค่า $L^* a^* b^* c^* h^*$ ตามสมการที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาสภาวะของกลีบดอกดาวเรืองและตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสีจากกลีบดอกดาวเรือง

จากการสกัดสารให้สีด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำและเอทานอลบริสุทธิ์ โดยใช้กลีบดอกดาวเรืองสดและกลีบดอกดาวเรืองแห้งดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 พบว่าสารให้สีที่ได้จากกลีบดอกดาวเรืองสดที่สกัดด้วยน้ำเกิดการเน่าเสียภายในเวลาไม่เกิน 1 วัน จึงทำให้ไม่มีผลของปริมาณสารให้สีที่สกัดได้ (% Conversion) เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดอกดาวเรืองสด ในขณะที่การสกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้โดยในส่วนที่สกัดด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ให้สีของสารละลายเป็นสีเหลืองทอง

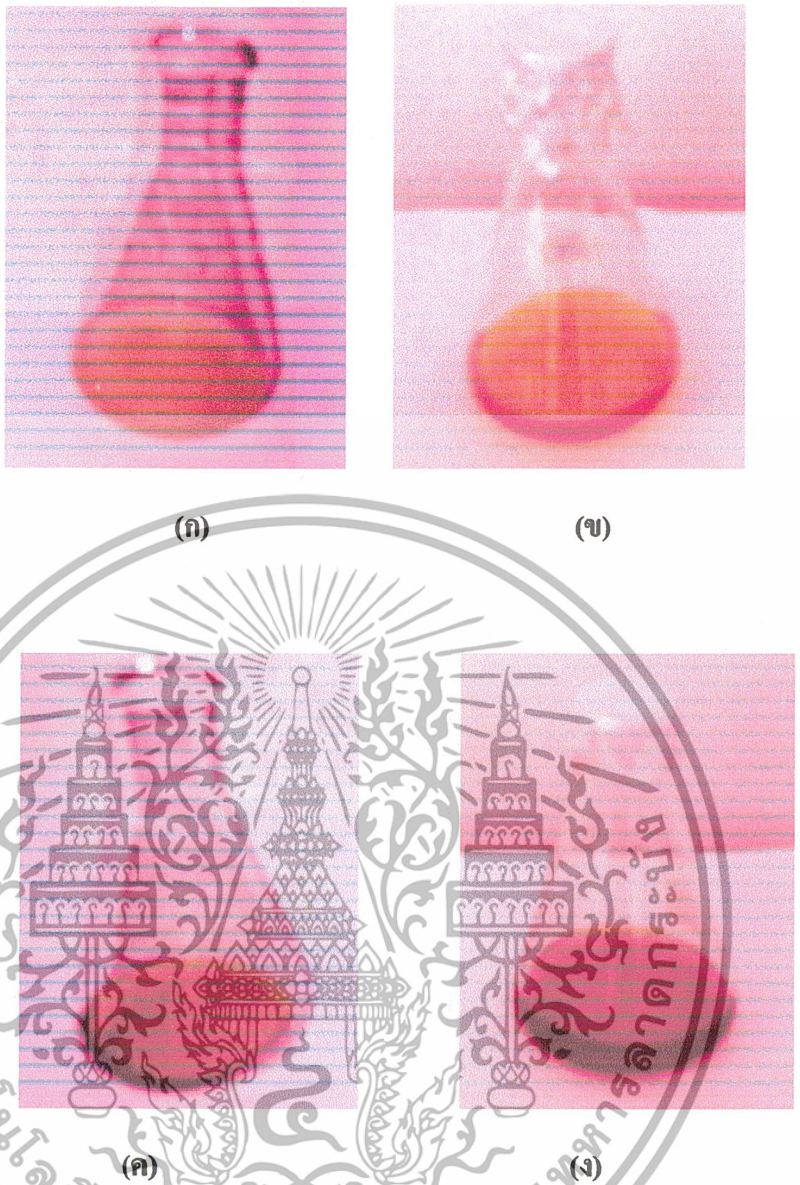
สำหรับสารให้สีที่ได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งที่สกัดด้วยน้ำไม่เกิดการเน่าเสีย และได้สีของสารละลายเป็นสีเหลืองเข้ม ส่วนกลีบดอกดาวเรืองแห้งที่สกัดด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ ให้สีของสารละลายเป็นสีน้ำตาลแดงเข้ม และเมื่อระเหยตัวทำละลายออกสารให้สีที่สกัดได้มีสีน้ำตาลเข้มและมีลักษณะเหนียวหนืดมาก

นอกจากนี้ปริมาณสารให้สีที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งให้สารให้สีในปริมาณที่สูงกว่าสารให้สีที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองสด เนื่องจากในกลีบดอกดาวเรืองสดมีปริมาณน้ำอยู่มาก ทำให้สารที่สกัดได้มีน้ำเจือปนอยู่มาก เมื่อระเหยตัวทำละลายออกจึงเหลือปริมาณสารให้สีอยู่น้อย

ตารางที่ 4.1 ปริมาณและลักษณะของสารให้สีที่สกัดได้จากตัวทำละลายน้ำและเอทานอลบริสุทธิ์

ลักษณะของกลีบดอกดาวเรือง	ระบบตัวทำละลาย	ปริมาณสารให้สีที่สกัดได้ (เปอร์เซ็นต์)	สีของสารละลาย
ดาวเรืองสด	น้ำกลั่น	-	-
	เอทานอลบริสุทธิ์	6.6	สีเหลืองทอง
ดาวเรืองแห้ง	น้ำกลั่น	25.5	สีเหลืองเข้ม
	เอทานอลบริสุทธิ์	42.3	สีน้ำตาลแดงเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.1 (ก) สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองสดด้วยน้ำกลั่น

(ข) สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองสดด้วยเอทานอลบริสุทธิ์

(ค) สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยน้ำกลั่น

(ง) สารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยเอทานอลบริสุทธิ์

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณสารให้สีและลักษณะของสารที่สกัดได้ จึงเลือกสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองแห้ง เพื่อนำมาศึกษาอัตราส่วนของตัวทำละลายเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดสารให้สี ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณและลักษณะของสารให้สีที่สกัดได้จากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยตัวทำละลายเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ

ชิ้นงานที่	ปริมาณสารให้สีที่สกัดได้ (เปอร์เซ็นต์)	สีของสารละลาย
น้ำกลั่น	25.5	สีเหลืองเข้ม
เอทานอล 25 % โดยปริมาตร	37.4	สีน้ำตาลแดงอ่อน
เอทานอล 50 % โดยปริมาตร	40.5	สีน้ำตาลแดงเข้มมาก
เอทานอล 75 % โดยปริมาตร	42.1	สีน้ำตาลแดงเข้มมาก
เอทานอล 95 % โดยปริมาตร	42.2	สีน้ำตาลแดงเข้มมาก
เอทานอล 100 % โดยปริมาตร	42.3	สีน้ำตาลแดงเข้มมาก

(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

รูปที่ 4.2 (ก) สารให้สีที่สกัดได้จากน้ำกลั่น

(ข) สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์

(ค) สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์

(ง) สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์

(จ) สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลที่ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

(ฉ) สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอลบริสุทธิ์

การทดลองในส่วนนี้เป็นการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองแห้งด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 25 50 75 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งการเลือกทดลองสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเป็นสารเคมีเกรดอุตสาหกรรมซึ่งมีราคาถูกกว่าสารละลายเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรอย่างมาก จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นทำให้ได้ปริมาณสารให้สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น โดยเมื่อความเข้มข้นของเอทานอลเป็น 75 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ให้ปริมาณสารให้สีใกล้เคียงกันโดยลักษณะของสารละลายที่ได้ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลแดงเข้ม ยกเว้นสารละลายที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ให้สีเหลืองเข้มและน้ำตาลแดงอ่อนตามลำดับ การที่สีของสารให้สีที่สกัดได้โดยใช้อัตราส่วนตัวทำละลายเอทานอลต่างๆ ให้สีน้ำตาลแดงเนื่องจากสารที่สกัดได้เป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์จำพวกแซนโทฟิลล์ และในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารให้สีในกลุ่มของสีเหลือง เมื่อสารละลายของสารให้สีมีความเข้มข้นของสารให้สีมาก สีของสารละลายที่ได้จึงมีสีน้ำตาลแดงเข้ม และนอกจากนี้สารให้สีในกลุ่มนี้สามารถละลายได้ดีในเอทานอลและละลายได้เล็กน้อยในน้ำ [7] ดังนั้นสารให้สีที่สกัดด้วย เอทานอลจึงถูกสกัดออกมาในปริมาณที่มากกว่าที่สกัดด้วยน้ำกลั่น

จากผลการสกัดสารให้สีในขั้นต้นจึงนำสารให้สีที่สกัดได้มาใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้ายเพื่อพิจารณาการย้อมติดสีบนผ้าฝ้ายในแต่ละสภาวะ โดยใช้ความเข้มข้นของสารให้สี 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และที่อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อปริมาตรสารละลาย 1 : 30 ซึ่งวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช พบว่ามีค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 แสดงว่าสารละลายสีย้อมมีสมบัติเป็นกรดอ่อนๆ และเนื่องจากสารให้สีที่สกัดได้มีความเสถียรที่ไม่สูงมากนักอีกทั้งตัวทำละลายที่ใช้ในการย้อม คือเอทานอลซึ่งมีจุดเดือดประมาณ 80 องศาเซลเซียส จึงเลือกใช้อุณหภูมิในการย้อม คือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ได้มาตรวจสอบลักษณะของสีที่ติดบนผ้าด้วยภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอลและเครื่องวัดสี ได้ดังในตารางที่ 4.3

(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ) (ช)

รูปที่ 4.3 (ก) ผ้าฝ้ายมาตรฐานก่อนการย้อม
(ข) ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากน้ำกลั่น
(ค) ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล 25 เปอร์เซ็นต์
(ง) ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์
(จ) ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล 75 เปอร์เซ็นต์
(ฉ) ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์
(ช) ผ้าฝ้ายหลังการย้อมด้วยสารละลายสีย้อมที่ได้จากเอทานอลบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบลักษณะของสีที่ติดบนผ้าด้วยเครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
ผ้าฝ้ายมาตรฐาน	89.79	0.46	2.71	2.75	80.37
ผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยน้ำกลั่น	84.77	1.39	9.71	9.81	81.84
ผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 25% โดยปริมาตร	71.27	-0.78	32.38	32.39	91.39
ผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 50% โดยปริมาตร	71.56	0.95	32.39	32.4	88.32
ผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 75% โดยปริมาตร	72.47	-0.12	36.1	36.1	90.19
ผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 95% โดยปริมาตร	75.47	2.48	48.19	48.25	87.05
ผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 100% โดยปริมาตร	69.43	12.24	64.93	66.08.	79.32

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ กับผ้าฝ้ายมาตรฐานซึ่งผ่านการลอกแป้งและการฟอกขาวแล้ว พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ให้ค่า L^* (Lightness) a^* (Red-Green) b^* (Yellow-Blue) C^* (Chroma) และh^* (Hue angle) แตกต่างจากผ้ามาตรฐานน้อยมาก ส่วนผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลอัตราส่วนต่างให้มีค่า L^* a^* b^* C^* h^* แตกต่างจากผ้ามาตรฐานเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าฝ้ายที่ย้อมสีด้วยเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความแตกต่างจากผ้ามาตรฐานอย่างมาก แสดงว่าสารให้สีที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีความสามารถในการย้อมสีติดบนผ้าฝ้ายต่ำกว่าสารให้สีที่สกัดด้วยเอทานอล โดยสารให้สีที่สกัดด้วยเอทานอล 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความสามารถในการย้อมสีติดบนผ้าฝ้ายใกล้เคียงกัน ส่วนสารให้สีที่สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความสามารถในการย้อมสีติดบนผ้าฝ้ายสูงใกล้เคียงกับสารให้สีที่สกัดด้วยเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด

ค่า L^* เป็นค่าที่บ่งบอกถึง ค่าความสว่างของสีที่ติดบนผ้ามากเมื่อมีค่าเข้าใกล้ 100 และค่าความสว่างของสีที่ติดบนผ้าน้อยเมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ กันมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน

ค่า a^* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสีที่ติดบนผ้า โดยเมื่อ a^* เป็นบวกจะมีสีแดง และเมื่อค่า a^* เป็นลบจะมีสีเขียว พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ กันมีค่า a^* เป็นบวกและลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงเล็กน้อย แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่ได้มีสีเขียวและแดงเจือปนอยู่เล็กน้อย โดยผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีสีแดงเจือปนอยู่มากที่สุด

ค่า b^* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสีที่ติดบนผ้า โดยเมื่อ b^* เป็นบวกจะมีสีเหลืองและเมื่อค่า b^*เป็นลบจะมีสีน้ำเงิน พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนเพิ่มขึ้น มีค่า b^* เป็นบวกเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่า b^* เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ส่วนผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่า b^* เพิ่มขึ้นอย่างมาก แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนเพิ่มขึ้น ผ้าฝ้ายย้อมสีที่ได้เป็นสีเหลืองมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ค่า C^* ค่าที่บ่งบอกถึงความสดใสของสีที่ติดบนผ้า พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนเพิ่มขึ้น มีค่า C^* เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่า C^* เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ส่วนผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่า C^* เพิ่มขึ้นอย่างมาก แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนเพิ่มขึ้น มีความสดใสเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ค่า h^* แสดงตำแหน่งสีใน Colour space ที่ 0 องศา เป็นตำแหน่งของสีแดง ที่ 90 องศา เป็นตำแหน่งของสีเหลือง ที่ 180 องศา เป็นตำแหน่งของสีเขียว ที่ 270 องศา เป็นตำแหน่งของสีน้ำเงิน พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ มีค่า h^* อยู่ในตำแหน่งของสีเหลือง โดยมีตำแหน่งสีเบี่ยงเบนไปทางสีเขียวและสีแดงเล็กน้อย โดยผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ค่า h^* เบี่ยงเบนไปทางสีเขียว แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่ได้มีสีเหลืองออกเขียว ส่วนผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 50 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ค่า h^* เบี่ยงเบนไปทางสีแดงเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่ได้มีสีเหลืองออกแดง

เมื่อพิจารณาสีที่ติดบนผ้าฝ้าย พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ มีสีเหลืองและมีความสดใสใกล้เคียงกัน โดยมีสีเขียวและแดงเจือปนแตกต่างกัน โดยผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีสีเหลืองออกแดงเล็กน้อย แต่ความสามารถในการย้อมติดสีของสารให้สีที่สกัดได้นั้นต่ำมาก ส่วนผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีสีเหลืองค่อนข้างสมบูรณ์มีสีเขียวและสีแดงเจือปนน้อยมาก ส่วนผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 50 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีสีเหลืองออกแดงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีสีเหลืองออกแดงที่มีความสดใสมากที่สุด และมีความสามารถในการย้อมติดสีของสารให้สีที่สกัดได้สูงที่สุด แต่เนื่องจากสารละลายเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีราคาแพงมาก ไม่คุ้มค่าต่อการนำมาใช้ในการสกัดสารให้สี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มาใช้ในการสกัดสารให้สีจากกลีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกดาวเรืองแห้ง ซึ่งมีราคาถูกกว่าอย่างมาก อีกทั้งสารให้สีที่สกัดได้มีความสามารถในการย้อมติดสีรองลงมาจากสารให้สีที่สกัดด้วยเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และผ้าฝ้ายย้อมสีที่ได้มีสีใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดด้วยเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มากที่สุดด้วย

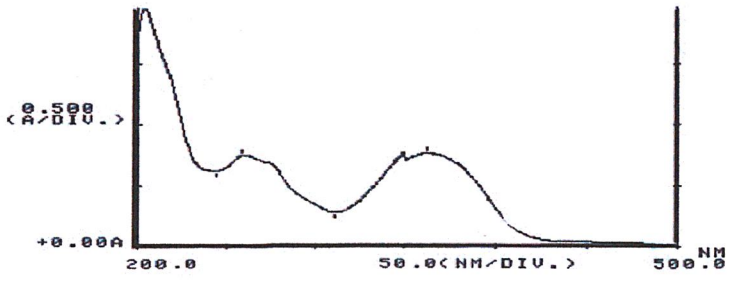
จากการสกัดสารให้สีโดยใช้กลีบดอกดาวเรืองสด 3000 กรัม ได้กลีบดอกดาวเรืองแห้งหลังการอบ 1380 กรัม เมื่อสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อเทียบกับน้ำหนักกลีบดอกดาวเรืองแห้ง และน้ำหนักกลีบดอกดาวเรืองสด ได้สารให้สีเท่ากับ 22.43 และ 5.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

4.2 การศึกษาสมบัติการดูดกลืนแสงของสารให้สีที่สกัดได้

สารให้สีที่สกัดได้จากเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อนำมาวัดสเปกทรัมและวัดค่าการดูดกลืนของแสงด้วยเครื่องยูวี- วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ได้ผลดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารให้สีความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ของระบบตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ค่าความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ค่าการดูดกลืนแสง
204.0	1.942
243.5	0.630
259.0	0.755
311.0	0.280
362.0	0.765
400.0	0.284
425.0	0.248
450.0	0.041



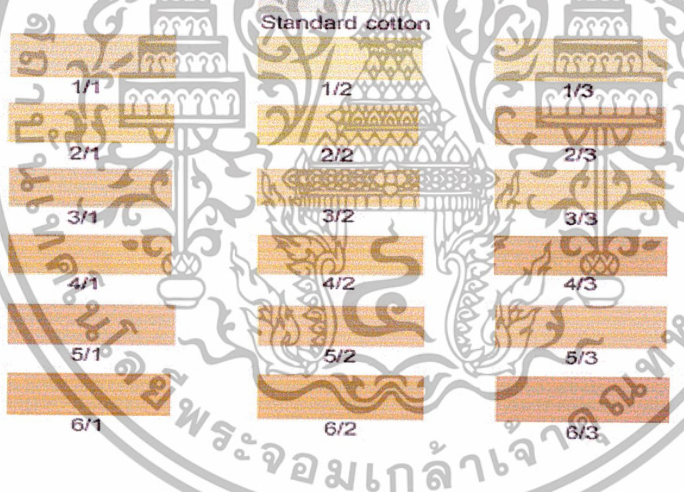
รูปที่ 4.4 สเปกทรัมของสารให้สีที่วัดด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล ในช่วง 200-500 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 พบว่าสารให้สีที่สกัดได้มีความยาวคลื่นสูงสุดที่ 204 259 และ 362 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าความยาวคลื่นของสารให้สีในกลุ่มของสีเหลืองจำพวกฟลาโวนอยด์ [23] และแคโรทีนอยด์ [24]

4.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารให้สี การใช้สารยึดติดและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่มีต่อการย้อมสีผ้าฝ้าย

การทดลองในส่วนนี้เป็นการนำสารที่สกัดได้จากตัวทำละลายเอทานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร มาเตรียมเป็นสารละลายสีย้อมที่มีความเข้มข้น 1 3 และ 5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในอัตราส่วนน้ำหนักผ้าฝ้ายต่อสารละลายสีย้อมเป็น 1:20 1:25 และ 1:30 ตามลำดับ โดยใช้อะลัม 5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นสารยึดติดและเนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA พบว่าสารให้สีที่สกัดได้มีเสถียรภาพทางความร้อนไม่สูงนัก จึงเลือกใช้ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายได้ผลดังแสดงในดังรูปที่ 4.5 และจากการตรวจวัดค่าลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายด้วยระบบ CIE 1976 โดยใช้เครื่องวัดสี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายในสภาวะต่างๆ

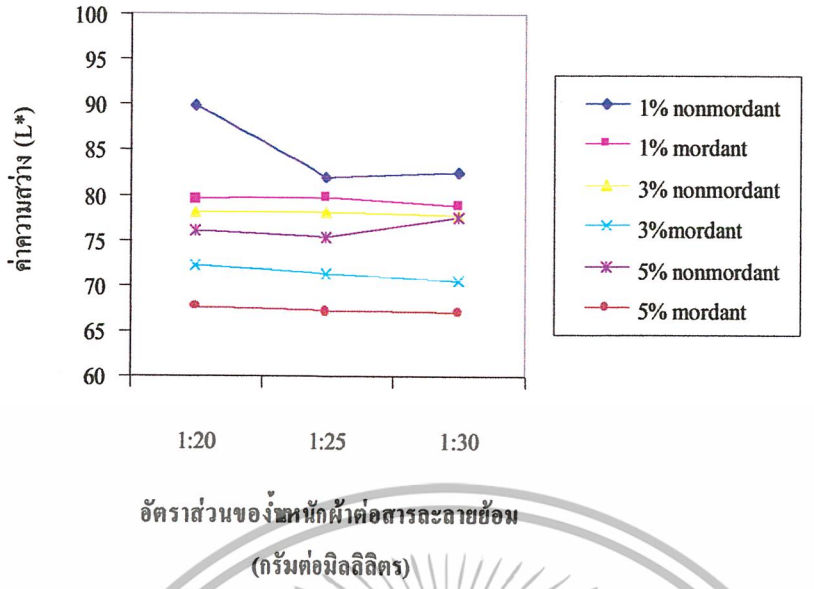
จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ กับผ้ามาตรฐาน พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า $L^* a^* b^* C^* h^*$ มีความแตกต่างจากผ้ามาตรฐานเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีใช้สารยึดติดทำให้ ค่า $L^* a^* b^* C^* h^*$ มีความแตกต่างจากผ้ามาตรฐานมากกว่าการที่ไม่ใช้สารยึดติด แต่การเพิ่มอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมทำให้ค่า $L^* a^* b^* C^* h^*$ มีความแตกต่างจากผ้ามาตรฐานใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและการใช้สารยึดติดมีผลทำให้ความสามารถในการย้อมสีผ้าฝ้ายเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจสอบลักษณะของสีที่ติดบนผ้าด้วยเครื่องวัดสีของผ้าฝ้ายชิ้นทดสอบ

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
-	ผ้าฝ้ายมาตรฐาน	89.79	0.46	2.71	2.75	80.37
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	89.9	-2.55	28.74	28.85	95.06
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	79.57	-0.9	47.24	47.25	91.09
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	78.1	0.06	40.93	40.93	89.91
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	72.17	2.61	57.28	57.34	87.39
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	76.07	2.05	47.37	47.42	87.52
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	67.6	7.21	66.89	67.28	83.85
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	81.9	-1.72	33.39	33.44	92.94
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	79.67	-1.26	45.95	45.96	91.58
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	78.13	-0.19	39.3	39.3	90.28
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	71.25	3.21	58.69	58.78	86.87
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	75.25	2.35	47.51	47.57	87.17
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	67.11	7.25	66.4	66.79	83.77
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	82.55	-1.6	32.73	32.77	92.79
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	78.86	-0.81	47.83	47.84	90.97
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	77.68	0.42	41.35	41.35	89.41
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	70.57	3.73	59.65	59.77	86.42
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	77.47	2.48	48.19	48.25	87.05
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	66.96	7.46	66.96	67.38	83.65

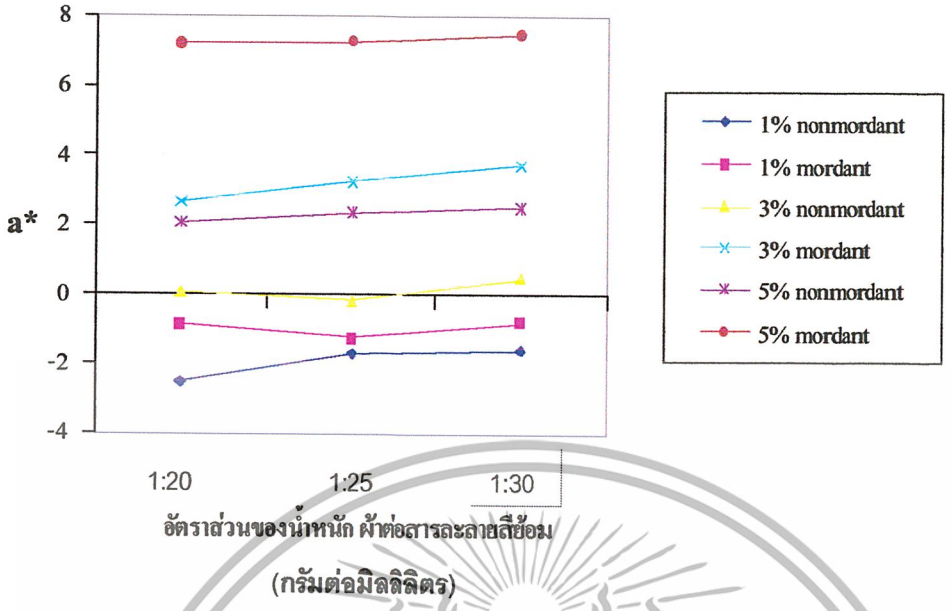
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L^*) และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อปริมาตรสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นของสารให้สีต่างๆ

จากรูปที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ซึ่งพบว่ากรณีใช้สารยึดติดผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า L^* ต่ำกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด และที่อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมเดียวกัน ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติด เมื่อความเข้มข้นของสารให้สีเพิ่มขึ้นผ้าฝ้ายย้อมสีให้ค่า L^* ลดลง แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและการใช้สารยึดติดมีผลทำให้ค่าความสว่างลดลง แต่ที่ความเข้มข้นของสารให้สีเดียวกัน ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติด เมื่ออัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมเพิ่มขึ้น ผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า L^* แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แสดงว่าการเพิ่มอัตราส่วนหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความสว่างของสีเพียงเล็กน้อย

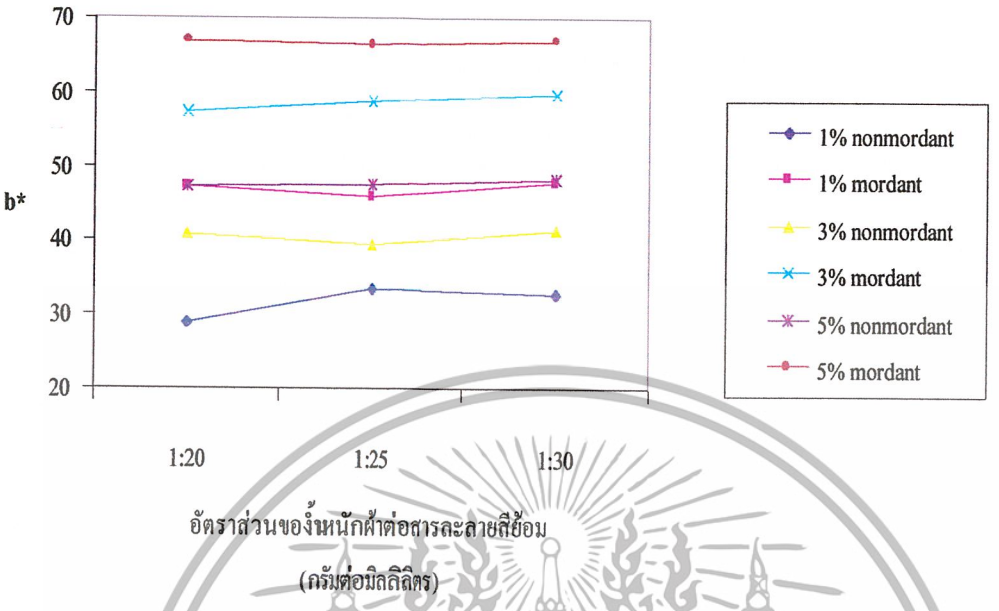
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า a^* เป็นบวกและลบเพียงเล็กน้อย แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีสีเขียวและแดงปนเล็กน้อย โดยกรณีใช้สารยึดติดให้ค่า a^* ไปทางบวกมากกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด แสดงว่าการใช้สารยึดติดทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีมีสีออกแดงมากกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด และที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติดในทุกๆ อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า a^* เป็นลบเพียงเล็กน้อย แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่ความเข้มข้นของสารให้สี 1 เปอร์เซ็นต์ ให้สีออกเขียวเล็กน้อย ซึ่งต่างจากที่ความเข้มข้นของสารให้สี 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่า a^* เป็นบวกเล็กน้อยแสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีที่เข้มข้น 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้สีออกแดงเล็กน้อย แต่จากการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม พบว่ามีผลทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า a^* แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แสดงว่าอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อค่า a^* เพียงเล็กน้อย

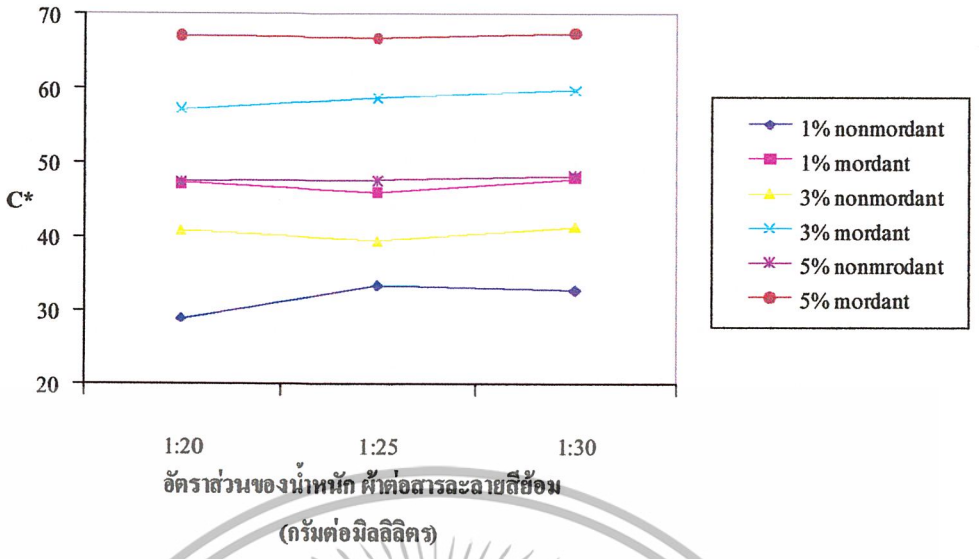
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า b^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า b^* เป็นบวกที่สูงมาก แสดงว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีสีเหลืองซึ่งเป็นสีเดียวกับสีของกลีบดอกดาวเรือง โดยกรณีใช้สารยึดติดให้ค่า b^* เป็นบวกที่สูงมากกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด และที่อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมเดียวกันทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติด เมื่อความเข้มข้นของสารให้สีเพิ่มขึ้นผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า b^* เพิ่มขึ้น แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและและการใช้สารยึดติดมีผลให้ผ้าฝ้ายย้อมสีมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

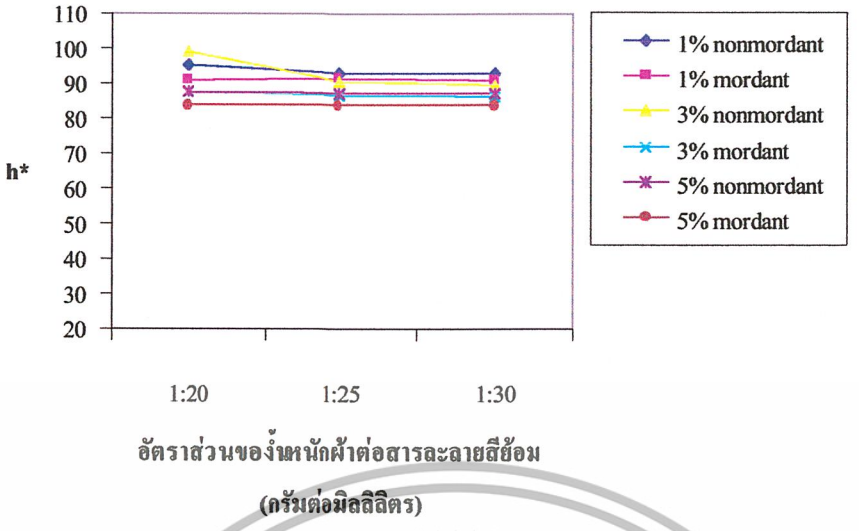
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 เมื่อเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสี กรณีใช้สารยึดติดมีค่า C^* ที่สูงกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด และที่อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมเดียวกันทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติด เมื่อความเข้มข้นของสารให้สีเพิ่มขึ้น ผ้าฝ้ายย้อมสีมีค่า C^* เพิ่มขึ้น แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและการใช้สารยึดติดมีผลทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีมีความสดใสเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า h^* และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ มีค่า h^* ใกล้เคียงกันและอยู่ในตำแหน่งของสีเหลือง โดยที่ความเข้มข้นของสารให้สี 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นสีเหลืองออกเขียวเล็กน้อย ส่วนที่ความเข้มข้นของสารให้สี 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์เป็นสีเหลืองออกแดงเล็กน้อย นอกจากนี้กรณีใช้สารยึดติดในทุกๆ สภาวะมีแนวโน้มไปทางสีแดงมากกว่ากรณีใช้สารยึดติด

จากการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่า L^* a^* b^* C^* h^* พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีมีผลทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีเหลืองออกแดงที่เข้มและสดใสเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้สารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารให้สีที่สกัดได้เป็นสารให้สีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์และในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ [3,5] ซึ่งให้สีเหลืองตั้งแต่สีเหลืองออกเขียวเมื่อสารให้สีมีปริมาณน้อยจนถึงสีเหลืองออกแดงเข้ม (น้ำตาลแดง) เมื่อสารให้สีมีปริมาณมาก ดังนั้นเมื่อปริมาณสารให้สีเพิ่มมากขึ้นและมีการใช้สารยึดติดซึ่งสามารถจับตัวกับโมเลกุลของสารให้สีเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนยึดกันอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยได้อย่างแข็งแรง [21] จึงยิ่งทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีมีสีเหลืองออกแดงเพิ่มมากขึ้น แต่สำหรับการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อค่า L^* a^* b^* C^* h^* เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

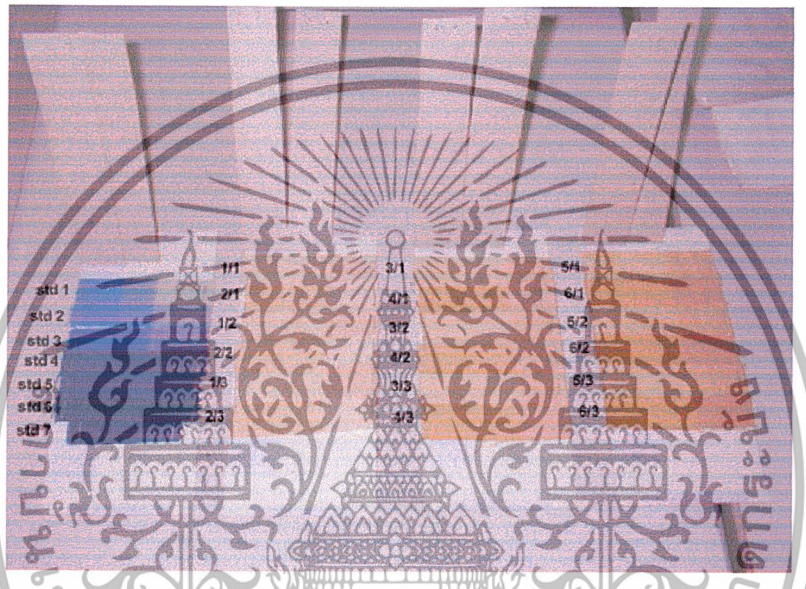
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแนวโน้มของสีที่ติดบนผ้าฝ้ายในสภาวะต่างๆ ที่ความเข้มข้นของสารให้สี 5 เปอร์เซ็นต์ กรณีไม่ใช้สารยึดติดมีค่า L^* a^* b^* C^* h^* มีแนวโน้มใกล้เคียงกับกรณีใช้สารยึดติดที่ความเข้มข้นของสารให้สี 1 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้สารยึดติดนั้นช่วยลดปริมาณการใช้สารให้สีได้ซึ่งเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิตได้อย่างมากเนื่องจากสารยึดติดที่ใช้ คืออะลัมนั้นมีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับสารให้สีที่สกัดได้ แต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงความคงทนของสีในการใช้งาน ซึ่งกล่าวถึงในหัวข้อ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาความคงทนของการย้อมติดสี

4.4.1 การศึกษาความคงทนของสีต่อแสง (แสงซีนอนอาร์ก)

การทดสอบชิ้นงานกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน เมื่อนำไปอาบแสงซีนอนอาร์กและประเมินอัตราความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นงาน โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานกับผ้าสีมาตรฐาน ได้ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.11 และตารางที่ 4.6



รูปที่4.11 ลักษณะการเปลี่ยนสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอาร์ก

จากตารางที่ 4.6 เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบความคงทนของสีต่อแสง พบว่าชิ้นงานส่วนใหญ่มีค่าการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับ 4-6 แสดงว่ามีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับสูง โดยกรณีที่ใช้สารยึดติดทุกๆ ความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม พบว่ามีความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกับกรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่ในกรณีไม่ใช้สารยึดติดบริเวณที่ 3 ชิ้นงานกลับมีสีที่เข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารให้สีที่สกัดได้ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสง เมื่อไม่มีสารยึดติดที่ช่วยยึดโมเลกุลของสารให้สีให้อยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ง่ายกว่ากรณีใช้สารยึดติด สำหรับการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ชิ้นงานมีค่าการเปลี่ยนสีใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความคงทนของสีต่อแสงเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาความคงทนของสีต่อแสง พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับสูง โดยความคงทนของสีต่อแสงกรณีใช้สารยึดติดมีผลดีกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความคงทนของสีต่อแสงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.6 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอาร์กโดยใช้เกรย์สเกล

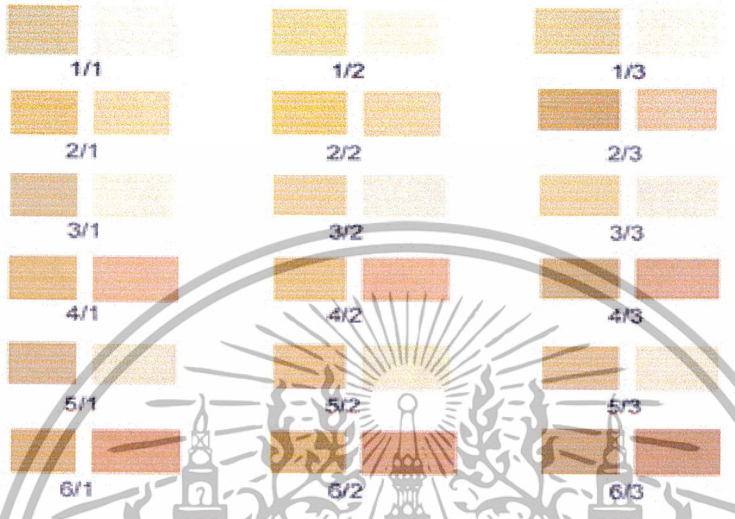
ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	การเปลี่ยนสี
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	5,Str
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	4,Str
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3,Str
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	5
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	5,Str
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	6,Str
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	5
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	6,Str
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	6
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	5,Str
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	6,Str
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	5
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	6,Str
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	6

หมายเหตุ Str (Stronger) หมายถึง ความเข้มของสีเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การศึกษาความคงทนของสีต่อการซักฟอก

การทดสอบผ้าฝ้ายชิ้นทดสอบกับผ้ามาตรฐาน เมื่อนำไปซักแล้วหาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานและสีตกติดบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องวัดสี เพื่อประเมินอัตราความคงทนของสีต่อการซักฟอกแสดงดังรูปที่ 4.12 ตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก

จากตารางที่ 4.7 (ก) เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก พบว่าหลังการทดสอบชิ้นงานส่วนใหญ่มีสีที่อ่อนลงและมีค่าการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับ 2-3 แสดงว่ามีความคงทนของสีต่อการซักฟอกอยู่ในระดับต่ำ ยกเว้นที่อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม 1 : 30 มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ในระดับ 3-4 แสดงว่ามีความคงทนของสีต่อการซักฟอกอยู่ในระดับปานกลาง โดยกรณีใช้สารยึดติดมีความคงทนของสีต่อการซักฟอกดีกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่หลังการทดสอบชิ้นงานกลับมีสีที่เข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในการซักฟอกมีน้ำเป็นตัวกลางจึงสามารถพาสารให้สีและสารยึดติดที่อยู่บนพื้นผิวผ้าฝ้ายแพร่เข้าสู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยได้เพิ่มมากขึ้น [11] และการใช้สารยึดติดสามารถจับตัวกับโมเลกุลของสารให้สีเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนยึดกันอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยได้อย่างแข็งแรง [21] จึงทำให้กรณีใช้สารยึดติดมีสีเข้มขึ้น แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ชิ้นงานมีค่าการเปลี่ยนสีใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วน น้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักฟอกเพียงเล็กน้อย

นอกจากนี้ค่าการตกติดของสีบนผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์มาตรฐาน พบว่าชิ้นงานในทุกๆ สภาวะมีค่าการตกติดของสีอยู่ระดับ 4-5 แสดงว่าสีที่หลุดออกจากชิ้นงานหลังการซักฟอกมีการตกติดของสีในปริมาณที่น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ก) การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอกโดยใช้เกรย์สเกล

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าการตกติดของสีบนผ้ามาตรฐาน		ค่าการเปลี่ยนสี
		ฝ้าย	ขนสัตว์	
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4-5	2,W
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4-5	3,W
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4	2-3,W
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4	2-3,D/Str
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4	2-3,W
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4-5	2-3,D/Str
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4	2-3,W
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4-5	3-4,W
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4	2-3,W
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4-5	2-3,D/Str
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4	2-3,W
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4	3-4,D/Str
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4	3,W
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	3-4,D/Str
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4	3-4,W
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	3-4,W/Str
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	2-3,W
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4	4-5	3,D/Str

หมายเหตุ W (Weaker) หมายถึง ความเข้มของสีอ่อนลงกว่าเดิม

Str (Stronger) หมายถึง ความเข้มของสีเพิ่มขึ้นกว่าเดิม

D (Duller) หมายถึง ความเข้มของสีด้านกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7(ข) การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสีหลังการซักฟอกโดยใช้เครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าความสดใส		
		C_1^*	C_2^*	ΔC^* (%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	28.85	11.44	-60.347
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	47.25	29.06	-38.497
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	40.93	14.9	-63.596
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	57.34	36.79	-35.839
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	47.42	20.48	-56.811
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	67.28	40.29	-40.116
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	33.44	12.3	-63.218
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	45.96	29.62	-35.553
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	39.3	15.77	-59.873
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	58.78	36.67	-37.615
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	47.57	21.66	-54.467
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	66.79	39.91	-40.246
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	32.77	14.53	-55.661
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	47.84	32.21	-32.671
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	41.35	15.18	-63.289
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	59.77	36.42	-39.066
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	48.25	21.09	-56.29
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	67.38	39.92	-40.754

หมายเหตุ $\triangle C^* = (C_2^* - C_1^*)*100/ C_1^*$

จากตารางที่ 4.7 (ข) เมื่อเปรียบเทียบค่าความสดใสของชิ้นงานหลังการซักฟอก(C_2^*) กับก่อนการซักฟอก (C_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสี(ΔC^*) ในกรณีใช้สารยึดติด ที่ทุกๆ ความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีค่าน้อยกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด เนื่องจากเหตุผลเช่นเดียวกับการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก [21] แต่การเพิ่มความเข้มข้นของ สารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติดชิ้นทดสอบมีค่าการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการซักฟอกใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ สารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการซักฟอกเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7(ค) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสีหลังการซักฟอกโดยใช้เครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ตำแหน่งสี (องศา)		
		h_1^*	h_2^*	Δh^*(%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	95.06	93.32	-1.83
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	91.09	86.91	-4.59
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	89.91	97.84	8.82
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	87.39	83.4	-4.57
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	87.52	95.25	8.83
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	83.85	81.22	-3.14
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	92.94	95.01	2.23
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	91.58	87.04	-4.96
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	90.28	96.87	7.30
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	86.87	83.34	-4.06
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	87.17	96.13	10.28
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	83.77	81.51	-2.70
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	92.79	92.03	-0.82
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	90.97	86.64	-4.76
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	89.41	95.39	6.69
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	86.42	83.06	-3.89
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	87.05	93.07	6.92
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	83.65	81.56	-2.50

หมายเหตุ $\Delta h^* = (h_2^* - h_1^*) * 100 / h_1^*$

ตารางที่ 4.7(ค) เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งสีของชิ้นงานหลังการซักฟอก (h_2^*) กับก่อนการซักฟอก (h_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสี (Δh^*) ในกรณีใช้สารยึดติดมีค่าเป็นลบอยู่ในช่วง 3-4 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าชิ้นงานหลังการซักฟอกมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองออกแดงเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีไม่ใช้สารยึดติดมีค่าเป็นบวกอยู่ในช่วง 6-8 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าชิ้นทดสอบหลังการซักฟอกมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองออกเขียวเพิ่มมากขึ้น หรือกล่าวได้ว่ามีสีเหลืองออกแดงลดลง เนื่องจากสารให้สีที่สกัดได้เป็นสารให้สีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์และในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ [3 ,5] ซึ่งให้สีเหลืองตั้งแต่สีเหลืองออกเขียวเมื่อสารให้สีมีปริมาณน้อยจนถึงสีเหลืองออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(น้ำตาลแดง) เมื่อสารให้สีมีปริมาณมาก ดังนั้นเมื่อปริมาณสารให้สีเพิ่มมากขึ้น และมีการใช้สารยึดติด ซึ่งสามารถจับตัวกับโมเลกุลของสารให้สีเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนยึดกันอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยได้อย่างแข็งแรง [21] จึงทำให้มีสีเหลืองออกแดงเพิ่มมากขึ้น

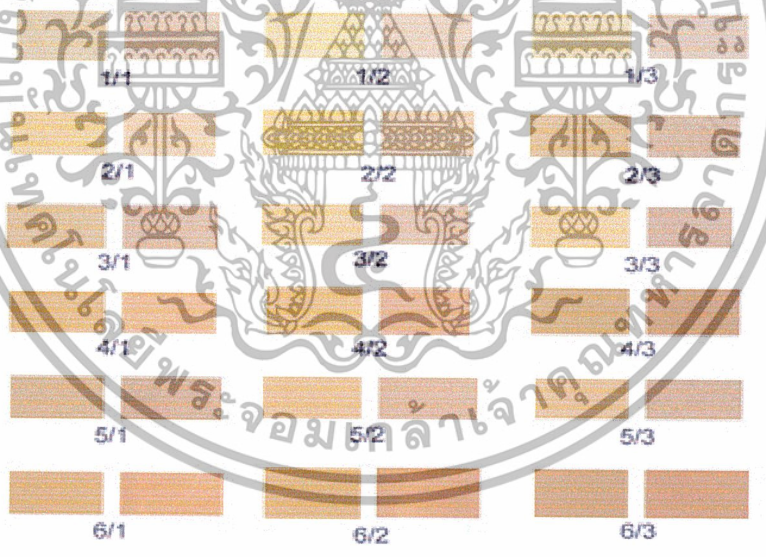
จากการพิจารณาความคงทนของสีต่อการซักฟอก พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีความคงทนของสีต่อการซักฟอกอยู่ในระดับต่ำ โดยความคงทนของสีต่อการซักฟอกกรณีใช้สารยึดติดมีผลดีกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักฟอกเพียงเล็กน้อย

4.4.3 การศึกษาความคงทนของสีต่อเหงื่อ

การศึกษาความคงทนของสีต่อเหงื่อทำการทดสอบแยกออกเป็นสองสภาวะแบ่งตามเหงื่อของคนคือ เป็นสภาวะกรดและสภาวะเบส ดังนี้

1. การทดสอบความคงทนต่อเหงื่อในสภาวะกรด

การทดสอบชิ้นงานด้วยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด โดยหาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานและปริมาณสีตกติดบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องวัดสี ได้แสดงผลดังรูปที่ 4.13 และตารางที่ 4.8



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.8 (ก) ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรด

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าการตกติดของสีบนผ้ามาตรฐาน		ค่าการเปลี่ยนสี
		ฝ้าย	ขนสัตว์	
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3-4	4	4-5,D
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4-5	4,D
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3	3	4
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	3	4	3-4,D
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3	2	3
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4	3	3,D
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	4	3-4	4-5
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4-5	4,D
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	2-3	3-4	4
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4	4-5	4,D
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	3	3	3
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4	4	3-4,D
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	4	4	4,W
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	4,D
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	2-3	3-4	4
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	3-4	4	4
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	2-3	2-3	3
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4	4	4,D

หมายเหตุ W(Weaker) หมายถึง ความเข้มของสีอ่อนลงกว่าเดิม

D(Duller) หมายถึง ความเข้มของสีด้านกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 (ก) เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรด พบว่าหลังการทดสอบชิ้นงานส่วนใหญ่ มีค่าการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับ 4-5 แสดงว่ามีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรดอยู่ในระดับสูง ในกรณีใช้สารยึดติดมีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรดใกล้เคียงกับกรณีไม่ใช้สารยึดติดไม่เกิดการเปลี่ยนสี เนื่องจากสภาวะในการย้อมสีผ้าฝ้ายตอนเริ่มต้นมีสภาวะเป็นกรดอ่อนๆ (pH=4.5) ดังนั้นเมื่อนำมาทดสอบกับเหงื่อในสภาวะกรดอ่อนๆ (pH=5.5) จึงไม่เกิดปฏิกิริยาใดๆขึ้น แต่สารให้สีบางส่วนที่ติดบนพื้นผิวผ้าฝ้าย สามารถหลุดออกได้ จึงทำให้สีของชิ้นงานมีความเข้มลดลง

ตารางที่ 4.8 (ข) การเปลี่ยนแปลงของสีหลังการทดสอบความคงทนต่อเหงื่อในสภาวะกรด โดยใช้เครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าความสดใส		
		C_1^*	C_2^*	ΔC^*(%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	28.85	28.6	-25.269
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	47.25	37.5	-20.635
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	40.93	34.35	-16.076
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	57.34	51.63	-9.958
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	47.42	39.9	-15.853
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	67.28	62.16	-7.61
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	33.44	28.63	-14.384
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	45.96	38.12	-12.707
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	39.3	34.35	-12.595
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	58.78	52.89	-10.02
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	47.57	39.32	-17.343
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	66.79	63.09	-5.54
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	32.77	29.02	-11.443
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	47.84	40.99	-5.706
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	41.35	32.5	-21.403
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	59.77	53.25	-10.908
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	48.25	38.64	-19.917
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	67.38	62.9	-6.649

หมายเหตุ $\Delta C^* = (C^*_2 - C^*_1)*100/ C^*_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 (ข) เมื่อเทียบกับค่าความสดใสของชิ้นงานหลังการทดสอบ (C_2^*) กับก่อนการทดสอบ (C_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสี(ΔC^*)ในกรณีใช้สารยึดติดที่ทุกๆความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีค่าน้อยกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด เนื่องจากเหตุผลเช่นเดียวกันกับการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก[21] ชิ้นทดสอบจึงมีสีที่เข้มและสดใสกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติดแต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติด ชิ้นงานมีค่าการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการทดสอบใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นและอัตราส่วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการทดสอบเพียงเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.8 (ค) เมื่อเปรียบเทียบค่าตำแหน่งสีของชิ้นงานหลังการทดสอบ(h_2^*) กับก่อนการทดสอบ (h_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสี (Δh^*) ในทุกๆ ชิ้นงานมีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0-3 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น แสดงว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีหลังการทดสอบมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองออกเขียวเพิ่มมากขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่าการใช้สารยึดติด การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีผลต่อการเปลี่ยนสีของชิ้นงานเพียงเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรด พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรดอยู่ในระดับสูง โดยการใช้สารยึดติด การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ค) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะกรดโดยใช้เครื่องวัดสี

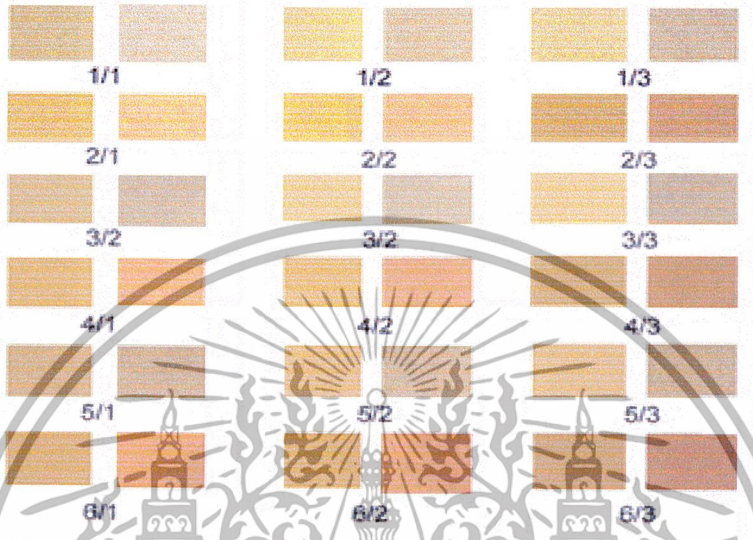
ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ตำแหน่งสี (องศา)		
		h_1^*	h_2^*	Δh^*(%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	95.06	93.03	-2.14
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	91.09	91.49	0.44
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	89.91	91.35	1.60
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	87.39	88.07	0.78
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	87.52	89.88	2.70
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	83.85	85.27	1.69
½	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	92.94	93.19	0.27
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	91.58	91.74	0.17
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	90.28	90.96	0.75
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	86.87	87.47	0.69
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	87.17	90.1	3.36
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	83.77	85.18	1.68
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	92.79	92.84	0.05
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	90.97	91.21	0.26
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	89.41	90.89	1.66
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	86.42	87.52	1.27
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	87.05	90.03	3.42
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	83.65	85.27	1.94

หมายเหตุ $\Delta h^* = (h_2^* - h_1^*)*100/h_1^*$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบความคงทนต่อเหงื่อในสภาวะเบส

การทดสอบชิ้นงานด้วยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นเบส โดยหาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานและปริมาณสีตกติดบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องวัดสี ได้แสดงผลดังรูปที่ 4.14 และตารางที่ 4.9



รูปที่4.14 การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส

จากตาราง 4.9 (ก) เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส พบว่าหลังการทดสอบชิ้นงานส่วนใหญ่ มีค่าการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับ 3-4 แสดงว่ามีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นที่ความเข้มข้นของสารให้สี 1 เปอร์เซ็นต์ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติดในทุกๆอัตราส่วน มีค่าการเปลี่ยนสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสอยู่ในระดับ 4-5 เนื่องจากปริมาณสารให้สีนั้นมีน้อย ชิ้นงานจึงมีสีอ่อนทำให้การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีได้ไม่ชัดเจน นอกจากนี้ กรณีใช้สารยึดติดมีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสดีกว่าในกรณีไม่ใช้สารยึดติด เนื่องจาก สารให้สีที่สกัดได้มีสมบัติเป็นกรดอ่อนๆ (pH=4.5) จึงสามารถเกิดปฏิกิริยากับเหงื่อในสภาวะเบสได้ แต่ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกันกับการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก [21] สารให้สีจึงทำปฏิกิริยากับเบสได้น้อยกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด สำหรับการเพิ่มอัตราส่วนชิ้นงานมีค่าการเปลี่ยนสีใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีผลต่อความคงทนของสีในสภาวะเบสเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ก) ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าการตกติดของสีบนผ้ามาตรฐาน		ค่าการเปลี่ยนสี
		ฝ้าย	ขนสัตว์	
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	4	4	4,W
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4-5	4-5,D
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3	2-3	3-4,D/G
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4-5	4,Str
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	2-3	3	3,D/G
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4	3-4,Str
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	3-4	4	4,W
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4-5	4-5,D/Str
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	3	3	3,G/D
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4-5	4,Str
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	2-3	2	3,D/G
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4-5	4,D/Str
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	3	4	4,W
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	4-5,D/Str
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	2-3	2	3,D/G
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	4,Str
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	2	1-2	2-3,D/G
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	4,D/Str

หมายเหตุ W (Weaker) หมายถึง ความเข้มของสีอ่อนลงกว่าเดิม

Str (Stronger) หมายถึง ความเข้มของสีเพิ่มขึ้นกว่าเดิม

D (Duller) หมายถึง ความเข้มของสีด้านกว่าเดิม

G (Greener) หมายถึง ความเข้มของสีเปลี่ยนแปลงเป็นสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ข) การเปลี่ยนแปลงของสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส โดยใช้เครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าความสดใส		
		C_1^*	C_2^*	ΔC^*(%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	28.85	23.58	-18.267
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	47.25	43.42	-8.106
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	40.93	27.62	-32.59
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	57.34	54.79	-4.447
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	47.42	32.66	-31.126
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	67.28	59.88	-10.999
½	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	33.44	26.56	-20.574
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	45.96	42.28	-8.007
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	39.3	27.29	-30.56
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	58.78	55.31	-5.903
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	47.57	34.51	-27.454
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	66.79	59.25	-11.289
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	32.77	27.95	-14.709
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	47.84	47.46	-0.794
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	41.35	29.59	-18.44
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	59.77	54.89	-8.164
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	48.25	34.29	-28.932
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	67.38	59.86	-11.16

<u>หมายเหตุ</u> $\triangle C^* = (C^*_2 - C^*_1)*100/C^*_1$

จากตารางที่ 4.9 (ข) เมื่อเทียบกับค่าความสดใสของชิ้นงานหลังการทดสอบ (C_2^*) กับก่อนการทดสอบ (C_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสี(ΔC^*) ในกรณีใช้สารยึดติดที่ทุกๆ ความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีค่าน้อยกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด เนื่องจากเหตุผลเช่นเดียวกันกับการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก [21] ชิ้นงานจึงมีสีที่เข้มและสดใสกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติดแต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติด ชิ้นทดสอบมีค่าการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการทดสอบใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการทดสอบเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.9 (ค) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสโดยใช้เครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ตำแหน่งสี (องศา)		
		h_1^*	h_2^*	Δh^* (%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	95.06	93.38	-1.77
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	91.09	87.82	-3.59
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	89.91	96.07	6.85
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	87.39	83.85	-4.05
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	87.52	94.11	7.53
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	83.85	81.83	-2.41
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	92.94	93.91	1.04
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	91.58	88.41	-3.46
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	90.28	96.54	6.93
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	86.87	83.42	-3.97
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	87.17	93.57	7.34
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	83.77	81.62	-2.57
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	92.79	93.38	0.64
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	90.97	86.97	-4.40
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	89.41	95.41	6.71
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	86.42	84.35	-2.40
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	87.05	93.8	7.75
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	83.65	80.64	-3.60

หมายเหตุ $\Delta h^* = (h_2^* - h_1^*)*100/ h_1^*$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 4.9 (ค) เมื่อเปรียบเทียบค่าตำแหน่งสีของชิ้นงานหลังการทดสอบ(h_2^*) กับก่อนการทดสอบ (h_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสี (Δh^*) ในกรณีใช้สารยึดติดมีค่าเป็นลบอยู่ในช่วง 3-4 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ชิ้นงานหลังการทดสอบมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองออกแดงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารให้สีที่สกัดได้เป็นสารให้สีในกลุ่มแคโรทีนอยด์และในกลุ่มฟลาโวนอยด์ [3,5] ซึ่งให้สีเหลืองตั้งแต่สีเหลืองออกเขียวเมื่อสารให้สีมีปริมาณน้อย จนถึงสีเหลืองออกแดงเข้มหรือน้ำตาลแดงเมื่อสารให้สีมีปริมาณมาก และการใช้สารยึดติดสามารถเกิดการจับตัวกับโมเลกุลของสารให้สีเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ยึดติดกันอยู่ในโครงสร้างของเส้นใยอย่างแข็งแรง[21] ดังนั้นเมื่อปริมาณสารให้สีเพิ่มมากขึ้น และยิ่งมีการใช้สารยึดติด จึงยิ่งทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีมีสีเหลืองออกแดงเพิ่มมากขึ้น สำหรับการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีค่าการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสีใกล้เคียงกัน แสดงว่าความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีผลต่อการเปลี่ยนตำแหน่งสีเพียงเล็กน้อย

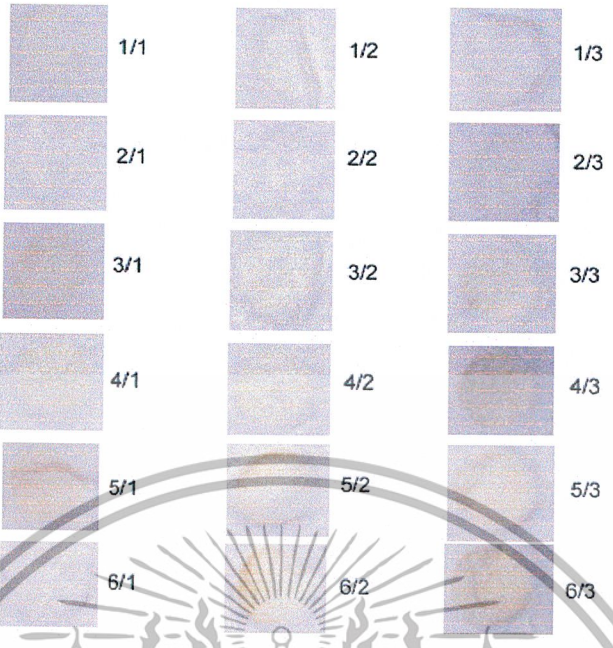
เมื่อพิจารณาความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสอยู่ในระดับปานกลาง โดยการใช้สารยึดติดมีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสดีกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีผลต่อความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบสเพียงเล็กน้อย

4.4.4 การศึกษาความคงทนของสีต่อการขัดถู

การทดสอบชิ้นทดสอบกับผ้ามาตรฐาน โดยหาค่าปริมาณสีตกติดบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกล เพื่อประเมินอัตราความคงทนของสีต่อการขัดถู ได้แสดงผลดังรูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.10

รูปที่ 4.15 (ก) ลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายมาตรฐานหลังทดสอบการขัดถูแบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15(ข) ลักษณะการติดสีบนผ้าฝ้ายมาตรฐานหลังทดสอบการขัดถูแบบแห้ง

จากตารางที่ 4.10 เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู พบว่าค่าการตกติดของสีบนผ้าฝ้ายมาตรฐานหลังการทดสอบการขัดถูในสภาวะเปียกอยู่ในระดับ 3-4 แสดงว่าความคงทนของสีต่อการขัดถูในสภาวะเปียกอยู่ในระดับปานกลางและยังมีค่าการตกติดของสีบนผ้าฝ้ายมาตรฐานหลังการทดสอบการขัดถูในสภาวะแห้งอยู่ในระดับ 4-5 แสดงว่ามีความคงทนของสีต่อการขัดถูในสภาวะแห้งอยู่ในระดับสูง โดยทุกๆ ชิ้นงานหลังการขัดถูในสภาวะเปียกมีค่าการตกติดของสีบนผ้าฝ้ายมาตรฐานใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับหลังการขัดถูในสภาวะแห้ง แสดงว่าการใช้สารยึดติด การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อการขัดถูในสภาวะเปียกและสภาวะแห้งเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

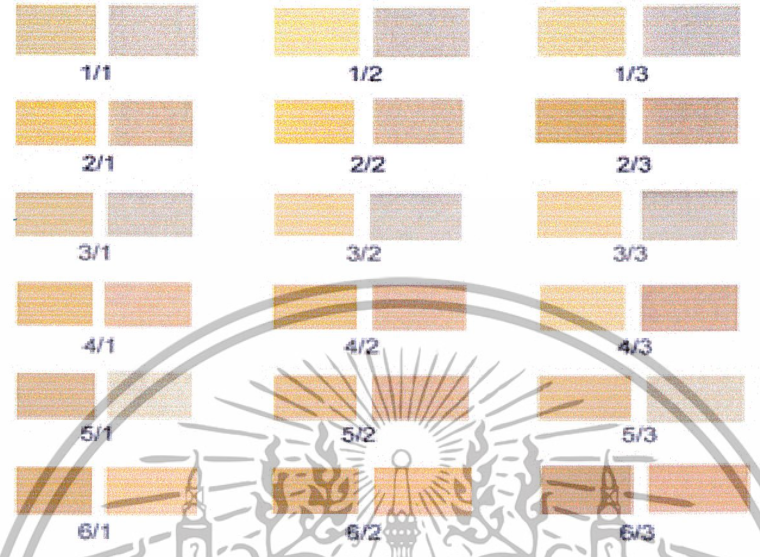
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าการตกติดของสีในสภาวะ	
		เปียก	แห้ง
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	4	4-5
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4	4-5
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3	4-5
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	3-4	4
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	2-3	4-5
½	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	4	4-5
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4	4-5
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	3	4-5
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	3-4	4
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	3-4	4-5
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	2-3	4
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	3-4	4-5
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4	4-5
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	3	4-5
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	3-4	4-5
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	3-4	4-5
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	2-3	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 การศึกษาความคงทนของสีต่อน้ำ

การทดสอบชิ้นงานมาเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐาน โดยหาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและปริมาณสีตกติดบนผ้าขาวโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องวัดสี แสดงผลดังรูปที่ 4.16 และตารางที่ 4.11



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบผ้าฝ้ายย้อมสีในสภาวะต่างๆ ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ

จากตารางที่ 4.11 (ก) เมื่อนำชิ้นงานไปทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ พบว่าหลังการทดสอบชิ้นงานส่วนใหญ่มีค่าการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับ 3-4 แสดงว่ามีความคงทนของสีต่อน้ำอยู่ในระดับปานกลาง โดยกรณีใช้สารยึดติดมีความคงทนใกล้เคียงกับกรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่หลังการทดสอบกรณีใช้สารยึดติดชิ้นงานมีสีที่เข้มขึ้น ส่วนกรณีไม่ใช้สารยึดติดเกิดการเปลี่ยนสีไปเป็นสีเขียว เนื่องจากสารให้สีสามารถละลายน้ำได้บางส่วน ดังนั้นชิ้นงานกรณีใช้สารยึดติดซึ่งสามารถจับตัวกับโมเลกุลของสารให้สีเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนจึงยึดกันอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยได้อย่างแข็งแรง [21] สารให้สีจึงเกิดการละลายน้ำออกมาได้ยากกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติดชิ้นงานมีค่าการเปลี่ยนสีใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความคงทนของสีต่อน้ำเพียงเล็กน้อย

นอกจากนี้ค่าการตกติดของสีบนผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์มาตรฐาน พบว่ากรณีใช้สารยึดติดชิ้นงานมีค่าการตกติดของสีอยู่ในระดับ 4-5 แต่กรณีไม่ใช้สารยึดติดมีค่าการตกติดของสีอยู่ในระดับ 2-3 แสดงว่ากรณีใช้สารยึดติดสีที่หลุดออกจากชิ้นงานหลังการทดสอบมีค่าการตกติดของสีในปริมาณต่ำกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.11 (ก) ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าการตกติดของสีบนผ้ามาตรฐาน		ค่าการเปลี่ยนสี
		ฝ้าย	ขนสัตว์	
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3-4	4	4-5,D
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4	4-5	4,D/Str
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	3	3	4,G
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	4-5	4	3-4,D/Str
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	2	1-2	3,G
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	3-4	4-5	3,D/Str
½	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	3	3-4	4-5
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4-5	4-5	4,D/Str
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	3-4	3	4,G
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	4	4-5	4,D/Str
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	2	2	3,G
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	3	4-5	3-4,D/Str
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	3-4	3-4	4,W
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	4-5	4-5	4,D/Str
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	2	2	4,G
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	3-4	4	4,Str
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	3	2	3,G
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	3	4	4,D/Str

หมายเหตุ W(Weaker) หมายถึง ความเข้มของสีอ่อนลงกว่าเดิม

Str(Stronger) หมายถึง ความเข้มของสีเพิ่มขึ้นกว่าเดิม

D(Duller) หมายถึง ความเข้มของสีกระด้างกว่าเดิม

G (Greener) หมายถึง ความเข้มของสีเปลี่ยนแปลงเป็นสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ข) การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสีหลังการทดสอบความคงทนของต่อน้ำโดยใช้เครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ค่าความสดใส		
		C_1^*	C_2^*	ΔC^*(%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	28.85	26.68	-7.521
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	47.25	43.48	-7.979
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	40.93	27.32	-33.252
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	57.34	49.81	-13.132
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	47.42	31.62	-33.319
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	67.28	57.04	-15.22
1/2	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	33.44	27.16	-18.87
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	45.96	44.05	-4.156
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	39.3	28.39	-27.761
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	58.78	52.27	-11.075
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	47.57	32.53	-31.617
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	66.79	56.11	-15.99
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	32.77	26.47	-19.225
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	47.84	42.83	-10.472
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	41.35	27.21	-34.196
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	59.77	52.44	-12.264
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	48.25	32.53	-32.58
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	67.38	57.09	-15.272

หมายเหตุ $\Delta C^* = (C^*_2 - C^*_1)*100/ C^*_1$

จากตารางที่ 4.11 (ข) เมื่อเปรียบเทียบค่าความสดใสของชิ้นงานหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (C_2^*) กับก่อนการทดสอบ (C_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความสดใสของสี (ΔC^*) ในกรณีใช้สารยึดติด ที่ทุกๆ ความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีค่าน้อยกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด เนื่องจากเหตุผลเช่นเดียวกันกับการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก [21] แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ้าต่อสารละลายสีย้อม ทั้งกรณีใช้และไม่ใช้สารยึดติดชิ้นทดสอบมีค่าการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการทดสอบใกล้เคียงกัน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสดใสหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.11 (ค) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำโดยใช้เครื่องวัดสี

ชิ้นงานที่	สภาวะที่ใช้ในการย้อมสีผ้าฝ้าย	ตำแหน่งสี (องศา)		
		h_1^*	h_2^*	Δh^*(%)
1/1	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	95.06	94.38	-0.72
2/1	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	91.09	86.62	-4.91
3/1	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	89.91	96.32	7.13
4/1	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	87.39	84.58	-3.22
5/1	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:20	87.52	95.41	9.02
6/1	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:20	83.85	82.91	-1.12
½	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	92.94	94.16	1.31
2/2	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	91.58	86.37	-5.69
3/2	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	90.28	96.13	6.48
4/2	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	86.87	84.04	-3.26
5/2	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:25	87.17	95.12	9.12
6/2	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:25	83.77	83.53	-0.29
1/3	1% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	92.79	94.55	1.90
2/3	1% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	90.97	86.78	-4.61
3/3	3% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	89.41	96.56	8.00
4/3	3% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	86.42	84.06	-2.73
5/3	5% กรณีไม่ใช้สารยึดติด 1:30	87.05	95.09	9.24
6/3	5% กรณีใช้สารยึดติด 1:30	83.65	82.74	-1.09

หมายเหตุ $(\Delta h^*) = (h_2^* - h_1^*)*100/ h_1^*$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.11(ค) เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งสีของชิ้นงานหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (h_2^*) กับก่อนการทดสอบ (h_1^*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสี (Δh^*) ในกรณีใช้สารยึดติดมีค่าเป็นลบอยู่ในช่วง 2-5 % แสดงว่าชิ้นงานหลังการทดสอบมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองออกแดงเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีไม่ใช้สารยึดติดมีค่าเป็นบวกอยู่ในช่วง 6-9 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าชิ้นงานหลังการทดสอบมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองออกเขียวเพิ่มมากขึ้น หรือกล่าวได้ว่ามีสีเหลืองออกแดงลดลง เนื่องจากเหตุผลเช่นดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสีหลังการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส [3,5,21] ดังนั้นเมื่อปริมาณสารให้สีเพิ่มมากขึ้นและมีการใช้สารยึดติด จึงทำให้ชิ้นงานมีสีเหลืองออกแดงเพิ่มมากขึ้น

จากการพิจารณาความคงทนของสีต่อน้ำ พบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีมีความคงทนของสีต่อน้ำอยู่ในระดับปานกลาง โดยความคงทนของสีต่อน้ำกรณีใช้สารยึดติดมีผลดีกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความคงทนของสีต่อน้ำเพียงเล็กน้อย

จากการทดลองความคงทนของสีต่อแสง การซักฟอก เหงื่อ การขัดถูและน้ำ ของผ้าฝ้ายย้อมสีที่สกัดจากกลีบดอกดาวเรืองแห้ง พบว่ามีความคงทนของสีต่อแสง เหงื่อในสภาวะกรดและการขัดถูในสภาวะแห้งอยู่ในระดับสูง มีความคงทนต่อเหงื่อในสภาวะเบส น้ำ และการขัดถูในสภาวะเปียก อยู่ในระดับปานกลาง และมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในระดับต่ำ

นอกจากนี้ยังพบว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีในกรณีใช้สารยึดติดให้ผลความคงทนของสีมีผลทำให้ความคงทนของสีในทุกๆ การทดสอบดีกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติด ส่วนการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สี และอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อมมีผลต่อความคงทนของสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นสภาวะในการย้อมสีผ้าฝ้าย เพื่อให้มีความคงทนของของสีที่ดีจึงขึ้นอยู่กับการใช้สารยึดติดแต่ไม่ขึ้นกับการเพิ่มความเข้มข้นของสารให้สีและอัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม

และจากการเปรียบเทียบกับการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติอื่นๆ เช่น การย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยแก่นของฝาง แก่นขนุน รากของฝักถั่ว [5,12] สีย้อมรีแอคทีฟ [27] เป็นต้น ซึ่งมีความคงทนของสี อยู่ในระดับสูงเช่นกัน จึงจัดได้ว่า การย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสารสกัดจากกลีบดอกดาวเรืองแห้งมีสีสันที่สวยงามและมีความคงทนของสีอยู่ในระดับที่ดี ดังนั้นการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสารสกัดจากกลีบดอกดาวเรืองแห้งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรือง

การสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองแห้งโดยใช้น้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารให้สีมากกว่าการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองสด และเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนสารละลายเอทานอลในการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองแห้ง พบว่าเอทานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ให้ปริมาณและความเข้มของสารให้สีใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากเอทานอล 100เปอร์เซ็นต์ มีราคาสูงมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ในการสกัดสารให้จากกลีบดอก
ดาวเรืองแห้ง

5.1.2 การศึกษาองค์ประกอบของสารให้สี

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิล พบว่าองค์ประกอบของสารให้สีมีค่าความยาวคลื่นอยู่สูงสุดคือที่ 204 259 และ362 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าความยาวคลื่นของสารให้สีในกลุ่มของสีเหลือง [22,23] จำพวกฟลาโวนอยด์ [3,5] และแคโรทีนอยด์

5.1.3 การนำสารให้สีมาประยุกต์ใช้ในการย้อมผ้าฝ้าย

จากผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสี พบว่าความเข้มของสีที่ย้อมติดบนผ้าฝ้ายขึ้นกับปริมาณสารให้สีและการใช้สารยึดติด แต่ไม่ขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม โดยเมื่อปริมาณสารให้สีเพิ่มขึ้นทำให้ ความเข้มของสีมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความเข้มข้นของสารให้สีที่ 3 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตรให้ความเข้มของสีใกล้เคียงกันและเมื่อใช้สารยึดติดทำให้ความเข้มของสีมีความเข้มมากกว่ากรณีไม่ใช้สารยึดติดในทุกๆ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม

5.1.4 การทดสอบความคงทนของสี

จากการทดสอบความคงทนของสีของชิ้นงานทดสอบต่อการขัดถู แสง เหงื่อ น้ำและการซัก พบว่าสารให้สีที่สกัดได้มีความคงทนของสีต่อแสง เหงื่อในสภาวะกรดและการขัดถูในสภาวะแห้งอยู่ในระดับสูง มีความคงทนของสีต่อเหงื่อในสภาวะเบส น้ำและการขัดถูในสภาวะเปียกอยู่ในระดับปานกลาง และมีความคงทนต่อการซักอยู่ในระดับต่ำ โดยสูตรที่เปลี่ยนแปลงปริมาณสารให้สีที่ 3 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้ผลใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม สำหรับการใช้สารยึดติดให้ผลความคงทนของสีดีกว่ากรณีที่ไม่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารยึดติด โดยเฉพาะความคงทนต่อเหงื่อในสภาวะเบส ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมผ้าฝ้าย คือ ใช้ปริมาณสารให้สี 3เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสีย้อม 1:20 และใช้สารยึดติดหลังการย้อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ชิ้นงานที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ เช่น โคมไฟ ร่มกันแดด ผ้าบุโซฟา เป็นต้น

5.5.2 สารให้สีที่สกัดได้อาจนำมาย้อมกับผ้าชนิดอื่นๆ นอกเหนือจากผ้าฝ้าย เช่น ผ้าไหม

5.5.3 ในการประยุกต์ใช้งานด้านการย้อมอาจทำการศึกษาผลของปริมาณสารยึดติดและลำดับการใช้สารยึดติดเพิ่มเติมได้

5.5.4 ในการสกัดสารให้สีจากกลีบดอกดาวเรืองเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อมสี อาจใช้ตัวทำละลายอื่นๆ นอกเหนือจากเอทานอลเพื่อลดต้นทุนการผลิต เช่น น้ำ แต่อาจต้องหากระบวนการและสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้การย้อมสีมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. http://www.flowersandherbs.cscoms.com/flower/content/f55.shtml
2. สมเพียร เกษมทรัพย์ 2522 การปลูกดอกไม้ กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ศศิธร จันทร์ปัญญา 2542 **สไลด์ประกอบเสียงเรื่องการปลูกดาวเรืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์** ปัญหาพิเศษพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. Hadden, W.L., Watkins, R.H., Levy, L.W., Regalado, E., Rivadeneira, D.M., Van Breemen, R.B. and Schwartz, S.J. (1999) Carotenoid Composition of marigold (*Targetes Erecta*) Flower Extract Used as Nutritional Supplement, *J. Agric. Food Chem.* 63 : 1784-1786
5. http://www.raise.org/natural/oubs/dyes/annex.stm
6. http://www.naturnutra.com/lutein.htm.
7. http://www.herbalchem.net/Intermediate.htm
8. http://www.herbalchem.net/PhenolicsInterm.htm
9. ชลธิชา ระภักดี และพิไลพร ตั้งสกุลมงคล. 2543 **การสกัดสารให้สีจากเปลือกมังคุดเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม** โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
10. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล 2543 **เอกสารประกอบการสอนวิชากระบวนการเคมีอุตสาหกรรม** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
11. จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร 2545 **เอกสารประกอบการสอนวิชาเส้นใยและสิ่งทอ** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
12. สสวท 2529 สีย้อม ใน **เอกสารสำหรับนักเรียนโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้ มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย** กรุงเทพฯ สสวท
13. Colorant. In: **FSHN 311 Lecture Outline**, pp 1-10, NewYork.
14. http://www.fslemi.uni-bonn.de/gewuerze/html/stralshtml/luteolin.html
15. สิรีรัตน์ จารุจินดา 2538 **การใช้เครื่องวัดสีในการควบคุมคุณภาพและการทำนายสูตรสี** เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ กรุงเทพฯ กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมร่วมกับสมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. กลุ่มงานเทคโนโลยีสิ่งทอ(เคมีสิ่งทอ) 2533 **กระบวนการเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อมพิมพ์** สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม เมษายน

17. นฤมล ศิริทรงธรรม 2544 การขจัดไขมัน สิ่งสกปรกบนผ้าฝ้ายด้วยเอนไซม์เพคติเนส โปรติเอสและไลเปส **Colorway** 4(32):53

18. Flestcher, D.L., PaPa, C.M. and Tirado, F.X. (1986) The Effect of Saponification on the Broiler Coloring Capability of Marigold Extracts, *Poultry Sci* . 65 :1708-1714

19. ครวญ บัวคีรี สุภาพร อิสริโยดม ประทีป ราชแพทยาคม และวิไล สันติโสภาศรี 2538 การเสริมสารสีจากธรรมชาติบางชนิดในอาหารไก่กระทง ใน **เอกสารการสัมมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33,** 28-33

20. พรรณนีย์ วิชชาชู 2540 เกษตรวิจัย การย้อมเส้นไหมด้วยดอกดาวเรือง เดลินิวส์ (19 มิถุนายน 2545)

21. นุจิรา รัศมีไพบูลย์ 2543 **สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าไหมด้วยกลีบดอกดาวเรือง** ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ Ph.D. 231 หน้า

22. กำจร แซ่เจียง 2544 **ผลสีย้อมจากกลีบดอกดาวเรือง** ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ Ph.D. 116 หน้า

23. Jan, W.N. and Rosario, C. (1992) **Dye analysis of pre-columbian Peruvian textiles with high-performance liquid chromatography and diode-array fetection.** JAIC, Volume 31, Number 2, Article 7 (pp. 237 to 255)

24. http://www.foodproductdesign.com

25. http://www.csl.gov.uk/ienica/newsletter/ienica10.pdf

26. http://textileinfo.com/en/chemicals/ipposha/news.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

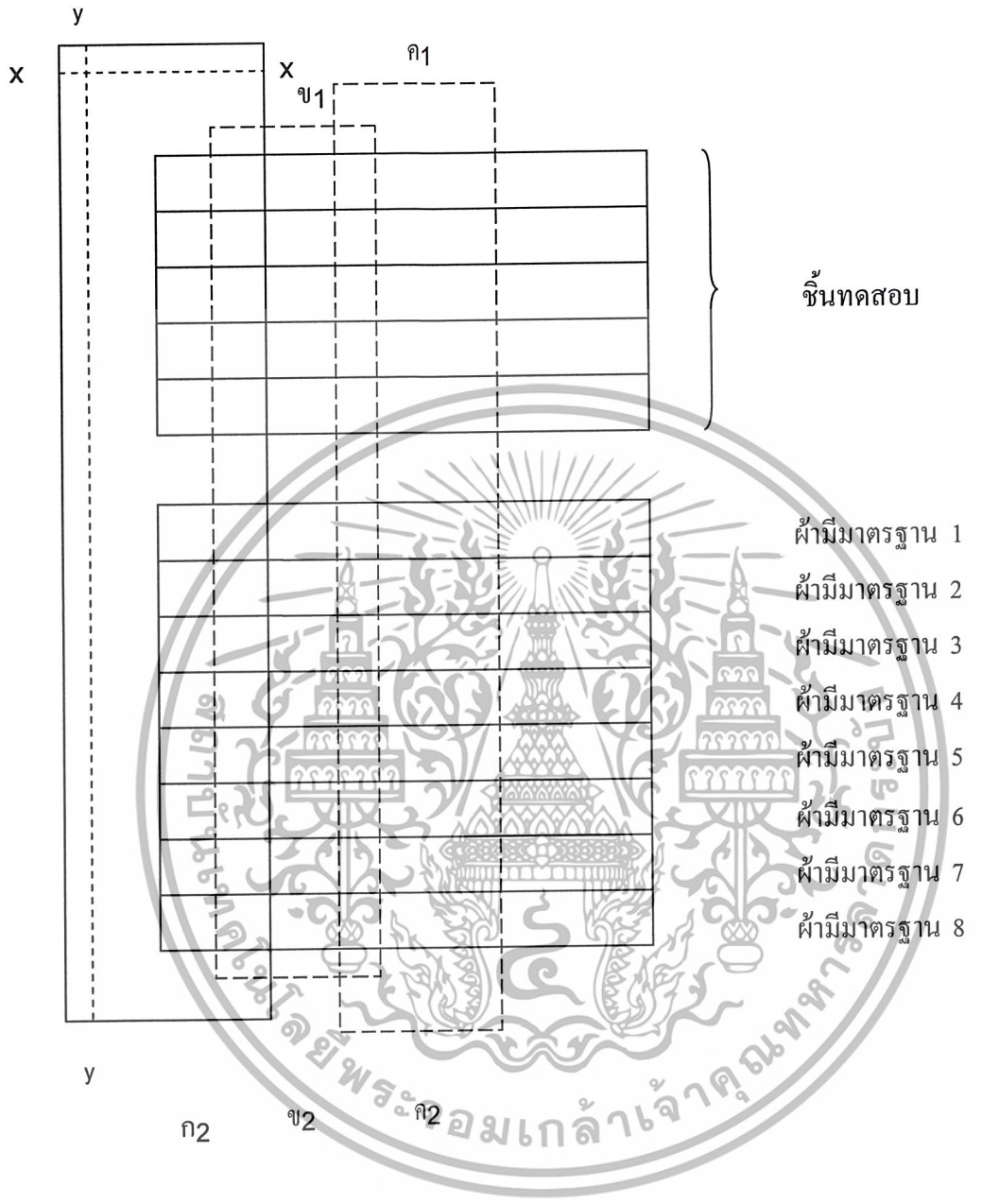
ผนวก ก.

วิธีการเรียงชิ้นทดสอบผ้าสีมาตรฐานและการทดสอบ

กรณีชิ้นทดสอบหลายชิ้นและทำการทดสอบพร้อมกัน

1. วางเรียงชิ้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ **3.1** และปิดแผ่นทึบแสงไว้หนึ่งในสี่ของชิ้นทดสอบ และผ้าสีมาตรฐาน (ตำแหน่ง $ก_1ก_2$) อาบแสงไฟไว้ภายใต้ภาวะปกติ ตรวจดูการเปลี่ยนแปลงสีเป็นระยะโดยเปรียบเทียบกับส่วนที่ปิดไว้ เมื่อผ้าสีมาตรฐาน 3 เริ่มเปลี่ยนสีจนสังเกตเห็นได้ ให้ตรวจดูชิ้นทดสอบและหาค่าอัตราความคงทนของสีต่อแสง โดยปรียบเทียบกับสีที่เปลี่ยนไปของผ้าสีมาตรฐาน 1 2 และ 3
2. ปิดแผ่นทึบแสงไว้ที่ตำแหน่ง $ก_1ก_2$ ตามเดิม แล้วนำชิ้นทดสอบอาบแสงไฟต่อไปอีก จนกระทั่งเริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของผ้าสีมาตรฐาน 4 นำแผ่นทึบแสงอีกแผ่นหนึ่งมาวางทับตรงตำแหน่ง $ข_1ข_2$
3. ผึ่งชิ้นทดสอบในตู้อาบแสงต่อไป จะกระทั่งสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของผ้าสีมาตรฐาน 6 นำแผ่นทึบแสงอีกแผ่นหนึ่งมาวางทับตรง ตำแหน่ง $ค_1ค_2$ แล้วผึ่งชิ้นทดสอบในตู้อาบแสงไฟต่อไปอีก จนกระทั่งผ้าสีมาตรฐาน 7 เปลี่ยนสีเท่ากับเกรด 4 ของเกรย์สเกล หรือชิ้นทดสอบที่มีความคงทนต่อแสงสูงสุดเกิดเปลี่ยนสีเท่ากับเกรด 3 ของเกรย์สเกล แล้วแต่กรณีไหนจะเกิดขึ้นก่อน
4. ประเมินอัตราความคงทนต่อสีของชิ้นทดสอบ โดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบกับผ้าสีมาตรฐาน ตามข้อ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การเรียงชิ้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน

$ก_1ก_2$ แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 1

$ข_1ข_2$ แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 2

$ค_1ค_2$ แผ่นทึบแสงแผ่นที่ 3

xx, yy แผ่นทึบแสง $ก_1ก_2$อาจจะทำเป็นแบบติดบานพับที่ตำแหน่ง xx หรือ yy เพื่อสามารถตรวจดูชิ้นทดสอบและผ้ามาตรฐานและปิดลงตรงตำแหน่งเดิมได้โดยสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ข.

การเปลี่ยนแปลงสี

1. การเปลี่ยนแปลงสีไม่ได้ หมายถึง การจางสีเท่านั้น เช่น การตกของสี แต่หมายถึงการเปลี่ยนแปลงในสี ความเข้ม ความสว่าง หรือคุณลักษณะอื่นๆ ของสี

2. ถ้าความแตกต่างในสีเป็นการเปลี่ยนแปลงในสีหรือความสว่างของสี ควรระบุตัวย่อหลังตัวเลขแสดงอัตราความคงทนของสี

ตัวอักษรย่อ	ตัวเต็ม
Bl	Bluer
G	Greener
R	Redder
Y	Yellower
D	Duller
Br	Brighter

3. ถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงในสีเกี่ยวกับความเข้มของสีก็ควรระบุด้วย เช่น

W = Weaker

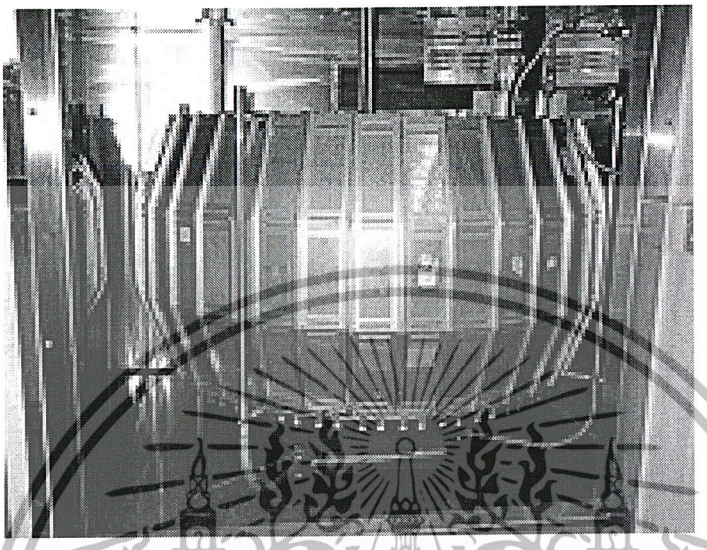
Str = Strong

5-6 W, R

4 Bl, Str.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

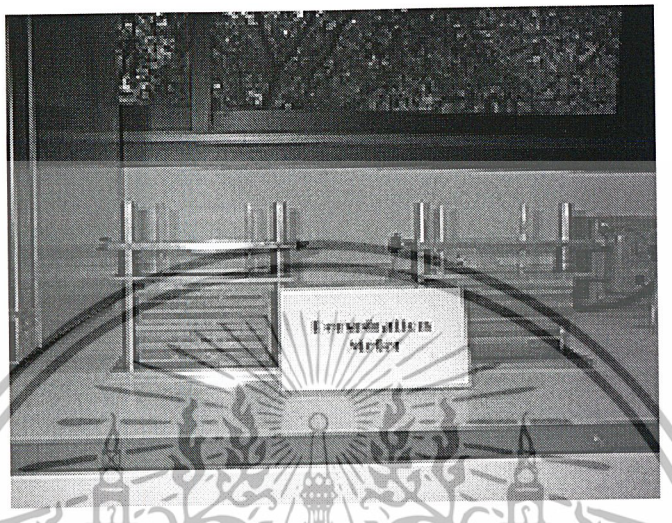
ภาคผนวก ค.
ภาพเครื่องมือในการทดสอบความคงทนของสี



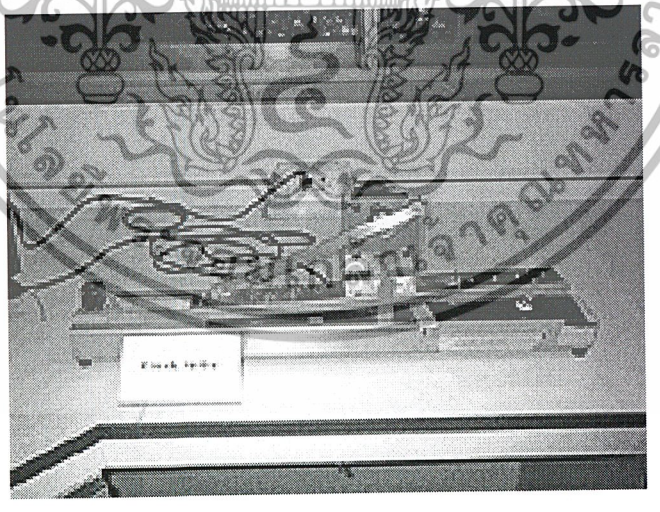
รูปที่ ค-1 เครื่องทดสอบความคงทนต่อแสงซีนอนอาร์ก

รูปที่ ค-2 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการซักฟอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-3 เครื่องทดสอบความคงทนต่อเหงื่อและน้ำ (Perspiration Meter)



รูปที่ ค-4 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (Crock Meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-5 เกรย์สเกล (Standard light source)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้