การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากเปลือกมังคุด

นายอภิสิทธิ์ ชนาลักษณ์
นางสาวสุภัทรา ศิริทัย

รายงานโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการในงานเคมีสิ่งทอตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2562

การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากเปลือกมังคุด

นายอภิสิทธิ์ ชนาลักษณ์
นางสาวสุภัทรา ศิริทัย

รายงานโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการในงานเคมีสิ่งทอตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2562

Cotton Fabrics Printing with Colorants from Mangosteen Rind

Mr. Apisit Chanalak
Ms. Suphatthar Siritai

This Project Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for
the Degree of Bachelor of Technology Program in Textile Chemical Technology
Faculty of Industrial Textiles and Fashion design
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
2019

ชื่อโครงการ การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากเปลือกมังคุด

ชื่อนักศึกษา นายอภิสิทธิ์ ชนาลักษณ์ รหัสนักศึกษา 135950602009-7

นางสาวสุภัทรา ศิริทัย รหัสนักศึกษา 135950602031-1

สาขาวิชา เทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. นงนุช ศศิธร

.....

สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับโครงการนี้เป็นส่วนของการศึกษาตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต

.....

(ดร. นงนุช ศศิธร)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อโครงการ การพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากเปลือกมังคุด

ชื่อนักศึกษา นายอภิสิทธิ์ ชนาลักษณ์ รหัสนักศึกษา 135950602009-7

นางสาวสุภัทรา ศิริทัย รหัสนักศึกษา 135950602031-1

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. นงนุช ศศิธร

สาขาวิชา เทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีได้ศึกษาเกี่ยวกับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีผงจากเปลือกผลมังคุด ผงสีที่ใช้ในการทดลองเตรียมโดยใช้น้ำสีสกัดจากเปลือกมังคุดผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน 15 เปอร์เซ็นต์ ทำการพิมพ์ลงบนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคการพิมพ์สกรีน โดยใช้สูตรแป้งพิมพ์สำหรับสีพิกเมนท์ และทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์ด้วยอะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟต ($AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) และไอรอน (II) ซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) ทำศึกษาผลของการทำมอร์แดนท์ต่อลักษณะสีและสมบัติความคงทนของสีของผ้าพิมพ์ที่ได้ โดยทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อการขัดถูตามมาตรฐาน ISO จากการศึกษาพบว่า การทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์สามารถปรับปรุงความคงทนของสีได้ ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อการขัดถูมีค่าอยู่ในระดับดี ภาวะที่เหมาะสมในการทำมอร์แดนท์ คือ ปริมาณสารมอร์แดนท์ 5 กรัมต่อลิตร และใช้เวลาในการทำมอร์แดนท์นา 5 -15 นาที โดยชนิดของสารมอร์แดนท์ที่ใช้มีผลต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ที่ได้หลังจากการทำมอร์แดนท์

คำสำคัญ: เปลือกมังคุด การเตรียมสีผง การพิมพ์สิ่งทอ

Title Cotton fabrics printing with colorants from mangosteen rind

Member Apisit Chanalak

Suphatthar Siritai

Adviser Nongnut Sasithorn, Ph.D.

Program Textile chemical Technology

Academic year 2019

Abstract

This research was concerned a printing on cotton fabrics with dye powder from mangosteen rind. In this study, the dye powder was composed of dye's solution extracted from mangosteen rind and maltodextrin 15 %. The dye powder was applied to a cotton fabric by screen printing technique and a pigment based print paste was used as a print paste in the printing process. Aluminium potassium sulphate ($AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)and Iron (II) sulphate ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$) were used as mordants in post-mordanting process. The influences of mordanting on colour appearance and fastness properties of printed fabrics were investigated. The colour fastness to washing and rubbing of printed fabrics was performed according to the present ISO standard. The results show that the post-mordanting can improve the colour fastness properties of printed fabrics. The ratings of colour fastness to washing and rubbing of the printed fabrics with the mordant were good. The appropriate amount of the mordant is 5 grams per liter and duration in the range of 5 minutes to 15 minutes seem to be a suitable time for the post-mordnating process. The type of mordant produced an effect on the colour appearance of the printed fabrics after mordanting.

Keywords: Mangosteen rind, Dye powder preparation, Textile printing

กิตติกรรมประกาศ

โครงการในงานเคมีสิ่งทอเรื่องการพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากเปลือกมังคุด ได้ประสบความสำเร็จลุล่วงทั้งนี้ได้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากหลายฝ่ายด้วยกัน ดังนี้

ดร. นงนุช ศศิธร ที่ปรึกษาโครงการในงานเคมีสิ่งทอให้คำแนะนำที่มีคุณค่าและควบคุมในการทำโครงการนี้

ดร. รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการทำโครงการนี้

คณาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร ได้ความกรุณาให้คำแนะนำและข้อมูลสำหรับการจัดทำโครงงาน

โครงการนี้ได้รับอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สุดท้ายคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ทำให้ความเอาใจใส่และคอยดูแลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโครงการนี้ รวมบุคคลอีกหลายท่านที่ได้กล่าวมานี้มีส่วนช่วยในการผลักดันให้การศึกษาโครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายอภิสิทธิ์ ชนาลักษณ์
นางสาวสุภัทรา ศิริทัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 1
1.3 ขอบเขตการศึกษา..... 1
1.4 แผนการดำเนินงาน..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3
2.1 สารให้สีจากธรรมชาติ..... 3
2.2 โครงสร้างทางเคมีที่สำคัญของสีธรรมชาติ..... 4
2.3 มังคุด (Mangosteen)..... 9
2.4 มอลโทเดกซ์ทริน (Maltodextrin)..... 13
2.5 การพิมพ์สิ่งทอ..... 13
2.6 สารมอร์แดนท์..... 17
2.7 การวัดค่าสี..... 18
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 22

บทที่ 3 การทดลอง..... 25
3.1 วัสดุและสารเคมี..... 25
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 25
3.3 วิธีการทดลอง..... 26
3.4 การศึกษาสมบัติของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด..... 29

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์..... 33
4.1 ลักษณะผงสีจากเปลือกมังคุด..... 33
4.2 ผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน..... 34
4.3 ผลของแป้งพิมพ์ต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด..... 40
4.4 ผลการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์..... 45
4.5 ผลการทดสอบความคงทนของสี..... 58
4.6 การจัดทำต้นแบบผลิตภัณฑ์..... 61

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 63
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 63
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 63

บรรณานุกรม..... 64
ประวัติผู้เขียน..... 66

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างและชนิดของแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins)..... 12
3.1 สูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 27
3.2 สูตรแป้งพิมพ์แบบที่ 2..... 28
4.1 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดโดยใช้สารข้น
Guar gum HV-100..... 34
4.2 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดโดยใช้สารข้น CMC..... 35
4.3 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดโดยใช้สารข้น
Diaprint™ HT-80-RS..... 36
4.4 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Guar gum HV-100..... 40
4.5 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS..... 40
4.6 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Guar gum HV-100..... 42
4.7 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS..... 42
4.8 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Guar gum HV-100) 45
4.9 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS) 45
4.10 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Guar gum HV-100)..... 47
4.11 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบใช้สารช่วยยึดติด
โดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS)..... 47
4.12 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน
(แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)..... 50
4.13 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน
(แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)..... 51
4.14 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน
(แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)..... 52
4.15 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน
(แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)..... 53
4.16 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน
(แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)..... 54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.17 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)..... 55
4.18 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)..... 56
4.19 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)..... 57
4.20 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)..... 58
4.21 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)..... 59
4.22 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)..... 60
4.23 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)..... 60

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนทราซีน..... 4
2.2 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแคโรทีนอยด์..... 5
2.3 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์..... 5
2.4 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนโทไซยานิน..... 6
2.5 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวน..... 6
2.6 โครงสร้างของบีทานิน..... 7
2.7 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล..... 7
2.8 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแทนนิน..... 8
2.9 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มอินดิกอยด์..... 8
2.10 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ เอ..... 9
2.11 ผลมังคุด..... 10
2.12 การเปลี่ยนแปลงสีของสารแอนโทไซยานินในสภาพกรด-เบสอินดิเคเตอร์กรด-เบส..... 12
2.13 ผงมอลโทเดกซ์ทริน..... 13
2.14 โครงสร้างทางเคมีของกัวร์กัม..... 15
2.15 โครงสร้างทางเคมีของคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส..... 16
2.16 สารมอร์แดนท์ชนิดต่าง ๆ..... 18
2.17 แผนผังปริภูมิสีระบบ CIE L* a* b*..... 19
2.18 Hue circle..... 21
3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำสีจากเปลือกมังคุด..... 26
3.2 ขั้นตอนการเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุด..... 26
3.3 การเตรียมแป้งพิมพ์สูตรที่ 1 (ไม่ใช้สารช่วยยึดติด)..... 28
3.4 การเตรียมแป้งพิมพ์สูตรที่ 2 (ใช้สารช่วยยึดติด)..... 28
3.5 สารมอร์แดนท์ที่ใช้ในการทดลอง..... 29
3.6 ผ้าแนบติดหลายเส้นใย (Multifibre Adjacent Fabric DW type)..... 30
3.7 ตู้เปรียบเทียบสี..... 30
3.8 เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี..... 31
3.9 เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสี..... 31
3.10 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter)..... 32
4.1 ลักษณะน้ำสีที่สกัดจากเปลือกมังคุด..... 33
4.2 ลักษณะของผงสีที่ได้จากอบแห้ง..... 33
4.3 ผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด (มอลโทเดกซ์ทริน 5%) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน..... 37
4.4 ผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด (มอลโทเดกซ์ทริน 10%) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน..... 38
4.5 ผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด (มอลโทเดกซ์ทริน 15%) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน..... 39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.6 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Guar gum HV-100 42
4.7 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS 42
4.8 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Guar gum HV-100 43
4.9 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้นสารข้น Diaprint™ HT-80-RS 43
4.10 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังการซักล้าง (ใช้แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด) 44
4.11 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังการซักล้าง (ใช้แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด) 44
4.12 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด) 46
4.13 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด) 48
4.14 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ 49
4.15 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ 49
4.16 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (กล่องผ้า) จากผ้าที่พิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด 61
4.17 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ที่เก็บกุญแจ) จากผ้าที่พิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด 62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมฟอกย้อม เป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยผ่านกระบวนการที่ทำให้ผ้ามีความเหมาะสมในการใช้งาน มีคุณค่าในด้านความสวยงาม น่าใช้ สวมใส่สบาย และเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในด้านต่าง ๆ นำไปสู่อุตสาหกรรมสิ่งทอปลายน้ำเป็นเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูป จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมพบว่ามีโรงงานที่ดำเนินอุตสาหกรรมอยู่ทั้งสิ้น 228 โรงงาน [1] กระบวนการผลิตทางสิ่งทอมีการใช้สารเคมีหลายชนิดในกระบวนการ อาจทำให้มีสารเคมีตกค้างและปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากกระบวนการ ทำให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมลภาวะ และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากการสัมผัสสารเคมีในระหว่างการทำงาน

การพิมพ์ผ้าจัดว่าเป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตสิ่งทอที่มีกรรมวิธีที่หลากหลาย ต้องอาศัยความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และศิลปะมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มมูลค่า คุณภาพ และความสวยงามตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นในปัจจุบันการพิมพ์ผ้าจึงเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจ แต่เนื่องจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากใช้สีสังเคราะห์และสารเคมีในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุของเกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุธรรมชาติเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางด้านสิ่งทอ เพื่อเป็นการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางด้านสิ่งทอ และสร้างความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้บริโภค

โดยคณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำเปลือกมังคุดซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติเหลือใช้มาประยุกต์ใช้ในการพิมพ์สิ่งทอ เนื่องจากมังคุดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่ได้รับความนิยมมาก มีอัตราการบริโภคสูง ทำให้มีเปลือกมังคุดซึ่งจัดว่าเป็นของเสียเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก [2] และเป็นการนำเอาวัสดุธรรมชาติที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ ในการดำเนินการทดลองจะทำการสกัดสีและเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุดเพื่อนำมาใช้ในการพิมพ์สิ่งทอ และทำการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการใช้งานผงสีที่สกัดได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุด
2. เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการพิมพ์ผ้าด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด
3. เพื่อศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. การสกัดสารให้สีและเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุด โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้ในการเตรียมผงสี

2. การเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดสำหรับการพิมพ์บนผ้าฝ้าย แบ่งออกได้เป็น 2 สูตร คือ สูตรแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติดและสูตรแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด

3. การทดสอบความคงทนของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด

- การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ มาตรฐาน ISO 105-C06:2010(E) Colour fastness to domestic and commercial laundering

- การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู มาตรฐาน ISO 105-X12:2001 Colour fastness to rubbing

- การรายงานค่าของสีในระบบ CIELAB และค่าความเข้มสี (K/S)

4. การจัดทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากผ้าที่พิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด

1.4 แผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลและวางแผนการทดลอง
2. ดำเนินการทดลอง
3. บันทึกผลการทดลอง
4. ทดสอบและสรุปผลการทดลอง
5. นำเสนอโครงการและเผยแพร่ผลงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาในการดำเนินงาน											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาข้อมูลและวางแผนการทดลอง												
2. ดำเนินการทดลอง												
3. บันทึกผลการทดลอง												
4. ทดสอบและสรุปผลการทดลอง												
5. นำเสนอโครงการและเผยแพร่ผลงาน												

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบวิธีการเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุด
2. ได้ทราบตัวแปรที่มีผลต่อการพิมพ์ผ้าด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด
3. ได้ทราบสมบัติของผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารให้สีจากธรรมชาติ

ประวัติการใช้สีย้อมของมนุษย์สามารถสืบย้อนหลังไปได้เกือบ 5,000 ปี หลักฐานของการย้อมผ้าได้ถูกค้นพบทั้งในประเทศจีน อินเดีย และอียิปต์ ในสมัยโบราณสีย้อมผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติเป็นหลัก เช่น พืช สัตว์ และแร่ธาตุต่าง ๆ การใช้สีธรรมชาติในการย้อมผ้า ได้ดำเนินเรื่อยมาจนกระทั่งปี ค.ศ. 1856 (พ.ศ. 2399) เซอร์ วิลเลียม เฮนรี เพอร์กิน (Sir William Henry Perkin) ได้ค้นพบสีสังเคราะห์ขึ้นครั้งแรกด้วยความบังเอิญ ทำให้เกิดมีการค้นคว้าวิจัยเพื่อสังเคราะห์สีย้อมใหม่ ๆ อย่างกว้างขวางในประเทศต่าง ๆ สีสังเคราะห์ได้เข้ามาแทนที่สีย้อมธรรมชาติ เนื่องจากสีสังเคราะห์มีการผลิตและคุณภาพที่แน่นอน และหาได้ง่ายกว่ากว่าสีย้อมธรรมชาติ [3] แต่ในปัจจุบันได้มีการนำสารให้สีจากวัสดุธรรมชาติกลับมาใช้งานทางด้านสิ่งทอเพิ่มขึ้น โดยมีการคิดค้นหาวิธีการนำมาใช้งานในหลากหลายรูปแบบ สำหรับการนำสารให้สีจากธรรมชาติมาใช้งาน เป็นผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ กล่าวคือ [4]

- กระแสความต้องการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมาจากอดีตให้คงอยู่ในสังคมสืบไป การย้อมสีธรรมชาติเป็นหนึ่งในภูมิปัญหาท้องถิ่น จึงได้รับการสนับสนุนมากขึ้นจากทั้งภาครัฐภาคเอกชนและประชาชนทั่วไป
- ปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากใช้สีสังเคราะห์และสารเคมีอันตรายในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ สารเคมีที่ตกค้างและปนเปื้อนในน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการฟอกย้อมทำให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ
- ความไม่ปลอดภัยและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานฟอกย้อม ซึ่งเกิดจากการสัมผัสกับสารเคมีและสีสังเคราะห์ โดยเฉพาะสีสังเคราะห์บางประเภทที่เป็นสารก่อมะเร็ง
- การให้ความสนใจต่อความปลอดภัยและอันตรายของสารเคมีตกค้างบนผลิตภัณฑ์สิ่งทอของประชาชน มีการกำหนดชนิดสีสังเคราะห์ที่จะใช้กับสิ่งทอแต่ละประเภท ทำให้เกิดความระมัดระวังในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์ และเปลี่ยนมาใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ย้อมด้วยสีจากธรรมชาติ
- การตื่นตัวด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ทำให้เกิดค่านิยมต่อต้านสินค้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้สินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือ“ผลิตภัณฑ์ฉลากเขียว” เพิ่มมากขึ้น โดยสินค้าที่ดีจะต้องเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีผลกระทบต่อผู้บริโภค และสินค้าใช้แล้วเมื่อเป็นขยะต้องไม่ก่อมลพิษต่อไป

สีจากธรรมชาติที่มนุษย์รู้จักและนำมาประยุกต์สามารถแบ่งประเภทตามแหล่งที่มาได้ดังนี้ [5]

1. สีธรรมชาติจากแร่ธาตุ (Mineral dyes) สีที่เกิดจากสารประกอบของโลหะจำพวกเหล็ก โครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิล ซึ่งเป็นกลุ่มสีที่มีความสำคัญมากในอดีต แต่ในปัจจุบันไม่ปรากฏแหล่งผลิต ปัจจุบันการใช้สีธรรมชาติจากแร่ธาตุในประเทศไทย ได้แก่ สีย้อมจากโคลนและดินแดง ซึ่งเป็นวัสดุที่มีสารประกอบจำพวกอลูมิโนซิลิเกต และสารประกอบโลหะ
2. สีธรรมชาติจากสัตว์ (Animal dyes) สีที่ได้จากสารที่ขับออกจากตัวสัตว์ หรือตัวสัตว์ สำหรับประเทศไทยมีการใช้สีจากครั่งซึ่งเป็นแมลงชนิดหนึ่ง โดยครั่งจะดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้ แล้วขับสารสีแดงเรียกว่า ยางครั่ง ออกมาหุ้มรอบตัวเป็นรัง สารสีแดงที่ถูกขับออกมาจากตัวครั่งนำมาใช้ประโยชน์ใน

การย้อมสิ่งทอ ผสมในอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท สำหรับเส้นใยที่ย้อมด้วยครั่ง คือ ไหม ขนสัตว์ และฝ้าย เชื่อกันว่าคุณภาพของสีที่ได้จากการย้อมจะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ที่ใช้เลี้ยงครั่ง

3. สีธรรมชาติจากพืช (Vegetable dyes) กลุ่มสารให้สีหลักของสีย้อมธรรมชาติ เป็นสีย้อมที่ได้จากทุกส่วนของพืช เช่น ใบ ราก เปลือก ลำต้น ดอก ผล และเมล็ด สีย้อมกลุ่มนี้มีความหลากหลายมากมาย กรรมวิธีการสกัดสีจากพืชทำได้ 2 วิธี คือ

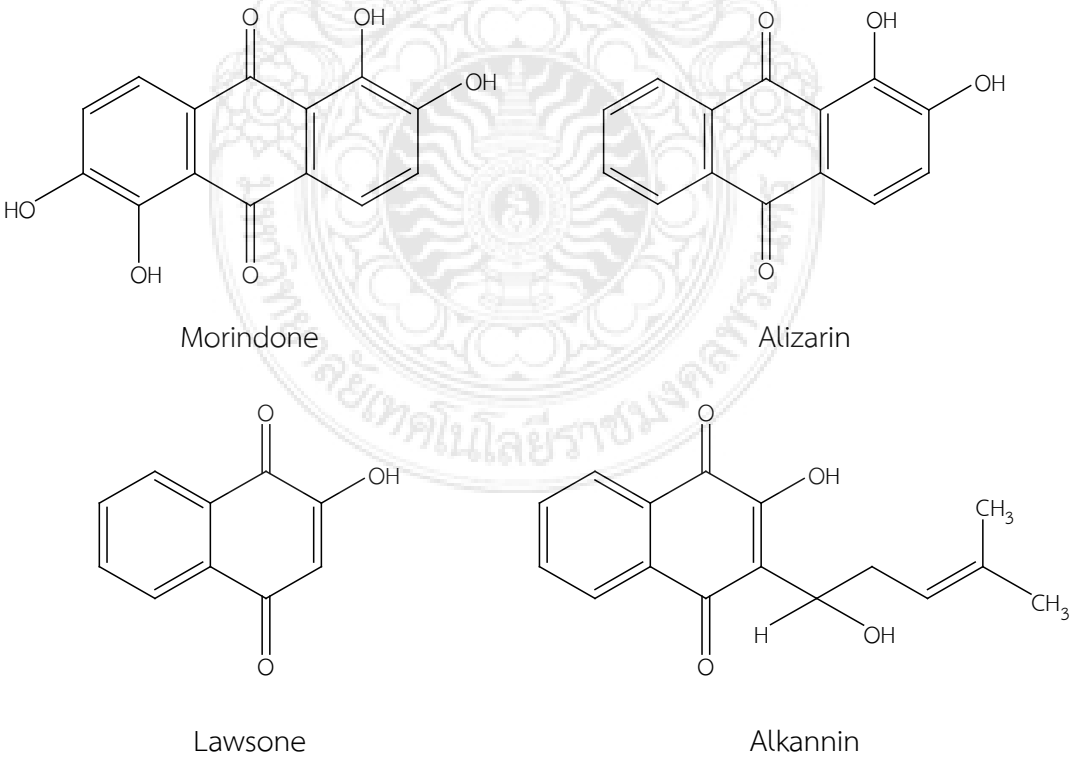
- การสกัดสีด้วยความร้อน คือ การนำส่วนของพืชมาแช่น้ำ แล้วนำไปต้มเพื่อสกัดน้ำสี โดยสีที่สกัดควรมีความคงทนต่อความร้อน ไม่สลายตัว หรือเปลี่ยนสีเมื่อโดนความร้อน สีธรรมธรรมชาติที่สกัดด้วยวิธีนี้ เช่น สีย้อมจากแก่นขนุน เปลือกเพกา เปลือกประดู่ ดอกคำฝอย ใบหูกวาง ใบสัก เป็นต้น

- การสกัดสีโดยไม่ใช้ความร้อน คือ การนำส่วนของพืชมาแช่น้ำ และมีการใช้ พืชผัก ผลไม้ หรือสารเคมีบางชนิดร่วมในการสกัดด้วย เช่น การใช้ปูนขาวในการเตรียมครามเปียก โดยสีย้อมที่สกัดได้จากวิธีนี้จะเหมาะสำหรับการย้อมเย็น เช่น สีย้อมจากคราม ฮ่อม และมะเกลือ

2.2 โครงสร้างทางเคมีที่สำคัญของสีธรรมชาติ [6]

1. แอนทราซีน (Anthracenes)

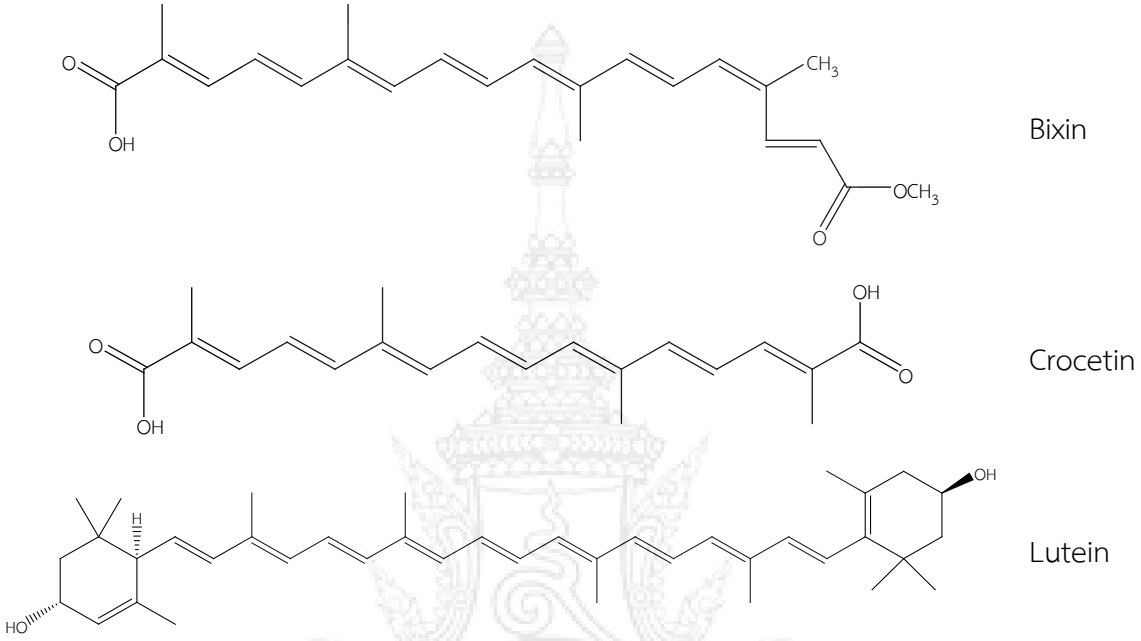
สารให้สีกลุ่มแอนทราซีนแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แอนทราควิโนน (Anthraquinone) ให้สีเหลือง ชมพู และแดง เช่น สีแดงในรากยอ (Morindone, *Morinda citrifolia*) หรือรากต้นแมดเดอร์ (Alizarin, *Rubia cordifolia*) และแนฟทราควิโนน (Naphthoquinones) ให้สีน้ำตาล ชมพู หรือม่วง เช่น ลอว์โซน (Lawsone) ในใบต้นเทียนกิ่งขาว (*Lawsonia innermis*) หรือ แอลคานนิน (Alkannin) พบในรากของต้นโบราจ (*Alkanna tinctoria (L.) Tausch*) โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนทราซีน [6]

2. แคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

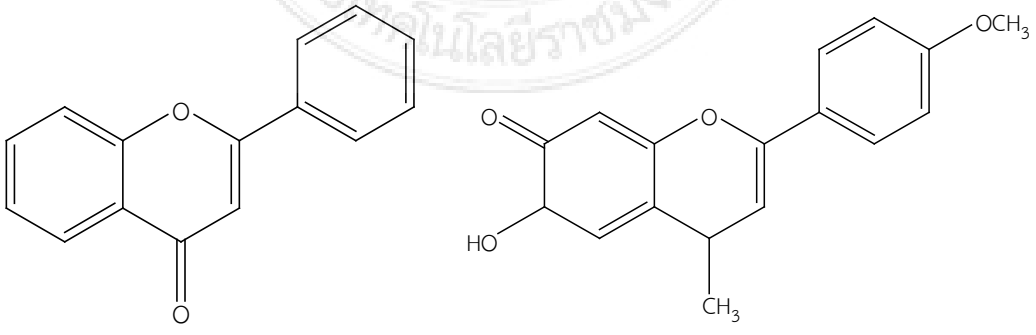
แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง ส้ม แดง และน้ำตาล พบทั่วไปในสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ แบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ แคโรทีน (Carotene) มีสีส้ม หรือส้มแดง เช่น ไบซิน (Bixin) ในเมล็ดคำแสด (*Bixa orellana*) โครซีทิน (Crocetin) ในหญ้าฝรั่น (*Crocus sativus*) และแซนโทฟิวส์ (Xanthophyll) เป็น Oxygenated carotenoids มีสีเหลืองและแดง เช่น ลูทีน (Lutein) ในดอกดาวเรือง โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแคโรทีนอยด์ [6]

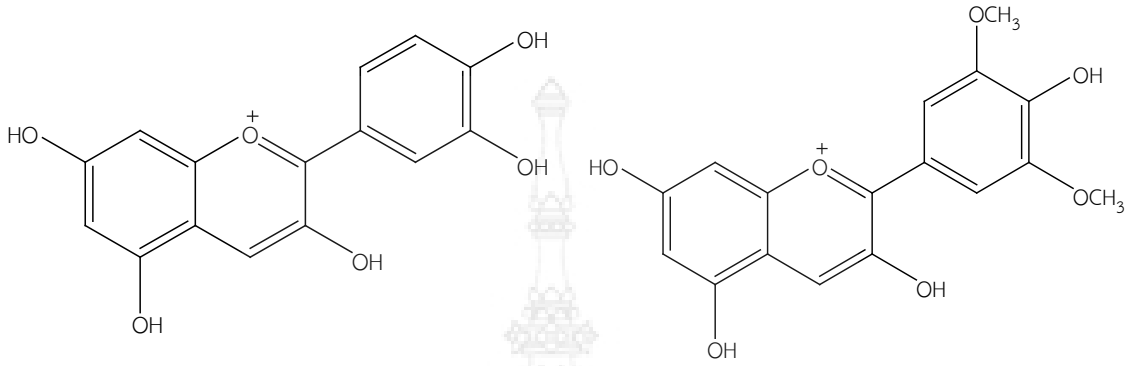
3. ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

สารประกอบพอลิฟีนอล (Polyphenol compound) ให้สีเหลืองถึงน้ำตาล ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้าง แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ ฟลาโวนอล (Flavonol) ฟลาโวน (Flavone) และแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) เช่น ไอโซฟลาโวนอยด์ (Isoflavonoid) ชาลโคนส์ (Chalcone) แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และ ออโรนส์ (Aurone) ตัวอย่างของสารให้สีในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น สีส้มในทองกวาว (*Butea monosperma*)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์ [6]

แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) มีสีน้ำเงิน ม่วงแดง น้ำตาล ส้ม และน้ำตาลแดง ขึ้นอยู่กับระดับการเกิด Hydroxylation หรือ Methoxylation ของวงแหวนในโครงสร้าง สารให้สีในกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยนสีได้ตามค่า pH ที่เปลี่ยนแปลง และมีความว่องไวต่ออิออนของโลหะ แอนโทไซยานินมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี และสกัดสีได้ง่ายในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน เช่น ไซยานิดิน (Cyanidin) ในองุ่นและผลไม้กลุ่มเบอร์รีบางชนิด



Cyanidin Malvidin

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนโทไซยานิน [6]

ฟลาโวนและฟลาโวนอลมีสีเหลือง โดยฟลาโวนอลมีความคงทนต่อแสงต่ำกว่าฟลาโวน แต่ฟลาโวนจะมีลักษณะสีเหลืองอ่อนกว่า ตัวอย่างเช่น อะพิจีนิน (Apigenin) และ ลูทีโอลิน (Luteolin) ในเกสรดอกคาร์โมมายล์

Apigenin Luteolin

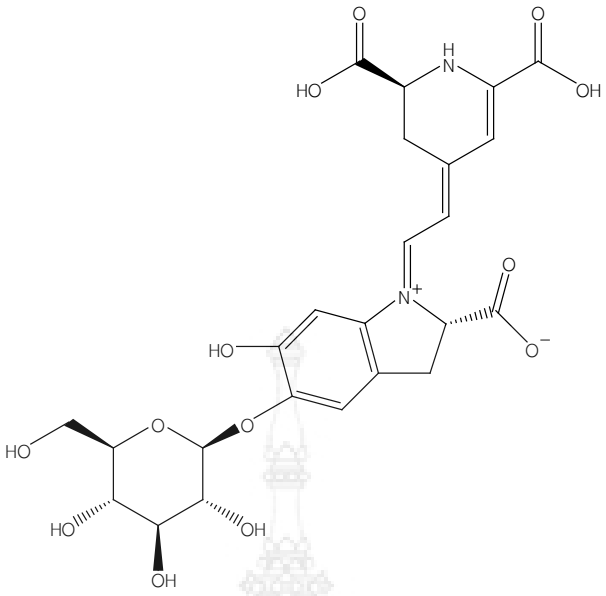
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวน [6]

4. บีตาเลน (Betalains)

บีตาเลน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ บีตาไซยานิน (Betacyanin) ให้สีแดงถึงม่วง และบีตาแซนทิน (Betaxanthin) ให้สีเหลืองส้ม มีลักษณะกลูโคไซน์ที่มีไนโตรเจนอยู่ในโครงสร้าง มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH เช่น บีทานิน (Betanin) ที่สกัดได้จากหัวบีทรูท (*Beta vulgaris*)

5. ฟลาวิน (Flavins)

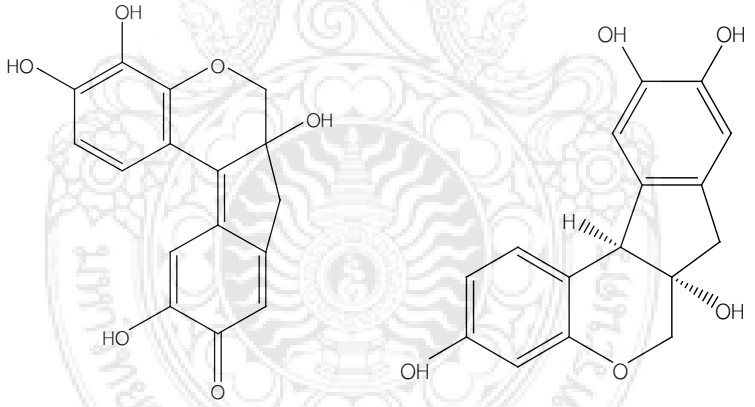
ฟลาวินพบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิต เช่น ไรโบเฟลวิน (Riboflavin) มีสีเหลือง พบได้ในวิตามินบี 2 นิยมนำมาใช้เป็นสีผสมอาหาร



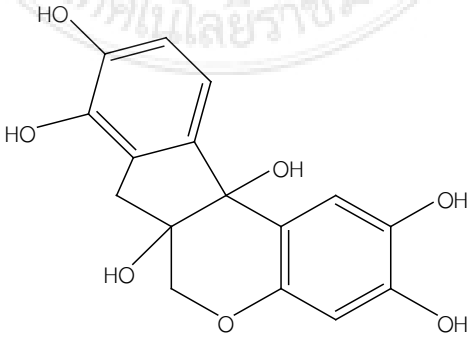
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของบีทานิน [6]

6. อนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล

สารประกอบที่ให้สีแดง ชมพู และน้ำตาล มีลักษณะคล้ายกับฟลาโวน เช่น ฮีมาทอกซีลิน (Haematoxylin) ที่พบในต้นลอกวูด (Logwood, *Haematoxylum campechianum*) ซึ่งนิยมใช้ในการย้อมหนัง และ บราซิลิน (Brazilin) มีสีแดงพบได้ในไม้ฝาง



Dihyropyran Brazilin

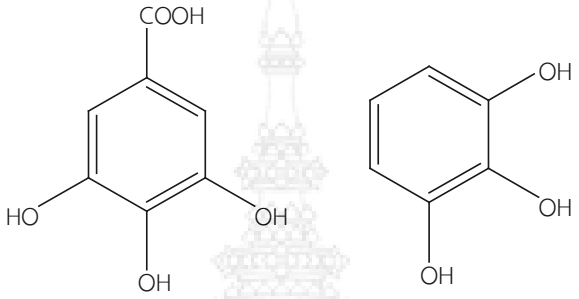


Haemotoxylin

ภาพที่ 2.7 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล [6]

7. แทนนิน (Tannins)

แทนนินมีสีน้ำตาลแดง ดำ น้ำตาลอมเหลือง น้ำเงินดำ พบได้ใน หมากสง (*Areca catechu*), สีเสียดแก่น (*Acacia catechu*) สมอไทย(*Terminalia chebula* Retz.) ผลดิบและใบสดน้อยโหน่ง (*Annona reticulate*) แทนนินสามารถพบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อของพืช โดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่เสียหายและในเปลือกของพืช ซึ่งเปลี่ยนรูปมาจากฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และแอนโทไซยานิน เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลาย เช่น แกลโลแทนนิน (Gallotannins) เป็น Hydrolysed tannins จากกรดแกลลิก (Gallic acid) มีสีเหลือง พบในต้น Old Fustic (*Maclura tinctoria*) และ Ellagitannins เป็น Condensed tannins มีสีแดง พบในต้น Staghorn sumac (*Rhus typhina*)

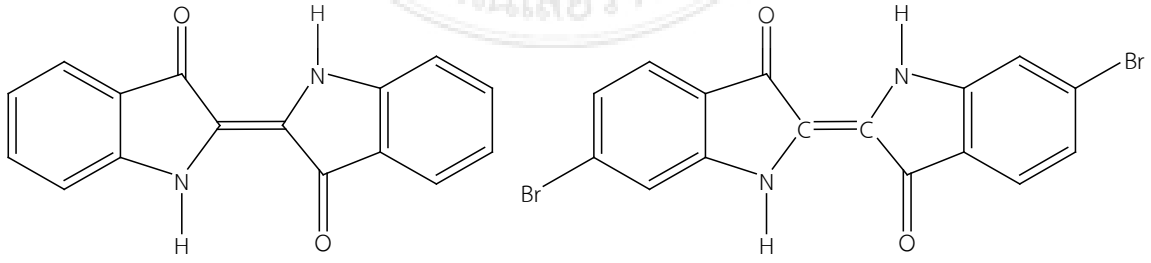


Gallic Acid Pyrogallol

ภาพที่ 2.8 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแทนนิน [6]

8. อินดิกอยด์ (Indigoid dyes)

รงควัตถุสีน้ำเงิน แบ่งเป็น 2 กลุ่มสำคัญ คือ สีม่วงไทเรี่ยน (Tyrian purple) ได้จากสัตว์กลุ่มมอลลัสก์ (*Murex trunculus*, *M. brandaris* และ *Purpura lapillus*) ซึ่งไม่มีการใช้งานแล้วในปัจจุบัน และ อินดิโก (indigo) ซึ่งพบในต้นคราม (*Indigofera tinctoria* Linn.) ต้นฮ่อม (*Baphicacanthus cusia* Brem.) Japanese knotweed (Polygonum tinctorium) และพืชสกุลโมกมัน (*Wrightia tinctoria*) เป็นต้น พืชในกลุ่มนี้จะมีกลูโคไซด์ อิดิแคน (Glucoside indican) หรือ ไอซาติน บี (Isatan B) ซึ่งละลายน้ำได้ดี และสามารถถูกไฮโดรไลซ์เป็นอินดอกซิล (Indoxyl) ในกระบวนการย้อม เมื่อสัมผัสกับอากาศจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ทำให้อินดอกซิล เปลี่ยนรูปเป็นอินดิโกติน (Indigotin) หรือ Indigo blue ซึ่งไม่ละลายในน้ำ อีเทอร์ และแอลกอฮอล์ แต่ถ้าได้รับการออกซิเดชันที่ไม่เพียงพอแล้ว จะทำให้เกิดเป็นอินดิรูบิน (Indirubin) ซึ่งมีสีแดง

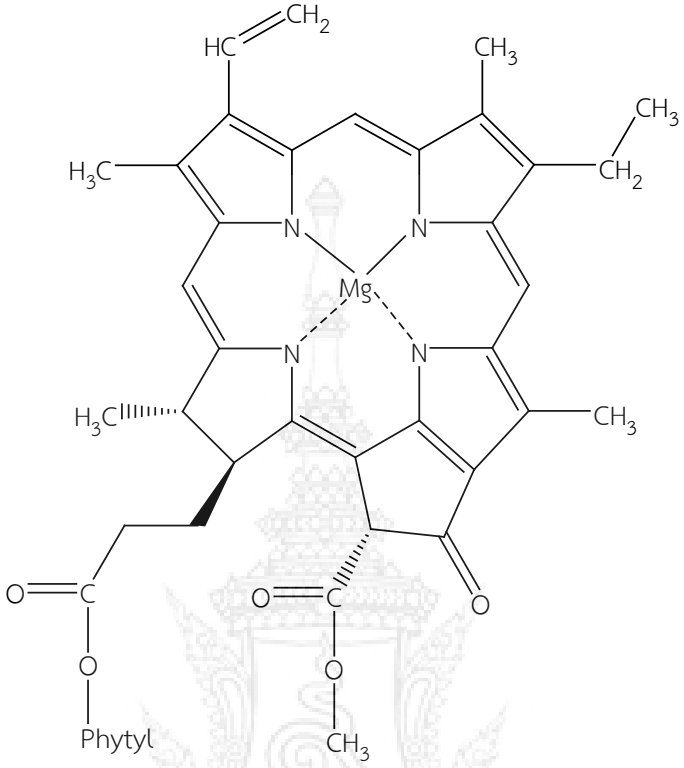


Indigo 6,6′-dibromoindigo (Tyrian Purple)

ภาพที่ 2.9 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มอินดิกอยด์ [6]

9. คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)

สารสีเขียวที่พบได้ในพืชที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ประกอบไปด้วยพอร์ไฟริน (สารประกอบไพร์โรลที่ประกอบด้วยวงแหวนที่มีไนโตรเจน 4 วง ล้อมรอบแมกนีเซียมอิออน)



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ เอ

2.3 มังคุด (Mangosteen) [7]

มังคุดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* Linn. อยู่ในวงศ์ (Family) Guttiferae เป็นพันธุ์ไม้ไม่ผลัดใบเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบปลูกมากในประเทศไทย มาเลเซีย เวียดนาม กัมพูชา พม่า และ ฟิลิปปินส์ โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตมังคุดมากที่สุดในโลก รองลงมา คือ ฟิลิปปินส์ และมาเลเซีย โดยแหล่งปลูกมังคุดที่สำคัญของไทยจะอยู่บริเวณพื้นที่ภาคใต้ และภาคตะวันออก โดยภาคใต้คิดเป็นพื้นที่ปลูกและให้ผลผลิตมากที่สุด

2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมังคุด

- ราก และลำต้น

มังคุดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลำต้นทรงกลม สูงประมาณ 7-25 เมตร แตกกิ่งตั้งแต่ระดับล่างของลำต้น มีทรงพุ่มแบบกรวยคว่ำหรือแบบพีระมิด เปลือกลำต้นมีสีดำ มีทรงพุ่มหนาทึบ ส่วนรากจะประกอบด้วยรากแก้ว และรากแขนง ซึ่งมีระบบรากค่อนข้างลึก ประมาณ 70-120 เซนติเมตร ดังนั้นมังคุดที่โตเต็มที่จึงสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี

- ใบ

ใบเป็นใบเดี่ยว ไม่พลัดใบ ออกใบดก เขียวตลอดทั้งปี ใบแทงออกตามกิ่งตรงข้ามกัน ใบมีลักษณะเป็นวงรีหรือรูปไข่ กว้าง 6-12 เซนติเมตร ยาว 15-25 เซนติเมตร ใบมีลักษณะค่อนข้างหนา เป็นมัน เนื้อใบเหนียวคล้ายหนังสัตว์ ใบมีสีเขียวถึงเขียวอมเหลือง ใบมียางสีเหลือง

- ดอก

ดอกออกเป็นคู่หรือเดี่ยว แทงออกตามซอกใบบริเวณปลายกิ่ง ซึ่งจะออกจากกิ่งที่มีอายุตั้งแต่ 2 ปี ขึ้นไป ดอกมีกลีบแดงสีแดงฉ่ำ ทั้งนี้ มังคุดจะออกดอกได้เมื่อต้นผ่านเข้าหน้าแล้งได้ 20-30 วัน และหลังจากนั้น ได้รับน้ำกระตุ้นก็พร้อมที่จะออกดอก ระยะหลังจากแทงตาดอกถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 30 วัน

- ผล

มังคุดมีผลทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.2-7.0 เซนติเมตร เปลือกมังคุดหนาประมาณ 0.7-1.0 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวอมเหลือง และเปลี่ยนเป็นสีเขียว สีเขียวเข้ม สีเขียวอมม่วง สีม่วง และสีดำเมื่อสุกจัด เปลือกด้านนอกมีลักษณะแข็ง เป็นมัน เปลือกด้านในอ่อน มีสีม่วงแดง ถัดมาเป็นเนื้อผล มีลักษณะเป็นรอน 4-8 รอน แต่ละรอนห่อหุ้มเมล็ด 1 เมล็ด เนื้อผลมีสีขาว อ่อนนุ่มคล้ายวุ้น มีเส้น Vein สีชมพูติดอยู่ ให้รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ทั้งนี้ผลสามารถเก็บได้หลังดอกบานแล้ว 11-12 สัปดาห์

ภาพที่ 2.11 ผลมังคุด

2.3.2 สรรพคุณมังคุด [7]

สารสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถใช้รักษาโรคผิวหนังชนิดต่างๆ เช่น กลาก เกลื้อน ฮ่องกงฟุต เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาฆ่าเชื้อในปากหรือน้ำยาบ้วนปาก โดยในเปลือกมังคุดมีสารในกลุ่มฟีนอลิก เช่น แอนโธไซยานิน แซนโทน และแทนนิน ซึ่งออกฤทธิ์ทางยาหลายด้าน เช่น ออกฤทธิ์บรรเทาอาการท้องเดิน ช่วยในการสมานแผลและต้านเชื้อแบคทีเรีย ป้องกันแผลติดเชื้อ แผลอักเสบ ป้องกันความเสี่ยงการเป็นโรคมะเร็ง ออกฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันมะเร็ง และการเสื่อมสภาพของเซลล์

สารในกลุ่มแซนโทนจากเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ทางยาสามารถนำมาใช้ในด้านต่าง ๆ ได้แก่

- สารแมงโกสตินมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียทั้งสายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาเพนนิซิลิน โดยเฉพาะสามารถต้านเชื้อที่เป็นสาเหตุของท้องร่วงได้เป็นอย่างดี
- สารแมงโกสตินที่ได้จากเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราได้หลายชนิด เช่น เชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดท้องเสีย *Shigella dysenteriae* เป็นต้น
- สารแมงโกสติน และอนุพันธ์ของสารแซนโทน มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดสิวได้ เช่น เชื้อ Propionibacterium acnes และ *Staphylococcus epidermidis*
- สารแมงโกสตินใช้สำหรับการรักษาแผล แผลเป็นหนอง และลดการอักเสบของแผลหรือจากการติดเชื้อ
- มีฤทธิ์ต้านการออกซิเดชันของไขมัน ลดความเสี่ยงต่อโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด

- สามารถยับยั้งเอนไซม์ของเชื้อ HIV จากโรคเอดส์ได้
- มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง และอาการเป็นพิษของโรคมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งตับ เป็นต้น
- สารแมงโกสตินใช้เป็นส่วนผสมของครีมป้องกันผิวสำหรับป้องกันผิวจากแสงแดด
- ป้องกันการแข็งตัวของเลือดในหลอดเลือด ที่เป็นสาเหตุหนึ่งของโรคความดันโลหิตสูง และโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจ และหลอดเลือด
- ลดอาการบวมน้ำ และอาการปวดจากการบวมของแผลหรือรอยฟกช้ำ
- ป้องกันการสั่นบริเวณปลายประสาทของโรคพาร์กินสัน
- มีฤทธิ์กดระบบประสาทส่วนกลาง และเพิ่มความดันโลหิต
- เสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย

2.3.3 สารให้สีในเปลือกมังคุด [8]

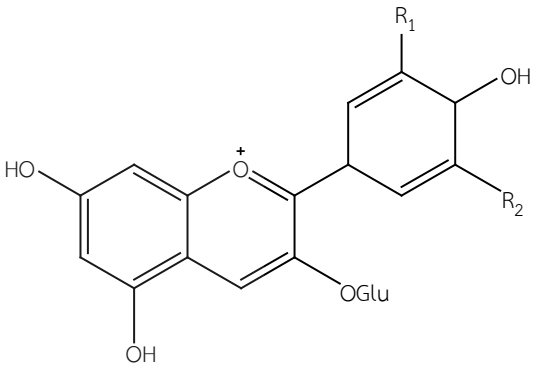
สารประกอบที่พบในเปลือกมังคุดมีด้วยกันหลายชนิดเช่น แซนโทน (Xanthone) แมงโกสติน (Mangostin) พอลิฟีนอล (Polyphenol), ควิโนน (Quinone), แทนนิน (Tannin), แคทีชิน (Catechin), พอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide), สติลบีน (Stilbene) และแอนโทซายานิน (Anthocyanin) ที่พบในเปลือกมังคุด คือ Cyanidin 3-sophoroside และ Cyanidin 3-glucoside ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง (Thin layer chromatography, TLC) [8]

แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารรงควัตถุ (Pigment) ที่ให้สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สี (Coloring agent) ที่พบในพืชทั้งในดอกและในผลสามารถละลายน้ำได้ดีแอนโทไซยานินจัดเป็นรงควัตถุที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นอันมาก เนื่องจากเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ทำให้แอนโทไซยานินมบี บทบาทต่อการป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular disease) โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสมบัติความเป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) โดยที่ในสภาพที่สารเป็นกรด (pH ต่ำกว่า 3) ทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดง ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลาง (pH ประมาณ 7-8) มีสีม่วง และเมื่อสภาพเป็นเบส (ค่า pH ≥11) แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน [9]

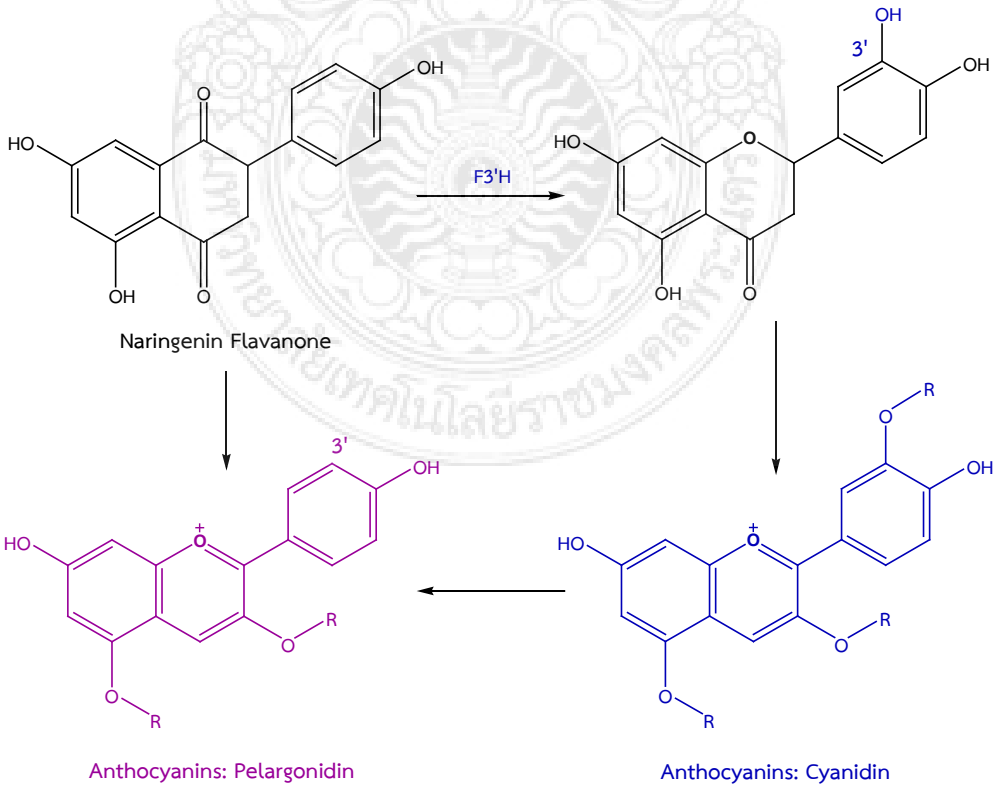
โครงสร้างของแอนโทไซยานินประกอบด้วยส่วนของอะไกลโคน (Aglycone) น้ำตาล (Sugar) และหมู่เอซิล (Acyl group) มีการค้นพบแอนโทไซยานินมากกว่า 300 ชนิด แต่ละชนิดจะมีสีสันและสมบัติแตกต่างกันไป แม้ว่าแอนโทไซยานินจะมีด้วยกันหลายชนิด แต่ทุกชนิดจะมีโครงสร้างหลักเป็นสารชนิดเดียวกันที่เรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins) ที่มีคาร์บอน 15 อะตอมอยู่ภายในโมเลกุล มีโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 ซึ่งเป็นไกลโคไซด์(Glycoside) ของ 2-Phenyl benzopyrylium หรือ Flavylium cation แอนโทไซยานิดินสามารถเกิดได้ประมาณ 20 ชนิด แต่มีอยู่ 6 ชนิดเท่านั้นที่พบได้ในพืชคือ Pelargonidin (Pg) คิดเป็น 18 เปอร์เซนต์ Cyanidin (Cy) คิดเป็น 30 เปอร์เซนต์ Delphinidin (Dp) คิดเป็น 22 เปอร์เซนต์ และ Peonidin(Pn) Petunidin (Pt) และ Malvidin (Mv) คิดเป็น 20 เปอร์เซนต์ ทำให้แอนโทไซยานินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนี้

- จำนวนของหมู่ไฮดรอกซี (Hydroxyl group) ในโมเลกุล
- ระดับการเกิดเมทิลเลชัน (Degree of methylation) ของหมู่ไฮดรอกซี
- จำนวนและตำแหน่งของในการเกิดไกลโคซิเลชัน (Glycosylation)
- จำนวนของแอโรเมติก (Aromatic) หรือกรดอะลิฟาติก (Aliphatic acids)

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างและชนิดของแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins) [8]

Anthocyanidins	ตำแหน่ง R_1	ตำแหน่ง R_1	ลักษณะโครงสร้าง
Pelargonidin	-H	-H	
Cyanidin	-H	-OH	
Delphinidin	-OH	-OH	
Peonidin	$-OCH_3$	-H	
Petunidin	$-OCH_3$	-OH	
Malvidin	$-OCH_3$	$-OCH_3$	

การแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซี (-OH) และหมู่เมทอกซี ($-OCH_3$) ของวงแหวน Flavylium จะทำให้เกิดสีของแอนโทไซยานิดิน กล่าวคือ การเพิ่มจำนวนของหมู่ไฮดรอกซีจะทำให้เกิดสีฟ้า การเพิ่มจำนวนของหมู่เมทอกซีจะทำให้เกิดสีแดง การเพิ่มจำนวนของหมู่ไฮดรอกซีจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity) เพิ่มขึ้น และเนื่องจากการแทนที่ของกรดและด่างเกิดขึ้นได้ในหลายตำแหน่ง จึงทำให้จำนวนของแอนโทไซยานินมีมากกว่าแอนโทไซยานิดิน 15-20 เท่า โมเลกุลของน้ำตาลที่ต่อกับแอนโทไซยานิดิน ได้แก่ กลูโคส (Glucose) กาแลกโตส (Galactose) แรมโนส (Rhamnose) อะราบิโนส (Arabinose) ไดแซ็กคาไรด์ และไตรแซ็กคาไรด์ โดยแอนโทไซยานินที่พบมากที่สุด คือ 3-monoside,3-biosides, 3,5-diglycosides และ3,7- diglycosides [8] อ้างอิง

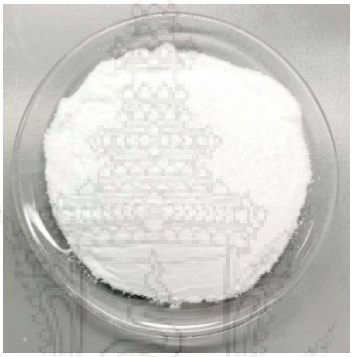


ภาพที่ 2.12 การเปลี่ยนแปลงสีของสารแอนโทไซยานินในสภาพกรด-เบสอนดิเคเตอร์กรด-เบส [9]

2.4 มอลโทเดกซ์ทริน (Maltodextrin) [10]

มอลโทเดกซ์ทริน เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของแป้ง (Starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้น ๆ ของน้ำตาลกลูโคส (Glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส มีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดี

มอลโทเดกซ์ทรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (Starch hydrolysate) วัตถุดิบที่ใช้เพื่อผลิตมอลโทเดกซ์ทรินคือ สตาร์ช (Starch) จากพืชต่าง ๆ เช่น สตาร์ชจากมันสำปะหลัง (Tapioca starch) สตาร์ชข้าวโพด (Corn starch) สตาร์ชมันฝรั่ง (Potato starch) การเตรียมมอลโทเดกซ์ทรินทำโดยการนำสตาร์ชมาเตรียมเป็นสารละลาย (Starch slurry) และให้ความร้อนจนเม็ดสตาร์ชเกิดการสุก (Gelatinization) แล้วจึงย่อยสตาร์ช (Starch hydrolysis) ให้มีโมเลกุลเล็กลง ด้วยการใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α-Amylase) แล้วนำไปกรองและทำให้บริสุทธิ์ จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เข้มข้น (Concentration) และทำแห้ง (Dehydration) ให้เป็นผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drier)



ภาพที่ 2.13 ผงมอลโทเดกซ์ทริน

มอลโทเดกซ์ทรินมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ โดยนิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร ตัวอย่างการใช้งาน เช่น

- ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อาหารไขมันต่ำ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เครื่องปรุงรสชนิดผง
- ขนมหวาน ใช้ปรับปรุงรสชาติและยืดอายุการเก็บรักษา
- เครื่องดื่มผง ช่วยเพิ่มรสชาติและการละลายได้สม่ำเสมอ เช่น ชาและกาแฟ
- อาหารจานด่วนและอาหารกระป๋อง
- อุตสาหกรรมเคมีและยา เช่นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ยาสีฟัน
- อุตสาหกรรมการทำกระดาษ มอลโตเด็กซ์ตรินนำไปใช้เป็นวัสดุยึดติด เนื่องจากมีการไหลที่ดีและมีแรงยึดเกาะที่ดี สามารถปรับปรุงคุณภาพโครงสร้างและรูปร่างของกระดาษได้

2.5 การพิมพ์สิ่งทอ [11]

การพิมพ์เป็นเทคนิคในการทำให้สีเกิดบนวัสดุสิ่งทออีกอย่างหนึ่ง เป็นลักษณะของการทำให้เกิดสีเฉพาะแห่ง (Local coloration) บนวัสดุสิ่งทอ เพื่อให้เกิดเป็นลวดลายลงบนพื้นที่ที่กำหนด โดยมีการใช้แป้งพิมพ์เป็นตัวกลางพาสารให้สีไปติดบนวัสดุสิ่งทอ ซึ่งมีสารข้น (Thickener) เป็นสารช่วยที่สำคัญในการกำหนดขอบเขตของลวดลาย โดยทั่วไปสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์สิ่งทอจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของเส้นใยที่ต้องการจะพิมพ์ ประเภทของสารให้สีที่ใช้ และระดับความคงทนของสีที่ต้องการ โดยแป้งพิมพ์มีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

1. สารให้สี ได้แก่ สีย้อมและพิกเมนท์ ทำหน้าที่ให้เกิดสีและลวดลาย โดยแป้งพิมพ์ที่ใช้สำหรับการพิมพ์ด้วยสีย้อมและพิกเมนท์ จะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน

2. ตัวทำละลาย เช่น น้ำ หรือ ตัวทำละลายอินทรีย์ ที่ใช้ในการละลายส่วนผสมอื่น ๆ ที่ผสมในแป้งพิมพ์

3. สารข้น เช่น แป้งดัดแปร น้ำยางจากพืช พอลิเมอร์สังเคราะห์ ที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ใช้เพื่อปรับความหนืดของแป้งพิมพ์ให้มีความเหมาะสมกับงานพิมพ์ ให้ลวดลายที่คมชัด

4. สารช่วยชนิดอื่น ๆ เช่น

- สารช่วยยึด (Binder) ใช้เพื่อช่วยให้พิกเมนท์ยึดติดได้บนวัสดุสิ่งทอ
- สารเคมีที่ช่วยปรับภาวะในการผนึกสี เช่น กรด กรด
- สารรีดิวซ์และสารออกซิไดซ์ (Reducing and oxidizing agents) ใช้เพื่อช่วยเพิ่มการละลายน้ำของสีย้อมบางชนิด และป้องกันการรีดักชันของสีย้อมในระหว่างการอบผนึกด้วยไอน้ำ
- สารช่วยดูดความชื้น (Humectants) เช่น กลีเซอรีน ยูเรีย จะช่วยดูดซับความชื้นในอากาศ และเพิ่มการพองตัวของเส้นใยในระหว่างการอบผนึกด้วยไอน้ำ

การแบ่งประเภทของแป้งพิมพ์ตามชนิดของสารให้สีจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. แป้งพิมพ์สำหรับสีย้อม (Dye based print paste) การพิมพ์โดยใช้สีย้อมเป็นสารให้สี มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

- สีย้อม การเลือกประเภทสีย้อมจะขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยที่ต้องการพิมพ์
- สารข้น ใช้เพื่อเพิ่มความหนืดให้กับแป้งพิมพ์ สารข้นที่เลือกใช้ต้องไม่มีความสามารถในการยึดเกาะกับสีย้อมและเส้นใยในระหว่างการผนึกสี และกำจัดออกได้ง่ายเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการพิมพ์
- สารช่วยดูดความชื้น (Humectants) ช่วยความชื้นบริเวณผิวหน้าของเส้นใย ช่วยให้สีแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยได้
- สารเคมีสำหรับปรับค่า pH การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสีย้อมที่ใช้ในการพิมพ์
- สารออกซิไดซ์ (Oxidizing agents) ป้องกันการรีดักชันของสีย้อมในระหว่างการอบผนึกด้วยไอน้ำ เช่น Sodium *m*-nitrobenzene sulphonate
- น้ำ ช่วยในการละลายของสีและสารเคมี

2. แป้งพิมพ์สำหรับพิกเมนท์ (Pigment based print paste) การพิมพ์โดยใช้พิกเมนท์เป็นสารให้สี มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

- พิกเมนท์ สามารถใช้พิมพ์ได้กับเส้นใยทุกชนิด โดยพิกเมนท์เป็นสารให้สีที่ไม่มีความสามารถในการยึดติดกับเส้นใย ในการใช้งานจะต้องใช้งานร่วมกับสารช่วยยึดติด
- สารช่วยยึดติด (Binder) สารช่วยทำให้พิกเม้นท์สามารถยึดติดกับผิวของวัสดุที่พิมพ์ได้ การใช้งานจะใช้ร่วมกับสารเชื่อมขวาง (Crosslinking agent) เพื่อช่วยปรับปรุงความคงทนของสี
- สารข้นแบบอิมัลชัน (Emulsion thickener) สารข้นที่มีลักษณะเป็นของผสมของน้ำมันที่กระจายตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ (Oil in water) ความหนืดของสารข้นชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำมันที่ผสม นิยมใช้ร่วมกับสารข้นประเภทพอลิเมอร์เพื่อปรับปรุงความหนืดและความคงตัวของแป้งพิมพ์
- สารช่วยชนิดอื่น ๆ เช่น สารปรับนุ่ม (Softening agents) ช่วยปรับปรุงผิวสัมผัสของผ้า สารลดการเกิดฟอง (Foam suppressers) ช่วยลดการเกิดฟองในระหว่างการพิมพ์

2.5.1 สารข้นสำหรับการพิมพ์สิ่งทอ (Thickening agents for textile printing) [11, 12]

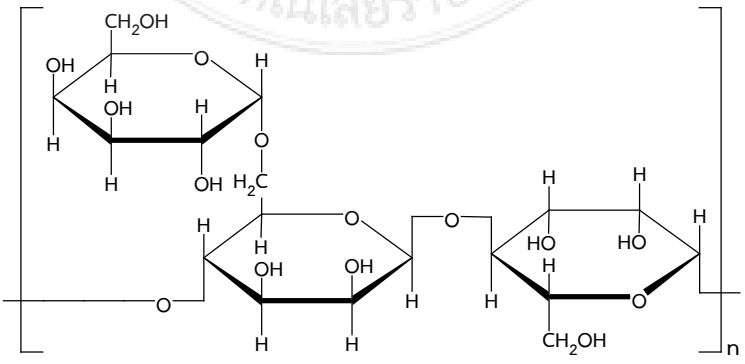
สารข้นมีความสำคัญต่อการพิมพ์สิ่งทอ เนื่องจากทำหน้าที่ช่วยยึดอนุภาคสีกับเส้นใยในขั้นตอนพิมพ์ผ้า ช่วยรักษาให้สีอยู่ในเนื้อที่พิมพ์ในระหว่างการอบแห้ง จนกระทั่งถึงตอนที่สีเคลื่อนเข้าไปในเส้นใยและผนึกติดอย่างสมบูรณ์ สารข้นที่ดีต้องมีสมบัติเป็นวิสโคอิลาสติก (Viscoelastic) คือมีลักษณะยืดหยุ่นและมีความข้นหนืดอยู่ร่วมกัน โดยสารข้นต้องมีความหนืดเพียงพอที่จะยึดจับกับสารให้สี แต่เมื่อได้รับแรงกดในระหว่างกระบวนการพิมพ์ สารข้นจะเปลี่ยนไปมีลักษณะยืดหยุ่นและมีความหนืดลดลง ทำให้สามารถเคลื่อนตัวผ่านช่องว่างของผ้าสกรีนได้ และเมื่อเสร็จสิ้นการพิมพ์ (ไม่ได้รับแรงกดจากการพิมพ์) ความหนืดของสารข้นจะคืนกลับมาเหมือนเดิม ช่วยทำให้สารให้สียึดจับกับผิวหน้าของเส้นใยให้อยู่ในขอบเขตของลวดลายที่พิมพ์และมีความคมชัด

สารข้นสำหรับงานพิมพ์สิ่งทอเป็นสารประกอบพอลิเมอร์สายโซ่ยาว มีลักษณะคล้ายเส้นใย แบ่งได้ 3 ชนิด คือ สารข้นจากธรรมชาติ สารข้นดัดแปลงจากธรรมชาติ และสารข้นสังเคราะห์ โดยสองชนิดแรกมีโครงสร้างทางเคมีเป็นพวกพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) ประกอบจากหน่วยโมเลกุลย่อย (Monomer) ของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น กลูโคส (Glucose) แมนโนส (Mannose) ไซโลส (Xylose) อะราบิโนส (Arabinose) และ กาแลกโตส (Galactose) ฯลฯ ซึ่งอาจประกอบขึ้นจากน้ำตาลชนิดเดียวหรือน้ำตาลตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สำหรับสารข้นสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติในการละลายน้ำได้ดี ซึ่งมีอยู่ไม่มาก และราคาค่อนข้างสูง

สารข้นแต่ละชนิดจะมีสมบัติต่าง ๆ เช่น ความสามารถในการยึดติดเส้นใย ความหนืด และความคงทนต่อสารเคมี ที่แตกต่างกันไปตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี การเลือกใช้สารข้นส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารให้สีและประเภทของวัสดุที่ใช้ในการพิมพ์ อย่างไรก็ตามสารข้นที่ดีควรมีลักษณะ คือ สามารถเข้ากันได้ดีกับองค์ประกอบอื่น ๆ ของแป้งพิมพ์ ละลายน้ำได้ง่าย มีความเสถียรในระหว่างการใช้งาน และสามารถกำจัดออกได้ง่ายเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการพิมพ์

- กัวร์กัม (Guar gum) [12]

กัวร์กัมเป็นสารข้นจากธรรมชาติ ที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ด (Endosperm) ของพืชตระกูลถั่ว ชื่อกัวร์ (Guar) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Cyamopsis tetragonoloba* ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดียและปากีสถาน กัวร์กัมเป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (Heteropolysaccharide) แบบไม่มีประจุ (Non-ionic) พวกกาแล็กโทแมนแนน (Galactomannan) ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส (Mannose) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง **β**-1,4 และมีกิ่งแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทส (Galactose) ซึ่งต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง **α**-1,6

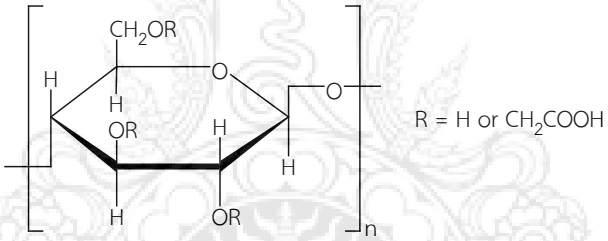


ภาพที่ 2.14 โครงสร้างทางเคมีของกัวร์กัม

กัวร์กัมที่บริสุทธิ์ประกอบด้วยดี-กาแล็กโทส (D-galactose) 36 เปอร์เซ็นต์ และแมนโนส 64 เปอร์เซ็นต์ กัวร์กัมละลายได้ในน้ำเย็นเนื่องจากมีกลุ่มสาขาดี-กาแลกโตสอยู่มาก เมื่อละลายแล้วให้สารละลายที่มีความหนืดสูงแม้จะมีความเข้มข้นต่ำ การละลายเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อน และมีความหนืดเพิ่มเรื่อย ๆ เมื่อทำให้เย็นลง แต่ไม่ละลายในสารอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่ำ โดยสารในกลุ่มอิเล็กโทรไลท์ไม่มีผลต่อความหนืด และมีความเสถียรในช่วง pH 4.0-10.5 การพิมพ์โดยใช้กัวร์กัมเป็นสารข้นจะประหยัดเนื่องจากใช้ในปริมาณน้อยแต่ให้ความหนืดสูง (กัวร์กัมมีความหนืดสูงกว่าแป้ง 5 เท่า) เตรียมง่าย ราคาถูก และเข้ากับสีต่างรวมทั้งเคมีต่าง ๆ ได้ดี เนื่องจากมีสมบัติเป็นแบบไม่มีประจุ (Non-ionic)

- คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose, CMC) [11, 12]

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่มีหมู่คาร์บอกซิเมทิลต่ออยู่กับหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl) ที่อยู่บนวงกลูโคไพแรโนส (Glucopyranose) ในสายโซ่หลักของเซลลูโลส ดังโครงสร้างในภาพที่ 2.14 คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic) มีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ได้จากการดัดแปรหรือปรับปรุงสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิล (Methyl group) และหมู่คาร์บอกซิเมทิล (Carboxymethyl group) คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสสังเคราะห์ได้จากการทำปฏิกิริยาของเซลลูโลสกับกรดคลอโรอะซีติค (Chloroacetic acid) ในภาวะที่มีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อดัดแปรหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในสายโซ่หลักของเซลลูโลส



ภาพที่ 2.15 โครงสร้างทางเคมีของคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส [11]

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ละลายน้ำได้ดี ให้สารละลายใส มีความหนืดสูง เมื่อได้รับความร้อนความหนืดจะลดลง สามารถเข้ากับสารข้นชนิดอื่น ๆ ได้ดี ใช้งานกับสีได้หลายชนิด เมื่อพิมพ์มีการแทรกซึมที่ดีและให้ลวดลายพิมพ์ที่คมชัด ผิวสัมผัสของผ้าไม่แข็งกระด้าง และกำจัดออกได้ง่ายภาพหลังสีผนึกติดแล้ว แต่คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสเป็นสารข้นที่มีความว่องไวต่ออิเล็กโทรไลท์ เช่น แบเรียมไนเตรท (Barium nitrate) แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) แมกนีเซียมคลอไรด์ (Magnesium chloride) และ แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulphate) โดยสารละลายของคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสจะตกตะกอนเมื่อผสมกับอิเล็กโทรไลท์

2.5.2 สารช่วยยึดติด (Binder) [11]

สารช่วยยึดติดเป็นสารเคมีที่ใช้ในการพิมพ์สิ่งทอด้วยสีพิกเมนท์ เนื่องจากสีพิกเมนท์เป็นสารให้สีที่ไม่มีความสามารถในการยึดเกาะเส้นใย โดยสารช่วยยึดติดจะทำหน้าที่ยึดจับสีพิกเมนท์กับผิวหน้าของวัสดุสิ่งทอ โดยมีลักษณะเป็นฟิล์มปกคลุมลงบนสีพิกเมนท์และยึดจับกับผิวหน้าของวัสดุ สารช่วยยึดติดที่ใช้งานทางด้านสิ่งทอจะเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายได้ด้วยตนเอง (Self-crosslinking) การเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายของสารช่วยยึดติดเกิดขึ้นได้ด้วย 2 ขั้นตอน คือ เมื่อเคลือบสาร

ลงบนผิวของวัสดุสิ่งทอ และทำการระเหยน้ำหรือตัวทำละลายออกด้วยการอบที่อุณหภูมิต่ำ สารช่วยยึดติดจะแปรสภาพเป็นฟิล์มบาง ๆ เคลือบอยู่บนผิวของเส้นใย และเมื่อนำไปอบผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง ฟิล์มของสารช่วยยึดก็จะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางกันเอง ได้เป็นฟิล์มโครงสร้างร่างแหเกาะติดกับผิววัสดุ ซึ่งในการใช้งานสารช่วยยึดติด นิยมใช้งานร่วมกับสารเชื่อมขวาง (Crosslinking agent) เพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติของฟิล์มสารช่วยยึดติดหลังการอบผนึก เช่น ความคงทนต่อการขัดถู ความคงทนต่อการซักล้าง ความคงทนต่อเหงื่อ เป็นต้น

ประเภทของสารช่วยยึดติด [13]

1. บิวทาไดอีนโคพอลิเมอร์ (Butadiene copolymer) ยางสังเคราะห์สไตรีนบิวทาไดอีน (Styrene-butadiene) เป็นสารช่วยยึดติดที่สามารถปรับเปลี่ยนสมบัติความยืดหยุ่นได้ตามต้องการ ด้วยการปรับสัดส่วนระหว่างสไตรีนกับบิวทาไดอีน สมบัติของหมู่บิวทาไดอีนมีสมบัติเด่นเรื่องความยืดหยุ่น ในขณะที่สไตรีนและอะคริโลไนริล (ส่วนผสมอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้) จะให้สมบัติในเรื่องของความคงทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานต่อน้ำมันและตัวทำละลาย แต่มีข้อเสียคือถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย และทำให้เกิดการเปลี่ยนสี เนื่องจากในสารช่วยยึดชนิดนี้ยังมีพันธะคู่อยู่ในโครงสร้าง

2. อะคริลิกไบเดอร์ (Acrylic binders) สารช่วยยึดติดที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายและมีหลายชนิด โดยสมบัติของสารช่วยยึดติดประเภทนี้แต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับพอลิเมอร์ที่นำมาผสม โดยโคพอลิเมอร์ที่นิยมนำมาผสม ได้แก่ สไตรีน อะคริโลไนทริล ไวนิลคลอไรด์ และไวนิลอะซีเตต โดยขึ้นอยู่กับสมบัติของสารช่วยยึดติดที่ต้องการ เช่น สไตรีนช่วยเพิ่มสมบัติทางด้านความแข็งแรง อะคริโลไนทริลช่วยเพิ่มสมบัติทางด้านความคงทนต่อตัวทำละลาย ไวนิลคลอไรด์จะเพิ่มสมบัติทางด้านการชะลอการติดไฟ และไวนิลอะซิเตตช่วยในเรื่องของการลดราคาต้นทุนในการผลิต

3. ไวนิลโคพอลิเมอร์ (Vinyl copolymer) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ไวนิลคลอไรด์และไวนิลอะซิเตต แต่ไวนิลคลอไรด์มีข้อเสียในเรื่องของความแข็งกระด้าง เพื่อปรับปรุงสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งาน ต้องมีการเติมโคพอลิเมอร์เข้าไปทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) เพื่อช่วยเพิ่มความอ่อนตัว เช่น อะคริเลตมอนอเมอร์ (Acrylate monomers) ส่วนไวนิลอะซีเตตเป็นสารช่วยยึดติดที่ไม่มีปัญหาในเรื่องของความกระด้างและมีราคาถูก

2.6 สารมอร์แดนท์ [14]

สารมอร์แดนท์ จัดเป็นสารช่วยย้อมชนิดหนึ่งที่ใช้นิยมใช้ในการย้อมสีธรรมชาติ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการย้อมมีการติดสีและคงทนของสีต่อการใช้งานไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้สารมอร์แดนท์มาเป็นตัวช่วยทำให้เส้นใยดูดซับสีได้ดีขึ้น ช่วยให้สียึดติดเส้นใยได้แน่นขึ้น และมีความคงทนของสีเพิ่มขึ้น โดยสารมอร์แดนท์ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะ พวกอลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก โครเมียม สารเหล่านี้นอกจากจะเป็นตัวจับยึดสีและเพิ่มการติดสีในเส้นใยแล้วยังช่วยเปลี่ยนลักษณะสีที่ย้อมได้เปลี่ยนแปลงไป เช่น มีความเข้มเพิ่มขึ้น ความสว่างสดใสขึ้น

สำหรับสารมอร์แดนท์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็นสารเคมีเกรดการค้า ซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงาน มีวิธีการใช้งานที่สะดวกโดยการชั่ง ตวง วัดพื้นฐาน แล้วนำไปละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการและหาซื้อได้ง่ายจากร้านค้าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์ หรือทางการแพทย์ทั่วไป สารมอร์แดนท์ที่ใช้กันทั่วไป คือ

- สารส้ม (มอร์แดนท์อลูมิเนียม) จะช่วยจับยึดสีกับเส้นด้ายและช่วยให้สีสด สว่างขึ้น มักใช้กับการย้อมสีน้ำตาล-เหลือง-เขียว

- จุนสี (มอร์แดนท์ทองแดง) ช่วยให้สีติดและเข้มขึ้นใช้กับการย้อมสีเขียว-น้ำตาล ข้อแนะนำสำหรับการใช้มอร์แดนท์ทองแดง คือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการตกค้างของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการย้อมได้

- เฟอรัสซัลเฟต (มอร์แดนท์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดเส้นด้ายและช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทนเทา–ดำ ซึ่งมอร์แดนเหล็กมีข้อดี คือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ แต่มีข้อควรระวังคือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้ายเปื่อย

สารส้ม จุนสี เฟอรัสซัลเฟต

ภาพที่ 2.16 สารมอร์แดนท์ชนิดต่าง ๆ

2.7 การวัดค่าสี [11, 15]

สี คือ ลักษณะของแสงสว่างที่ปรากฏแก่สายตาโดยผ่านกระบวนการรับรู้ด้วยตา และมีปฏิกิริยาตอบสนองด้วยกระบวนการวิเคราะห์แยกแยะของสมอง โดยสมองจะทำการป้อนรหัสที่สัมพันธ์กับความยาวคลื่นต่าง ๆ ของแสง ความแตกต่างของความยาวคลื่น จะทำให้เกิดความรู้สึกที่ต่างกันของการมองเห็นสี ดังนั้นสีจึงแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกหรือเรื่องราวของการมองเห็น ซึ่งเกิดจากการกระทำของพลังงานที่ความยาวคลื่นใด ๆ ที่กระทำต่อเรตินาของตาคนปกติ ความแตกต่างของความยาวคลื่น จะทำให้เกิดความรู้สึกที่ต่างกันของการมองเห็นสี

วัตถุจะมองดูแตกต่างกันเมื่ออยู่ภายใต้แสงสีที่ต่างกัน สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแสงที่ตกกระทบวัตถุนั้น การสะท้อนแสงของวัตถุ และสมบัติในการตอบสนองของตาผู้สังเกต สีของวัตถุจึงขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ที่เรียกว่า *การดูดกลืนแบบเลือก (Selective absorption)* โดยแสงที่ตกกระทบลงวัตถุส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้ด้วยสารให้สีที่มีอยู่ในวัตถุ แล้วสะท้อนส่วนที่เหลือ

2.7.1 ค่าของสีในระบบ CIE [11, 15]

ระบบ CIE เป็นระบบสีที่กำหนดขึ้นโดย Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) หรือ ICI (International Commission on Illumination) การวัดค่าของสีในระบบ CIE ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1931 โดยมีจุดประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานการวัดสี CIE มีความเห็นว่าควรมีการจัดระบบสีที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์ของมนุษย์ในการวัดสี เนื่องจากตาของมนุษย์เป็นเครื่องมือวัดค่าของสีที่มีความไวสูงสุด แต่ไม่สามารถจดจำและอธิบายค่าของสีที่เห็นให้เข้าใจตรงกันได้ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดค่าสีออกมาในเชิงปริมาณ เพื่อให้เข้าใจตรงกันอย่างถูกต้อง และเที่ยงตรง

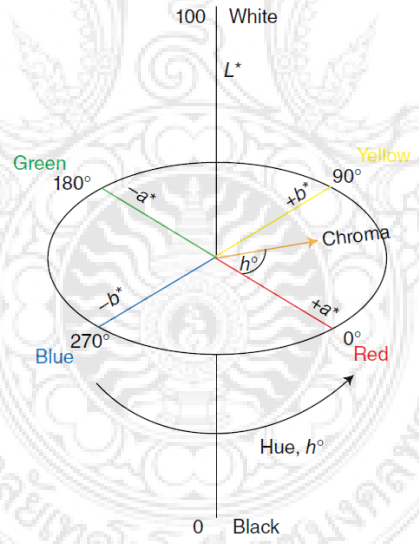
CIE มีแนวคิดว่า ปัจจัยในการมองเห็นสีของมนุษย์ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และตาของมนุษย์ ดังนั้นถ้าสามารถวัดปัจจัยทั้ง 3 อย่างออกมาเป็นตัวเลขได้ ก็สามารถวัดสีออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งค่าของสีในระบบ CIE เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยไม่ขึ้นกับ

การมองเห็นของแต่ละบุคคล และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอื่น ๆ ได้ เช่น ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของสี ใช้ทำนายสูตรในการสีผสม เป็นต้น

1. ระบบ CIELAB (CIE L* a* b*) ในปี ค.ศ.1976 CIE ได้กำหนดการจัดระบบสีที่มีการกระจายตัวของสีสม่ำเสมอ โดยระบุตำแหน่งสีเป็น 3 แกน แต่ละแกนแทนสมบัติของสีที่แตกต่างกัน และทั้ง 3 แกนทำมุม 90 องศาต่อกัน การกำหนดค่าตัวเลขในลักษณะนี้ มีที่มาจากทฤษฎีสีตรงข้าม ซึ่งค้นพบในปี ค.ศ. 1942 กล่าวคือ “ในระบบการมองเห็นสีของมนุษย์นั้น ก่อนที่สัญญาณจากเซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน (Cone receptors) ที่อยู่บริเวณจอภาพ (Retina) จะส่งผ่านเส้นประสาทตาไปยังสมองเพื่อวิเคราะห์สีของวัตถุนั้น จะมีระบบการแปลงสัญญาณข้อมูลในขั้นกลาง ซึ่งทำการเปรียบเทียบสีแดงกับเขียว เหลืองกับน้ำเงิน ขาวกับดำ แล้วจึงส่งข้อมูลไปยังส่วนรับรู้สีของสมองต่อไป" โดยในสมการของ CIELAB โดยมีการกำหนดค่าโคออดิเนตของสีใน 3 มิติ คือ

- L* เป็นแกนตั้ง ใช้แทนค่าความสว่าง (Lightness) ของสี L* มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 หมายถึงมีสีดำ และสูงสุดเท่ากับ 100 หมายถึงมีสีขาว
- a* ใช้แทนค่าความเป็นสีแดง (Redness) และสีเขียว (Greenness) โดยค่าที่เป็นบวก (+a*) แทนความเป็นสีแดง และค่าที่เป็นลบ (-a*) แทนค่าความเป็นสีเขียว
- b* ใช้แทนค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) และสีน้ำเงิน (Blueness) โดยค่าที่เป็นบวก (+b*) แทนความเป็นสีเหลือง และค่าที่เป็นลบ (-b*) แทนค่าความเป็นสีน้ำเงิน

แผนผังปริภูมิสี (Color space) ในระบบCIELAB มีลักษณะดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.17 แผนผังปริภูมิสีระบบ CIE L* a* b* [11]

ค่า L*, a*, b* คำนวณได้โดยสมการดังนี้

- L (Lightness)*

$$L^* = 116\left(\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}}\right) - 16; \quad \frac{Y}{Y_n} > 0.008856$$

$$L^* = 903.3\sqrt{\left(\frac{Y}{Y_n}\right)}; \quad \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856$$

- a (Red or Green)*

$$a^* = 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right]$$

$$\frac{X}{X_n}, \frac{Y}{Y_n} > 0.008856; \quad f\left(\frac{X}{X_n}\right) = \sqrt[3]{\frac{X}{X_n}}$$

$$f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) = \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}}$$

$$\frac{X}{X_n}, \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856; \quad f\left(\frac{X}{X_n}\right) = 7.787\left(\frac{X}{X_n}\right) + \left(\frac{16}{116}\right)$$

$$f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) = 7.787\left(\frac{Y}{Y_n}\right) + \left(\frac{16}{116}\right)$$

- b (Yellow or Blue)*

$$b^* = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right]$$

$$\frac{Y}{Y_n}, \frac{Z}{Z_n} > 0.008856; \quad f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) = \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}}$$

$$f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) = \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_n}}$$

$$\frac{Y}{Y_n}, \frac{Z}{Z_n} \leq 0.008856; \quad f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) = 7.787\left(\frac{Y}{Y_n}\right) + \left(\frac{16}{116}\right)$$

$$f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) = 7.787\left(\frac{Z}{Z_n}\right) + \left(\frac{16}{116}\right)$$

เมื่อ X, Y, Z คือ Tristimulus Values ของตัวอย่าง

X_n, Y_n, Z_n คือ Tristimulus Values ของสีขาวมาตรฐาน (Reference white)

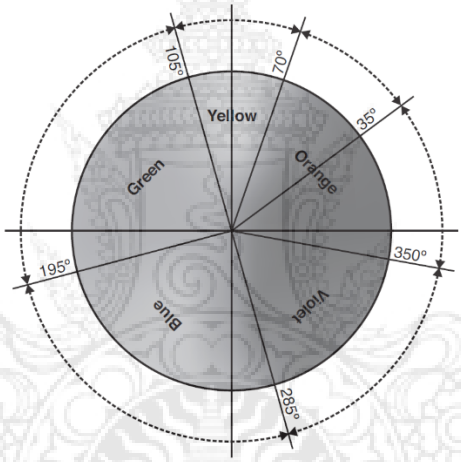
2. ระบบ CIELCH (CIE L* C* h) เป็นสมการการระบุสีที่พัฒนามาจาก CIELAB เพื่อให้สามารถระบุค่าของสีได้ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด โดยได้กำหนดตัวแปรค่าสีขึ้นอีก 2 ตัว คือ

- Chroma (C*) เป็นตัวเลขบ่งบอกความสดใสหรือความเข้มของเนื้อสี ถ้ามีค่าน้อยสีจะทึบ และถ้ามีค่ามากเนื้อสีจะสดใส Chroma จะได้จากความยาวของเส้นตรงจากจุดกำเนิดที่ a* = h = 0 ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง ค่าความเข้มตามระบบสีของ CIE สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C^* = \sqrt{\left(a^*\right)^2 + \left(b^*\right)^2}$$

- h (Hue angle) เป็นตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีมีหน่วยเป็นองศา มีลักษณะแผนผังของสีดังภาพที่ 2.16 และคำนวณได้จากสมการ

$$h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$



ภาพที่ 2.18 Hue circle [16]

***2.7.2* ค่าความเข้มสี (K/S)** [11]

การรายงานค่าความเข้มสีของวัสดุทึบแสง สามรถคำนวณได้จากสมการตามทฤษฎีของ Kubelka-Munk ซึ่งระบุว่า ค่าความเข้มสีของวัสดุทึบแสง (K/S) เป็นสัดส่วนค่าการสะท้อนแสงต่อค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของวัสดุ สามารถคำนวณได้จากสมการ

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

โดย K คือ ค่าการดูดกลืนแสง (Absorption coefficient) ของวัสดุ S คือ ค่าการกระเจิงแสง (Scattering coefficient) ของวัสดุ และ R คือ ค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดสีของวัสดุ โดยใช้ในลักษณะเป็นค่าทศนิยม ค่า K/S ของแต่ละความยาวคลื่นแสงจะไม่เท่ากัน ดังนั้นค่า K/S จึงเป็นค่าเฉพาะของแต่ละความยาวคลื่น โดยส่วนใหญ่การวัดค่าความเข้มจะนิยมวัดที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (Lambda max) ของสีแต่ละสี ซึ่งมีตำแหน่งแตกต่างกันไป ในทางวิทยาศาสตร์สีมักจะกำหนด Lambda max ของแต่ละแม่สีไว้ คือ สีเหลืองอยู่ที่ 420 นาโนเมตร สีแดงอยู่ที่ 520 นาโนเมตร และสีน้ำเงินอยู่ที่ 620 นาโนเมตร

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การเตรียมสีในรูปผงจากเปลือกของผลมังคุด [17]

พรพิมล ม่วงไทย และคณะ ได้ทำการเตรียมผงสีจากเปลือกผลมังคุด โดยศึกษาการสกัดน้ำสีจากเปลือกมังคุดด้วยสารละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ เมทานอล สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จากนั้นนำสีที่เตรียมได้ไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยการใช้สารดูดซับ 3 ชนิด คือ ดินสอพอง ซิลิกาเจล และดินเบนทอไนต์ และทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมสีบนด้ายฝ้าย ผลการทดลองสกัดน้ำสีด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ พบว่าน้ำสีที่สกัดได้มีสีแดงถึงสีแดงอมน้ำตาล เมื่อเตรียมผงสีโดยใช้ตัวกลางที่เป็นสารดูดซับสีแยกจากสิ่งเจือปน 3 ชนิด ได้ผงสีที่มีสีชมพูอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม โดยการใช้ดินสอพองเป็นสารดูดซับทำให้ได้ผงสีประมาณ 10.5 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการทดสอบความสามารถในการย้อมบนเส้นด้ายฝ้ายโดยปราศจากสารช่วยติด พบว่าสีที่เตรียมได้สามารถติดบนเส้นด้ายฝ้ายมากถึงร้อยละ 63

2. สีสกัดจากใบมังคุดเพื่อการมัดย้อมและบาติก [18]

เสาวนิตย์ กาญจนรัตน์ ได้ศึกษาการสกัดสีจากใบมังคุดเพื่อใช้เป็นสีสำหรับทำมัดย้อมและบาติก โดยวิธีการต้มใบมังคุดสด ใบมังคุดสดหมัก และใบมังคุดสดต้มแล้วนำมาหมักนาน 9 วัน แล้วกรองแยกน้ำสีออกจากกากใบมังคุด นำน้ำสีที่ได้มาย้อมร้อนและย้อมเย็นบนผ้าดิบไม่ได้ผ่านการฟอกขาว โดยทำการวัดค่าความเข้มของน้ำสีก่อนย้อมลงบนผ้าสี และใช้ปูนขาวสารช่วยติดสี เพื่อให้สีติดบนผ้าได้ทนนาน ด้วยการนำผ้าจุ่มลงในน้ำปูนขาวหลังการย้อม จากการทดลองพบว่าน้ำ สีก่อนย้อมจากการต้มใบสดเป็น สีน้ำตาล แต่ให้สีบนผ้าจากการย้อมร้อนและย้อมเย็นเป็นสีน้ำตาลแดงและสีส้มตามลำดับ ในขณะที่การต้มใบสดหมักได้น้ำย้อมเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งให้สีบนผ้าหลังย้อมร้อนเป็นสีน้ำตาลคล้ำและสีบนผ้าหลังย้อมเย็นเป็นสีส้มเข้ม สำหรับการต้มใบสดต้มหมักได้สีน้ำย้อมเป็นสีม่วงดำ สีบนผ้าหลังย้อมร้อนเป็นสีม่วงคล้ำ และสีบนผ้าหลังย้อมเย็นเป็นสีม่วงเข้มเหมือนเปลือกมังคุดสุก การแช่สารละลายปูนขาวหลังการย้อมช่วยให้ได้สีที่สดใสขึ้น และเพิ่มความคงทนต่อการขัดถูและความคงทนของสีต่อแสง

3. การเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารข้นจากกัมเมล็ดพืชสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด [19]

วันเช็ง สิทธิกิจโยธิน ได้ทำการศึกษาการเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารข้นจากกัมเมล็ดพืชสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด เพื่อหาสูตรแป้งพิมพ์และภาวะการผนึกสีบนผ้าที่เหมาะสมในการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด โดยใช้กัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและเมล็ดหางนกยูงฝรั่งเป็นสารข้นทางธรรมชาติ โดยใช้สูตรที่ใช้ทางการค้าของโรงงานเป็นสูตรมาตรฐานสำหรับสารข้นทางการค้า (ทัมมารีนกัม) โดยทำการแปรค่าความเข้มข้นของสารข้นทางธรรมชาติ ความเข้มข้นของกรดซิตริก ความเข้มข้นของยูเรีย ความเข้มข้นของสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด และอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผนึกสี โดยวิเคราะห์ความคมชัดของลายเส้น การติดสีการกระจายตัวของสีด้วยตาเปล่าและด้วยเครื่องวัดความเข้มของสี และทำการเปรียบเทียบกับผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมจากสารข้นทางการค้า จากการวิเคราะห์ดังกล่าว ได้สูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์บนผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สารข้นจากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและกัมจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง จำนวน 2 สูตร จากนั้นนำผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ทั้งสองสูตรไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ความ

คงทนของสีต่อการขัดถู ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อน้ำ เปรียบเทียบกับผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ทางการค้า พบว่าผลการทดสอบความคงทนของการพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมด้วยสารข้นทางธรรมชาติมีค่าดีกว่าผ้าพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ทางการค้า โดยใช้สารข้นธรรมชาติในปริมาณที่น้อยกว่าสารข้นทางการค้าเนื่องจากมีค่าความหนืดสูงกว่า

4. สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด [20]

อรุษา เชาวนลิขิต และธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล ได้ทำการสกัดสารให้สีจากเปลือกมังคุด โดยทำการศึกษาผลกระทบของกระบวนการระเหยและกรดแอสคอร์บิกต่อปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดจากเปลือกมังคุด และผลของมอลโทเดกซ์ทริน (DE10 และ DE18) ต่อปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีจากเปลือกมังคุดผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศและการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่ากรดแอสคอร์บิกมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการระเหยในภาวะสุญญากาศ หรือการใส่กรดแอสคอร์บิกสามารถรักษาแอนโทไซยานินได้มากกว่า การระเหยในภาวะความดันปกติ สารสกัดที่ได้จากการระเหยด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิก 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารแอนโทไซยานินมากที่สุด คือ 11.61±0.60 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เมื่อนำสารสกัดผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน (DE10 และ DE18) และทำแห้งด้วยแบบสุญญากาศและทำแห้งแบบฝอย พบว่ามอลโทเดกซ์ทรินมีผลต่อการรักษาแอนโท-ไซยานินในระหว่างการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผงสีจากสารสกัดที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน และผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ถึง 65-82 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผงสีที่จากสารสกัดที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน และผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้เพียง 19-31 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำผงสีไปละลายน้ำและผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลามีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผงสีที่เติมมอลโทเดกซ์ทริน มีค่าครึ่งนึงของปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่า 102 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 42 นาที ที่ความร้อนพาสเจอร์ไรเซชัน

5. การสกัดสารให้สีจากเปลือกมังคุดเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม [21]

สมศักดิ์ วรมงคลชัย และคณะ ได้ศึกษาการสกัดสารให้สีจากเปลือกผลมังคุด โดยใช้สารละลายกรดซิตริก กรดไตรฟลูออโรอะซิติก และกรดไฮโดรคลอริกในเมทานอลเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการสกัดโดยใช้กรดไตรฟลูออโรอะซิติก ได้ปริมาณสารให้สีที่สกัดได้มากที่สุด สารให้สีที่ได้มีสีแดงเข้มและมีโครงสร้างที่มีความเสถียรมากกว่าการใช้กรดซิตริกและกรดไฮโดรคลอริก เมื่อนำสารให้สีที่สกัดได้มาย้อมบนเส้นด้ายพอลิเอสเทอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปริมาณสารให้สี 1-3 เปอร์เซ็นต์ ละลายในสารละลายผสมของเมทานอลและสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราส่วนระหว่างเมทานอลกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 70:30 80:20 และ 90:10 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าความเข้มสีของเส้นด้ายที่ย้อมเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารให้สี โดยอัตราส่วนของเมทานอลต่อสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ทำให้เส้นด้ายมีความเข้มสีสูงสุด คือ อัตราส่วน 80:20 โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ความคงทนของชิ้นทดสอบในด้านความคงทนของสีต่อแสง การซักล้าง เหงื่อ การขัดถู และน้ำ พบว่าสารให้สีที่สกัดได้จะมีความคงทนต่อเหงื่อและน้ำได้ดี และมีความคงทนต่อการขัดถูในระดับปานกลาง ส่วนความคงทนต่อการซักและแสงอยู่ในระดับต่ำ

6. การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนจากสารยึดติดและสารให้สีธรรมชาติ [22]

ประทุมทอง ไตรรัตน์ ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนจากสารยึดติดและสารให้สีธรรมชาติ โดยหมึกพิมพ์สีเหลืองได้จากผงขมิ้นและลูกพุด หมึกพิมพ์สีแดงได้จากดอกกระเจี๊ยบแห้งและเปลือกผลแก้วมังกร หมึกพิมพ์สีน้ำเงินได้จากครามและฮ่อม และหมึกพิมพ์สีดำได้จากเมล็ดเงาะและมะเกลือ สารยึดติดจากธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ยางกล้วย ยางมะละกอ ยางพารา และสารช่วยยึดติด 3 ชนิด ได้แก่ จุนสี เกลือแกง และสารส้ม จากผลการวิจัยพบว่า ค่าความเข้มของหมึกพิมพ์จากสารยึดติดจากธรรมชาติ 3 ชนิด หมึกพิมพ์ที่ใช้ยางพาราเป็นสารยึดติดมีความเข้มของสีทุกสีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ หมึกพิมพ์ที่ใช้สารยึดติดจากยางกล้วย และน้อยที่สุดได้แก่ สารยึดติดจากยางมะละกอ ความเข้มของสีหมึกพิมพ์สีเหลืองมีค่าของผงขมิ้นและเมล็ดลูกพุดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสีจากผงขมิ้นมีความเข้มสีมากกว่าสีแดงดอกกระเจี๊ยบแห้งและผลแก้วมังกร สีจากดอกกระเจี๊ยบมีความเข้มสีมากกว่า สีน้ำเงินระหว่างครามและฮ่อม ครามมีความเข้มของสีมากกว่า และสีดำระหว่างเมล็ดเงาะและมะเกลือ สีจากมะเกลือมีความเข้มของสีมากกว่า การยึดติดจากสารเติมแต่ง 3 ชนิด พบว่าหมึกพิมพ์ที่เติมเกลือแกงมีค่าของการยึดติดได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สารส้ม และจุนสี

7. ผลของตัวทำละลายและความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณและความคงตัวของสารสีที่สกัดได้จากพืช [23]

ประกิต ไชยธาดา ได้ทำการศึกษาผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้สีที่สกัดได้จากพืชและความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยใช้พืชตัวอย่าง 5 ชนิด ได้แก่ ใบสาบเสือ เปลือกสนทะเล ใบเพกา แก่นขนุน และเปลือกผลมังคุด ผลการวิจัย พบว่าตัวทำละลายแต่ละชนิดสามารถสกัดสีย้อมจากธรรมชาติได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยตัวทำละลายที่มีขั้ว ได้แก่ เมทานอล และน้ำกลั่นสามารถสกัดสารให้สีจากใบสาบเสือและเปลือกผลมังคุดออกมาได้ดีที่สุด ส่วนตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซนสามารถสกัดสารจากแก่นขนุนได้ดี และจากการศึกษาความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer เทียบเฉดสีกับ Munsell color chart และวัดค่าสีในระบบ CIELAB พบว่าสีย้อมแต่ละชนิดมีลักษณะสีและความเข้มสีแตกต่างกันในช่วงความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยสารสกัดจากใบสาบเสือในทุกตัวทำละลายมีแนวโน้มของสีที่เข้มขึ้นในภาวะที่เป็นเบส สารให้สีจากเปลือกสนทะเลที่สกัดด้วยอะซิโตนและเมทานอลให้สีเข้มที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 สารให้สีจากใบเพกาสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน อะซิโตน และเมทานอลให้สีเหลืองและมีสีเข้มสุด เมื่อสกัดด้วยเมทานอลที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 เช่นเดียวกับสารให้สีที่สกัดจากเปลือกมังคุดในทุกตัวทำละลายให้สีเข้มสุดที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ขณะที่สารให้สีจากแก่นขนุนที่สกัดด้วยอะซิโตน เมทานอล และน้ำ ให้สีน้ำตาลแดงที่ค่อนข้างเข้ม แต่จะไม่ค่อยแตกต่างกันในแต่ละช่วงความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวทำละลายและความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อปริมาณและความเข้มของสีที่สกัดได้จากธรรมชาติ

บทที่ 3
การทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมี

1. ผ้าฝ้ายลายสอง
2. เปลือกมังคุดสดจากอำเภอบ้างฉาง จังหวัดระยอง
3. ผ้าสกรีนพอลิเอสเตอร์ เบอร์ 60T, บริษัท ไทยสกรีนสโตร์ จำกัด
4. มอลโทเดกซ์ทริน (Maltodextrin MD 150), Zhucheng Dongxiao Biotechnology Co., Ltd.
5. Diaprint^{TM} HT-80-RS, Lubrizol Corp.
6. CMC (Sodium Carboxymethyl Cellulose)
7. กัวร์กัม (Guar gum HV-100), บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
8. Crosbinder 710(Binder), บริษัท พิสิษฐ์ อินเตอร์กรุ๊ป จำกัด
9. Acrafix MF (Crosslinking agent), บริษัท บุญทวีเคมีภัณฑ์ จำกัด
10. $(NH_4)_2HPO_4$ (Diammonium Phosphate), บริษัท บุญทวีเคมีภัณฑ์ จำกัด
11. $AlK(SO_4)_2{\cdot}12\ H_2O$ (Aluminium potassium sulphate), Ajax Finechem Pty Ltd.
12. $FeSO_4{\cdot}7\ H_2O$ (Iron (II) sulphate), Ajax Finechem Pty Ltd.
13. Sodium silicate, บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
14. H_2O_2 (Hydrogen peroxide), บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
15. สบู่เทียม เกรดการค้า, บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
16. สารเพิ่มประจุบวก (Starcat PD), บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
17. Heal's ECE Formulation Phosphate Reference Detergent (B), James H. Heal & Co., Ltd.
18. ผ้าหลายเส้นใย (Multifibre Adjacent Fabric DW type), ห้างหุ้นส่วนจำกัด สุเมธ แล็บเทสต์

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องบดอเนกประสงค์ บริษัท มัตซุชิตะอีเลกทริคอินดรัสเทเรียล จำกัด
2. ตู้เปรียบเทียบสี QC Lighting System รุ่น Highlight 2000
3. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer Color Quest XE), บริษัท คัลเลอ โกลโบล จำกัด
4. เครื่องอบความร้อน (Oven) Memmert ULE 600, MEMMERT GmbH + Co. KG
5. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (Gyrowash), James H. Heal & Co., Ltd.
6. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter type rubbing tester), Daiei Kagaku Seiki MFG. Co., Ltd.
7. เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี (Grey scale for assessing change: ISO International Standard 105/A02)
8. เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสี (Grey scale for assessing staining: ISO International Standard 105/A03)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมผ้าที่ใช้ในการทดลอง

นำผ้าฝ้ายมาทำการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต้มที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และทำความสะอาดด้วยสารละลายสบู่เทียมเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปล้างให้สะอาด และตากให้แห้ง

3.3.2 การเตรียมน้ำสีจากเปลือกผลมังคุด

นำเปลือกผลมังคุดสดมาทุบให้พอแหลก แช่น้ำนาน 1 วัน ใช้อัตราส่วนเปลือกมังคุด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร จากนั้นนำไปต้มให้เดือดนาน 2 ชั่วโมง เพื่อสกัดน้ำสีจากเปลือกมังคุด เมื่อครบเวลาทิ้งไว้ให้เย็นและนำไปกรองแยกกากเปลือกมังคุดออกจากน้ำสีที่เตรียมได้

เปลือกมังคุดหมัก

การต้มเปลือกมังคุด

การกรองน้ำสีจากเปลือกมังคุด

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำสีจากเปลือกมังคุด

3.3.3 การเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุด

การเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุด ทำโดยการนำน้ำสีที่สกัดได้ผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมอลโทเดกซ์ทรินจะช่วยเพิ่มความข้นของน้ำสีและช่วยเพิ่มการจับตัวกันของผงสี ในการทดลองมีตัวแปรที่ศึกษาคือ ปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้ในการเตรียมผงสี การเตรียมผงสีทำโดยการนำมอลโทเดกซ์ทรินมาเตรียมเป็นสารละลายที่มีความเข้นข้น 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (w/v) โดยใช้น้ำสีเปลือกมังคุดที่สกัดได้เป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้มาอบระเหยน้ำออกที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำสีแห้งสนิท และนำไปบดให้เป็นผงละเอียด

การอบน้ำสี

การบดผงสีจากเปลือกมังคุด

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุด

3.3.4 การศึกษาผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน

นำผงสีที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.3 มาพิมพ์บนผ้าฝ้าย เพื่อศึกษาผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อความเข้มและลักษณะสีที่ได้ โดยมีสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ในการทดลองดังตารางที่ 3.1 นำแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้พิมพ์ลงบนผ้าฝ้าย จากนั้นนำไปตากให้แห้ง และอบผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที นำไปซักล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดสารข้นและสีส่วนเกินที่ไม่ยึดติดกับเส้นใย ตากให้แห้งสนิท และนำผ้าพิมพ์ที่ได้ไปวัดค่าของสี ดังรายละเอียดในข้อ 3.4.1

ตารางที่ 3.1 สูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง

สีและสารเคมี	ปริมาณ (กรัม)
ผงสีจากเปลือกมังคุด (มอลโทเดกซ์ทริน 5, 10, 15%)	10
สารข้น*	90
รวม	100

ในการทดลองใช้สารข้นในการเตรียมแป้งพิมพ์ 3 ชนิด คือ Guar gum HV-100, CMC (Sodium Carboxymethyl Cellulose) และ Diaprint™ HT-80-RS เพื่อศึกษาชนิดของสารข้นที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ วิธีการเตรียมสารข้นที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- สารข้นกัวร์กัมความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

ชั่งผงกัวร์กัม 5 กรัม นำไปละลายในน้ำร้อน 95 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ เติมผงสารข้นลงในน้ำ ปั่นให้เข้ากันจนได้สารข้นที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปใช้งาน

- สารข้น CMC ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

ชั่งผง CMC 5 กรัม นำไปละลายในน้ำร้อน 95 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ เติมผงสารข้นลงในน้ำ ปั่นให้เข้ากันจนได้สารข้นที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปใช้งาน

- สารข้น Diaprint ความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก

ชั่ง Diaprint™ HT-80-RS 15 กรัม ละลายในน้ำร้อน 85 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ เติมผงสารข้นลงในน้ำ ปั่นให้เข้ากันจนได้สารข้นที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปใช้งาน

3.3.5 การศึกษาหาสูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด

นำสีผงจากเปลือกมังคุดที่ผสมปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน 15% มาพิมพ์ลงผ้าฝ้าย โดยแป้งพิมพ์ที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกได้เป็น 2 สูตร คือ

- แป้งพิมพ์สูตรที่ 1 แป้งพิมพ์ประกอบด้วย ผงสีจากเปลือกมังคุดและสารข้น เตรียมโดยการนำผงสีจากเปลือกมังคุดผสมกันสารข้น ใช้อัตราส่วนผงสี 1 กรัมต่อสารข้น 4 กรัม

- แป้งพิมพ์สูตรที่ 2 แป้งพิมพ์ประกอบด้วย ผงสีจากเปลือกมังคุด สารข้นและสารช่วยยึดเตรียมโดยนำสารข้นผสมกับสารช่วยยึดติด (Crosbinder 710) สารเชื่อมขวาง (Acrafix MF) และ $(NH_4)_2HPO_4$ ซึ่งมีอัตราส่วนสารเคมีดังตารางที่ 3.2 จากนั้นนำแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้ผสมกับผงสีจากเปลือกมังคุด ใช้อัตราส่วนผงสี 1 กรัมต่อแป้งพิมพ์ 4 กรัม

ในการทดลองใช้สารข้นสำหรับเตรียมแป้งพิมพ์ 2 ชนิด ได้แก่ Guar gum HV-100 และ Diaprint™ HT-80-RS เพื่อศึกษาสูตรแป้งพิมพ์และชนิดของสารข้นที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด วิธีการเตรียมสารข้นที่ใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดดังข้อ 3.3.4

ตารางที่ 3.2 สูตรแป้งพิมพ์แบบที่ 2

สารเคมี	ปริมาณ (กรัม)
สารข้น (Guar gum HV-100, Diaprint^{TM} HT-80-RS)	80
สารช่วยยึดติด (Crosbinder 710)	8
สารเชื่อมขวาง (Acrafix MF)	1
$(NH_4)_2HPO_4$	1
น้ำ	10
รวม	100

นำแป้งพิมพ์ที่เตรียมได้ทั้ง 2 สูตร พิมพ์ลงบนผ้าฝ้าย จากนั้นนำไปอบแห้ง และอบผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงนำไปทำมอร์แดนท์ดังรายละเอียดในข้อ 3.3.6 จากนั้นนำผ้าพิมพ์ที่ได้ไปซักล้างด้วยสารละลายสบู่เทียมเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อกำจัดสารข้นและสีส่วนเกินที่ไม่ยึดติดกับเส้นใย แล้วนำไปตากให้แห้งสนิทก่อนนำไปวัดค่าของสี

ภาพที่ 3.3 การเตรียมแป้งพิมพ์สูตรที่ 1 (ไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

ภาพที่ 3.4 การเตรียมแป้งพิมพ์สูตรที่ 2 (ใช้สารช่วยยึดติด)

3.3.6 การศึกษาผลการทำมอร์แดนท์ต่อลักษณะของผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด

1. การทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์

ในการทดลองใช้สารมอร์แดนท์ 2 ชนิด คือ $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ และ $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ เพื่อศึกษาผลของสารมอร์แดนท์ต่อลักษณะสีของผ้าฝ้ายพิมพ์ที่ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด โดยการนำผ้าพิมพ์ที่ผ่านการอบผนึกแล้ว มาแช่สารละลายมอร์แดนท์เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 15 นาที จากนั้นนำไปซักล้างให้สะอาด และตากให้แห้งสนิท

2. การศึกษาผลของปริมาณสารมอร์แดนท์

เตรียมสารละลาย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ และ $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 กรัมต่อลิตร นำผ้าพิมพ์ที่ผ่านการอบผนึกแล้ว มาแช่สารละลายมอร์แดนท์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 15 นาที จากนั้นนำไปซักล้างให้สะอาด และตากให้แห้ง

3. การศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำมอร์แดนท์

เตรียมสารละลาย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ และ $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร นำผ้าพิมพ์ที่ผ่านการอบผนึกแล้ว มาแช่สารละลายมอร์แดนท์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที จากนั้นนำไปซักล้างให้สะอาด และตากให้แห้งสนิท

Aluminium potassium sulphate *Iron (II) sulphate*

ภาพที่ 3.5 สารมอร์แดนท์ที่ใช้ในการทดลอง

3.4 การศึกษาสมบัติของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด

3.4.1 ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง

การศึกษาลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด ทำโดยการวัดค่าของสีในระบบ CIE LAB, CIELCH และวัดค่าความเข้มสี (K/S) ตามสมการของ Kubelka-Munk (ดังสมการในข้อ 2.7) ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Color Quest XE) ภาวะในการวัดไม่รวมความมันเงา (Specular exclude) ทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D_{65}

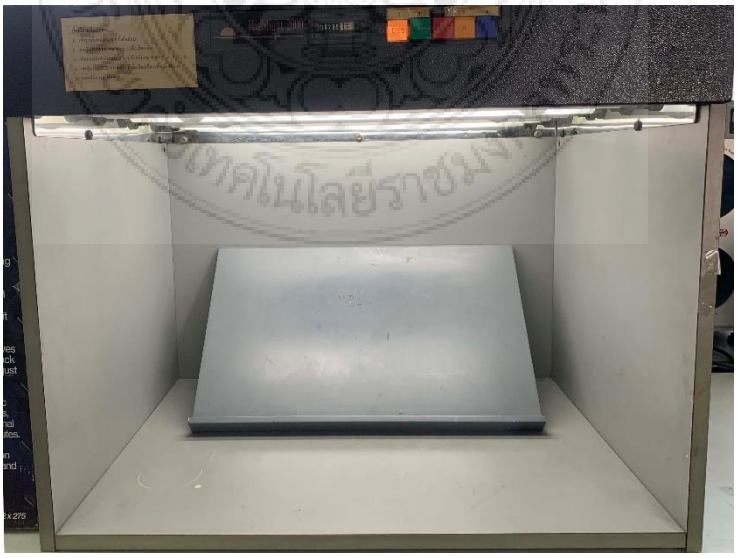
3.4.2 การทดสอบความคงทนของสี

1. การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ

ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง ตามมาตรฐาน ISO 105-C06: 2010(E) Colour fastness to domestic and commercial laundering ภาวะการทดสอบ A1S โดยตัดชิ้นงานทดสอบขนาด 40 x 100 มิลลิเมตร เย็บประกบกับผ้าแนบติดหลายเส้นใย (Multifiber DW Type) ตรงบริเวณผ้าขนสัตว์เพียงด้านเดียว นำมาทำการซักล้างด้วยสารละลายผงซักฟอกมาตรฐาน (ECE Reference Detergent) เข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยใช้เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (Gyrowash) รอบความเร็วในการหมุน 40 รอบต่อนาที จากนั้นนำมาล้างน้ำและตากให้แห้ง

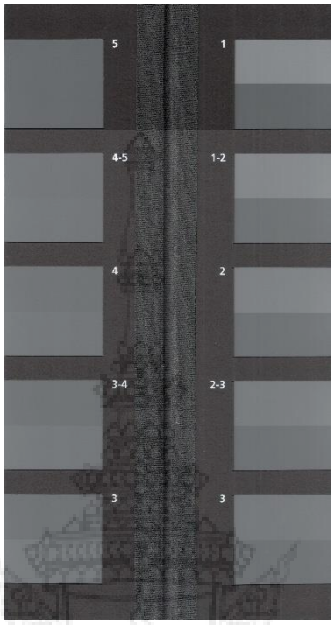
ภาพที่ 3.6 ผ้าแนบติดหลายเส้นใย (Multifibre Adjacent Fabric DW type)

นำมาชิ้นงานมาประเมินผลค่าการเปลี่ยนแปลงสี (Colour change) โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี และประเมินค่าการติดเปื้อนสี (Colour staining) บนผ้าแนบติดหลายเส้นใยโดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสีภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D_{65}



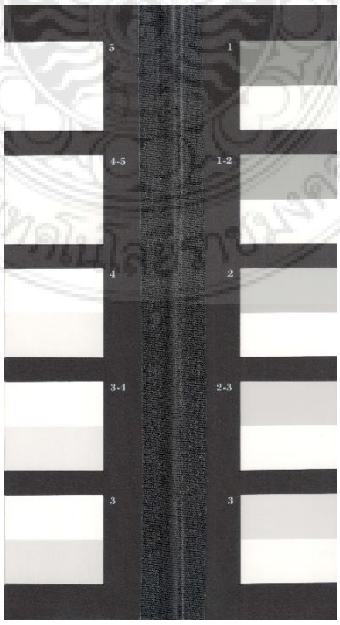
ภาพที่ 3.7 ตู้เปรียบเทียบสี

เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี มีลักษณะเป็นแถบสีเทาคู่ ที่มีความเข้มข้างหนึ่งคงที่ อีกข้างหนึ่งมีความเข้มค่อยลดลง 5 ระดับ โดยมีสีที่คงที่เทียบได้กับชิ้นตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทดสอบ ส่วนแถบที่เหลือเปรียบได้กับชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบ โดยระดับ 1 ถือว่าแย่ที่สุดเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมาก ส่วนระดับ 5 ถือว่าดีที่สุด ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่สุด



ภาพที่ 3.8 เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี

เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการตกเปื้อนสี ประกอบด้วยแถบสีขาว 5 คู่ ที่มีระดับความขาวแตกต่างกัน แถบขาวข้างหนึ่งจะคงที่ อีกข้างหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงจากขาวเป็นเทาเพิ่มขึ้นตามลำดับ แถบสีเทาและขาว แต่ละคู่ใช้แทน ค่าความแตกต่างของสีที่วัดด้วยสายตาเป็นลำดับกันไป ความแตกต่างนี้เทียบได้กับค่าการตกเปื้อนระดับ 5 ในกรณีที่ชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบและหลังทดสอบไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ส่วนระดับที่ 1 มีการตกเปื้อนมากที่สุด

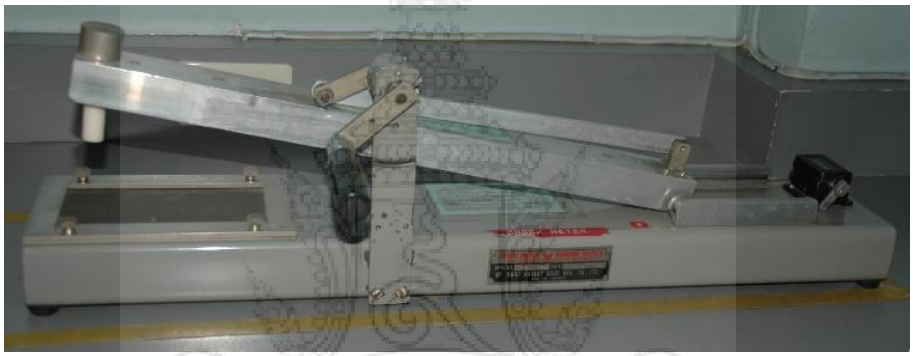


ภาพที่ 3.9 เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสี

2. การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X12:2001 Colour fastness to rubbing โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 50 x 140 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้น สำหรับการขัดถูในภาวะแห้งและภาวะเปียก โดยให้ตัดด้านยาวขนานกับแนวด้ายยืน 2 ชิ้น และให้ตัดด้านยาวขนานกับแนวด้ายพุ่ง 2 ชิ้น จากนั้นนำมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยยึดชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบกับฐานของเครื่องทดสอบที่มีกระดาษทรายติดอยู่

การขัดถูผ้าแห้งให้นำผ้าฝ้ายขาว (Cotton rubbing) ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร วางตรงปลาย Rubbing finger ของเครื่องทดสอบ และยึดจับผ้าด้วย Spiral wire clip จากนั้นถูผ้าขาวแห้งบนชิ้นทดสอบตามแนวยาว 100±3 มิลลิเมตร 10 ครั้งภายใน 10 วินาที สำหรับการขัดถูผ้าเปียก ให้ใช้ผ้าขาวเปียกซึ่งมีปริมาณความชื้น (%Wet pick up) เท่ากับร้อยละ 95-100 ถูบนชิ้นทดสอบ เมื่อทดสอบเสร็จ นำชิ้นทดสอบผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาประเมินค่าการติดเปื้อนสี (Colour staining) โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสี



ภาพที่ 3.10 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter)

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การทดลองเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุดเพื่อนำมาประโชน์ในการพิมพ์สิ่งทอ โดยมีการศึกษาผลของของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อการเตรียมผงสี สูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะในการพิมพ์ ผลของการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์ และสมบัติของผ้าที่ได้หลังจากการพิมพ์ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะผงสีจากเปลือกมังคุด

จากการศึกษาการเตรียมผงสีจากเปลือกผลมังคุด โดยการนำเปลือกมังคุดสดไปต้มสกัดน้ำสี ใช้เพื่อใช้ในการทำผงสี น้ำสีจากเปลือกมังคุดที่ได้จากการสกัดมีลักษณะดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ลักษณะน้ำสีที่สกัดจากเปลือกมังคุด

เมื่อนำน้ำสีที่ได้ผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินไปอบจนแห้งสนิท และบดให้เป็นผงละเอียด ได้ผงสีจากเปลือกมังคุดที่มีลักษณะดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 ลักษณะของผงสีที่ได้จากอบแห้ง

การผสมมอลโทเดกซ์ทรินในน้ำสีสกัดช่วยเพิ่มความข้นของน้ำสีและช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อสีของผงสีที่ได้จากการเตรียม โดยการเติมมอลโทเดกซ์ทรินที่ความเข้นข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณผงสีที่ได้หลังจากการอบแห้งมากกกว่าการเติมมอลโทเดกซ์ทริน 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผงสีที่เตรียมได้สามารถเก็บรักษาได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้ในงานพิมพ์กว่าการใช้น้ำสีสกัด ซึ่งอาจมีผลต่อความหนืดของแป้งพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์

4.2 ผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน

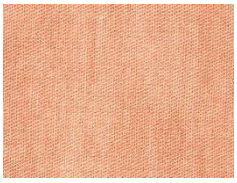
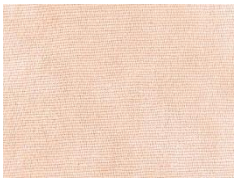
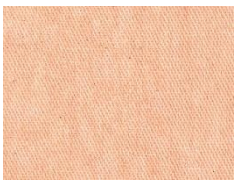
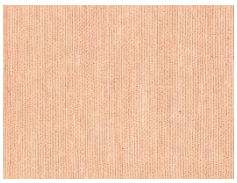
การศึกษาผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ ค่าของสี และความเข้มสี (K/S) ของผ้าตัวอย่างที่พิมพ์ด้วยผงสีผสมด้วยมอลโทเดกซ์ทรินในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน 3 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.1 - 4.3

ตารางที่ 4.1 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดโดยใช้สารข้น Guar gum HV-100

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (%)	ภาวะ	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
5	ก่อนซัก	70.55	13.67	19.74	24.01	55.30	3.01	
	หลังซัก	77.43	8.80	9.75	13.13	47.96	1.51	
10	ก่อนซัก	69.88	12.91	18.88	22.87	55.62	2.60	
	หลังซัก	77.45	9.26	10.22	13.80	47.82	1.56	
15	ก่อนซัก	73.72	11.46	16.03	19.70	54.43	2.16	
	หลังซัก	78.16	8.45	7.82	11.51	42.79	1.40	

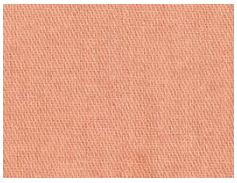
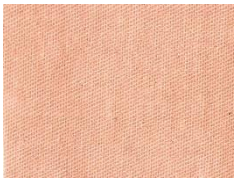
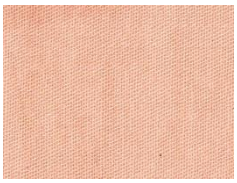
ค่าของสีและลักษณะสีที่แสดงดังตาราง 4.1 พบว่า ความเข้มสีของผ้าพิมพ์ก่อนการซักล้างมีค่าลดลงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินในการเตรียมผงสี ในขณะที่ความเข้มสีของผ้าพิมพ์หลังการซักล้างมีแนวโน้มลดลงในทุกตัวอย่าง แต่ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินไม่มีผลต่อลักษณะของสีที่ได้ โดยค่า L* a* และ b* ของผ้าที่พิมพ์ด้วยผงสีที่มีปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินแตกต่างกันมีค่าใกล้เคียง

ตารางที่ 4.2 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดโดยใช้สารข้น CMC

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (%)	ภาวะ	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
5	ก่อนซัก	68.01	14.22	21.03	25.39	55.94	3.22	
	หลังซัก	79.29	8.25	6.67	10.61	38.93	1.43	
10	ก่อนซัก	73.65	11.73	16.78	20.47	55.06	2.38	
	หลังซัก	82.44	6.97	2.28	7.33	18.13	1.05	
15	ก่อนซัก	73.89	12.02	16.65	20.54	54.18	2.51	
	หลังซัก	86.28	6.12	-0.57	6.14	354.64	0.86	

ค่าของสีและลักษณะสีที่แสดงดังตาราง 4.2 พบว่า การใช้สารข้น CMC ในการพิมพ์มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการใช้สารข้น Guar gum HV-100 เมื่อพิจารณาจากค่า L* a* และ b* ของผ้าตัวอย่างพบว่าปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่แตกต่างกันในผงสีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสี และค่าความเข้มสีของผ้าตัวอย่างก่อนและหลังการซักล้างมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยความเข้มสีของผ้าตัวอย่างหลังการซักล้างมีค่าต่ำกว่าการใช้ Guar gum HV-100 ในการพิมพ์

ตารางที่ 4.3 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดโดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (%)	ภาวะ	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
5	ก่อนซัก	66.06	14.58	18.69	23.71	52.03	3.26	
	หลังซัก	77.05	8.80	9.59	13.01	47.47	1.57	
10	ก่อนซัก	69.97	12.85	15.73	20.31	50.74	2.68	
	หลังซัก	78.07	8.19	8.13	11.54	44.77	1.41	
15	ก่อนซัก	72.78	11.58	13.73	17.96	49.86	2.38	
	หลังซัก	76.50	8.70	9.29	12.72	46.88	1.57	

ผลการทดลองดังแสดงตาราง 4.3 พบว่าค่าความเข้มสีของตัวอย่างที่พิมพ์โดยใช้ Diaprint™ HT-80-RS เป็นสารข้น มีลักษณะเช่นเดียวกับการใช้สารข้น Guar gum HV-100 กล่าวคือ ความเข้มสีของผ้าพิมพ์ก่อนการซักล้างมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินในการเตรียมผงสี และความเข้มสีของผ้าพิมพ์หลังการซักล้างมีแนวโน้มลดลงในทุกตัวอย่าง แต่ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินไม่มีผลต่อลักษณะของสีที่ได้ โดยค่า L* a* และ b* ของผ้าที่พิมพ์ด้วยผงสีที่มีปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินแตกต่างกันมีค่าใกล้เคียง

จากผลการทดลองในข้างต้น ในการทดลองขั้นต่อไปได้เลือกใช้ผงสีจากเปลือกมังคุดที่เตรียมโดยการผสมด้วยมอลโทเดกซ์ทริน 15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเมื่อพิจารณาค่าความเข้มสีของผ้าตัวอย่างหลังจากการซักของผ้าตัวอย่างทุกชิ้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน (ยกเว้นสารข้น CMC)

ภาพที่ 4.3 ผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด (มอลโทเดกซ์ทริน 5 %) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 4.4 ผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด (มอลโทเดกซ์ทริน 10 %) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 4.5 ผ้าพิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด (มอลโทเดกซ์ทริน 15 %) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้สารข้น 3 ชนิด ในการเตรียมแป้งพิมพ์จากภาพที่ 4.3 - 4.5 แสดงให้เห็นว่า Guar gum HV-100, CMC และ Diaprint™ HT-80-RS พบว่าความเข้มสีของผ้าตัวอย่างที่ใช้ CMC เป็นสารข้นในการพิมพ์มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารข้นอีก 2 ชนิด ในขณะที่การใช้สารข้น Guar gum HV-100 และ Diaprint™ HT-80-RS ให้ค่าความเข้มสีใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาจากค่าความสว่างของผ้าตัวอย่าง พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ Guar gum HV-100 เป็นสารข้น มีค่าความสว่างมากกว่า โดยมีลักษณะสีที่ใกล้เคียงกัน จึงเลือกใช้สารข้น 2 ชนิดนี้ ในงานการทดลองต่อไป

4.3 ผลของแป้งพิมพ์ต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด

การศึกษาผลของสูตรแป้งพิมพ์ต่อลักษณะสี ค่าของสี และความเข้มสี (K/S) ของผ้าตัวอย่างที่พิมพ์ด้วยสีผงจากเปลือกมังคุด โดยใช้สารข้น 2 ชนิด คือ Guar gum HV-100 และ Diaprint™ HT-80-RS แสดงดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.3.1 และ 4.3.2

4.3.1 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด

ค่าของสีในระบบ CIE และความเข้มสี (K/S) ของผ้าตัวอย่างที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบที่ 1 (ไม่ใช้สารช่วยยึดติด) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน 2 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.4 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Guar gum HV-100

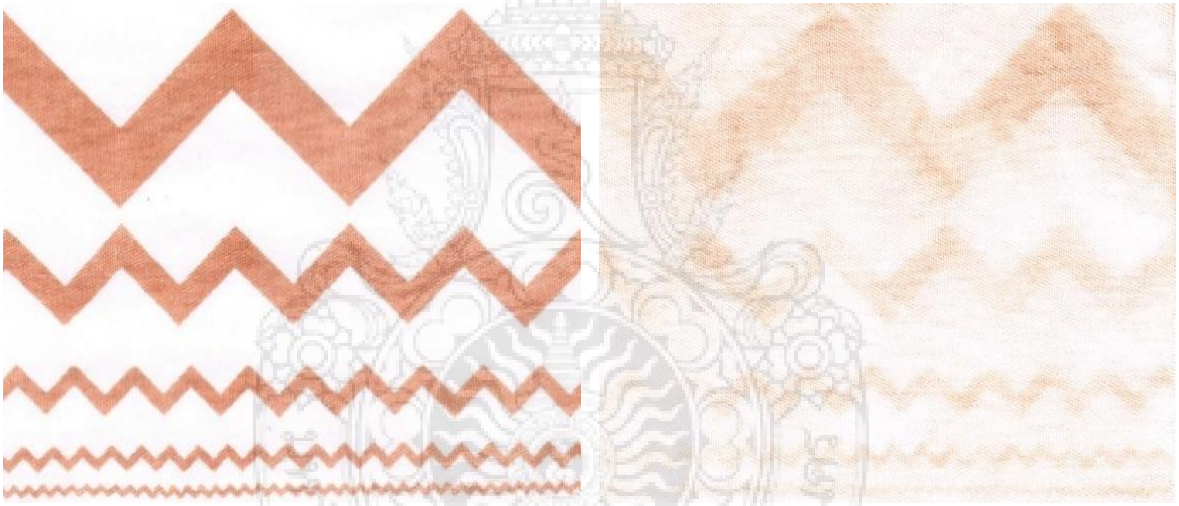
ตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง	61.43	15.02	19.91	24.95	52.97	2.61	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	74.42	9.34	13.02	16.03	54.34	1.39	

ตารางที่ 4.5 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS

ตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง	62.08	16.84	21.59	27.38	52.06	4.10	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	73.71	9.65	12.11	15.48	51.45	1.54	

ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง *ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง*

ภาพที่ 4.6 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Guar gum HV-100



ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง *ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง*

ภาพที่ 4.7 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 - 4.5 และภาพที่ 4.6 - 4.7 แสดงให้เห็นว่าลักษณะสีของผ้าตัวอย่างทั้ง 2 ชิ้นมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อพิจารณาจาก ค่า a* b* และ h* ความเข้มสีของผ้าพิมพ์หลังจากผ่านการซักล้างมีค่าลดลงจาก 2.61 เป็น 1.39 เมื่อใช้เป็นสารข้น Guar gum HV-100 และเมื่อใช้ Diaprint™ HT-80-RS เป็นสารข้นมีค่าความเข้มสีลดลงจาก 4.10 เป็น 1.54 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของตัวอย่างก่อนและหลังทำการซักล้าง พบว่าผ้าตัวอย่างที่ใช้การใช้ Diaprint™ HT-80-RS เป็นสารข้นมีอัตราการลดลงของค่าความเข้มสีสูงกว่าการใช้ Guar gum HV-100 โดยเมื่อใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS มีค่าลดลง 64.44 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้ Guar gum HV-100 มีค่าลดลง 46.74 เปอร์เซ็นต์

4.3.2 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด

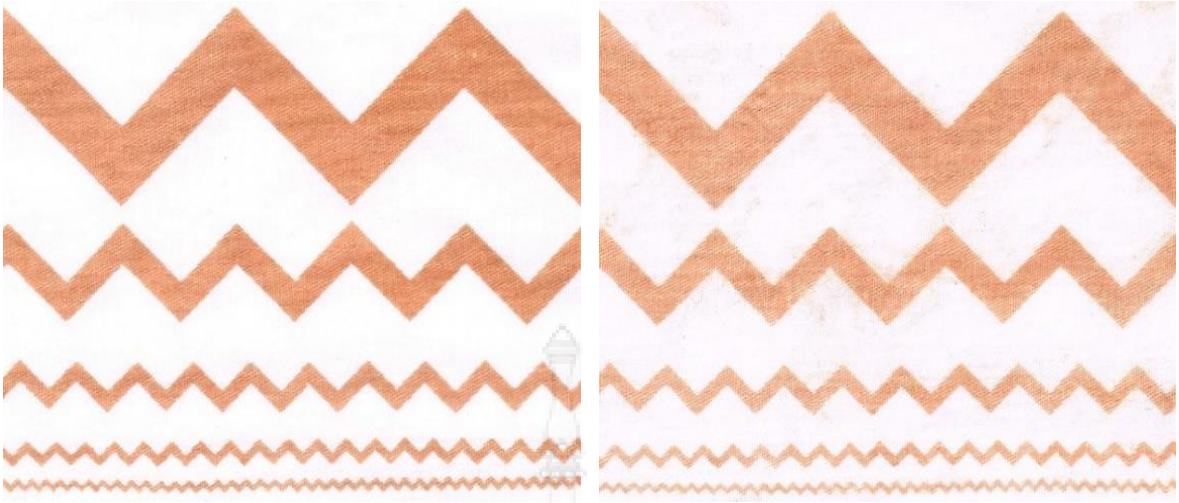
ค่าของสีในระบบ CIE และความเข้มสี (K/S) ของผ้าตัวอย่างที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบที่ 2 (ใช้สารช่วยยึดติด) โดยใช้สารข้นที่แตกต่างกัน 2 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Guar gum HV-100

ตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง	68.61	12.17	19.33	22.84	57.81	2.10	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	68.74	11.89	18.56	22.04	57.35	2.06	

ตารางที่ 4.7 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS

ตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง	63.00	16.15	25.41	30.11	57.56	4.13	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	67.62	14.39	21.44	25.82	56.13	2.62	



ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง *ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง*

ภาพที่ 4.8 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Guar gum HV-100

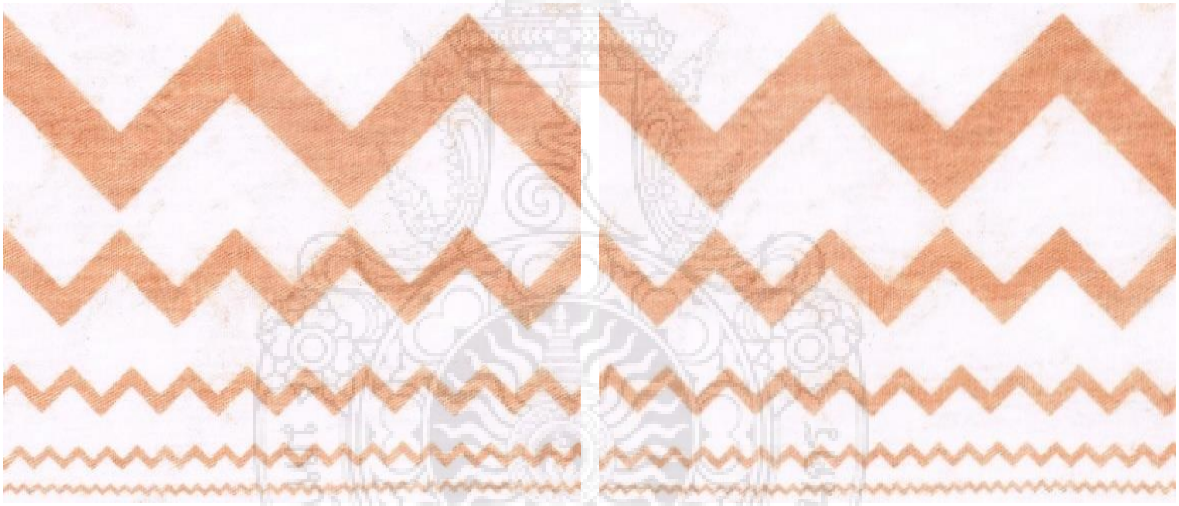
ผ้าพิมพ์ที่ไม่ผ่านการซักล้าง *ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง*

ภาพที่ 4.9 ลักษณะสีของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดโดยใช้สารข้น Diaprint^{TM} HT-80-RS

จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 - 4.7 และภาพที่ 4.8 - 4.9 แสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งพิมพ์สำหรับสีพิกเมนท์ ซึ่งมีสารช่วยยึดติดผสมอยู่ในแป้งพิมพ์ ช่วยปรับปรุงความสามารถในการติดสีของผงสีจากเปลือกมังคุดบนผ้าตัวอย่าง โดยค่าความสีของผ้าพิมพ์ที่ใช้ Guar gum HV-100 เป็นสารข้นมีใกล้เคียงกัน ในขณะที่การใช้ ทำให้ในการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากเปลือกมังคุด ใช้ DiaprintTM HT-80-RS เป็นสารข้นมีค่าความเข้มสีลดลงจาก 4.13 เป็น 2.62 (มีค่าลดลง 36.56 เปอร์เซ็นต์) เมื่อพิจารณาค่า a* b* และ h* พบว่าการใช้สารข้นทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อลักษณะสีของผ้าตัวอย่างที่ได้หลังจากการพิมพ์ (ค่า a* b* และ h* ของตัวอย่างทั้งสองชุดมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มของสีในทางเดียวกัน

Guar gum HV-100 Diaprint™ HT-80-RS

ภาพที่ 4.10 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังการซักล้าง (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)



Guar gum HV-100 Diaprint™ HT-80-RS

ภาพที่ 4.11 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังการซักล้าง (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของแป้งพิมพ์ต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด พบการใช้แป้งพิมพ์สำหรับสีพิกเมนท์ ซึ่งมีส่วนผสมของสารช่วยยึดติด ให้ค่าความเข้มสีของผ้าพิมพ์หลังจากการซักล้างสูงกกว่าแบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด และมีแนวโน้มแบบเดียวกันกับสารข้นทั้งสองชนิด แสดงว่าการใช้แป้งพิมพ์ที่มีส่วนผสมของสารช่วยยึดติดมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการพิมพ์ผ้าด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด

4.4 ผลการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์

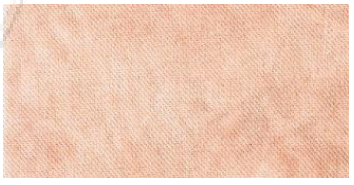
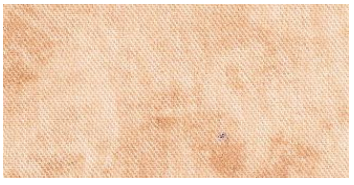
4.4.1 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์

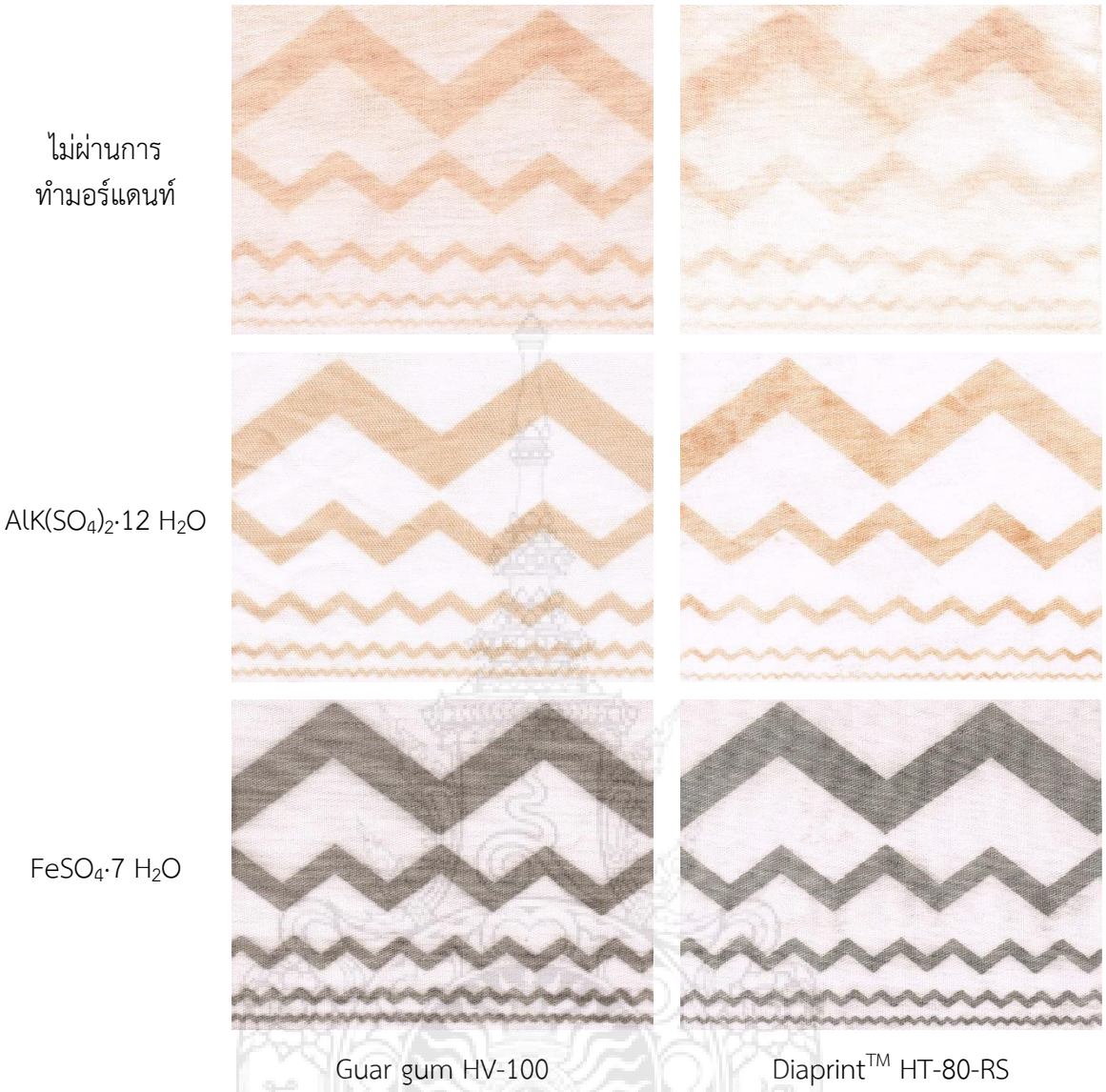
ลักษณะสีของผ้าพิมพ์ ค่าของสีในระบบ CIE และค่าความเข้มของสี (K/S) ของผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์ แสดงดังตารางที่ 4.8 - 4.11

ตารางที่ 4.8 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด โดยใช้สารข้น Guar gum HV-100)

ตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	74.42	9.34	13.02	16.03	54.34	1.39	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2{\cdot}12\ H_2O$	74.58	7.44	13.25	15.19	60.68	1.34	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4{\cdot}7\ H_2O$	53.45	2.40	3.79	4.49	57.60	2.65	

ตารางที่ 4.9 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด โดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS)

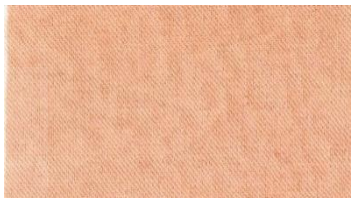
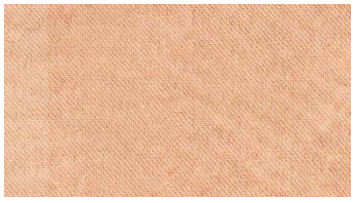
ชิ้นตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	73.71	9.65	12.11	15.48	51.45	1.54	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2{\cdot}12\ H_2O$	76.92	7.39	11.59	13.74	57.48	1.34	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4{\cdot}7\ H_2O$	56.33	1.50	2.09	2.57	54.30	2.43	



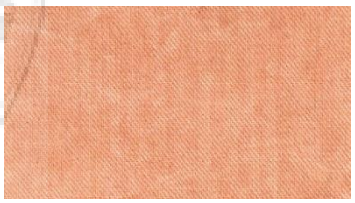
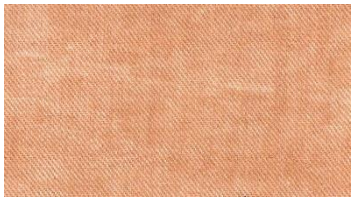
ภาพที่ 4.12 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

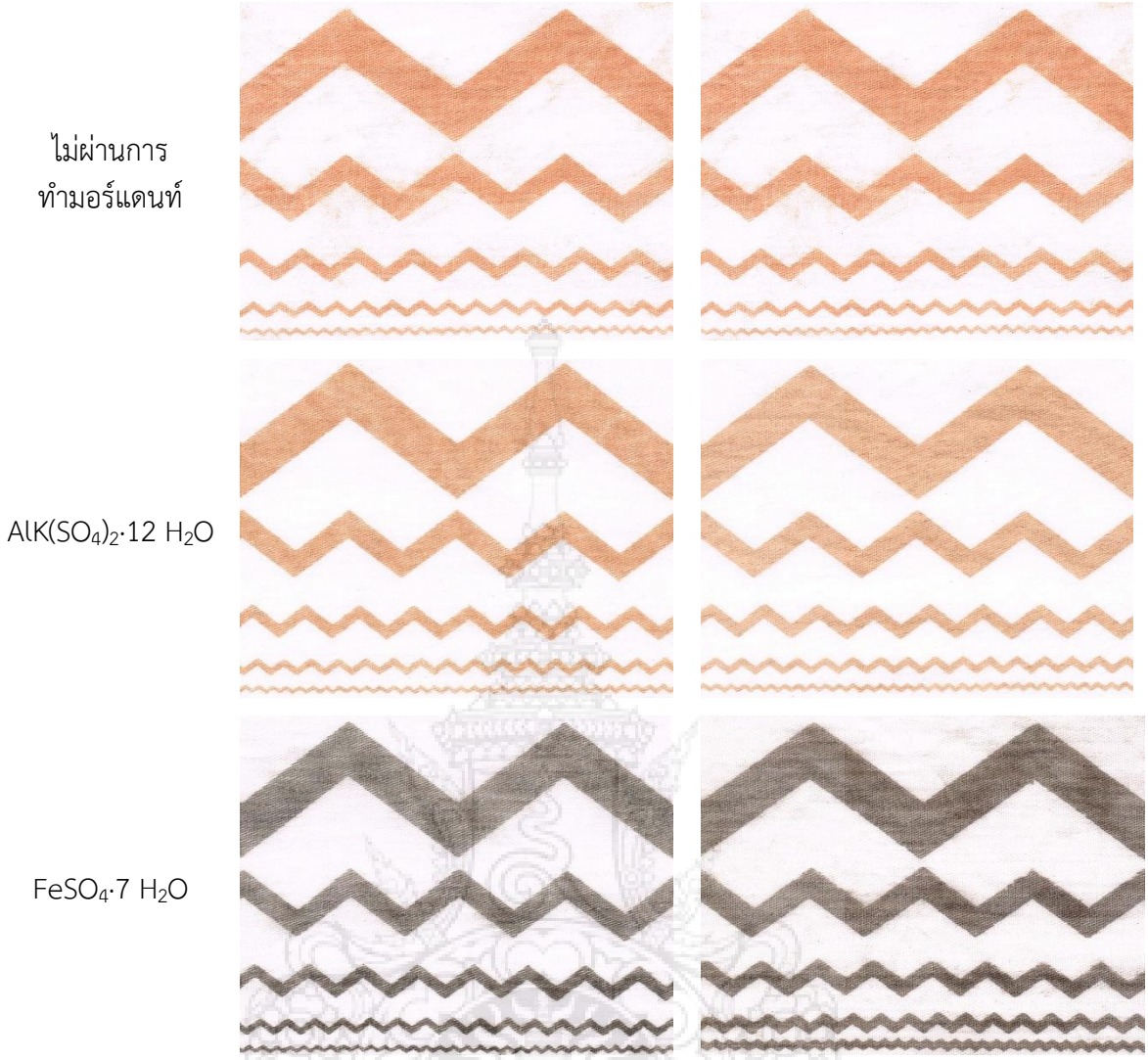
จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.8 – 4.9 และ ภาพที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์มีผลกระทบต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ โดยชนิดของสารมอร์แดนท์มีผลต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ เมื่อพิจารณาจากค่า L* a* และ b* พบว่าผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ มีลักษณะสีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนท์ มีค่าความสว่างและความสดใสของสีมากกว่าผ้าพิมพ์ที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$

ตารางที่ 4.10 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบใช้สารช่วยยึดติด โดยใช้สารข้น Guar gum HV-100)

ชิ้นตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	68.74	11.89	18.56	22.04	57.35	2.06	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2{\cdot}12\ H_2O$	66.93	12.32	21.43	24.72	60.11	2.73	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4{\cdot}7\ H_2O$	46.48	4.22	5.52	6.95	52.61	4.38	

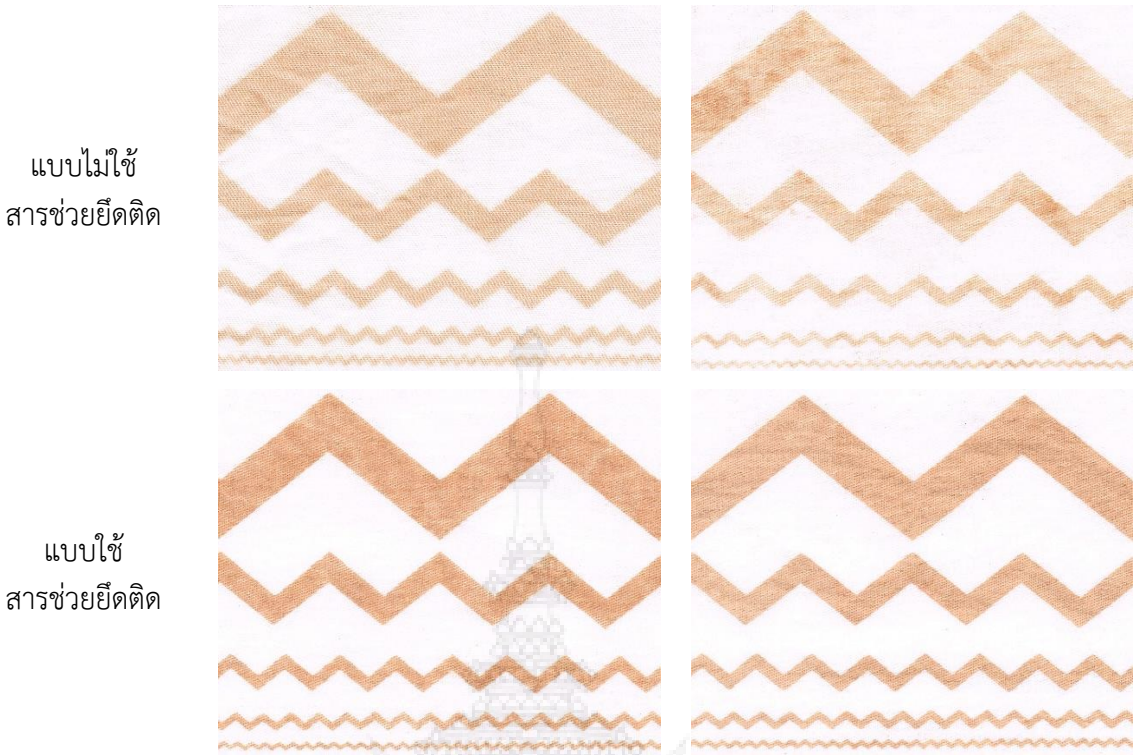
ตารางที่ 4.11 ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แบบใช้สารช่วยยึดติด โดยใช้สารข้น Diaprint™ HT-80-RS)

ชิ้นตัวอย่าง	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
ผ้าพิมพ์ที่ผ่านการซักล้าง	67.62	14.39	21.44	25.82	56.13	2.62	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2{\cdot}12\ H_2O$	65.22	12.75	23.12	26.40	61.12	2.88	
ผ้าพิมพ์ที่ทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4{\cdot}7\ H_2O$	56.39	2.23	2.88	3.64	52.16	2.38	

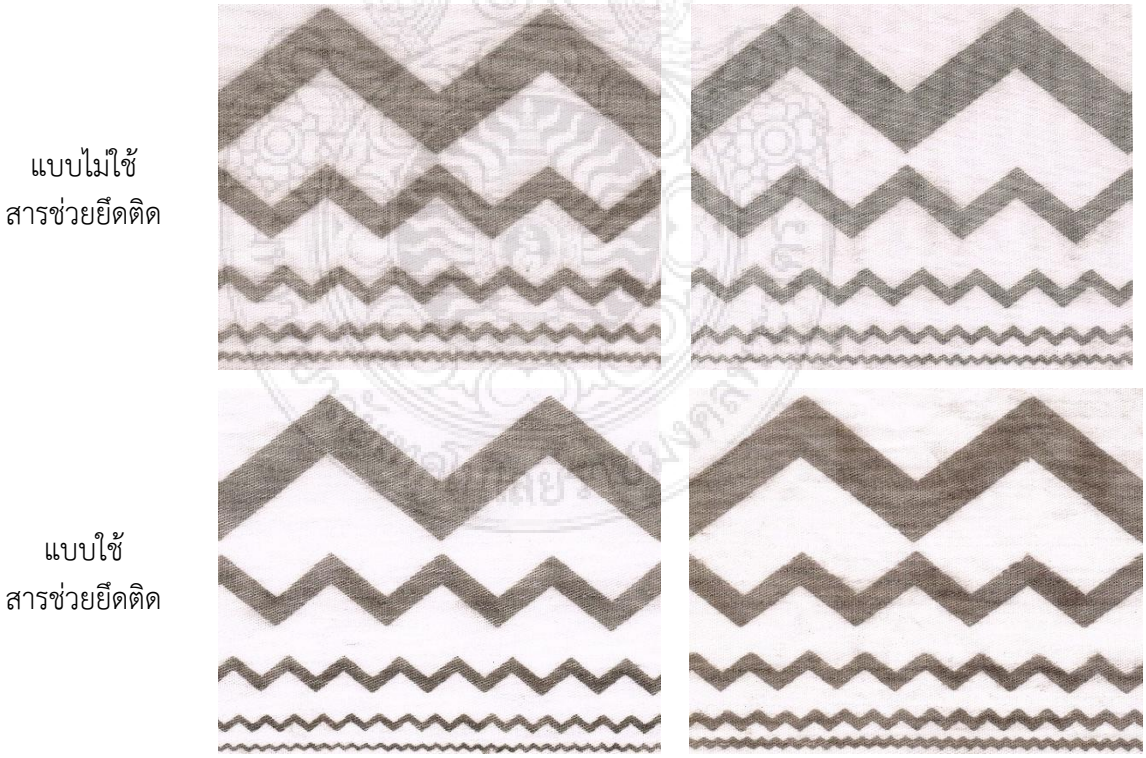


ภาพที่ 4.13 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.10 – 4.11 และ ภาพที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดโดยใช้แป้งพิมพ์ที่มีส่วนผสมของสารช่วยยึดติด มีผลการทดลองที่ไปในแนวทางเดียวกันกับการใช้แป้งพิมพ์ชนิดที่ไม่ได้ผสมสารช่วยยึดติด กล่าวคือสีของผ้าพิมพ์มีลักษณะที่เปลี่ยนไปหลังจากการทำมอร์แดนท์ โดยชนิดของสารมอร์แดนท์มีผลต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ นอกจากนี้การทำมอร์แดนท์ยังช่วยปรับปรุงสมบัติในการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดอีกด้วย



ภาพที่ 4.14 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$



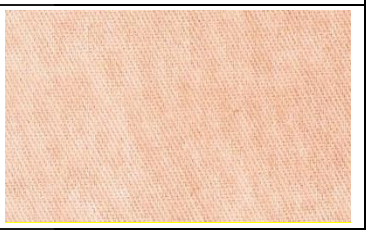
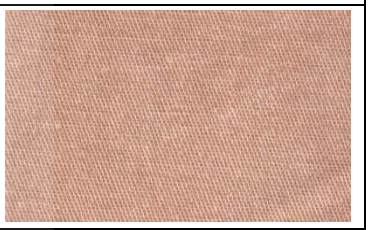
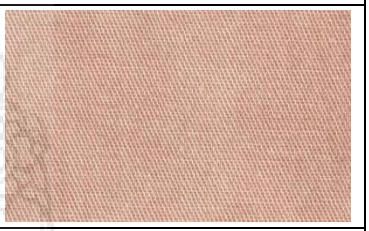
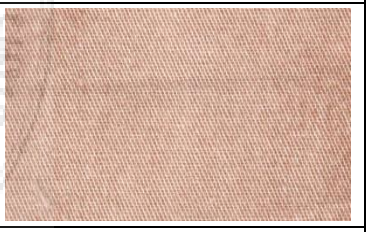
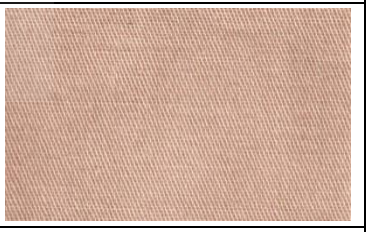
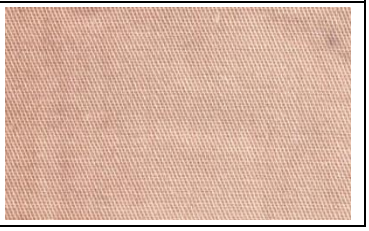
ภาพที่ 4.15 ลักษณะสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$

4.4.2 ผลของปริมาณสารมอร์แดนท์ต่อลักษณะสี

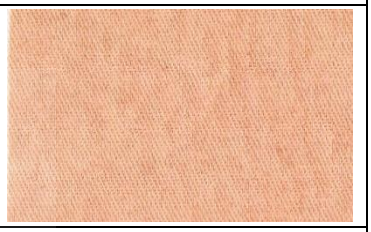
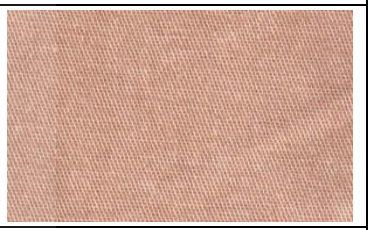
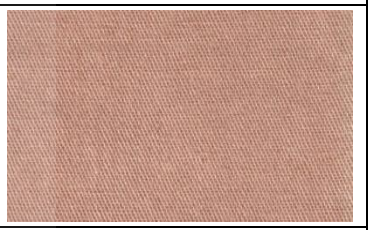
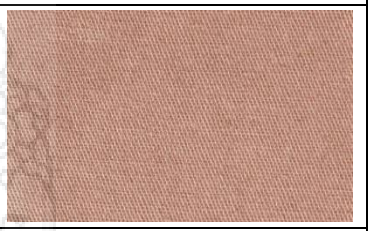
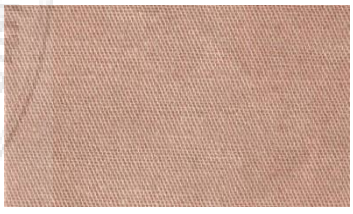
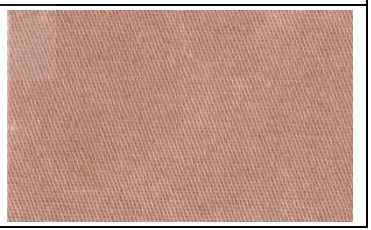
- มอร์แดนท์สารส้ม ($AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$)

ค่าของสีในระบบ CIE และค่าความเข้มของสี (K/S) ของผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ หลังการพิมพ์ เป็นเวลานาน 15 นาที แสดงดังตารางที่ 4.12 และ 4.13

ตารางที่ 4.12 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

ปริมาณสารมอร์แดนท์ (g/l)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	74.42	9.34	13.02	16.03	54.34	1.39	
5	67.31	10.13	14.45	17.64	54.96	2.02	
10	69.48	9.74	12.11	15.54	51.21	1.80	
15	67.04	10.16	13.32	16.76	52.67	1.96	
20	68.53	9.23	12.97	15.92	54.57	1.85	
25	71.16	9.28	11.80	15.01	51.83	1.56	

ตารางที่ 4.13 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

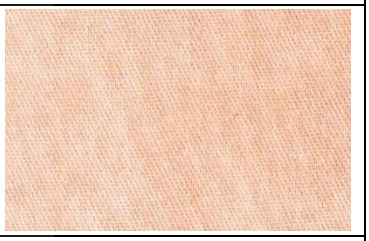
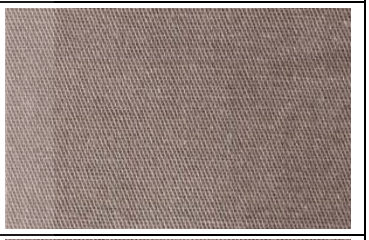
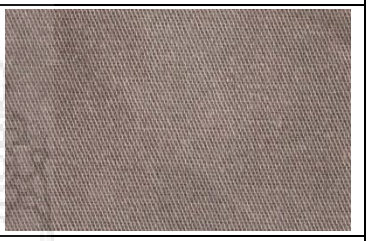
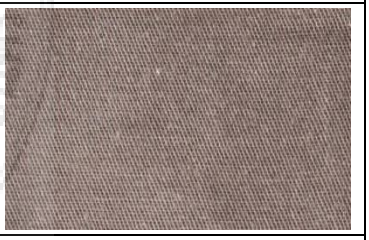
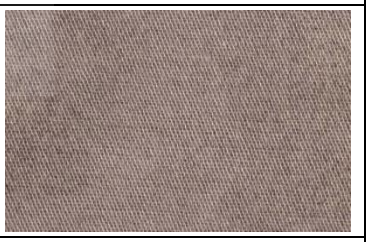
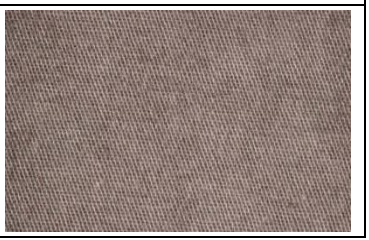
ปริมาณสารมอร์แดนท์ (g/l)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	68.74	11.89	18.56	22.04	57.35	2.06	
5	61.27	11.37	15.26	19.03	53.32	2.68	
10	59.58	11.36	15.92	19.56	54.48	2.98	
15	60.13	11.12	15.58	19.14	54.5	2.89	
20	60.73	11.54	14.53	18.55	51.52	2.75	
25	63.79	10.42	13.5	17.06	52.34	2.18	

จากค่าของสีดังแสดงในตารางพบว่า การใช้ปริมาณของ $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ที่แตกต่างกันในการทำมอร์แดนท์มีผลต่อความเข้มสีของผ้าพิมพ์หลังการทำมอร์แดนท์เพียงเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ ค่าความเข้มสีหลังจากการทำมอร์แดนท์อยู่ในช่วง 1.56 - 2.02 สำหรับแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด และแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดมีค่าความเข้มสีอยู่ในช่วง 2.18 -2.98

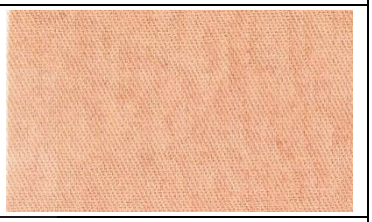
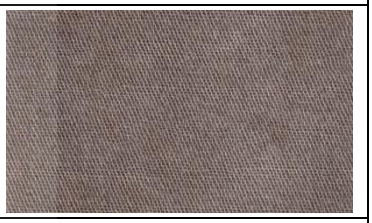
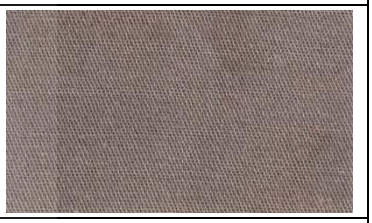
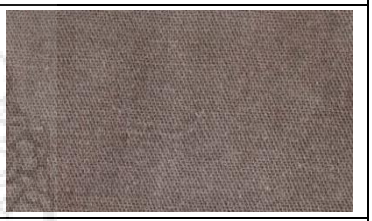
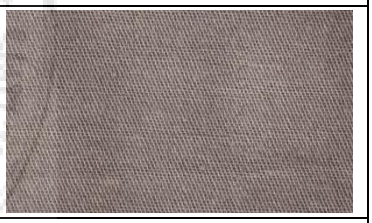
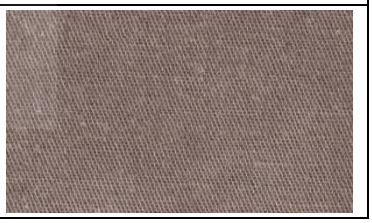
- มอร์แดนท์สนิมเหล็ก ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$)

ค่าของสีในระบบ CIE และค่าความเข้มของสี (K/S) ของผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ หลังการพิมพ์ เป็นเวลานาน 15 นาที แสดงดังตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.14 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

ปริมาณสารมอร์แดนท์ (g/l)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	74.42	9.34	13.02	16.03	54.34	1.39	
5	51.03	4.37	4.35	6.16	44.90	3.30	
10	51.17	4.46	4.74	6.50	46.75	3.27	
15	50.32	4.53	4.96	6.72	47.57	3.35	
20	55.11	4.50	5.19	6.87	49.08	3.06	
25	49.81	4.57	5.56	7.19	50.56	3.51	

ตารางที่ 4.15 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ในปริมาณที่แตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

ปริมาณสารมอร์แดนท์ (g/l)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	68.74	11.89	18.56	22.04	57.35	2.06	
5	45.04	4.55	4.52	6.42	44.78	4.33	
10	46.21	5.06	4.91	7.05	44.16	4.20	
15	46.48	4.22	5.52	6.95	52.61	4.38	
20	44.48	4.23	4.41	6.11	46.17	4.28	
25	44.38	4.55	4.75	6.58	46.26	4.34	

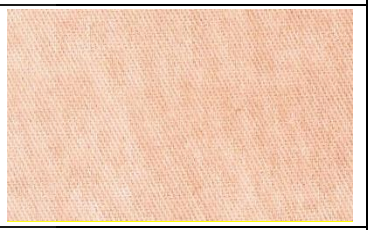
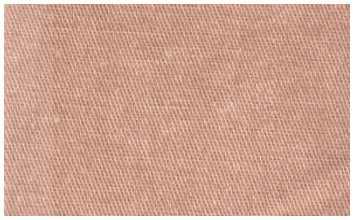
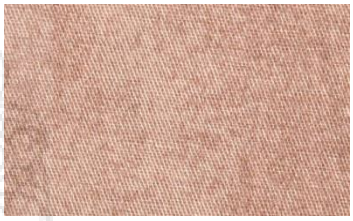
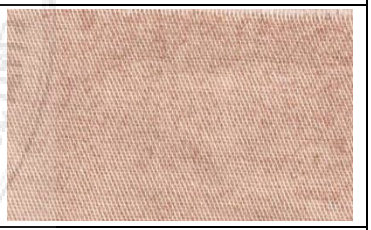
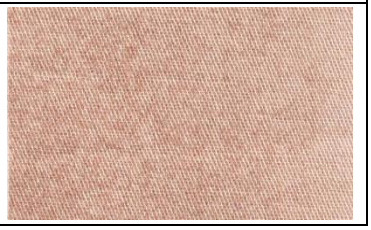
จากผลการทดลองพบว่า ผลของการใช้ความเข้มข้นของ $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ที่แตกต่างกันในการทำมอร์แดนท์มีแนวโน้มเดียวกับการใช้ $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ และมีค่าความเข้มสีหลังจากการทำมอร์แดนท์อยู่ในช่วง 3.06 - 3.51 สำหรับแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด และแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดมีค่าความเข้มสีอยู่ในช่วง 4.20 - 4.38 โดยความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ที่เหมาะสมคือ 5 กรัมต่อลิตร เนื่องจากใช้มีการใช้สารมอร์แดนท์ในปริมาณ แต่ให้ความเข้มสีที่ใกล้เคียงกับการใช้สารมอร์แดนท์ในปริมาณที่สูงกว่า

4.4.3 ผลของเวลาที่ใช้ในการทำมอร์แดนท์ต่อลักษณะสีของตัวอย่าง

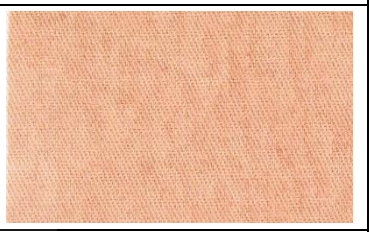
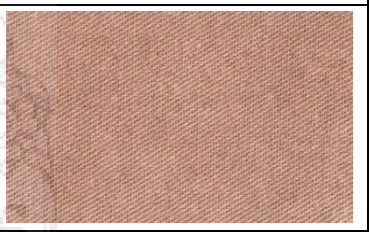
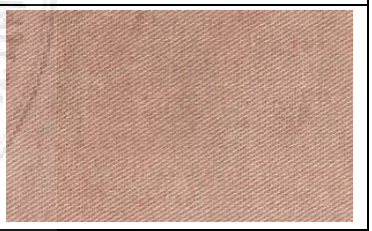
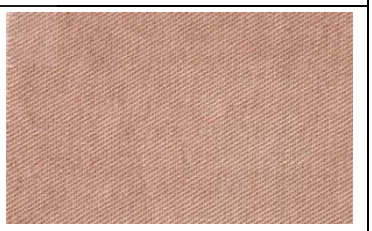
- มอร์แดนท์สารส้ม ($AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$)

ค่าของสีในระบบ CIE และค่าความเข้มของสี (K/S) ของผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ในเวลาแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.16 และ 4.17

ตารางที่ 4.16 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

เวลาในการทำมอร์แดนท์ (นาที)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	74.42	9.34	13.02	16.03	54.34	1.39	
5	67.31	10.13	14.45	17.64	54.96	2.02	
10	67.74	9.17	12.18	15.25	53.03	1.77	
15	72.34	8.34	10.72	13.59	52.12	1.75	
20	68.62	9.37	12.47	15.60	53.07	1.73	
25	68.10	9.66	13.37	16.50	54.14	1.92	

ตารางที่ 4.17 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

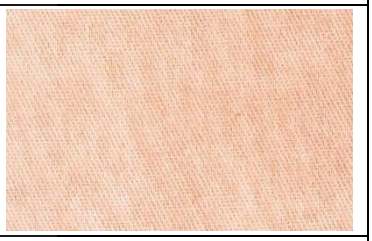
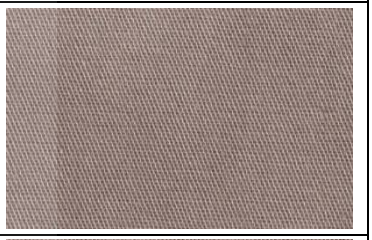
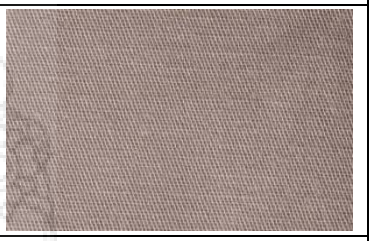
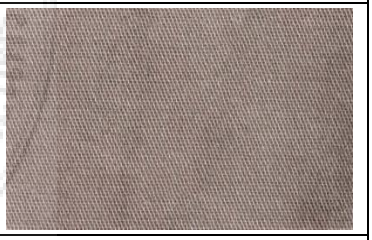
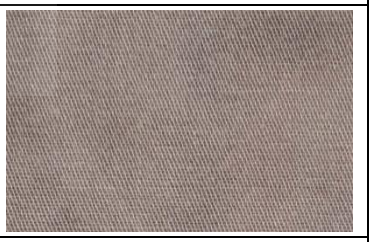
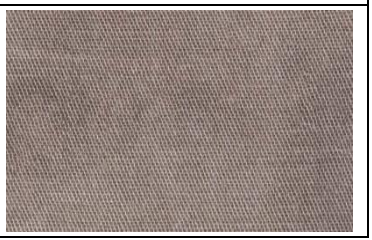
เวลาในการทำมอร์แดนท์ (นาที)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	68.74	11.89	18.56	22.04	57.35	2.06	
5	57.66	11.05	15.49	19.03	54.50	3.38	
10	59.38	11.71	16.00	19.83	53.81	3.17	
15	61.75	10.42	14.49	17.85	54.28	2.53	
20	62.60	10.30	13.35	16.86	52.36	2.31	
25	62.40	10.08	13.60	16.93	53.48	2.40	

จากผลการทดลองพบว่า การใช้เวลาที่แตกต่างกันในการทำมอร์แดนท์มีผลต่อความเข้มสีของผ้าพิมพ์หลังการทำมอร์แดนท์เพียงเล็กน้อย โดยค่าความเข้มของสีมีการเปลี่ยนแปลงค่าเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มเวลาในการทำมอร์แดนท์ ค่าความเข้มสีหลังจากการทำมอร์แดนท์อยู่ในช่วง 1.73 - 2.02 สำหรับแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด และแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดมีค่าความเข้มสีอยู่ในช่วง 2.31 - 3.38

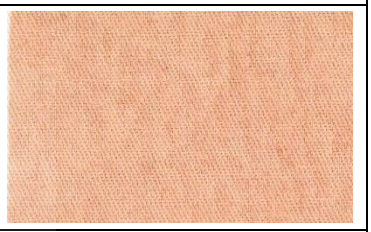
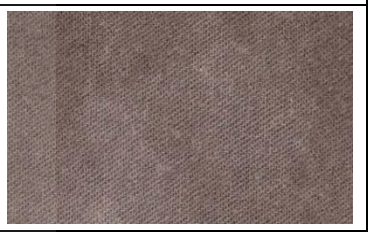
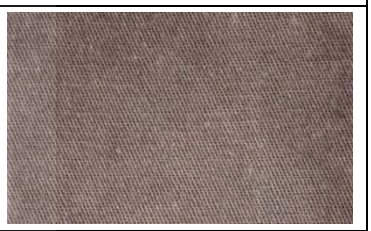
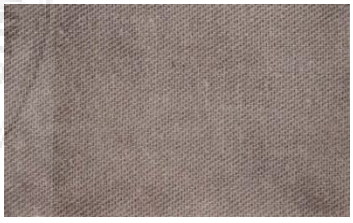
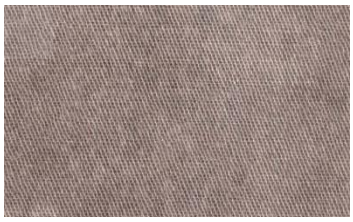
- มอร์แดนท์สนิมเหล็ก ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$)

ค่าของสีในระบบ CIE และค่าความเข้มของสี (K/S) ของผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ในเวลาแตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 4.18 และ 4.19

ตารางที่ 4.18 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

เวลาในการทำมอร์แดนท์ (นาที)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	74.42	9.34	13.02	16.03	54.34	1.39	
5	51.03	4.37	4.35	6.16	44.90	3.30	
10	56.24	4.35	4.74	6.44	47.46	2.50	
15	55.10	4.36	4.14	6.01	43.54	2.54	
20	53.70	4.13	4.04	5.78	44.38	2.67	
25	53.64	4.09	3.36	5.29	39.40	2.68	

ตารางที่ 4.19 ค่าของสีของผ้าพิมพ์หลังทำมอร์แดนท์ด้วย $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ที่เวลาแตกต่างกัน (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

เวลาในการทำมอร์แดนท์ (นาที)	ค่าของสี						ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S	
-	68.74	11.89	18.56	22.04	57.35	2.06	
5	45.01	5.33	5.00	7.30	43.19	4.54	
10	45.23	4.86	4.64	6.71	43.68	4.30	
15	45.67	4.58	4.60	6.49	45.15	4.15	
20	51.90	4.22	4.15	5.91	44.50	2.88	
25	55.95	4.64	3.12	5.59	33.95	2.37	

จากผลการทดลองพบว่า การใช้เวลาที่แตกต่างกันในการทำมอร์แดนท์มีผลต่อความเข้มสีของผ้าพิมพ์หลังการทำมอร์แดนท์เพียงเล็กน้อย โดยความเข้มของสีมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มเวลาในการทำมอร์แดนท์ ค่าความเข้มสีหลังจากการทำมอร์แดนท์อยู่ในช่วง 2.50 - 3.30 สำหรับแป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด และแป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติดมีค่าความเข้มสีอยู่ในช่วง 2.37 – 4.54

4.5. ผลการทดสอบความคงทนของสี

4.5.1 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C06: 2010(E ภาวะการทดสอบ A1S แสดงดังตารางที่ 4.20 และ 4.21

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

สารข้น	ภาวะ	ระดับความคงทนของสี						
		ค่าการเปลี่ยนแปลงสี	ค่าการติดเปื้อนสี					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิค	ขนสัตว์
Guar gum HV-100	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	2.5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	มอร์แดนท์สารส้ม	3	4.5	4	4.5	4.5	4	4
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4
Diaprint™ HT-80-RS	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	1	5	5	5	5	5	5
	มอร์แดนท์สารส้ม	3.5	5	5	5	5	5	5
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	3	5	5	5	5	5	5

จากผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยไม่ใช้สารช่วยยึดติดในการพิมพ์ แสดงในตารางที่ 4.20 พบว่าผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ในระดับพอใช้ถึงปานกลาง และการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าได้ดี ในส่วนของค่าการติดเปื้อนสีพบว่า ค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวของสีจากเปลือกมังคุดอยู่ในระดับดีบนทุกเส้นใยที่ทำการทดสอบ

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

สารข้น	ภาวะ	ระดับความคงทนของสี						
		ค่าการเปลี่ยนแปลงสี	ค่าการติดเปื้อนสี					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิค	ขนสัตว์
Guar gum HV-100	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	3.5	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	มอร์แดนท์สารส้ม	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4	4
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4
Diaprint™ HT-80-RS	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	1.5	5	5	5	5	5	5
	มอร์แดนท์สารส้ม	2.5	5	5	5	5	5	5
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	3	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

จากค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยใช้สารช่วยยึดติดในการพิมพ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.21 พบว่าผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ในระดับปานกลางถึงดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้สารช่วยยึดติดช่วยทำให้สีจากเปลือกมังคุดยึดเกาะบนผิวของเส้นใยได้ดีขึ้นทำให้มีค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างสูงขึ้น และการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนต่อการซักล้างของผ้าได้เช่นกัน ในส่วนของค่าการติดเปื้อนสีพบว่า ค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวของสีจากเปลือกมังคุดอยู่ในระดับดีบนทุกเส้นใยที่ทำการทดสอบ

4.5.2 ความคงทนของสีต่อการขัดถู

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X12:2001 แสดงดังตารางที่ 4.22 และ 4.23

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด)

สารข้น	ภาวะ	ระดับความคงทนของสี			
		ค่าการติดเปื้อนสี			
		แนวด้ายพุ่ง		แนวด้ายยืน	
		แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
Guar gum HV-100	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	4.5	2	4.5	2.5
	มอร์แดนท์สารส้ม	4.5	1.5	4.5	2
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	4.5	1	4.5	1.5
Diaprint™ HT-80-RS	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	4.5	2	4.5	2
	มอร์แดนท์สารส้ม	3.5	1.5	3	1.5
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	4	2	4	2

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุด (แป้งพิมพ์แบบใช้สารช่วยยึดติด)

สารข้น	ภาวะ	ระดับความคงทนของสี			
		ค่าการติดเปื้อนสี			
		แนวด้ายพุ่ง		แนวด้ายยืน	
		แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
Guar gum HV-100	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	4.5	2.5	4.5	2
	มอร์แดนท์สารส้ม	4.5	2	4.5	1.5
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	4.5	2.5	4.5	2.5
Diaprint™ HT-80-RS	ไม่ได้ทำมอร์แดนท์	4.5	2.5	4.5	2.5
	มอร์แดนท์สารส้ม	4.5	2	4	2
	มอร์แดนท์สนิมเหล็ก	4.5	3	4.5	3.5

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 4.22 พบว่าค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์แบบโดยไม่ใช้สารช่วยยึดติด ในภาวะแห้งมีค่าความคงทนอยู่ในระดับดี ในขณะที่ภาวะเปียกมีค่าความคงทนอยู่ในระดับต่ำ โดยการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์ไม่มีผลในการช่วยปรับปรุงความคงทนของสีต่อการขัดถู และเมื่อพิจารณาค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์แบบโดยใช้สารช่วยยึดติด ดังแสดงในตารางที่ 4.23 พบว่าค่าความคงทนของสีต่อการขัดถู ในภาวะแห้งมีค่าความคงทนอยู่ในระดับดี ในขณะที่ภาวะเปียกมีค่าความคงทนอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้สารช่วยยึดติดในการพิมพ์ให้ผลค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูที่ดีกว่า และการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์ไม่มีผลในการช่วยปรับปรุงความคงทนของสีต่อการขัดถูเช่นเดียวกันกับผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดแบบโดยไม่ใช้สารช่วยยึดติดในการพิมพ์

4.6 การจัดทำต้นแบบผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีจากเปลือกมังคุด ทางผู้วิจัยได้จัดทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากผ้าพิมพ์ที่ได้จากการทดลอง เพื่อให้เห็นถึงแนวทางในการนำผ้าพิมพ์ด้วยสีผงจากเปลือกมังคุดไปใช้ประโยชน์ โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบแสดงในภาพที่ 4.16 และ 4.17

ภาพที่ 4.16 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (กล่องผ้า) จากผ้าที่พิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด

ภาพที่ 4.17 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ที่เก็บกุญแจ) จากผ้าที่พิมพ์ด้วยผงสีจากเปลือกมังคุด

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้สารให้สีจากเปลือกมังคุด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมผงสีจากเปลือกผลมังคุดและนำมาใช้ในการพิมพ์สิ่งทอ ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุธรรมชาติที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์และเพิ่มแนวทางในการนำสารให้สีจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ โดยมีขอบเขตที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้ในการเตรียมผงสี สูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ ผลของการทำมอร์แดนท์ต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ และความคงทนของสีต่อการนำไปใช้งาน

จากการศึกษาพบว่าการเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุดทำได้โดยการต้มสกัดน้ำสีจากเปลือกมังคุด ใช้อัตราส่วนเปลือกมังคุด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร นำน้ำสีที่ได้ผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ (w/v) อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และนำไปบดเป็นผงละเอียด สำหรับสูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์คือ สูตรแป้งพิมพ์สำหรับสีพิกเมนท์ โดยนำผงสีจากเปลือกมังคุดผสมกับแป้งพิมพ์ที่มีส่วนผสมของสารช่วยยึดติด (Binder) และสารเชื่อมขวาง (Crosslinking agent) ในแป้งพิมพ์ เพื่อช่วยยึดจับอนุภาคของสีให้ติดอยู่บนผิวหน้าผ้า ซึ่งช่วยทำให้ผ้าพิมพ์มีการติดสีที่ดีกว่าการพิมพ์แบบไม่ใช้สารช่วยยึดติด และเมื่อทำการปรับปรุงความคงทนของสีด้วยการทำมอร์แดนท์หลังการพิมพ์ โดยใช้สารมอร์แดนท์ 2 ชนิด คือ สารส้ม ($AlK(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$) และสนิมเหล็ก ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$) พบว่าการทำมอร์แดนท์ด้วยสารทั้ง 2 ชนิด สามารถปรับปรุงความคงทนของสีพิมพ์จากเปลือกมังคุดได้ดี เมื่อทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน ISO 105-C06:2010(E) ภาวะการทดสอบ A1S และทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตรฐาน ISO 105-X12:2001 ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อการขัดถูมีค่าอยู่ในระดับดี ปริมาณของสารมอร์แดนท์ที่เหมาะสม คือ 5 กรัมต่อลิตร และเวลาที่ใช้ในการทำมอร์แดนท์นาน 5 -15 นาที โดยชนิดของสารมอร์แดนท์มีผลต่อลักษณะสีของผ้าพิมพ์ที่ได้ กล่าวคือ สีของผ้าที่ทำมอร์แดนท์ด้วยสารส้มมีลักษณะสีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนท์ ซึ่งมีความสว่างและความสดใสของสีมากกว่าผ้าพิมพ์ที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วยสนิมเหล็ก จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเปลือกมังคุดซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทางสิ่งทอ โดยผ้าพิมพ์ด้วยสีจากเปลือกมังคุดสามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์สิ่งทอในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น ปลอกหมอนอิง พวงกุญแจ กล่องผ้า และกระเป๋า เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้งานสีผงจากเปลือกมังคุดพิมพ์ในการพิมพ์ด้วยเทคนิคแบบอื่น ๆ เช่น การพิมพ์ลอกสี และการพิมพ์กั้นสี

- ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการนำสีผงจากเปลือกมังคุดพิมพ์ลงบนเส้นใยชนิดอื่น เช่น ไนลอน พอลิเอสเตอร์ โดยสูตรแป้งพิมพ์สำหรับสีพิกเมนท์

บรรณานุกรม

[1] สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกรมวิทยาศาสตร์บริการ, “การย้อมสิ่งทอด้วยสีธรรมชาติ”, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ, 2560

[2] มิส ศิริสถิตมิลินทากาศ (2562). “มังคุด ราชินีแห่งผลไม้ไทย,” [Online]. Available : http://www.sl.ac.th/html_edu/cgibin/sl/main_php/print_informed.php?id_count_infor=8544

[3] จรูญ คล้ายจ้อย, **เอกสารประกอบการเรียนการสอนความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสี**, คณะอุตสาหรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2557.

[4] ไพลิน มากเปี่ยม, หทัยทิพย์ ศรีชมพู และสุจิตรา แสงแดง, **สมบัติการพิมพ์ผ้าเรยอนด้วยสีผสมจากสีผงธรรมชาติ**, โครงการในงานเคมีสิ่งทอระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2560

[5] ประภากร สุคนธมณี, **สีสันจากพันธุ์พฤกษา,** มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2560

[6] M. Clark, **Handbook of textile and industrial dyeing Volume 1: Principles, processes and types of dyes**. Woodhead Publishing Limited, 2011.

[7] puechkaset, **มังคุด สรรพคุณ และการปลูกมังคุด**) Online. (https//:puechkaset.comมังคุด/, 19 พฤศจิกายน 2562.

[8] ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์, **การสกัดและความคงตัวของแอนโธไซยานินส์ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด:** สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[9] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, **แอนโทไซยานิน** (Online). http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word//1103anthocyanin-แอนโทไซยานิน, 21 พฤศจิกายน 2562.

[10] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. **มอลโทเดกซ์ทริน** (Online), http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/maltodextrin-มอลโทเดกซ์ทริน, 26 พฤศจิกายน 2562.

[11] Roger H. Wardman, **An Introduction to Textile Coloration**, John Wiley & Sons Ltd., 2018

[12] กาญนา ลือพงษ์, **เอกสารประกอบการเรียนการสอนระบบสิ่งทอ 1 คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น,** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2558.

[13] วรินญา จันทะรัตน์ และ ศริญญา ผลศิริปฐม, **การผลิตผ้าไม่ทอจากผักตบชวา** โครงการในงานเคมีสิ่งทอระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2551.

14] ญาณิฐา บุญยิ้มและฉัตรแก้ว งามจบ, **การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยแป้งจากหัวบอนที่อยู่ในรูปของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยการใช้สีรีแอคทีฟและสีผงจากข้าวโพดม่วง,** โครงการในงานเคมีสิ่งทอระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2558

[15] Roderick McDonald, **Colour Physics for Industry Second Edition,** Society of Dyers and Colourists. 1997.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[16] M. L. Gulrajani, **Colour measurement: Principles, advances and industrial applications**, Woodhead Publishing Limited, ISBN 978-0-85709-019-5 (online), 2010.

[17] พรพิมล มวงไทย, สุจิตรา ศรีสังข, นงนุช พรมรงศ และชุติมาพร วรรณวงษ์, “การเตรียมสีในรูปผงจากเปลือกของผลมังคุด**”, ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7: 2553,** น.1984-1975 .

[18] เสาวนิตย์ กาญจนรัตน์, “สีสกัดจากใบมังคุดเพื่อการมัดย้อมและบาติก”, ***ในรายงานการสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช: 2550.***

[19] วันเซ็ง สิทธิกิจโยธิน, **การเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารข้นจากกัมเมล็ดพืชสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด**, วิทยานิพนธ์ วท.บ. (เคมี), มหาวทยาลัยบูรพา,ชลบุรี, 2557.

[20] อรุษา เชาวนลิขิต, ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล, **สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด**, วิทยานิพนธ์ วท.บ. (เคมี), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ, 2554.

[21] สมศักดิ์ วรมงคลชัย และคณะ, **การสกัดสารให้สีจากเปลือกมังคุดเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม**, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบังกรุงเทพ, 2554

[22] ประทุมทอง ไตรรัตน์, “การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนจากสารยึดติดและสารให้สีธรรมชาติ”, **วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์**, ปีที่8, ฉบับที่ 1, หน้า 152-195, มกราคม– มิถุนายน, 2560.

[23] ประกิต ไชยธาดา, “ผลของตัวทำละลายและความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณและความคงตัวของสารสีที่สกัดได้จากพืช”, **WICHCHA JOURNAL,** ปีที่ 38, ฉบับที่ 1, หน้า 65-78, มกราคม-มิถุนายน, 2560.

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-ชื่อสกุล	นายอภิสิทธิ์ ชนาลักษณ์
วัน-เดือนปีเกิด	3 พฤษภาคม 2541
ที่อยู่ปัจจุบัน	40/2676 หมู่บ้านประชานิเวศน์ ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
เบอร์โทรศัพท์	092-256-3849
ประวัติการศึกษา	
มัธยมต้น	โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม (ปีการศึกษา 2555)
มัธยมปลาย	โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม (ปีการศึกษา 2558 - หลักสูตร คณิต-อังกฤษ)
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น (ปีการศึกษา 2562 - สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ)

ชื่อ-ชื่อสกุล	นางสาวสุภัทรา ศิริทัย
วัน-เดือน-ปีเกิด	29 เมษายน 2538
ที่อยู่ปัจจุบัน	82 ซอยเรวดี 63 ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
เบอร์โทรศัพท์	087-326-7338
ประวัติการศึกษา	
มัธยมต้น	โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม (ปีการศึกษา 2555)
มัธยมปลาย	โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม (ปีการศึกษา 2558 - หลักสูตร คณิต-อังกฤษ)
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น (ปีการศึกษา 2562 - สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ)