



การสกัดสารให้สีจากใบมะม่วงและการใช้งานบนวัสดุสิ่งทอ
Extraction of coloring matter from mango leaves and
their application on textile materials

นางนุช ศศิธร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๗
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง	การสกัดสารให้สีจากใบมะม่วงและการใช้งานบนวัสดุสิ่งทอ
ผู้วิจัย	นางนุช ศศิธร
ปีงบประมาณ	2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำสารให้สีสกัดจากใบมะม่วงมาใช้สำหรับงานให้สีบนวัสดุสิ่งทอ โดยการสกัดน้ำสีใช้อัตราส่วน ใบมะม่วง 1 กรัม ต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร ทำการสกัดสีที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เมื่อนำน้ำสีที่ได้จากการสกัดมาย้อมบนผ้าไนลอน ผ้าไหม และผ้าเรยอน ด้วยวิธีการย้อมแบบดูดซึม พบว่าน้ำสีที่ได้สามารถย้อมติดสีได้ดีบนผ้าไนลอนและผ้าไหม ในขณะที่สามารถย้อมติดสีบนผ้าเรยอนได้เล็กน้อย ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการติดสีของผ้าเรยอนได้ด้วยการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก ผ้าที่ผ่านการย้อมมีความคงทนของสีต่อการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี และเมื่อศึกษาผลของการทำมอร์แดนต์ต่อลักษณะสีและสมบัติความคงทนของสีของผ้าที่ได้ โดยทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 พบว่าการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสามารถปรับปรุงความคงทนของสีได้ ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อเหงื่อมีค่าอยู่ในระดับดี แต่ความคงทนของสีต่อการขัดถูในภาวะเปียกมีผลอยู่ในระดับปานกลาง โดยชนิดของสารมอร์แดนต์ที่ใช้มีผลต่อลักษณะสีของผ้าที่ได้ หลังจากการทำมอร์แดนต์

คำสำคัญ: สารให้สี สีย้อมธรรมชาติ ใบมะม่วง การให้สี

Title	Extraction of coloring matter from mango leaves and their application on textile materials
Researcher	Nongnut Sasithorn
Year	2024

Abstract

This research was focused on the extraction of coloring matter from mango leaves and coloration on textile materials with colorants extracted from mango leaves. The mango leaves were extracted with water at 100 °C for 60 minutes, and the ratio of mango leaves over the water was 1:50. The extracted solution was applied to nylon, polyester, and viscous rayon fabric by exhaustion method. The results revealed that the affinity of the extracted solution for nylon and silk is greater than viscous rayon. In the case of viscous rayon, the affinity of the fibers can be increased by pretreatment with a cationizing agent. The dyed fabrics had good colour fastness. Aluminium potassium sulphate ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) and Iron (II) sulphate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) were used as mordants in the post-mordanting process. The effect of mordanting on color appearance and fastness properties of dyed and printed fabrics were investigated. The colour fastness to washing, perspiration, and rubbing of the fabrics was performed according to the present Thai Industrial Standard test methods for textiles. The results show that the post-mordanting can improve the colour fastness properties of the obtained fabrics. The ratings of colour fastness to washing and perspiration of the fabrics with the mordant were good. On the other hand, the post-mordanting has less effect on the colour fastness to rubbing in the wet condition of the tested fabrics. In addition, the type of mordant produced an effect on the color appearance of the fabrics after mordanting.

Keywords: Coloring matter, Natural dyes, Mango leaves, Coloration

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัย เรื่อง การสกัดสารให้สีจากใบมะม่วงและการใช้งานบนวัสดุสิ่งทอ ได้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในด้านต่างๆ จากหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านดังรายนามต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนเพื่อการวิจัยจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่เพื่อดำเนินงานวิจัยและสาธารณูปโภคต่าง ๆ

บิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นผู้คอยให้กำลังใจอย่างดี และสนับสนุนในด้านต่างๆ ซึ่งเป็นเสมือนแรงผลักดันให้ดำเนินการต่าง ๆ ได้จนแล้วเสร็จ และบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามที่คาดหวังไว้ และบุคคลอีกหลายท่านที่มีได้ระบุนามไว้ในที่นี้ ซึ่งมีส่วนช่วยผลักดันให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี ทางผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุก ๆ ท่านมา ณ โอกาสนี้

นนุช ศศิธร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีการย้อมสี (Dyeing Theory)	3
2.1.1 สีย้อม (Dye)	4
2.1.2 สีย้อมสังเคราะห์ (Synthetic dyes)	5
2.1.3 สารให้สีจากธรรมชาติ	5
2.1.4 โครงสร้างทางเคมีที่สำคัญของสารให้สีจากธรรมชาติ	7
2.2 มะม่วง	14
2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะม่วง	14
2.2.2 แมงจิเฟอริน (Mangiferin)	16
2.3 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction)	16
2.3.1 การสกัดสารจากพืชธรรมชาติ	17
2.3.2 ชนิดของตัวทำละลายสำหรับการสกัด	17
2.3.3 ปัจจัยในการเลือกวิธีการสกัด	17
2.3.4 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสกัด	18
2.4 เส้นใยประดิษฐ์	18
2.4.1 วิสครอสเรยอน (Viscous rayon)	18
2.4.2 พอลิเอไมด์ (Polyamide)	22
2.5 สารมอร์แดนท์	25
2.6 การวัดค่าสี	26
2.6.1 ค่าของสีในระบบ CIE	26
2.6.2 ค่าความเข้มสี (K/S)	29
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	33
3.1 วัสดุและสารเคมี	33
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	33
3.3 วิธีการทดลอง	34
3.3.1 การวัสดุสำหรับการทดลอง	34
3.3.2 การศึกษาวิธีการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วง	34
3.3.3 การย้อมผ้าด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง	35
3.3.4 การศึกษาผลการทำมอร์แดนต์ต่อสมบัติของผ้า	36
3.4 การศึกษาสมบัติของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง	37
3.4.1 ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง	37
3.4.2 การทดสอบความคงทนของสี	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย	40
4.1 ลักษณะน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง	40
4.1.1 ลักษณะน้ำสีสกัดด้วยตัวทำละลาย	40
4.1.2 ลักษณะน้ำสีสกัดด้วยน้ำในภาวะที่แตกต่างกัน	40
4.2 ผลการย้อมผ้าด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง	42
4.2.1 ผลการย้อมสีบนผ้าหลายเส้นใย	42
4.2.2 ผลการย้อมสีผ้าในลอนด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง	43
4.2.3 ผลการย้อมสีผ้าไหมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง	45
4.2.4 ผลการย้อมสีผ้าเรยอนด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง	48
4.2.5 ผลของเวลาต่อลักษณะการติดสี	52
4.3 ผลการทำมอร์แดนต์ต่อลักษณะสีของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง	64
4.3.1 ผลการทำมอร์แดนต์บนผ้าในลอน	64
4.3.2 ผลการทำมอร์แดนต์บนผ้าไหม	65
4.3.3 ผลการทำมอร์แดนต์บนผ้าเรยอน	66
4.4 ผลการทดสอบความคงทนของสี	67
4.4.1 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง	67
4.4.2 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ	68
4.4.3 ความคงทนของสีต่อการขัดถู	70
4.5 การจัดทำต้นแบบผลิตภัณฑ์	71
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการทดลอง	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารอ้างอิง	74
ประวัติผู้วิจัย	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 วิธีการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วง	35
4.1 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)	43
4.2 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)	44
4.3 ค่าสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)	45
4.4 ค่าสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)	46
4.5 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ไม่ใช่เกลือในกระบวนการย้อม)	48
4.6 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ใช้เกลือในกระบวนการย้อม)	49
4.7 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง	50
4.8 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	52
4.9 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	53
4.10 ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของผ้าไนลอนที่เวลาต่างกัน	54
4.11 ค่าสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	56
4.12 ค่าสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	57
4.13 ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของผ้าไหมที่เวลาต่างกัน	58
4.14 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	60
4.15 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	61
4.16 ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของผ้าเรยอนที่เวลาต่างกัน	62
4.17 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงหลังการทำมอร์แดนท์	64
4.18 ค่าสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงหลังการทำมอร์แดนท์	65
4.19 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงหลังการทำมอร์แดนท์	66
4.20 ความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสกัดสีจากใบมะม่วง	67
4.21 ความคงทนของสีต่อเหงื่อของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสกัดสีจากใบมะม่วง (ภาวะกรด)	68
4.22 ความคงทนของสีต่อเหงื่อของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสกัดสีจากใบมะม่วง (ภาวะด่าง)	69
4.25 ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง	70

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ	4
2.2 ตัวอย่างสีย้อมสำหรับผ้าฝ้าย (Congo red, C.I. Direct Red 28, C.I.22120)	5
2.3 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนทราควิโนน	7
2.4 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแนฟทราควิโนน	8
2.5 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแคโรทีน	8
2.6 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแซนโทฟิลล์	9
2.7 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์	10
2.8 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนโทไซยานิน	10
2.9 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวน	10
2.10 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มบีทานิน	11
2.11 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล	11
2.12 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มโรโบเฟลวิน	12
2.13 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแทนนิน	12
2.14 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มอินดิโกอยด์	13
2.15 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ เอ	13
2.16 โครงสร้างทางเคมีของแมงจีเฟอริน	16
2.17 ปฏิกริยาการเตรียมวิสครอสเรยอน	20
2.18 กระบวนการผลิตวิสครอสเรยอนของบริษัท Courtaulds Ltd.	20
2.19 กระบวนการการปั่นเส้นใยวิสครอสเรยอน	21
2.20 ลักษณะของเส้นใยวิสครอสเรยอน	21
2.21 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเอไมด์ชนิดต่าง ๆ	22
2.22 ปฏิกริยาการสังเคราะห์ไนลอน 6	23
2.23 ปฏิกริยาการสังเคราะห์ไนลอน 6,6	24
2.24 ลักษณะของเส้นใยไนลอน	24
2.25 สารมอร์แดนท์ชนิดต่าง ๆ	25
2.26 แผนผังปริภูมิสีระบบ CIE L* a* b*	26
2.27 ลักษณะปริภูมิสีระบบ CIE L* C* h*	28
2.28 Hue circle	28
3.1 ลักษณะของผงไบมะม่วงแห้ง	34
3.2 ผ้ามัลติไฟเบอร์ชนิด DW (Multifibre Adjacent Fabric DW type)	37
3.3 เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าความคงทนของสี	38
3.4 ตู้เปรียบเทียบสี	38
3.5 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (Perspirometer)	39
3.6 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter)	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 ลักษณะน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วงด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน	40
4.2 ลักษณะน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วงด้วยวิธีที่ต่างกัน	41
4.3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำสีจากใบมะม่วง	41
4.4 ลักษณะน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วงที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน	42
4.5 ลักษณะการติดสีบนผ้าหลายเส้นใยของน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง	42
4.6 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)	43
4.7 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)	44
4.8 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)	45
4.9 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)	46
4.10 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าไหมที่ย้อมในภาวะที่แตกต่างกัน	47
4.11 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง (ไม่ใช้เกลือในกระบวนการย้อม)	48
4.12 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง (ใช้เกลือในกระบวนการย้อม)	49
4.13 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วงที่สกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน	50
4.14 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน	51
4.15 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	52
4.16 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	53
4.17 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่อความเข้มสีของผ้าไนลอน	55
4.18 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่ออัตราการย้อมติดสีของผ้าไนลอน	55
4.19 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	56
4.20 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	57
4.21 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่อความเข้มสีของผ้าไหม	59
4.22 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่ออัตราการย้อมติดสีของผ้าไหม	59
4.23 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	60
4.24 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	61
4.25 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่อความเข้มสีของผ้าเรยอน	63
4.26 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่ออัตราการย้อมติดสีของผ้าเรยอน	63
4.27 ลักษณะสีของผ้าไนลอนหลังผ่านการทำมอร์แดนท์	64
4.28 ลักษณะสีของผ้าไหมหลังผ่านการทำมอร์แดนท์	65
4.29 ลักษณะสีผ้าเรยอนหลังผ่านการทำมอร์แดนท์	66
4.30 ผ้าเช็ดหน้ามัดย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง	71
4.31 กระเป๋าผ้าตัดเย็บจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง	71
4.32 กระเป๋าใส่เหรียญตัดเย็บจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง	71
4.33 ที่เก็บกุญแจตัดเย็บจากผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง	72
4.34 กระเป๋าใส่ดินสอตัดเย็บจากผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากใบมะม่วง	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการนำสารให้สีที่สามารถสกัดได้จากวัสดุธรรมชาติมาใช้ในการย้อมสีสิ่งทอกำลังเป็นที่นิยม และมีแนวโน้มในการนำมาใช้งานเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีวัสดุธรรมชาติหลากหลายชนิดที่สามารถนำมาสกัดสีเพื่อใช้เป็นสีย้อม และกลุ่มผู้ใช้งานมีความต้องการที่จะลดปริมาณการใช้สีสังเคราะห์ เนื่องจากสีย้อมธรรมชาติมีความปลอดภัยผู้ใช้อย่างยิ่งกว่าสีสังเคราะห์ และเพื่อลดปริมาณสีย้อมและสารเคมีที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำเสียในชุมชน นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาดั้งเดิมในการย้อมสีสิ่งทอ แต่เนื่องจากการย้อมสีธรรมชาติด้วยวิธีดั้งเดิม ยังขาดองค์ความรู้ทางกระบวนการย้อม จึงทำให้คุณภาพสีและระดับความคงทนของสียังไม่เป็นที่น่าพอใจที่จะเป็นที่ยอมรับในทางการตลาด และปัญหาในการควบคุมคุณภาพให้สม่ำเสมอ จากการศึกษาพบว่า ยังไม่มีระบบการทำงานที่ชัดเจน ยังคงมีความหลากหลายในด้านการสกัดสารให้สีและวิธีการย้อม จากข้อมูลในข้างต้นจึงคิดที่จะใช้องค์ความรู้ในกระบวนการทางสิ่งทอมาช่วยพัฒนาและปรับปรุงการสกัดสารให้สีจากธรรมชาติเพื่อนำไปใช้ในการให้สีสิ่งทอ

โดยทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่ต้องการจะทำการศึกษาและปรับปรุงวิธีการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วง จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและลงพื้นที่ปฏิบัติงานในชุมชนที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับการย้อมสีผลิตภัณฑ์สิ่งทอ พบว่าในปัจจุบันมีแนวโน้มในการนำสารให้สีจากธรรมชาติมาใช้ในการย้อมสีสิ่งทอเพิ่มมากขึ้น โดยวิธีการสกัดสารให้สีและวิธีการย้อมที่ใช้ในกระบวนการ ยังคงนิยมใช้วิธีการได้จากภูมิปัญญาแบบดั้งเดิมเป็นหลัก ซึ่งในบางครั้งอาจไม่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุที่ใช้ และมีปัญหาในเรื่องความคงทนของสีของผ้าที่ได้จากการย้อม ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำความรู้ในกระบวนการทางเคมีสิ่งทอมาใช้ในการสกัดสารให้สีจากวัสดุธรรมชาติและปรับปรุงวิธีการย้อมด้วยสารให้สีจากธรรมชาติ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ใบมะม่วงเป็นวัตถุดิบในการสกัดสารให้สีเพื่อนำมาใช้งาน เนื่องจากมะม่วงเป็นพืชท้องถิ่นที่นิยมปลูกอยู่ทั่วไป ใบมะม่วงจัดว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรกรรมที่สามารถหาได้ง่ายและมีปริมาณมาก และจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลงานวิจัย พบว่าในใบมะม่วงมีสารแมงกนิเฟอร์ิน (Mangiferin) ที่สามารถย้อมติดสีได้บนเส้นใยโปรตีน ซึ่งจากสมบัติดังกล่าวทางผู้วิจัยคาดว่าสารให้สีดังกล่าวจะสามารถย้อมติดสีบนเส้นใยประเภทอื่นได้เช่นกัน [1, 2]

โครงการวิจัยนี้มีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางในการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วงด้วยตัวทำละลายในภาวะการสกัดที่แตกต่างกัน ศึกษาผลของภาวะที่ใช้ในการสกัดสารให้สีต่อลักษณะสีที่ได้ สมบัติในการติดสีของสารให้สีจากใบมะม่วงบนวัสดุสิ่งทอประเภทเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ สมบัติความคงทนของสีต่อการใช้ด้านต่าง ๆ และการปรับปรุงความคงทนของสีต่อการใช้งาน เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการให้สี และการพัฒนารูปแบบและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์ที่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของภาวะที่ใช้ในการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วงต่อลักษณะสีและความสามารถในการติดสีบนวัสดุสิ่งทอ
2. เพื่อศึกษาสมบัติและความคงทนสีของวัสดุสิ่งทอที่ย้อมด้วยสารให้สีสกัดจากใบมะม่วง
3. เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงความคงทนสีของวัสดุสิ่งทอที่ย้อมด้วยสารให้สีสกัดจากใบมะม่วง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- วิธีการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วง ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย และภาวะที่ใช้ในการสกัดน้ำสี (ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระบวนการที่ใช้)

- การติดสีบนวัสดุสิ่งทอ ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ชนิดของเส้นใยต่อลักษณะการติดสี ลักษณะของสีของผ้าที่ได้จากการย้อม และความคงทนของสีที่ได้ โดยเส้นใยที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ ไหม ไนลอน และวิสครอสเรยอน โดยเลือกใช้วิธีการย้อมแบบดูดซึม (Exhaustion method)

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและการทดลองที่เกี่ยวข้องในด้านต่าง ๆ เช่น เทคนิคการสกัดสารให้สีจากวัสดุธรรมชาติการใช้สารให้สีจากธรรมชาติบนวัสดุสิ่งทอ และการปรับปรุงความคงทนของสารให้สีจากธรรมชาติ

2. การดำเนินงานตามแผนการทดลอง ได้แก่

- การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการสกัดน้ำสี
- การสกัดน้ำสีจากใบมะม่วงในภาวะและวิธีที่กำหนด
- การทดลองย้อมลงบนผ้าที่กำหนดและบันทึกผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผล
- การปรับปรุงความคงทนของสีของผ้าที่ได้จากการย้อม

3. การทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง

- การศึกษาลักษณะสีของผ้าที่ผ่านการย้อม ด้วยการวัดค่าของสีในระบบ CIE และวัดค่าความเข้มสี (K/S) ตามสมการของ Kubelka-Munk

- การทดสอบความคงทนของสีต่อการใช้งานตามมาตรฐานการทดสอบสิ่งทอ เช่น ความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อการขัดถู

4. การจัดทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วง
2. ได้ทราบภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารให้สีจากใบมะม่วงสำหรับการย้อมสีสิ่งทอ
3. ได้ทราบสมบัติและความคงทนของสีของผ้าที่ย้อมด้วยสารให้สีจากใบมะม่วง
4. ได้แนวทางในการนำสารให้สีจากใบมะม่วงมาประยุกต์ใช้ในการให้สีและการสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการย้อมสี (Dyeing Theory) [3]

การย้อมสีเป็นการเพิ่มสีเส้นและลดอายุของวัสดุให้สวยงามตามหลักฐานที่ค้นพบเชื่อกันว่าเกิดขึ้นมานานกว่า 4,000 ปี ศิลปะการย้อมสีเส้นใยเริ่มในประเทศทางภาคพื้นตะวันออกก่อน โดยเฉพาะประเทศจีน อินเดีย และเปอร์เซีย แล้วแพร่เข้าไปในประเทศอียิปต์ คนไทยในสมัยโบราณได้ใช้สีในการย้อมผ้า ผ้าไหม จีวรพระ แห และอวน โดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เปลือก แก่น ดอก ผล และเมล็ด ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของพืชเหล่านี้จะให้สีแตกต่างกัน เช่น แก่นขนุนให้สีเหลือง รากยอให้สีส้ม ผลมะเกลือให้สีดำ ย้อมให้สีคราม นอกจากพืชแล้วยังได้จากสัตว์ เช่น ครั่งให้สีแดง และจากแร่ธาตุ เช่น เหล็กออกไซด์ที่ปนอยู่ในดินซึ่งจะได้สีน้ำตาลแดง

การนำสีธรรมชาติมาใช้ประโยชน์มีข้อจำกัดและมีขั้นตอนยุ่งยาก การสกัดสีต้องใช้เวลาและวัตถุดิบปริมาณมาก สีที่ได้มักจะไม่สดใส ชัดจางง่าย และมีเฉพาะบางสีเท่านั้น นอกจากนี้ยังไม่สามารถผลิตขึ้นมาใช้ในปริมาณมากในระยะเวลาที่ต้องการได้ จึงได้มีการพัฒนาการทางสีย้อมเรื่อยมาจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1856 ชาวอังกฤษชื่อ วิลเลียม เฮนรี เพอร์กิน (William Henry Perkin) ได้ค้นพบสีสังเคราะห์ชนิดแรกโดยบังเอิญในขณะที่พยายามเตรียมควินินด้วยการออกซิไดส์อะนิลีน ซัลเฟต (Aniline sulphate) ได้พบสารเหนียวสีดำ (Back tar) และเมื่อนำมาเผาต่อไป ปรากฏว่าได้สารสีม่วงสด ซึ่งสามารถใช้ย้อมสีติดสีบนเส้นใยได้ ทำให้นักเคมีคนนั้นหันมาสนใจการสังเคราะห์สีย้อมกันอย่างแพร่หลาย และสามารถสังเคราะห์สีย้อมได้อีกหลายชนิดโดยเริ่มต้นจากน้ำมันดิน (Coal tar) เช่น สีแดงเข้มสด (Magenta) สีน้ำตาล (Bismarck Brown) สีม่วง (Methyl Violet) สีน้ำเงิน (Meldola Blue) และสีเขียวสด (Malachite Green) [3]

กระบวนการย้อมสีโดยทั่วไป การย้อมจะเกิดขึ้นในขณะที่เส้นใยอยู่ในสารละลายของน้ำสี (Dye solution) หรือในน้ำที่มีอนุภาคสีแขวนลอย และการที่สีย้อมปริมาณมากมายที่ละลายอยู่ในน้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปอยู่ในเส้นใยและเกาะติดอยู่ได้ เนื่องมาจากมีพลังงานหรือพันธะทำหน้าที่ในการดึงดูด และยึดเหนี่ยวโมเลกุลของสีไว้กับเส้นใย (Dye retention in the fiber) ด้วยกำลังที่มากกว่ากำลังการยึดเหนี่ยวของโมเลกุลของสีกับน้ำ และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลของสีกับเส้นใยนั้นเป็น Physical-chemical interaction การย้อมติดสีในเส้นใยจะมีมากขึ้นขึ้นอยู่กับธรรมชาติในการติดสี มี 2 ประการที่สำคัญ คือ ความพรุนของเส้นใย (Permeability) มีผลต่อการแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยของโมเลกุลสี และการมีกลุ่มเคมีที่มีหน้าที่ทำปฏิกิริยา (Reactive functional groups)

ลักษณะของการย้อมสีที่เกิดขึ้นในอ่างน้ำย้อม สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การดูดซับ (Exhaustion) โมเลกุลของสีที่กระจายตัวอยู่ในน้ำย้อม เคลื่อนตัวมาจับที่ผิวของเส้นใย
2. การดูดซึม (Absorption) โมเลกุลของสีที่อยู่ผิวของเส้นใย แทรกซึมเข้าไปในเส้นใย
3. การแพร่กระจาย (Diffusion) โมเลกุลของสีที่เกาะอยู่ภายในผิวด้านในเส้นใยกระจายตัวไปทั่วเส้นใยและยึดติดกับเส้นใย

ในกระบวนการย้อมยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องอีก เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสี ความเข้มข้นของประจุ เวลา และอุณหภูมิที่ใช้ เป็นต้น วิธีการย้อมสี สามารถแบ่งตามลักษณะการปฏิบัติงานได้เป็น 3 แบบ คือ

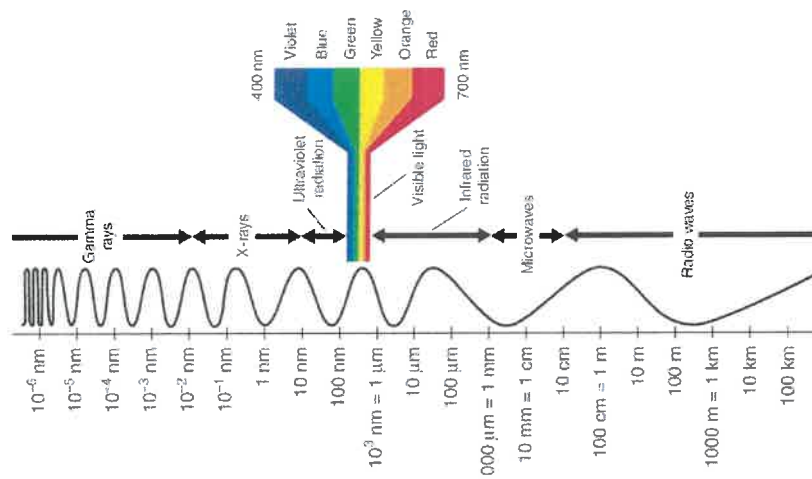
1. การย้อมสีแบบขั้นตอนเดียว (Exhaustion or Discontinuous) เป็นการย้อมที่วัสดุจะอยู่ในน้ำย้อมตลอดเวลา

2. การย้อมสีแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous) เป็นลักษณะของระบบ Pad-batch ซึ่งมีการจุ่มอัดน้ำสีย้อมแล้วม้วนเก็บในรูปการหมัก แล้วจึงค่อยส่งไปยังเครื่องจักรแบบต่อเนื่องต่อไป

3. การย้อมสีแบบต่อเนื่อง (Continuous) เป็นการย้อมสีซึ่งดำเนินการให้วัสดุสิ่งทอ ผ่านกระบวนการย้อมในขั้นตอนต่าง ๆ อันประกอบด้วยเครื่องจักรหลาย ๆ ชนิดมาเรียงต่อกันเป็นอนุกรม ไปตลอดจนกระทั่งสำเร็จ

2.1.1 สีย้อม (Dye) [4]

แสงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการมองเห็น มีลักษณะเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง โดยแสงเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า Electromagnetic radiation ตาของมนุษย์สามารถรับรู้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 380 - 780 นาโนเมตร เรียกว่า แสง (Light) หรือ ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible spectrum) สำหรับสีของวัตถุเกิดจากการดูดกลืนแบบเลือก (Selective absorption) กล่าวคือ เมื่อแสงส่องกระทบลงบนวัตถุมีสี อนุภาคของสีจะดูดกลืนคลื่นแสงบางส่วนไว้ และสะท้อนแสงส่วนเหลือเข้าดวงตา ซึ่งแสงส่วนนี้จะถูกส่งไปสมองเพื่อแปลออกมาเป็นสีที่ตามองเห็น



ภาพที่ 2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ [4]

สีย้อมเป็นสารประกอบที่มีสมบัติในการดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้ (Visible light) โดยในโครงสร้างของสีย้อมประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

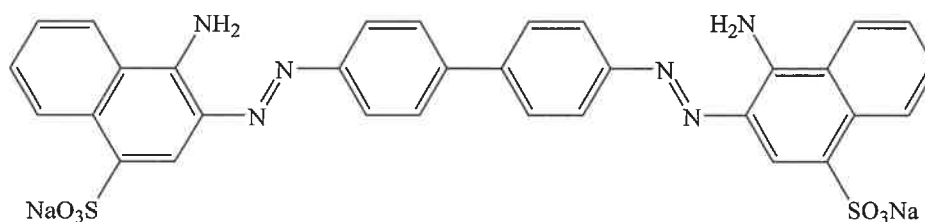
- **โครโมฟอร์ (Chromophore)** เป็นส่วนที่ทำให้เกิดสี มีลักษณะเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่อิ่มตัว ซึ่งมีความสามารถในการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าและสะท้อนคลื่นพลังงานออกมาในช่วงที่ตามองเห็น มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ เอโซ (-N=N-), ไนโตรโซ (Nitroso, -NO) ไนโตร (Nitro, -NO₂), แอนทราควิโนน (Anthraquinone) ไตรเอริลมีเทน (Triaryl methane)

- **ออกโซโครม (Auxochrome)** เป็นส่วนที่ให้ความเข้มและลักษณะอื่น ๆ ของสีย้อม เช่น ความสามารถในการยึดติดกับเส้นใย (Affinity) ความสามารถในการละลายน้ำ เป็นหมู่แสดงสมบัติอื่นที่ไม่มีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นแสง มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ เอมีน (Amine, -NH₂), อนุพันธ์ของสารประกอบเอมีน (-NH(CH₃), -N(CH₃)₂), หมู่ซัลโฟนิค (Sulphonic, -SO₃H), หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl, -OH), หมู่คาร์บอนิล (Carboxyl, -COOH)

การจำแนกสีย้อมเป็นประเภทต่าง ๆ สามารถจำแนกได้หลายวิธี เช่น การจำแนกตามแหล่งที่มาของสี การจำแนกตามโครงสร้างทางเคมี และการจำแนกตามลักษณะการใช้งาน

2.1.2 สีสังเคราะห์ (Synthetic dyes) [5]

สีที่ได้จากการนำสารเคมีชนิดต่าง ๆ มาทำปฏิกิริยากัน หรือเกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ สีสังเคราะห์เป็นสีที่มีเนื้อสีอยู่ในปริมาณที่เข้มข้นมาก ทำให้ได้สีที่เข้มเมื่อนำไปใช้ย้อมและสามารถใช้ในปริมาณที่น้อยได้ ทำให้สะดวกในการใช้งาน สีสังเคราะห์อาจมีสารเคมีที่ป้องกันการตกสีผสมอยู่ การใช้สีสังเคราะห์มีผลเสียหลายประการ เช่น ทำให้เกิดมลพิษสูงในน้ำทิ้งที่เกิดจากการย้อมสีสังเคราะห์ ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สีสังเคราะห์หลายชนิดเมื่อสลายตัวจะมีพิษต่อผิวหนัง สีสังเคราะห์มีราคาแตกต่างกันตามคุณภาพของสี ปัจจุบันพบว่าสีสังเคราะห์บางชนิดเป็นอันตรายต่อทั้งผู้ย้อมและผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ ดังนั้น จึงมีการห้ามใช้ในบางประเทศแถบยุโรป มีกฎหมายเกี่ยวกับการห้ามนำเข้าผลิตภัณฑ์บางชนิด หรือทุกชนิดที่ย้อมสีดังกล่าว



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างสีย้อมสำหรับผ้าฝ้าย (Congo red, C.I. Direct Red 28, C.I. 22120) [6]

สารให้สีที่มีการนำมาใช้งานเป็นสีย้อมสำหรับการให้สีสิ่งทอ ควรมีลักษณะที่ดีในด้านต่าง ๆ เช่น

- ความเข้มของสี (Intense color) ที่ได้รับจากการย้อม สีย้อมที่ดีควรให้ความเข้มสูง โดยใช้ปริมาณน้อย ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ประมาณช่วง 4-5 %shade ของสีบริสุทธิ์
- ความสามารถในการละลายน้ำ (Solubility in water) สีย้อมที่ดีควรละลายน้ำได้ดี เพื่อช่วยให้สีเป็นอนุภาคเล็ก ๆ และแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้ดี หรือในกรณีที่สีย้อมไม่ความสามารถในภาวะปกติ ต้องสามารถถูกทำให้ละลายได้ในภาวะที่ใช้ในการย้อม
- ความสามารถในการระเหิด (Ability to vaporize on heating) เป็นสมบัติหลักของสีย้อมชนิดที่ไม่มีขั้ว เช่น สีดิสเพิร์ส การระเหิดเป็นอีกหนึ่งวิธีที่จะทำให้สีที่มีอนุภาคขนาดเล็กสามารถเข้าไปเกาะติดในเส้นใยได้
- ความสามารถในการยึดเกาะเส้นใย (Substantivity to fiber) สีย้อมที่ดีควรมีแรงหรือพันธะที่ดี หรือมีความสามารถในการทำปฏิกิริยา (Reactivity) กับเส้นใยที่ใช้ย้อมเพื่อให้เกิดการยึดเกาะที่ดีกับเส้นใย เพื่อให้มีความคงทนต่อการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ

2.1.3 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) ได้ค้นพบสีสังเคราะห์ขึ้นครั้งแรก

ด้วยความบังเอิญ ทำให้เกิดมีการค้นคว้าวิจัยเพื่อสังเคราะห์สีย้อมใหม่ ๆ อย่างกว้างขวางในประเทศต่าง ๆ สีย้อมสังเคราะห์ได้เข้ามาแทนที่สีย้อมธรรมชาติ เนื่องจากสีย้อมสังเคราะห์มีการผลิตและคุณภาพที่แน่นอน และหาได้ง่ายกว่าสีย้อมธรรมชาติ [3] แต่ในปัจจุบันได้มีการนำสารให้สีจากวัสดุธรรมชาติกลับมาใช้งานทางด้านสิ่งทอเพิ่มขึ้น โดยมีการคิดค้นหาวิธีการนำมาใช้งานในหลากหลายรูปแบบ สำหรับการนำสารให้สีจากธรรมชาติมาใช้งาน เป็นผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ กล่าวคือ [7]

- กระแสความต้องการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมาจากอดีตให้คงอยู่ในสังคมสืบไป การย้อมสีธรรมชาติเป็นหนึ่งในภูมิปัญญาท้องถิ่น จึงได้รับการสนับสนุนมากขึ้นจากทั้งภาครัฐภาคเอกชนและประชาชนทั่วไป

- ปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากใช้สีย้อมสังเคราะห์และสารเคมีอันตรายในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ สารเคมีที่ตกค้างและปนเปื้อนในน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการฟอกย้อมทำให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ

- ความไม่ปลอดภัยและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานฟอกย้อม ซึ่งเกิดจากการสัมผัสกับสารเคมีและสีย้อมสังเคราะห์ โดยเฉพาะสีย้อมสังเคราะห์บางประเภทที่เป็นสารก่อมะเร็ง

- การให้ความสนใจต่อความปลอดภัยและอันตรายของสารเคมีตกค้างบนผลิตภัณฑ์สิ่งทอของประชาชน มีการกำหนดชนิดสีย้อมสังเคราะห์ที่จะใช้กับสิ่งทอแต่ละประเภท ทำให้เกิดความระมัดระวังในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ย้อมด้วยสีย้อมสังเคราะห์ และเปลี่ยนมาใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ย้อมด้วยสีจากธรรมชาติ

- การตื่นตัวด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ทำให้เกิดค่านิยมต่อต้านสินค้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้สินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือ “ผลิตภัณฑ์หลากหลายเขียว” เพิ่มขึ้น โดยสินค้าที่ดีจะต้องเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีผลกระทบต่อผู้บริโภค และสินค้าใช้แล้วเมื่อเป็นขยะต้องไม่ก่อมลพิษต่อไป

สีที่ได้จากแหล่งในธรรมชาติ เกิดขึ้นมาโดยกระบวนการตามธรรมชาติ ซึ่งเชื่อกันว่าไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษเมื่อนำไปใช้ย้อม น้ำทิ้งที่ได้ประกอบด้วยสารธรรมชาติที่สามารถสลายตัวได้ตามธรรมชาติ และมีความเป็นพิษต่ำหรือไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีความเป็นพิษต่ำต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน แต่การนำสารให้สีจากธรรมชาติมาใช้งาน ก็มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น สารให้สีมีขอบเขตของสีค่อนข้างจำกัด ลักษณะของสีที่ได้มักจะเปลี่ยนไปตามแหล่งที่มาทำให้ควบคุมคุณภาพในการย้อมได้ยาก มีความคงทนของสีที่ได้จากการย้อมไม่ดี การเก็บรักษาสีย้อมทำให้ค่อนข้างยาก และสารให้สีจากธรรมชาติส่วนใหญ่จะย้อมติดสีได้ดีเฉพาะกับเส้นใยธรรมชาติ

สีจากธรรมชาติที่มนุษย์รู้จักและนำมาประยุกต์สามารถแบ่งประเภทตามแหล่งที่มาได้ดังนี้ [8]

1. *สีธรรมชาติจากแร่ธาตุ (Mineral dyes)* สีที่เกิดจากสารประกอบของโลหะจำพวกเหล็ก โคโรเมียม ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิล ซึ่งเป็นกลุ่มสีที่มีความสำคัญมากในอดีต แต่ในปัจจุบันไม่ปรากฏแหล่งผลิต ปัจจุบันการใช้สีธรรมชาติจากแร่ธาตุในประเทศไทย ได้แก่ สีย้อมจากโคลนและดินแดง ซึ่งเป็นวัสดุที่มีสารประกอบจำพวกอลูมิเนียมซิลิเกต และสารประกอบโลหะ

2. *สีธรรมชาติจากสัตว์ (Animal dyes)* สีที่ได้จากสารที่ขับออกจากตัวสัตว์ หรือตัวสัตว์ ในประเทศไทยมีการใช้สีจากครั่ง ซึ่งเป็นแมลงชนิดหนึ่ง โดยครั้งจะดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้ แล้วขับสารสีแดงเรียกว่า ยางครั่ง ออกมาหุ้มรอบตัวเป็นรัง สารสีแดงที่ถูกขับออกมาจากตัวครั่งนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมสิ่งทอ ผสมในอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท สำหรับเส้นใยที่ย้อมด้วยครั่ง คือ ไหม ขนสัตว์ และฝ้าย เชื่อกันว่าคุณภาพของสีที่ได้จากการย้อมจะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้มักใช้เลี้ยงครั่ง

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

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

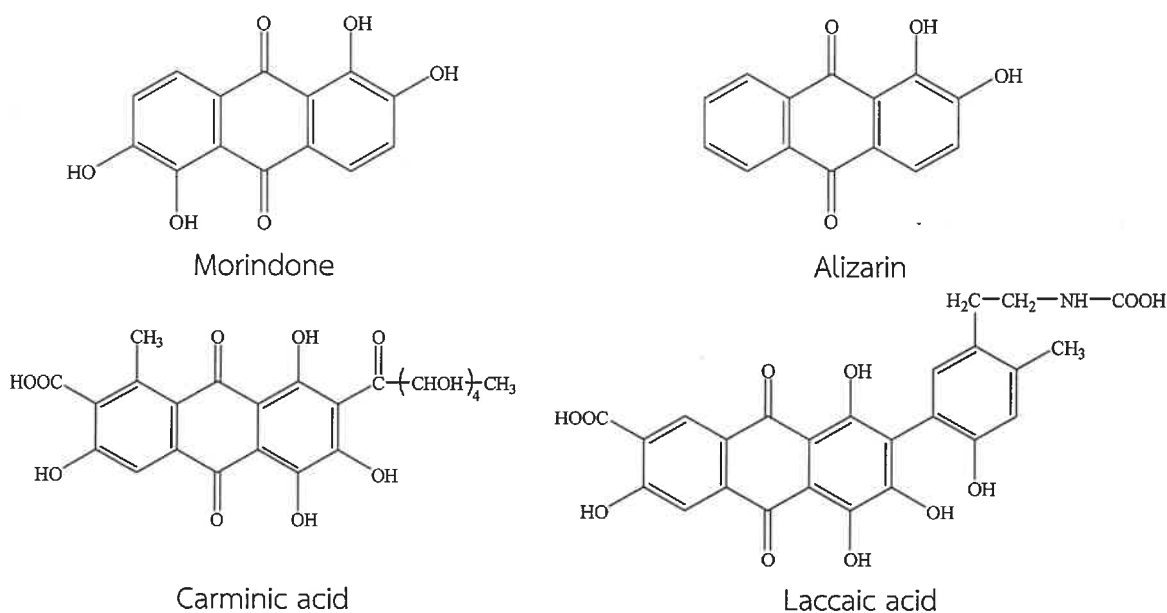
- การสกัดสีโดยไม่ใช้ความร้อน คือ การนำส่วนของพืชมาแช่น้ำ และมีการใช้ พืชผัก ผลไม้หรือสารเคมีบางชนิดร่วมในการสกัดด้วย เช่น การใช้ปูนขาวในการเตรียมครามเปือก โดยสีย้อมที่สกัดได้จากวิธีนี้จะเหมาะสำหรับการย้อมเย็น เช่น สีย้อมจากคราม ช่อม และมะเกลือ

2.1.4 โครงสร้างทางเคมีที่สำคัญของสารให้สีจากธรรมชาติ [9]

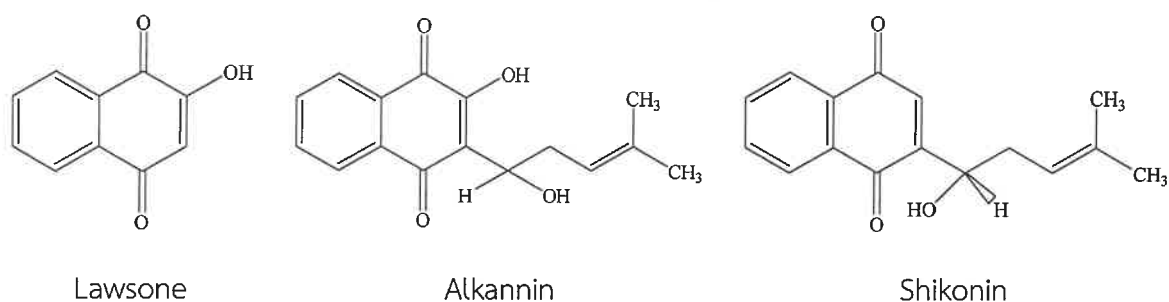
สารให้สีจากพืชตามธรรมชาติสามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ ดอก แก่นไม้ เปลือก ลำต้น และราก สำหรับการนำมาใช้งานสามารถทำได้ด้วยการสกัดแยกออกมาด้วยตัวทำละลายที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างของเคมีที่เป็นองค์ประกอบของสารให้สี โดยสารให้สีหลักที่สามารถพบได้ในธรรมชาติมีโครงสร้างทางเคมีที่สำคัญดังต่อไปนี้

- แอนทราซีน (Anthracenes)

สารให้สีในกลุ่มแอนทราซีนแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แอนทราควิโนน (Anthraquinone) ให้สีเหลือง ชมพู และ แดง เช่น มอรินโดน (Morindone) สารให้สีแดงที่พบในรากยอ (*Morinda citrifolia*) อลิซาริน (Alizarin) จากรากต้นแมตเตอร์ (*Rubia cordifolia*) กรดคาร์มินิก (Carminic acid) ที่พบในแมลงคอกซิเนียล (Cochineal, *Dactylopius coccus*) กรดแลกคาอิก (Laccaic acid) ในครั่ง (*Laccifer lacca*) โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.3 และแนฟทราควิโนน (Naphthoquinones) ให้สีน้ำตาล ชมพู หรือ ม่วง เช่น ลอว์โซน (Lawson) ในใบของต้นเทียนกิ่งขาว (*Lawsonia innermis*) ชิโคนิน (Shikonin) จากรากของต้นมูราซากิ (*Lithospermum erythrorhizon*) และแอลคานนิน (Alkannin) พบในรากของต้นโบราจ (*Alkanna tinctoria* (L.) Tausch) โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.4



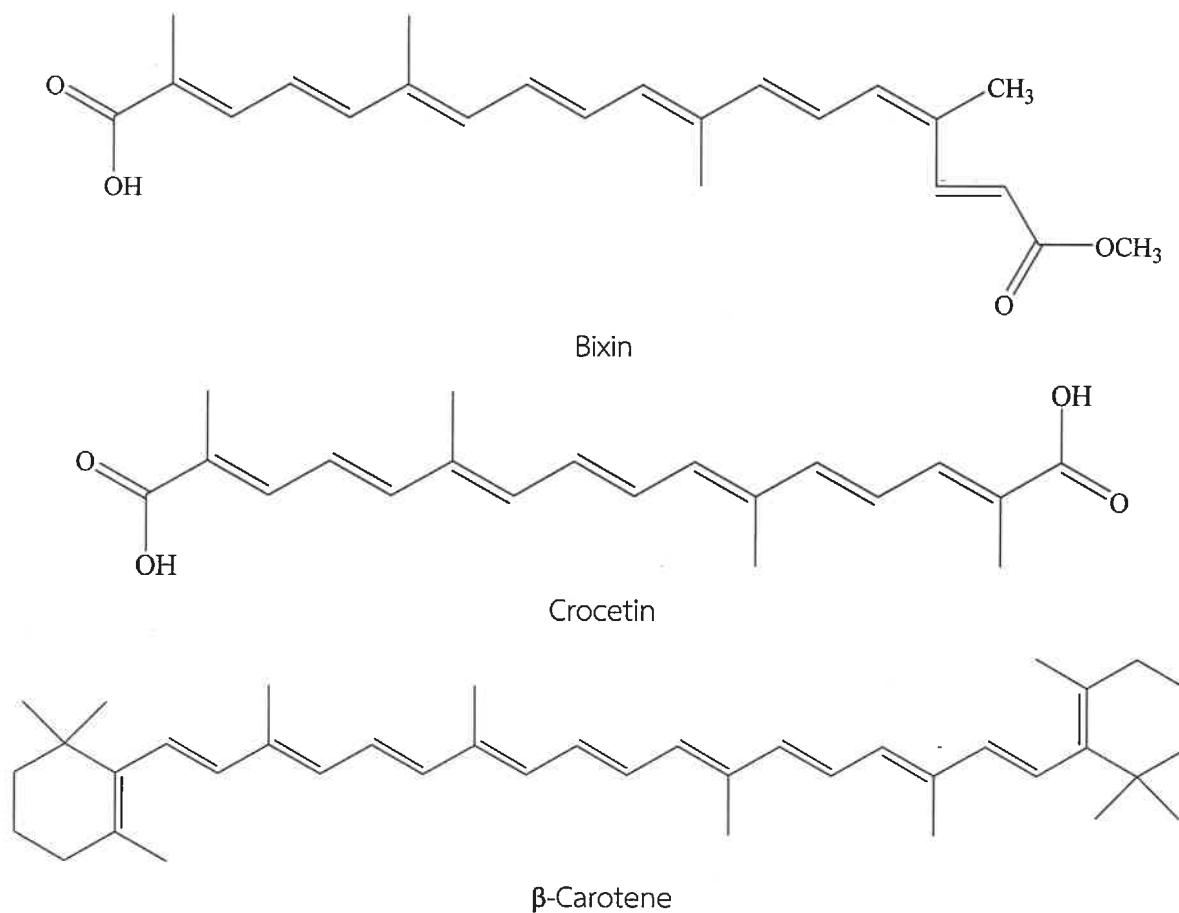
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนทราควิโนน [9]



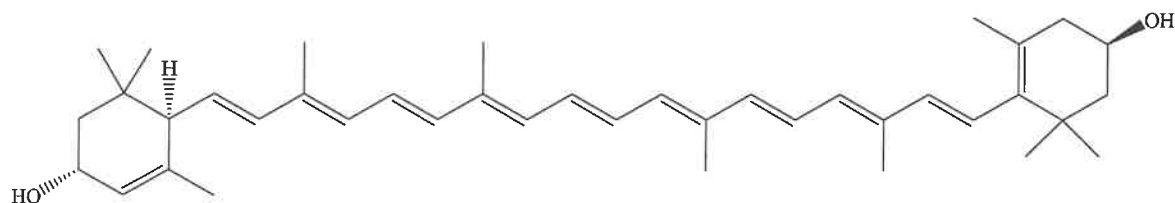
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแนพทราควิโนน [9]

- แคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

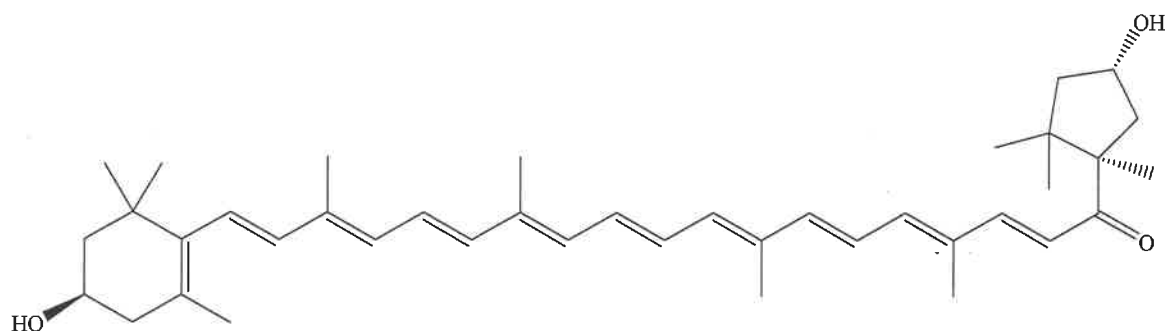
แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุสีเหลือง ส้ม แดง และน้ำตาล พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ แบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ แคโรทีน (Carotene) มีสีส้ม หรือส้มแดง เช่น ไบซิน (Bixin) ในเมล็ดคำแสด (*Bixa orellana*) โครซีทีน (Crocin) ในเกสรดอกหญ้าฝรั่ง (*Crocus sativus*) เบตาแคโรทีน (β -carotene) ในแครอท (*Daucus carota*) ดังแสดงในภาพที่ 2.5 และแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) เป็น Oxygenated carotenoids ที่มีอะตอมของออกซิเจนอยู่ในโมเลกุล จึงมีชื่อมากกว่าและละลายในไขมันได้น้อยกว่าแคโรทีน มีสีเหลืองและแดง เช่น ลูทีน (Lutein) ในดอกดาวเรือง และแคปแซนทีน (Capsanthin) ในพริกแดง และ โครซิน (Crocin) ในหญ้าฝรั่ง (Saffron) โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.6



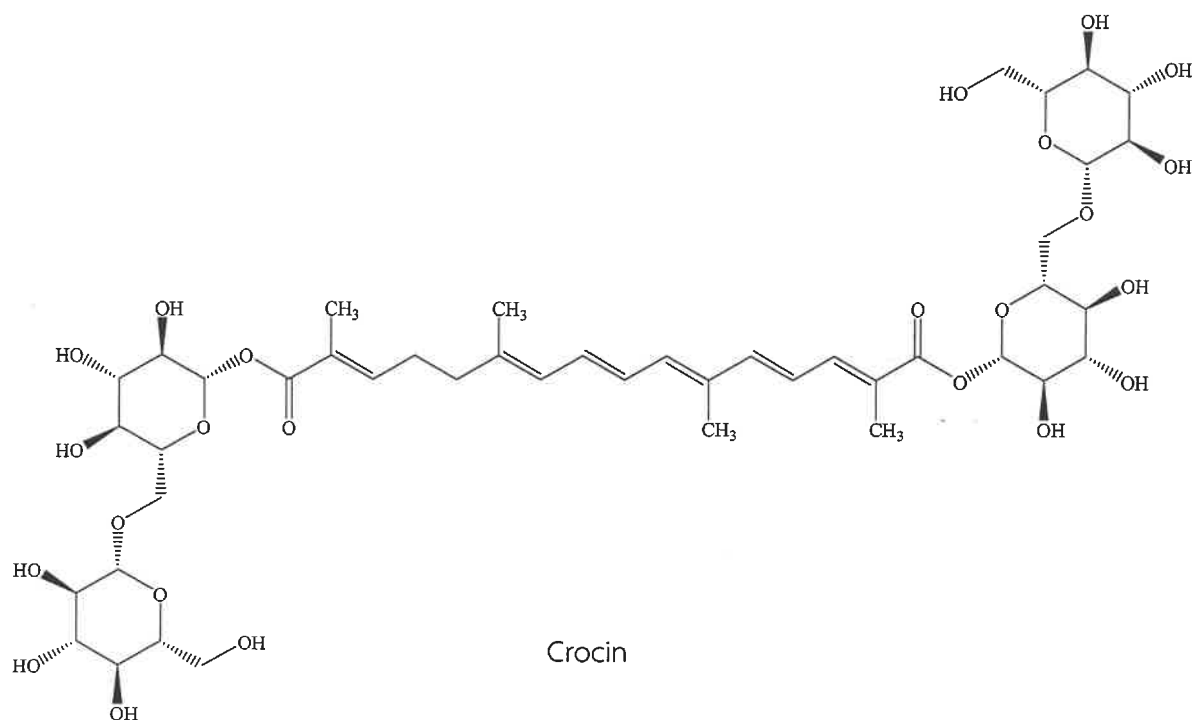
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแคโรทีน [9]



Lutein



Capsanthin

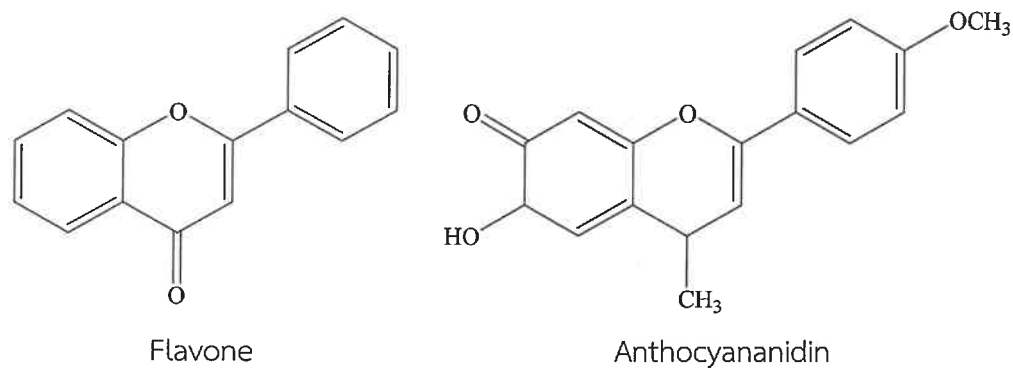


Crocin

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแซนโทฟิฟส์ [9]

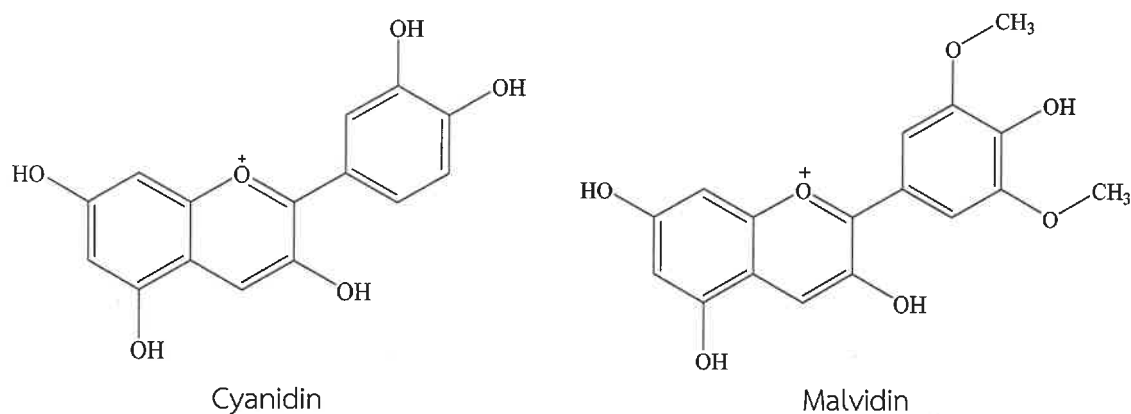
- ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ฟลาโวนอยด์เป็นอนุพันธ์ของฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) และอะซีเตท โคเอนไซม์ (Acetate coenzyme) เป็นเอสเทอร์ที่ลักษณะโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 โดยในตำแหน่ง C3 มีการเชื่อมต่อกับวงแหวนไพโรน (Pyrone ring) ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบพอลิฟีนอล (Polyphenol compound) ให้สีเหลืองถึงน้ำตาล ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้าง แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ฟลาโวนอล (Flavonol) ฟลาโวน (Flavone) และแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) เช่น ไอโซฟลาโวนอยด์ (Isoflavonoid) ชาลโคนส์ (Chalcone) แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และ ออโรนส์ (Aurone) ตัวอย่างของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น สีส้มในทองกวาว (*Butea monosperma*) และสีเหลืองในเกสรดอกบัวสาย (*Nymphaea alba*)



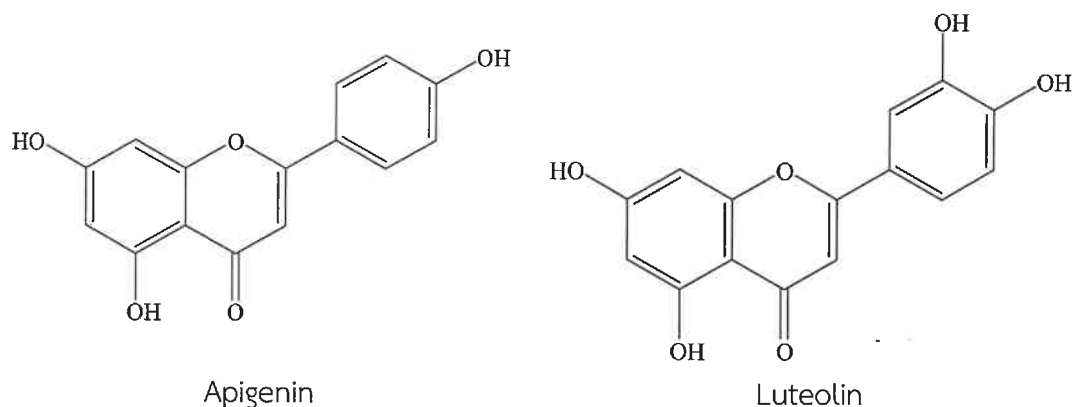
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์ [9]

แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) มีสีน้ำเงิน ม่วง แดง น้ำตาล ส้ม และน้ำตาลแดง ขึ้นอยู่กับระดับการเกิด Hydroxylation หรือ Methoxylation ของวงแหวนในโครงสร้าง สารให้สีในกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยนสีได้ตามค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เปลี่ยนแปลง และมีความไวต่อออกซิเจนของโลหะ แอนโทไซยานินมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี และสกัดได้ง่ายในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน เช่น ไซยานิดิน (Cyanidin) ในองุ่นและผลไม้กลุ่มเบอร์รี่บางชนิด



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแอนโทไซยานิน [9]

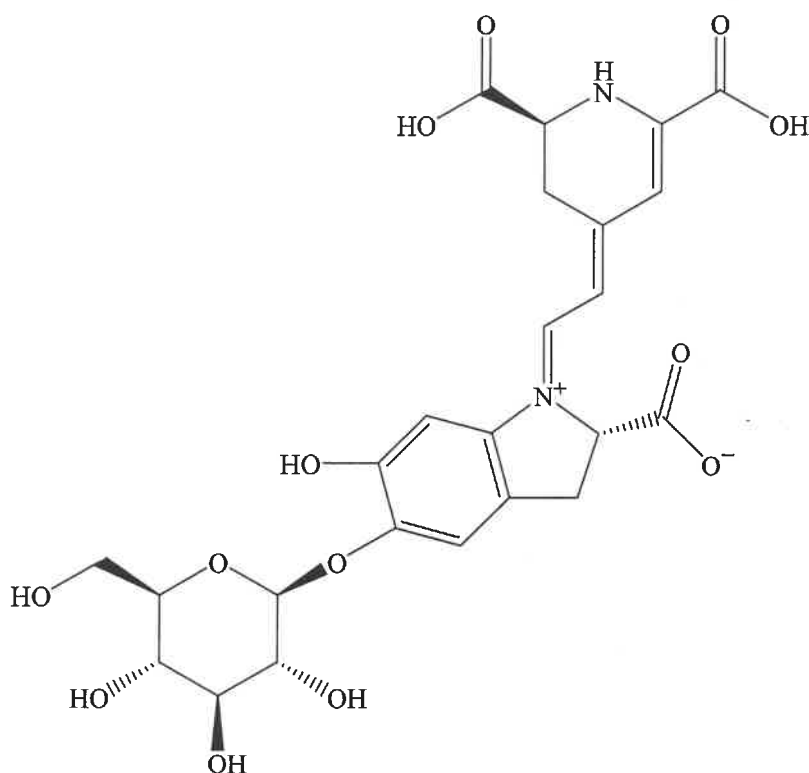
ฟลาโวนและฟลาโวนอลมีสีเหลือง โดยฟลาโวนอลมีความคงทนต่อแสงต่ำกว่าฟลาโวน แต่ฟลาโวนจะมีลักษณะสีเหลืองอ่อนกว่า เช่น อะพิจินิน (Apigenin) และ ลูทีโอลิน (Luteolin) ในเกสรดอกคาร์โมมายล์



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มฟลาโวน [9]

- บีตาเลน (Betalains)

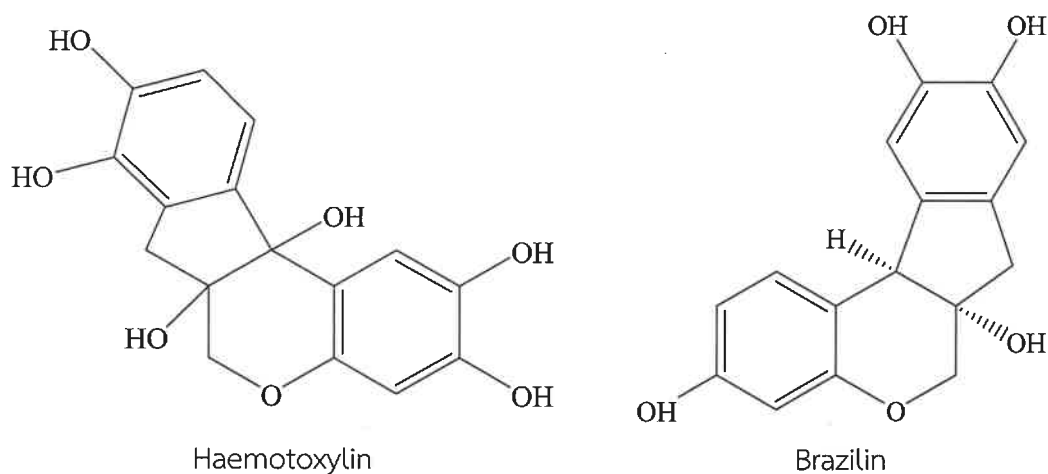
บีตาเลนแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ บีตาไซยานิน (Betacyanin) ให้สีแดงถึงสีม่วง และบีตาแซนทิน (Betaxanthin) ให้สีเหลืองส้ม มีลักษณะกลูโคไซด์ที่มีไนโตรเจนอยู่ในโครงสร้าง มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง เช่น บีทานิน (Betanin) ที่สกัดได้จากหัวบีทรูท (*Beta vulgaris*)



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มบีทานิน [9]

- อนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล

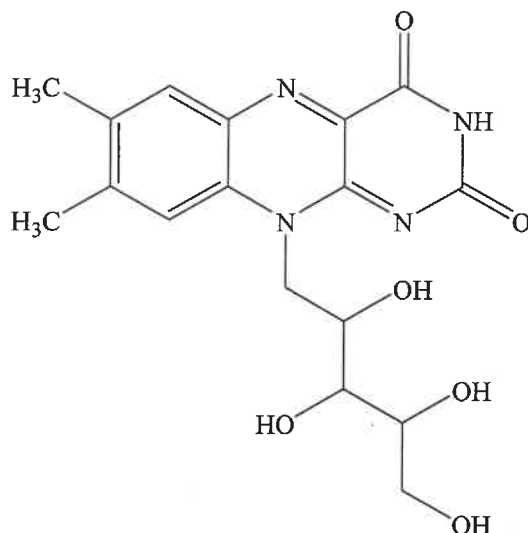
สารประกอบที่ให้สีแดง ชมพู และน้ำตาล มีลักษณะคล้ายกับฟลาโวน เช่น ฮีมาทอกซิลิน (Haematoxylin) ที่พบในต้นลอกวูด (Logwood, *Haematoxylum campechianum*) ซึ่งนิยมใช้ในการย้อมหนัง และบราซิลลิน (Brazilin) มีสีแดงพบได้ในไม้ฝาง



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล [9]

- ฟลาวิน (Flavins)

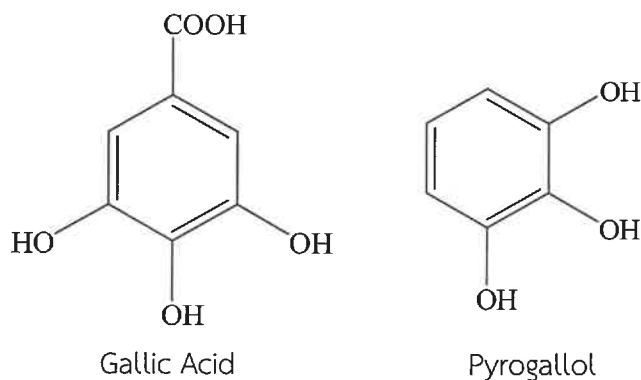
ฟลาวินพบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิต เช่น ไรโบเฟลวิน (Riboflavin) มีลักษณะสีเหลือง พบได้ในวิตามินบี 2 นิยมนำมาใช้เป็นสีผสมอาหาร



ภาพที่ 2.12 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มไรโบเฟลวิน [9]

- แทนนิน (Tannins)

แทนนินมีสีน้ำตาลแดง ดำ น้ำตาลอมเหลือง น้ำเงินดำ พบได้ในสีเสียดแก่น (*Acacia catechu*) หมากสง (*Areca catechu*) สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz.) ผลดิบและใบสดน้อยหน่า (*Annona reticulata*) แทนนินสามารถพบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อของพืช โดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่เสียหายและในเปลือกของพืช ซึ่งเปลี่ยนรูปมาจากฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และแอนโทไซยานิน เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลาย เช่น แกลโลแทนนิน (Gallotannins) เป็น แทนนินไฮโดรไลซ์ (Hydrolysed tannins) จากกรดแกลลิก (Gallic acid) มีสีเหลืองพบในต้นมะค่า (*Maclura tinctoria*) และเอลลาจิแทนนิน (Ellagitannins) เป็น แทนนินไฮโดรไลซ์ควบแน่น (Condensed tannins) มีสีแดง พบในต้นสแตกฮอร์น ชูแมค (*Staghorn sumac, Rhus typhina*)



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างสารให้สีกลุ่มแทนนิน [9]

- อินดิโกอยด์ (Indigoid dyes)

รงควัตถุสีน้ำเงิน แบ่งเป็น 2 กลุ่มสำคัญ คือ สีม่วงไทเรียน (Tyrian purple) ได้จากสัตว์กลุ่มมอลลัสก์ (*Murex trunculus*, *M. brandaris* และ *Purpura lapillus*) ซึ่งไม่มีการใช้งานแล้วในปัจจุบัน

2.2 มะม่วง [1, 10-11]

มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญสามารถปลูกได้ดีในแทบทุกพื้นที่ของประเทศไทย ยกเว้นในภาคใต้ในเขตที่มีฝนตกชุก ประเทศไทยปลูกมะม่วงมานานและมีพันธุ์ปลูกมากกว่า 100 สายพันธุ์ เป็นไม้ผลที่นิยมปลูกกันมาก เพราะนอกจากจะใช้ในการบริโภคกันภายในประเทศทั้งในรูปผลสดและแปรรูป ยังสามารถส่งออกเป็นจำนวนมาก

ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกมะม่วงมาก ปลูกได้ทุก จังหวัด เพราะลักษณะของมะม่วงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้ดี ภาค ตะวันออกเป็นแหล่งผลิตมะม่วงเพื่อการค้าที่สำคัญ โดยเฉพาะจังหวัดฉะเชิงเทรา และชลบุรี มีเนื้อที่ ปลูกมะม่วงเป็นอันดับ 2 และ 4 ของประเทศ และเป็นอันดับ 1 และ 2 ของภาคตะวันออก แนวโน้ม การผลิตและการส่งออกในระยะ 5 ปีที่ผ่านมา ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยในด้านการผลิตปี 2549 มี เนื้อที่ปลูกรวมทั้งประเทศประมาณ 2.4 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 2 ล้านตัน ด้านการส่งออกซึ่งมีการ ส่งออกทั้งในรูปผลสดและแปรรูปนั้น มีปริมาณและมูลค่าการส่งออก ปริมาณ สองหมื่น ตัน มูลค่า 500 ล้านบาท โดยมีประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญคือ มาเลเซีย สิงคโปร์ ฮองกง ยุโรป ญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ เกาหลีใต้ ในปี 2548 ไทยส่งออกมะม่วงสดและผลิตภัณฑ์ ในปริมาณ 12,206 ตัน มูลค่า 547.73 ล้านบาท ชนิดของมะม่วงที่ส่งออกมากได้แก่ เชี่ยวสวย หนั่งกลางวัน โชคอนันต์ ภูาดอกไม้ แรด และ อกร่อง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) โดยตลาดส่งออกมะม่วงที่สำคัญของประเทศ ได้แก่ มาเลเซีย ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย สิงคโปร์ ฮองกง ไต้หวัน และ จีน จะเห็นได้ว่าตลาดส่งออกมะม่วงสดที่สำคัญอยู่ในแถบเอเชียซึ่งมีมูลค่าการส่งออกร้อยละ 95 ของการส่งออกทั้งหมด ตลาดที่สำคัญได้แก่ มาเลเซีย ฮองกง และสิงคโปร์ และตลาดใหม่ที่น่าจับตามอง นั่นคือ ตลาดประเทศญี่ปุ่นซึ่งประเทศไทยได้ส่งออกมะม่วงไป ตลาดนี้เป็นอันดับ 2 รองจากประเทศฟิลิปปินส์ ในปี 2549 บริษัท ซีพี ได้เปิดตลาด การส่งออกผลไม้โดยตั้งเป้าหมายที่จะเพิ่มยอดส่งออกผลไม้ ได้แก่ มะม่วง ส้มโอ มังคุด ไข่ไก่ 200 ล้าน บาท โดยมุ่งขยายการส่งออกไปในตลาดหลักคือ จีน ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ ตลาดรอง สิงคโปร์ มาเลเซีย ฮองกง รวมทั้งประเทศเพื่อนบ้าน เช่น กัมพูชา เวียดนาม และเริ่มขยายตลาดสู่ สหภาพยุโรป โดยร่วมมือกับกระทรวงพาณิชย์ ส่งสินค้าผลไม้ไปทดสอบตลาดที่ประเทศออสเตรเลีย และเยอรมนี และซี.พี.กำลังวางแผนเปิดตลาดสินค้าผลไม้คุณภาพดีในเมืองไทย และติดต่อหาสถานที่จำหน่ายในไทยซึ่งช่วยเพิ่มตลาดการส่งออกมะม่วงของประเทศให้สูงขึ้น

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะม่วง [1, 10-11]

มะม่วงจัดเป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ (Evergreen tree) มีชื่อพฤกษศาสตร์ *Mangifera indica, L.* ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์ ANACARDIACEAE เป็นพืชในวงศ์ไม้มะม่วง (Cashew family) มีสมาชิกในวงศ์จำนวน 82 สกุล (Genera) และประมาณ 800 ชนิด (Species) ส่วนใหญ่เป็นพืชเมืองร้อน อาจเป็นไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่ม ลักษณะเด่นของพืชในวงศ์นี้คือ บริเวณรอบ ๆ รังไข่จะมีลักษณะคล้ายจาน มีน้ำยาง (Resinous sap) อยู่ทุกส่วนของพืช ปกติรังไข่จะมีช่องว่างภายใน 1 ช่อง และมีผลเป็นแบบผลเมล็ดเดี่ยวแข็ง (Drupe) พืชที่อยู่วงศ์เดียวกัน ได้แก่ มะม่วงหิมพานต์ มะปราง มะกอก และถั่วพิสตาชิโอ

- ราก มะม่วงมีระบบรากแก้ว สามารถไซซอนลงสู่ระดับน้ำใต้ดินได้ลึกประมาณ 6 เมตร บริเวณรากหาอาหารจะอยู่หนาแน่นที่ผิวดินตอนบนลึกราว 1 - 2 ฟุต และจะแผ่กว้างออกเป็นรัศมี ราว 25 ฟุต โดยรอบลำต้น ในบางครั้งอาจเห็นรากมะม่วงเจริญผลึกลึ้นมาบนดินให้เห็น หากขาดการพูนโคนเป็นเวลานาน

- ลำต้น มีลักษณะตั้งตรง สูงประมาณ 10 - 14 เมตร และอาจสูงได้ถึง 45 เมตร มีลำต้นประจันเด่น สีน้ำตาลเทาเกือบดำ เปลือกลำต้นแข็ง มีลักษณะขรุขระและมีเกล็ดมากมาย ขนาดของลำต้น

ขึ้นอยู่กับพันธุ์และอายุต้นมะม่วง เนื้อไม้เมื่ออายุน้อยจะมีสีเขียว เมื่อเริ่มมีอายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมแดง ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปใช้ในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะเครื่องเรือนที่อยู่ในที่ร่ม มีกิ่งก้านสาขาใหญ่และแข็งแรงลักษณะทรงพุ่มเป็นครึ่งวงกลมหรือรูปไข่ หรือรูปไข่ค่อนข้างยาว

- ใบ ใบมะม่วงเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) เรียงตัวสลับกัน ทำให้มีลักษณะใบเรียงตัวเป็นเกลียว ใบไม่มีขน ไม่มีหูใบ ผลิใบออกมาเป็นระยะ ๆ ใบอ่อนมักมีสีออกแดง ใบเพศลาตเป็นระยะระหว่างที่ใบอ่อนเปลี่ยนเป็นจากสีม่วงเป็นสีเขียว ใช้เวลาประมาณ 15 - 20 วัน นับจากระยะผลิใบอ่อน เมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีเขียวแก่และมีผิวมัน ใบมีอายุ 1 ปี หรือมากกว่า ก้านใบเรียวยาวเล็กยาว 2.5 - 4.5 เซนติเมตร โคนก้านบวม แผ่นใบรูปใบหอก หรือรูปไข่แคบ ๆ รูปไข่ และรียาว ขนาดใบกว้าง 2 - 10 เซนติเมตร และยาว 8 - 40 เซนติเมตร ฐานใบแคบ ปลายเรียวแหลม เนื้อใบหนาแข็ง ก้านใบเรียวยาว 2.5 - 13 เซนติเมตร โคนก้านบวม มีเส้นใบ 20 - 30 คู่

- ดอก เรียงตัวเป็นช่อดอกย่อยแบบช่อกระจุก (Cyme) กิ่งแขนงของช่อดอกที่ยาวที่สุดเกิด เป็นกลุ่มบริเวณปลายฐานก้านช่อดอกย่อย และจะค่อย ๆ สั้นขึ้นไปสู่ยอดช่อดอก จากกิ่งแขนงจะมีกิ่งย่อยแยกออกไป และปลายกิ่งย่อยนี้จะมีดอกย่อย ซึ่งปรกติมี 3 ดอก ดอกมะม่วงมีหลายเพศ ประกอบด้วยดอกเพศผู้ และดอกสมบูรณ์เพศ อยู่ในช่อดอกเดียวกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 - 8 มิลลิเมตร และดอกมีกลิ่นหอม

ดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศแต่ละดอกจะมีกลีบดอกยาวประมาณ 2 เท่าของกลีบเลี้ยง ส่วนกลีบเลี้ยงมีขนาดเล็กและมีขนอ่อน จำนวน 4 - 5 กลีบ มีจานฐานดอก ลักษณะเป็นเนื้อประกอบด้วย 5 พู ความยาวเป็น 2 เท่าของกลีบระหว่างชั้นกลีบ ดอกและชั้นเกสร เพศผู้มีแผ่นจานวงกลมคั่นอยู่ เกสรเพศผู้ 5 อันแทรกอยู่ที่ขอบนอกของจานฐานดอก เกสรเพศผู้ 2 อัน ทำหน้าที่สืบพันธุ์ได้ ซึ่งมีความยาว 2 มิลลิเมตร บริเวณฐานกลีบดอกและบนจานจะมีน้ำต้อย (Nectar) ดอกสมบูรณ์เพศประกอบด้วยรังไข่ (Ovary) ทรงกลม สีเขียว รังไข่อยู่เหนือวงกลีบ (Superior ovary) มีก้านเกสรเพศเมีย 1 อัน เอียงไปด้านหนึ่งของยอดเกสรเพศเมียขนาดเล็ก ความยาวเท่ากับเกสรเพศผู้ที่สืบพันธุ์ได้ สำหรับเกสรเพศผู้ของดอกสมบูรณ์เพศประกอบด้วย ก้านชูอับเรณู (Filament) เกิดอยู่บนฐานดอก ที่ปลายจะมีอับเรณู (Anther) รูปไข่ 1 อันและอับเรณูนี้เวลาแตกจะแตกตามแนวยาวและปล่อยเรณู (Pollen) ออกมา อับเรณูเป็นสีชมพู และจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเมื่อแก่

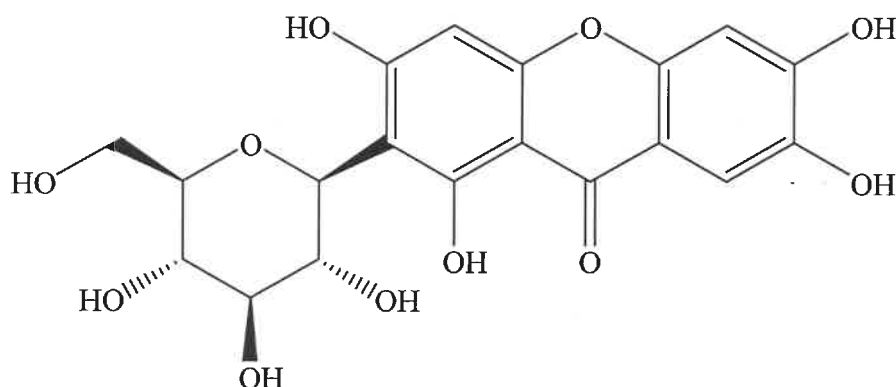
- ผล เป็นแบบผลเมล็ดเดี่ยวแข็ง (Drupe) ผลมีความแตกต่างกันมากในเรื่องของขนาด รูปร่าง สี ปริมาณเลี่ยน รสชาติ และกลิ่น รูปร่างมีตั้งแต่กลมไปจนถึงรูปไข่ค่อนข้างยาว ผลมักแบนด้านข้าง รูปร่างของผลอาจแตกต่างกันในส่วนของแก้ม (Sinus) ไหล่ (Shoulder) หลัง (Back) ปลาย (Apex) คาง (Nak) และจะงอยปาก (Beak) สีของผลมีส่วนผสมของสีต่าง ๆ คือ เขียว เหลือง และแดง อาจมีเส้นใยของผล) หรือไม่มี รสชาติ และกลิ่นมีตั้งแต่หวานและฉ่ำน้ำมากไปจนถึงมีไม่ลิ้น และค่อนข้างแข็ง ผลมะม่วงมีผนังผล 3 ชั้น คือ ผนังผลชั้นนอก (Exocarp) หนาและมีต่อมน้ำมันเกิดเป็นจุด ๆ ผนังผลชั้นกลาง (Mesocarp) เป็นเนื้อที่รับประทานได้ ความหนาของเนื้อมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ และผนังผลชั้นใน (Endocarp) มีลักษณะเป็นเส้นและแข็งคล้ายไม้ผนังผลชั้นในอาจล่อนหรือมีเส้นยึดติดกับผนังผลชั้นกลาง

- เมล็ด อยู่ถัดจากผนังผลชั้นในเข้าไป มีขนาดแตกต่างกัน ตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงบางแบน เกือบไม่มีเมล็ดหรือเมล็ดลีบ เปลือกเมล็ดมี 2 ชั้น คือชั้นนอก (Testa) และชั้นใน (Tegmen) มีใบเลี้ยงนิ่ม ใบเลี้ยงมี 2 อัน อาหารเลี้ยงเอ็มบริโอ (Embryo) ไม่อยู่ในใบเลี้ยง อาจมีสภาพให้เอ็มบริโอเดี่ยว (Mono embryony) หรือให้หลายเอ็มบริโอ กรณีหลังออกเป็นต้นกล้าได้ถึง 2 - 12 ต้น

2.2.2 แมนจิเฟอริน (Mangiferin) [11]

สารแมนจิเฟอริน (Mangiferin) (1,3,6,7-tetrahydroxy-2-[(2S, 3R, 4R, 5S, 6R) 3,4,5 trihydroxy-6-(hydroxymethyl) oxan-2-yl] xanthen-9-one) เป็นสารพฤษเคมีจากธรรมชาติ ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างจัดอยู่กลุ่มแซนธอนไกลโคไซด์ (Xanthone glycoside) โดยมีพันธะไกลโคไซด์ (C-glycosidic) ซึ่งเป็นพันธะที่เชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างของน้ำตาลกับโครงสร้างที่ไม่ใช่น้ำตาล สารประกอบและอนุพันธ์ เช่น ไอโซแมนจิเฟอริน (Isomangiferin) และอนุพันธ์ Methylated, O-glycosyl มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน แมนจิเฟอรินเป็นสารที่พบได้มากในพืชตระกูลมะม่วง ทั้งส่วน เปลือกไม้ ผล เปลือกผล โดยเฉพาะส่วนของใบเป็นส่วนที่มีรายงานว่าพบสารแมนจิเฟอรินในปริมาณที่มากกว่าส่วนอื่น ๆ

ปัจจุบันมีการนำแมนจิเฟอรินมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ เนื่องจากมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่โดดเด่น มีรายงานว่าแมนจิเฟอรินที่สกัดจากใบมะม่วงมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) มีฤทธิ์ในการขับปัสสาวะ (Diuretic) บำรุงหัวใจ (Chloretic and cardiotonic activities) และมีศักยภาพสูงในการแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคชนิดแกรมบวก อีกทั้งถูกนำไปใช้เป็นยา ป้องกันฟันผุ นอกจากนี้ยังแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อไวรัสเริมชนิดที่ 1 (Herpes Simplex virus type 1) โดยทำเป็นตำรับของยาทา Anti-herpes ointments นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสามารถลดการเกิดริ้วรอยบนผิวหนัง ลดการเสื่อมสลายของคอลลาเจนในผิวหนังปกป้องผิวที่ถูกทำลายจากแสงแดด



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างทางเคมีของแมนจิเฟอริน

2.3 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) [11]

การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นวิธีการแยกสาร โดยอาศัยสมบัติการละลายของสารในตัวทำละลาย หรือการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารที่ต้องการออกจากของที่ไม่ต้องการ โดยต้องเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการแยก ตัวทำละลายสามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้แก่

- ตัวทำละลายจะต้องไม่ละลายสารอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการสกัด
- ตัวทำละลายจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
- ตัวทำละลายสามารถแยกออกจากสารที่ต้องการสกัดได้ง่าย
- ตัวทำละลายไม่เป็นพิษ และมีราคาถูก

หลักในการสกัดสาร ต้องเติมตัวทำละลายที่เหมาะสมลงในที่ต้องการสกัด จากนั้นเขย่าแรง ๆ หรือนำไปต้ม เพื่อให้สารที่ต้องการสกัดละลายในตัวทำละลายที่เลือกไว้ สารที่สกัดได้ยังเป็นสารละลายอยู่ ถ้าต้องการทำให้บริสุทธิ์ ควรจะนำสารที่ได้ไปแยกตัวทำละลายออกมาก่อน อาจนำไประเหย หรือนำไปกลั่น

2.3.1 การสกัดสารจากพืชธรรมชาติ

การสกัดสารจากพืชทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการสกัดเบื้องต้น จะต้องประกอบเป็นของผสมหรือสารสกัดอย่างหยาบ (Crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาจากพืชโดยใช้ตัวทำละลาย สารสกัดอย่างหยาบเป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของพืชซึ่งจะมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางยา เรียกว่า สารสำคัญ (Active constituents) และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทางยาซึ่งเรียกว่า สารเฉื่อย (Inert) ชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบในสารสกัดจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพของพืช ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการเตรียมสารสกัดได้แก่ น้ำ แอลกอฮอล์ หรือ สารละลายผสมของสารละลายทั้ง 2 ชนิด นอกจากนี้อาจใช้กรดหรือด่างเติมลงในตัวทำละลาย เพื่อปรับความค่าเป็นกรด-ด่างของตัวทำละลายให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และสารชนิดอื่น ๆ เช่น อีเทอร์ (Ether) คลอโรฟอร์ม (Chloroform) อาจมีใช้ในบางเฉพาะกรณี

2.3.2 ชนิดของตัวทำละลายสำหรับการสกัด

1. **น้ำ** เป็นตัวทำละลายที่ดี หาง่ายและมีราคาถูก แต่การใช้น้ำอย่างเดียวเป็นตัวทำละลาย อาจไม่สามารถละลายองค์ประกอบที่ต้องการออกมาได้ไม่มาก นอกจากนี้ยังเป็นตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูง อาจทำให้เกิดการเสื่อมของสารสกัดที่ต้องการในระหว่างกระบวนการได้ อีกทั้งการแยกน้ำออกจากสารสกัดอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายกับสารสกัดได้เช่นกัน ดังนั้นจึงไม่ค่อยนิยมใช้น้ำเป็นตัวทำละลายร่วมกับตัวทำละลายชนิดอื่น เช่น แอลกอฮอล์ หรือ กรดอินทรีย์ โดยหากเติมกรดเล็กน้อยลงในน้ำ (Acidified water) สามารถใช้สกัดองค์ประกอบสำคัญในพืชที่เป็นสารประกอบแอลคาลอยด์ ส่วนน้ำที่เติมด่างลงไปเล็กน้อย (Alkalized water) จะสามารถใช้สกัดพืชสมุนไพรบางชนิด เช่น เปลือกคาสคารา (Cascara bark) เป็นต้น

2. **แอลกอฮอล์** จัดเป็นตัวทำละลายที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ โดยแอลกอฮอล์มีข้อดี คือ มีความจำเพาะ (Selectivity) ในการละลายมากกว่าน้ำ นอกจากนี้แอลกอฮอล์มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และหากต้องการทำให้สารสกัดเข้มข้น จะสามารถระเหยได้ง่ายกว่าการใช้น้ำ แต่ราคาของแอลกอฮอล์จะสูงกว่าน้ำ

3. **น้ำผสมแอลกอฮอล์ (Hydroalcoholic mixture)** เป็นตัวทำละลายที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากสามารถละลายสารสำคัญในพืชได้ใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ แต่ราคาถูกกว่า และยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย นอกจากนี้การใช้น้ำผสมแอลกอฮอล์ ยังช่วยป้องกันการแยกตัวของสารต่าง ๆ ในการสกัดเมื่อตั้งทิ้งไว้ ซึ่งมักเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้น้ำอย่างเดียวในการสกัด

นอกจากตัวทำละลายที่กล่าวมาข้างต้น ตัวทำละลายอินทรีย์อาจมีการนำมาใช้ในการสกัดสารสำคัญจากพืช เช่น คลอโรฟอร์ม (Chloroform) และอีเทอร์ (Ether) เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลาง ใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว (Non-polar component) ไปจนถึงสารที่มีขั้วปานกลาง โดยใช้สกัดในขั้นต้นเพื่อกำจัดสารพวกไขมันออกไปก่อนที่ จะทำการสกัดสารสำคัญ แต่ต้องระเหยเอาตัวทำละลายเหล่านี้ออกไปจนหมดก่อนทำการสกัดขั้นต่อไป ตัวทำละลายเหล่านี้นิยมใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว (Non polar component) เช่น ไขมัน (Lipids), สเตียรอยด์ (Steroids), เทอร์พีนอยด์ (Terpenoids) เป็นต้น

2.3.3 ปัจจัยในการเลือกวิธีการสกัด

สิ่งที่มีผลต่อการเลือกวิธีการสกัดสารสำคัญออกจากพืชธรรมชาติ ต้องพิจารณาจากลักษณะของสารที่ต้องการสกัดเป็นสำคัญ เลือกวิธีการจึงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น

- ความสามารถในการระเหย จุดเดือด ความคงทนต่อความร้อนของสารที่ต้องการสกัด
- จุดประสงค์ของสกัดว่าต้องการนำสารไปใช้ในเชิงคุณภาพหรือปริมาณ

- ความมีขั้วของสาร (Polarity) ที่ต้องการสกัดออก
- ความไม่เสถียรของสาร โดยสารประกอบหลายตัวที่ไม่คงตัวอาจเกิดการออกซิไดซ์กับออกซิเจนได้ หรือเกิดการแตกตัวเมื่อสัมผัสความร้อนที่สูง หรือสัมผัสความเป็นกรด-ด่างที่สูง
- ระดับความเข้มข้นและปริมาณวัตถุดิบที่จะนำมาใช้

2.3.4 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสกัด

1. ขนาดอนุภาค (particle size) ของตัวถูกละลาย ถ้ามีขนาดเล็กจะทำให้พื้นที่ผิวในการถ่ายเทมวลสารมากขึ้น และระยะทางของตัวถูกละลายที่อยู่ภายในของแข็งจะสั้นลง ทำให้สามารถ แพร่กระจายออกสู่ตัวทำละลายได้เร็วขึ้น

2. ตัวทำละลาย (Solvent) ตัวทำละลายที่ดีควรมีขั้วที่เหมาะสมกับตัวถูกละลาย และมีโดยทั่วไปใช้ตัวทำละลายบริสุทธิ์ ซึ่งจะไม่มีตัวถูกละลายอื่น ๆ

3. อุณหภูมิของตัวทำละลาย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อัตราการสกัดสูงขึ้น เนื่องจากสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายมีค่ามากขึ้น

4. เวลาในการสกัด ถ้าใช้เวลาในการสกัดน้อย สารที่ต้องการสกัดจะถูกสกัดออกมาน้อย ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาในการสกัดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณสารสกัดมากที่สุด

5. การปั่นกววน เป็นสิ่งสำคัญเพราะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการสกัดเนื่องจากเกิดการแพร่ ในภาวะปั่นกววน ทำให้อัตราการแพร่สูงขึ้น การถ่ายเทมวลสารจากผิวสัมผัสของอนุภาคไปยัง ของเหลวภายนอกดีขึ้น การกววนทำให้อนุภาคลอยตัวผสมกันได้ดี และการลอยตัวมีผลทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลวมีมากขึ้น ทำให้การสกัดดีขึ้น

2.4 เส้นใยประดิษฐ์ [12]

เส้นใยประดิษฐ์เป็นกลุ่มเส้นใยที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเพื่อทดแทนและเพิ่มแนวทางการใช้งานเส้นใยให้เกิดความหลากหลายมากกว่าเส้นใยจากธรรมชาติ ทั้งในด้านลักษณะและสมบัติที่ปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ (Regenerated Fiber) และเส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic Fiber)

กระบวนการผลิตเส้นใยประดิษฐ์เป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ โดยมีการใช้ทั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์เป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยจะนำพอลิเมอร์มาผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยวิธีที่แตกต่างกันออกไป ได้เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นสารละลายสำหรับการผลิตเส้นใย ในการผลิตเป็นเส้นใยจะนำตัวสารละลายพอลิเมอร์บรรจุลงในแท่งบีบอัดให้แน่นในที่บรรจุ ปลายอีกด้านจะเป็นหัวฉีดซึ่งจะฉีดพอลิเมอร์ออกมาเกิดปฏิกิริยากับอากาศ ของเหลว หรืออุณหภูมิที่ต่างกันไป ทำให้พอลิเมอร์มีการเปลี่ยนรูปจากพอลิเมอร์เหลวไปเป็นเส้นใย

อุตสาหกรรมเส้นใยประดิษฐ์เติบโตอย่างรวดเร็วและได้รับความนิยม ด้วยลักษณะ สมบัติของเส้นใยเทียบเท่าเส้นใยจากธรรมชาติ สามารถผลิตได้ตามความต้องการ ทำให้อุตสาหกรรมนี้เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

2.4.1 วิสโครอสเรยอน (Viscous Rayon) [13]

วิสโครอสเรยอนเป็นเส้นใยประดิษฐ์ในกลุ่มของเส้นใยกึ่งสังเคราะห์จากธรรมชาติ การผลิตเส้นใยเรยอนประกอบไปด้วยเซลลูโลสจากธรรมชาติที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่โดยจะต้องมีหมู่แทนที่ไฮดรอกซิลไม่มากกว่าร้อยละ 15 ของหมู่ไฮดรอกซิล

2.4.1.1 ประวัติความเป็นมา [14, 15]

แนวคิดในการสังเคราะห์เส้นใยประดิษฐ์เกิดขึ้นครั้งแรกโดย โรเบิร์ต ฮุก (Robert Hooke) ซึ่งได้บันทึกไว้ในหนังสือ *Micrographia* แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมั่นว่ามีวิธีที่จะคิดประดิษฐ์เส้นใยให้มีลักษณะเหมือนเส้นใยไหมได้ แต่ต่อมา ในปี ค.ศ. 1855 จอร์จ โอเดอมาร์ส (George Audemars) นักเคมีชาวสวิส ได้ผลิตใยยาวจากของเหลวที่เตรียมจากของผสมระหว่างเปลือกหม่อนและกรดไนตริก เมื่อใช้เข็มจิ้มลงไปใต้น้ำยาเหลว ๆ แล้วดึงขึ้นมาจะเป็นใยยาว เมื่อถูกอากาศจะแห้งและแข็งตัวเป็นเส้นใย แต่ไม่ได้รับความสนใจเนื่องจาก มีอัตราการผลิตที่ค่อนข้างช้า ต่อมาปี ค.ศ. 1862 Ozanam ได้สามารถประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้สำหรับผลิตเส้นใยสังเคราะห์ได้สำเร็จ เรียกอุปกรณ์นี้ว่า “Spinnerette” ซึ่งได้มีการนำมาใช้สำหรับการผลิต เส้นใยสังเคราะห์ทุกชนิดในเวลาต่อมา นอกจากนั้น Ozanam ได้นำเอาใบหม่อนไปวิเคราะห์เพื่อนำมาทำเส้นใย แต่ผลที่ได้เป็นใยเซลลูโลส

ในปี ค.ศ. 1888 ฮิแลร์ เดอ ชาร์ดอนเน็ต (Hilaire de Chardonnet) วิศวกรชาวฝรั่งเศสได้ค้นพบไนโตรเซลลูโลสที่สามารถนำมาใช้ทดแทนเส้นใยไหมแท้ได้ โดยสิ่งที่ค้นพบเรียกว่า “*Chardonnet silk (soie de Chardonnet)*” ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตเส้นใยกึ่งสังเคราะห์เป็นครั้งแรก แต่ด้วยไหมเทียมที่คิดค้นสามารถติดไปได้ง่าย จึงได้มีการพัฒนาต่อมา จนกระทั่งปี ค.ศ. 1891 ในประเทศอังกฤษ โดย ชาร์ลส์ เฟรเดอริก คروس (Charles Frederick Cross) เอ็ดเวิร์ด จอห์น เบวาน (Edward John Bevan) และเคลย์ตัน บีเดิล (Clayton Beadle) ได้ทำการศึกษาการละลายเซลลูโลส โดยไม่ต้องทำให้เป็นไนโตรเซลลูโลส พบว่าสามารถละลายเซลลูโลสได้โดยการนำเซลลูโลสไปทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) และคาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbon disulphide) เป็นตัวทำละลาย และนำไปเจือจางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้สารละลายข้นหนืดสีเหลืองที่เรียกว่า “Viscous” ซึ่งสามารถนำไปฉีดเป็นเส้นใยได้ซึ่งผลงานดังกล่าวได้รับการจดสิทธิในปี ค.ศ. 1892 จากผลงานดังกล่าวได้มีการนำไปผลิตเส้นใยวิสครอสเรยอนในการทางค้าในครั้งแรกใน ปี ค.ศ. 1905 โดย บริษัท Courtaulds Ltd. ในประเทศอังกฤษ และได้มีการเปิดสาขาในประเทศสหรัฐอเมริกา ใน ปี ค.ศ. 1910 ในชื่อ American Viscose (ต่อมารู้จักกันในชื่อ Avtex Fibers) ซึ่งได้มีการพัฒนาสูตรในการเตรียมเส้นใยและมีการผลิตและจัดจำหน่ายในชื่อ “Rayon” ในปี ค.ศ. 1924 โดยใช้สารละลายวิสครอสในการผลิตเส้นใยเรยอนและเซลโลเฟน และเนื่องด้วยภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 1 เส้นใยธรรมชาติมีปริมาณการผลิตน้อยลง เส้นใยเซลลูโลสสังเคราะห์จึงแพร่หลายมากยิ่งขึ้น เส้นใยเรยอนได้พัฒนาก้าวหน้าเรื่อย ๆ สามารถปรับปรุงสมบัติ มีความเหนียวมากขึ้น มีความมันลดลง สามารถผลิตเป็นเส้นใยยาวได้ ประเทศญี่ปุ่นจึงเริ่มให้ความสนใจอุตสาหกรรมการผลิตเรยอน จนกระทั่งกลายเป็นผู้นำในเรื่องการผลิตเรยอน

2.4.1.2 การผลิตวิสครอสเรยอน [14]

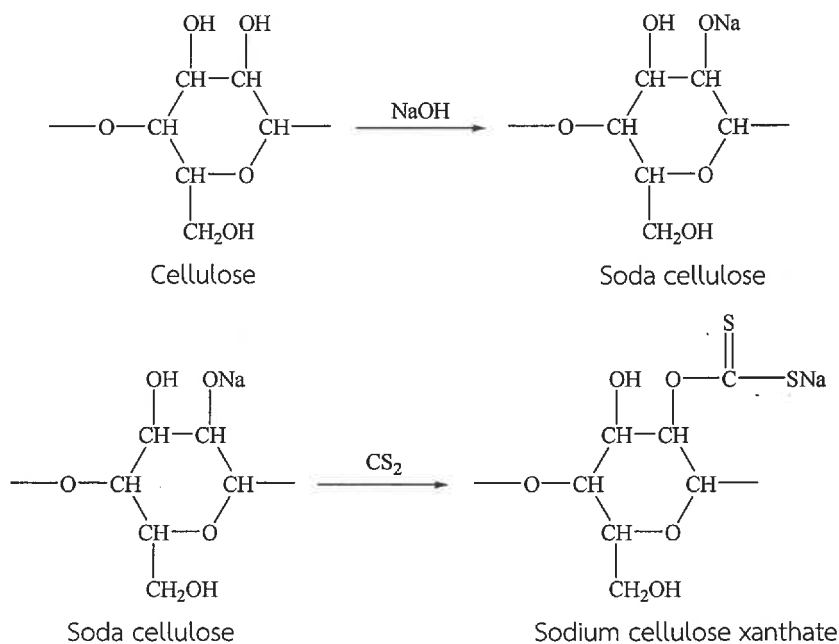
- วัตถุดิบ

ในการผลิตเส้นใยวิสครอสเรยอน มีวัตถุดิบหลัก คือ เศษเยื่อจากฝ้ายและเยื่อไม้ นำผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อทำเป็นสารละลายพอลิเมอร์ แล้วจึงนำไปฉีดเป็นเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ ซึ่งเยื่อไม้จะมีปริมาณของเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 94 ทำให้เป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิต

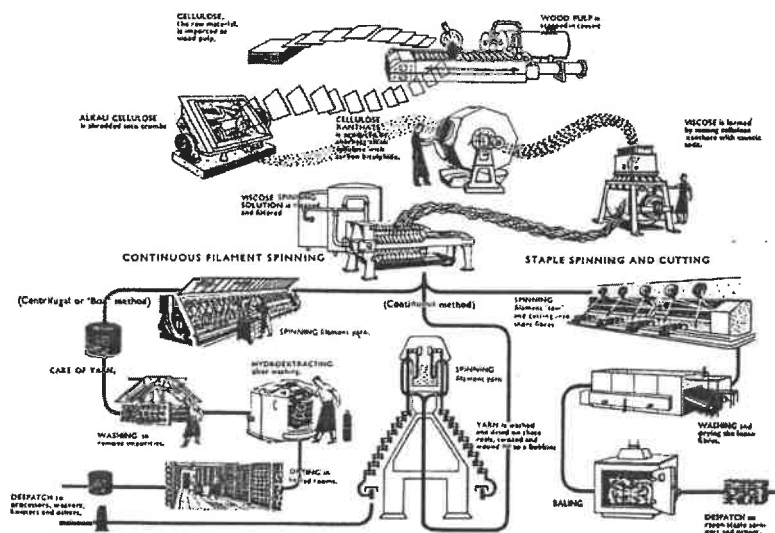
- การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์

ขั้นตอนแรกในการผลิตวิสครอสเรยอน คือการสร้างอัลคาไลน์เซลลูโลส (Alkaline cellulose) โดยนำเศษเยื่อไม้แช่ลงในโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อให้เกิดการพองตัวของเศษเยื่อไม้ ใช้เวลาประมาณหนึ่งชั่วโมง จากนั้นนำไปบดอัดเพื่อกำจัดโซเดียมไฮดรอกไซด์ส่วนเกินออก และนำไปตะกุกให้เยื่อไม้

แยกตัวออกจากกัน บ่มเก็บทิ้งไว้ข้ามวันเพื่อให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสในเศษเยื่อไม้ กลายเป็นอัลคลาไลน์เซลลูโลส นำเยื่อไม้ที่ได้ผสมกับคาร์บอนไดซัลไฟด์เข้าด้วยกันจนเยื่อไม้มีสีเหลืองแกมส้ม และนำไปละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางได้สารละลายเหนียวข้นสำหรับฉีดเป็นเส้นใย สารละลายที่ได้ เมื่อนำไปฉีดเป็นเส้นใยจะได้เส้นใยที่มีลักษณะใส มั่นคง ไม่มีสี คล้ายเส้นใยไหม



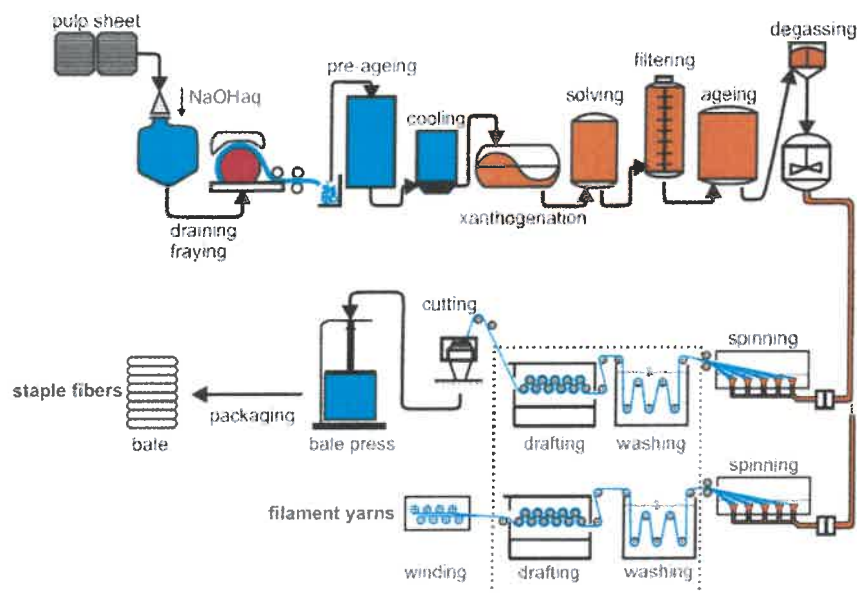
ภาพที่ 2.17 ปฏิกิริยาการเตรียมวิสครอสเรยอน [14]



ภาพที่ 2.18 กระบวนการผลิตวิสครอสเรยอนของบริษัท Courtaulds Ltd. [14]

- การปั่นเส้นใย

การปั่นเส้นใยวิสครอสเป็นการฉีดเส้นใยโดยเปลี่ยนรูปของสารละลายจากของเหลวให้กลายเป็นของแข็ง โดยฉีดสารละลายออกมาผ่านหัวฉีดลงในอ่างสารละลายที่ประกอบด้วย กรดซัลฟิวริก โซเดียมซัลเฟต และซิงค์ซัลเฟต โดยเมื่อฉีดสารลงมาในอ่างตกตะกอนจะเกิดปฏิกิริยาให้ไม่ละลายน้ำและคืนสภาพกลับกลายเป็นของแข็งเกิดเป็นเส้นใย การฉีดเส้นใยสามารถเป็นทั้งเส้นใยสั้นและเส้นใยยาวได้ตามความต้องการในการผลิต

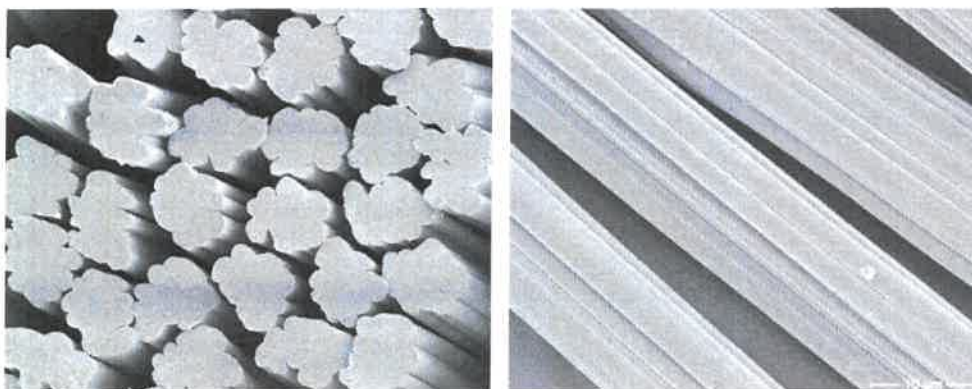


ภาพที่ 2.19 กระบวนการการปั่นเส้นใยวิสครอสเรยอน [16]

2.4.1.3 สมบัติของวิสครอสเรยอน [14, 15]

- สมบัติทางกายภาพ

วิสครอสเรยอนเป็นเส้นใยประดิษฐ์สามารถผลิตได้ทั้งใยสั้นและใยยาว ความมันเงาของเส้นใยมีหลายระดับ ขึ้นกับปริมาณไทเทเนียมที่เข้าไปในกระบวนการผลิต ขนาดของเส้นใยมีหลากหลาย ขึ้นอยู่กับลักษณะของการนำไปใช้งาน เส้นใยอาจเรียบหรือมีลักษณะหยิกงอ เส้นใยเรยอนชนิดมาตรฐานเมื่อมองจากกล้องจุลทรรศน์ ตามความยาวของเส้นใย มีลักษณะเป็นขีดยาวตลอดเส้นใยเรียกว่า Striations และมีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นวงกลม หรือรูปร่างหยักคล้ายดอกไม้ (Serrated circular shape)



ภาพที่ 2.20 ลักษณะของเส้นใยวิสครอสเรยอน [16]

วิสครอสเรยอนเป็นเส้นใยที่มีความมันเงาสูง ถ้าต้องการลดความมันเงาลง สามารถเติมสารลดความมันเงาเข้าไปในระหว่างกระบวนการผลิตเส้นใยได้ วิสครอสเรยอนชนิดมาตรฐานมีความแข็งแรงปานกลาง ขณะที่วิสครอสเรยอนชนิดความแข็งแรงสูงจะมีความเหนียวสูงถึงสูงมาก แต่ความแข็งแรงจะลดลงเมื่อเปียกซึ่งแตกต่างจากฝ้าย ให้ผ้าที่ทำจากเส้นใยเรยอนชนิดมาตรฐานมีความคงทนต่อการขัดถูต่ำ และมีความแข็งแรงไม่สูง เรยอนดูดความชื้นได้ดีกว่าเส้นใยเซลลูโลส ทำให้การสวมใส่ผ้าที่ทำจากเรยอนมีความสบายและไม่เกิดปัญหาไฟฟ้าสถิต เรยอนจะสลายตัวที่อุณหภูมิระหว่าง 177 - 205 องศาเซลเซียส โดยความเหนียวของเส้นใยจะลดลงที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส

- สมบัติทางเคมี

วิสครอสเรยอนสามารถละลายได้ในสารละลายกรดแร่เจือจางที่ร้อน หรือกรดเข้มข้นที่อุณหภูมิห้อง แต่สามารถทนต่อสารละลายต่างอ่อน ต่างแก่จะทำให้เส้นใยพองตัวและความเหนียวลดลง สารฟอกขาวชนิดออกซิไดซ์และรีดิวซ์ที่ความเข้มข้นต่ำ สามารถนำมาใช้ในการฟอกขาวหรือกำจัดรอยเปื้อนบนเรยอน แต่อุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรเกิน 50 องศาเซลเซียส สารออกซิไดซ์ที่รุนแรง เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ สามารถทำลายเส้นใยได้ ในการย้อมสีเรยอนสามารถดูดซึมสีได้ดีกว่า ปกติเรยอนย้อมด้วยสีไดเรกต์ สีแวต และสีซัลเฟอร์

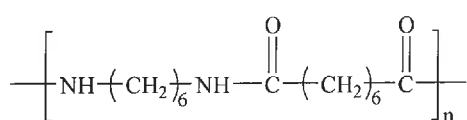
2.4.2 พอลิเอไมด์ (Polyamide)

พอลิเอไมด์เป็นพอลิเมอร์ที่มีกลุ่มเอไมด์ต่อกันเป็นสายโซ่โมเลกุลหลัก ซึ่งมีทั้งที่พบตามธรรมชาติและสังเคราะห์ได้ปฏิกิริยาทางเคมี โดยพอลิเอไมด์ตามธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยโปรตีน เช่น ไหม และขนสัตว์ สำหรับพอลิเอไมด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น ไนลอน และอะรามิด ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีความสำคัญทางด้านสิ่งทอ

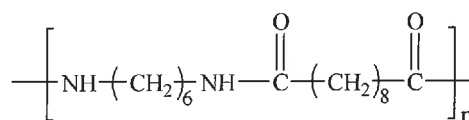
2.4.2.1 ประวัติความเป็นมา [13, 16]

พอลิเอไมด์ถูกค้นพบครั้งแรกใน ปี ค.ศ. 1934 โดย วอลเลซ ฮูม แครโรเธอร์ส (Wallace Hume Carothers) และทีมวิจัยของบริษัท DuPont de Nemours, Inc. โดยแครโรเธอร์ส ได้นำเฮกซะเมทิลีนไดเอมีน (Hexamethylene diamine) มาทำปฏิกิริยากับกรดอะดิปิก (Adipic acid) เกิดการรวมตัวกันเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ ซึ่งได้น้ำเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยา ต่อมาภายหลังทีมวิจัยได้มีการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อให้ทำให้เส้นใยนี้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยการใช้อุปกรณ์ที่สามารถกลั่นน้ำออกจากระบบได้ เกิดเป็นเส้นพรากติกที่มีความยืดหยุ่นดี และมีความแข็งแรง โดยทีมวิจัยตั้งชื่อพอลิเมอร์ที่ค้นพบว่า ไนลอน 6,6 (Nylon 6,6) เนื่องจากเฮกซะเมทิลีนไดเอมีนและกรดอะดิปิก มีคาร์บอนจำนวน 6 อะตอมต่อโมเลกุล ในภายหลังบริษัท DuPont de Nemours, Inc. ได้ผลิตออกจำหน่ายครั้งแรกในปี ค.ศ. 1939 จึงถือว่าไนลอน 6,6 เป็นเส้นใยสังเคราะห์ชนิดแรก โดยได้นำไปผลิตเป็น ขนแปรง ถุงเท้า ชุดชั้นใน และ ถุงน่อง ไนลอนได้ถูกนำมาแทนที่เส้นใยไหมอย่างแพร่หลาย ต่อมาได้มีการขยายขอบเขตการใช้งานออกไปในส่วนทางการทหาร เช่น หมวกกันน็อก รั้วลวดหนาม และเชือกในช่วงต้นสงครามโลกครั้งที่ 2 ภายหลังสงครามได้มีการนำไนลอนมาใช้ในการงานด้านสิ่งทอ เช่น แห อวนจับปลา และอุตสาหกรรมพรมเพื่องานตกแต่งภายใน

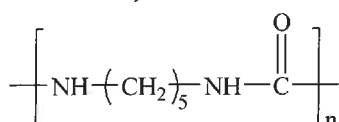
ไนลอน 6,6 เป็นเส้นใยที่มีความสำคัญมากทางอุตสาหกรรม แต่ต่อมาได้มีการพัฒนากระบวนการสังเคราะห์เกิดเป็นพอลิเอไมด์ชนิดต่าง ๆ มากมาย โดยชนิดที่มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในทางการค้าได้แก่ ไนลอน 6,6 ไนลอน 6,10 ไนลอน 6 และ ไนลอน 11



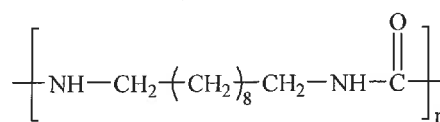
Nylon 6,6



Nylon 6,10



Nylon 6



Nylon 11

ภาพที่ 2.21 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเอไมด์ชนิดต่าง ๆ

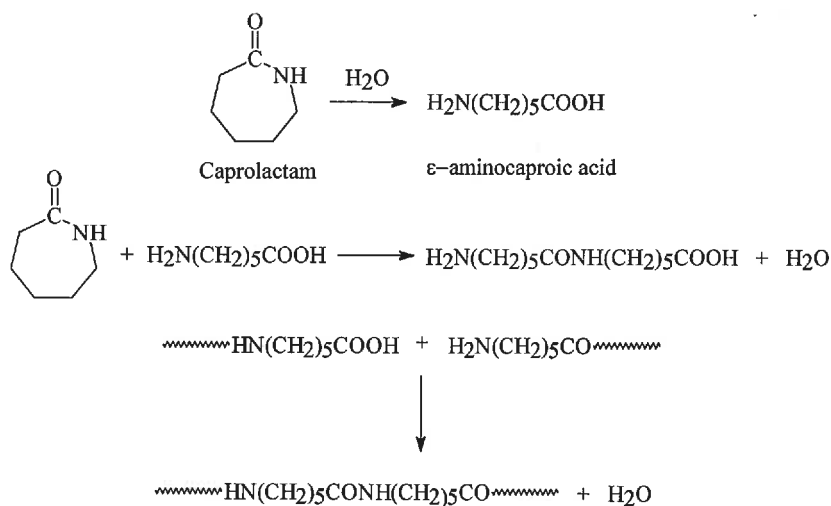
2.4.2.2 กระบวนการผลิตพอลิเอไมด์ [13, 16-17]

พอลิเอไมด์เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถสังเคราะห์จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น (Condensation polymerization) ของสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ กรดไดคาร์บอกซิลิก (Dicarboxylic acid) กับไดเอมีน (Diamine) เช่น ไนลอน 6,6 และ ไนลอน 6,10 หรือสามารถสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาการเปิดวงแหวน (Ring-opening polymerization) ของสารประกอบเอไมด์แบบวงแหวน (Lactam) เช่น ไนลอน 6

การเรียกชื่อพอลิเมอร์ที่ได้จะเรียกตามจำนวน Nylon number ซึ่งเป็นการระบุจำนวนคาร์บอนอะตอมของสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ โดยพอลิเอไมด์ที่ได้จากปฏิกิริยาแบบควบแน่น ตัวเลขตัวแรกเป็นจำนวนคาร์บอนของไดเอมีน ตามด้วยจำนวนคาร์บอนอะตอมของกรดไดคาร์บอกซิลิก เช่น ไนลอน 6,6 สำหรับพอลิเอไมด์ที่เตรียมสารตั้งต้นเพียงชนิดเดียวจะเรียกตามจำนวนคาร์บอนในมอนอเมอร์ เช่น ไนลอน 6 ที่ใช้คาโพรแลคตัม (Caprolactam) เป็นสารตั้งต้นในการผลิต

- การสังเคราะห์ไนลอน 6

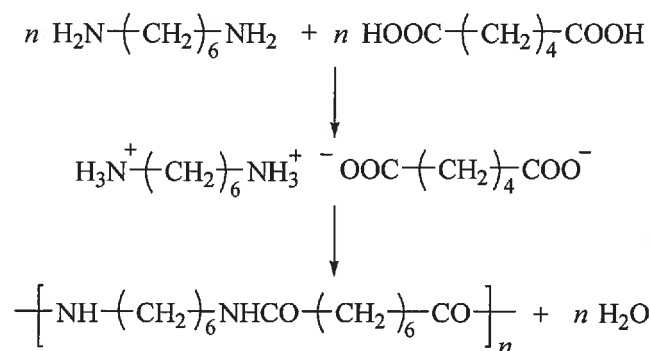
ไนลอน 6 เตรียมได้จากปฏิกิริยาการเปิดวงแหวนของคาโพรแลคตัม โดยในทางอุตสาหกรรมโดยใช้คาโพรแลคตัมผสมกับน้ำ ซึ่งทำหน้าที่เหมือนตัวเร่งปฏิกิริยา และใส่กรดอะซิติกเข้าไปเป็นตัวควบคุมน้ำหนักโมเลกุล ให้อุณหภูมิแก่ของผสมที่ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จะได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณร้อยละ 90 และน้ำหนักโมเลกุลต่ำประมาณร้อยละ 10 และใช้น้ำร้อนล้างพวกน้ำหนักโมเลกุลต่ำออก



ภาพที่ 2.22 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไนลอน 6

- การสังเคราะห์ไนลอน 6,6

ไนลอน 6,6 เตรียมได้ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่นระหว่างเฮกซะเมทิลีนไดเอมีน และกรดอะดิปิก ในเมธานอลที่เดือด โดยน้ำหนักโมเลกุลที่ได้ต้องสูงกว่า 10,000 จึงจะสามารถนำไปผลิตเป็นเส้นใยได้ ในการเตรียมปกติจะได้เกล็ดไนลอนซึ่งไม่ละลายในเมธานอลก่อน จากนั้นจึงนำมาละลายน้ำแล้วผ่านสารละลายเข้าไปในหม้ออัดความดันไอน้ำแรงสูง (Autoclave) ที่มีกรดอะซิติก (Acetic acid) อยู่เพื่อควบคุมน้ำหนักโมเลกุลให้อยู่ในช่วง 10,000 -15,000 อุณหภูมิประมาณ 220 องศาเซลเซียส ความดัน 20 บรรยากาศ ประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 270 - 280 องศาเซลเซียส รักษาความดันให้คงที่ ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วค่อย ๆ ลดความดันลงให้ปกติ จากนั้นนำพอลิเมอร์ออกด้วยก๊าซไนโตรเจน แล้วทำให้เย็นด้วยน้ำ จะได้ไนลอนออกมาเป็นลักษณะเส้นยาว ๆ (Ribbon)



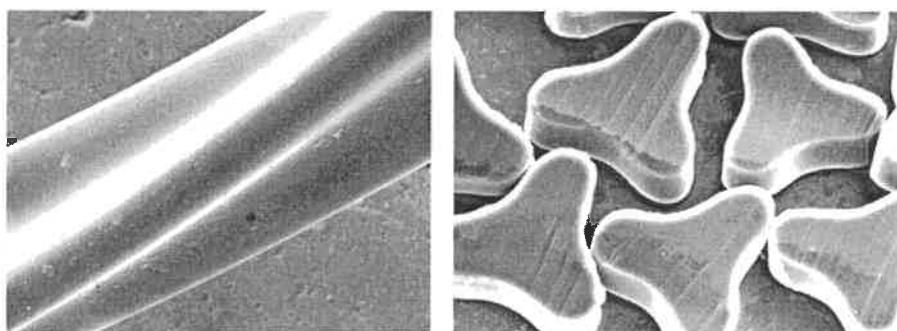
ภาพที่ 2.23 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไนลอน 6,6

2.4.2.3 สมบัติของไนลอน [12, 16]

- สมบัติทางกายภาพ

เส้นใยไนลอนมีลักษณะเรียบและเป็นมัน ภาควัดขวางจะกลม ยกเว้นไนลอน 6,6 ที่มีชื่อการค้าว่า Antron จะมีลักษณะสามเหลี่ยมมุมมน ความยาวจะเห็นเป็นเส้นเรียบเสมอกันตลอดทั้งเส้นค่อนข้างใส และจะมีจุดเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป ไนลอนเป็นเส้นใยที่มีการยืดหยุ่นดีมาก และสามารถยืดตัวได้มากถึงร้อยละ 22 ก่อนถึงจุดขาด ซึ่งเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง เช่น เสื้อผ้าที่ต้องการให้เกิดความกระชับรูปทรง ความเหนียวของเส้นใยจะแตกต่างกันตามจุดประสงค์ที่ผลิตเพื่อการใช้งานในแต่ละด้าน โดยเมื่อเปียกจะลดลง

ไนลอนดูดความชื้นได้น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยธรรมชาติ แต่ในกลุ่มเส้นใยสังเคราะห์ด้วยกัน เส้นใยไนลอนเป็นเส้นใยที่ดูดความชื้นได้ดีที่สุด ที่ภาวะมาตรฐาน ไนลอน 6,6 ดูดความชื้นได้ร้อยละ 4.2 - 4.5 และ ไนลอน 6 ดูดความชื้นได้ร้อยละ 3.5 - 5.0 เส้นใยไนลอนเป็นเส้นใยในกลุ่มเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ไนลอน 6,6 หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และ ไนลอน 6 หลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 210 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.24 ลักษณะของเส้นใยไนลอน [16]

- สมบัติทางเคมี

เส้นใยไนลอนสามารถละลายได้ในสารละลายกรด เช่น กรดฟอร์มิก (Formic acid) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) กรดไนตริก (Nitric acid) และละลายได้ในสารอินทรีย์บางชนิด เช่น ฟีนอล (Phenol) เมตาครีซอล (m-Cresol) น้ำยาซักแห้งหรือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ลบรอยเปื้อนผ้าไม่ทำให้ผ้าไนลอนเสียหาย ไนลอนทนต่อเชื้อราและแบคทีเรียได้พอสมควร ถ้าตกแต่งผ้าไนลอนด้วยการลงแป้งจะทำให้เชื้อราขึ้นได้ ตัวแมลงและมอดไม่กินผ้าไนลอน แต่ถ้าพับเก็บไว้นาน อาจทำให้เหม็น หรือแมลงกัดกินตามรอยพับได้

ไนลอนเป็นเส้นใยที่มีสีขาวตั้งแต่การผลิตออกมา ทำให้การฟอกขาวจึงไม่จำเป็นสำหรับเส้นใยไนลอน การฟอกขาวควรทำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสีแต่ต้องผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งสกปรก เนื่องจากการฟอกขาวอาจทำให้สิ่งสกปรกเข้าไปจับยึดติดกับเส้นใยจำพวกน้ำมันจาระบี และไม่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกออกไปได้ โดยกระบวนการฟอกขาวเส้นใยไนลอนสามารถทำได้ลักษณะและสารเหมือนกับเส้นใยอื่นปกติได้ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น

ไนลอนสามารถย้อมติดสีด้วยสีย้อมได้หลากหลายชนิด มีขอบเขตของสีที่กว้างด้วยหมู่โมเลกุลของเส้นใยที่สามารถจับและทำให้น้ำสีเข้าสู่เส้นใยได้ดี ทำให้สามารถย้อมติดสีกับสีย้อมเส้นใยอื่นในกระบวนการย้อมที่เป็นการย้อมผ้าเส้นใยไนลอนและผ้าเส้นใยไนลอนผสม สีย้อมที่นิยมใช้ย้อมคือ สีแอซิด ในกระบวนการใช้อุณหภูมิประมาณ 80 - 100 องศาเซลเซียส

2.5 สารมอร์แดนท์ [18]

สารมอร์แดนท์ จัดเป็นสารช่วยย้อมชนิดหนึ่งที่ใช้นิยมใช้ในการย้อมสีธรรมชาติ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการย้อมมีการติดสีและคงทนของสีต่อการใช้งานไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้สารมอร์แดนท์มาเป็นตัวช่วยให้เส้นใยดูดซับสีได้ดีขึ้น ช่วยให้สียึดติดเส้นใยได้แน่นขึ้น และมีความคงทนของสีเพิ่มขึ้น โดยสารมอร์แดนท์ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอลูมิเนียม 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 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้มอร์แดนท์ทองแดง คือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการตกค้างของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการย้อมได้

- เฟอร์รัสซัลเฟต (มอร์แดนท์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดเส้นด้ายและช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทนเทา-ดำ ซึ่งมอร์แดนท์เหล็กมีข้อดี คือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ แต่มีข้อควรระวังคือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้ายเปื่อย



สารส้ม



จุนสี



เฟอร์รัสซัลเฟต

ภาพที่ 2.25 สารมอร์แดนท์ชนิดต่าง ๆ

2.6 การวัดค่าสี [4,20]

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

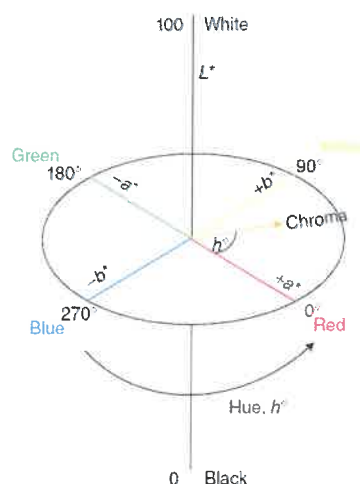
วัตถุจะมองดูแตกต่างกันเมื่ออยู่ภายใต้แสงสีที่ต่างกัน สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแสงที่ตกกระทบวัตถุนั้น การสะท้อนแสงของวัตถุ และสมบัติในการตอบสนองของตาผู้สังเกต สีของวัตถุจึงขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การดูดกลืนแบบเลือก (*Selective absorption*) โดยแสงที่ตกกระทบลงวัตถุ ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้ด้วยสารให้สีที่มีอยู่ในวัตถุ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

2.6.1 ค่าของสีในระบบ CIE [19-21]

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 มีแนวคิดที่ว่า ปัจจัยในการมองเห็นสีของมนุษย์ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และตาของมนุษย์ ดังนั้นถ้าสามารถวัดปัจจัยทั้ง 3 อย่างออกมาเป็นตัวเลขได้ ก็สามารถวัดสีออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งค่าของสีในระบบ CIE เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล 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 ดังแผนผังปริภูมิสี (Color space) แสดงในภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 แผนผังปริภูมิสีระบบ $CIE L^* a^* b^*$ [21]

การกำหนดค่าตัวเลขในลักษณะนี้ มีที่มาจากทฤษฎีสีตรงข้าม ซึ่งค้นพบในปี ค.ศ. 1942 กล่าวคือ “ในระบบการมองเห็นสีของมนุษย์นั้น ก่อนที่สัญญาณจากเซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน (Cone receptors) ที่อยู่บริเวณจอภาพ (Retina) จะส่งผ่านเส้นประสาทตาไปยังสมองเพื่อวิเคราะห์สีของวัตถุนั้น จะมีระบบการแปลงสัญญาณข้อมูลในชั้นกลาง 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

ค่า L^* , a^* , b^* คำนวณได้โดยสมการดังนี้

- L^* (Lightness)

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

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

- 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)

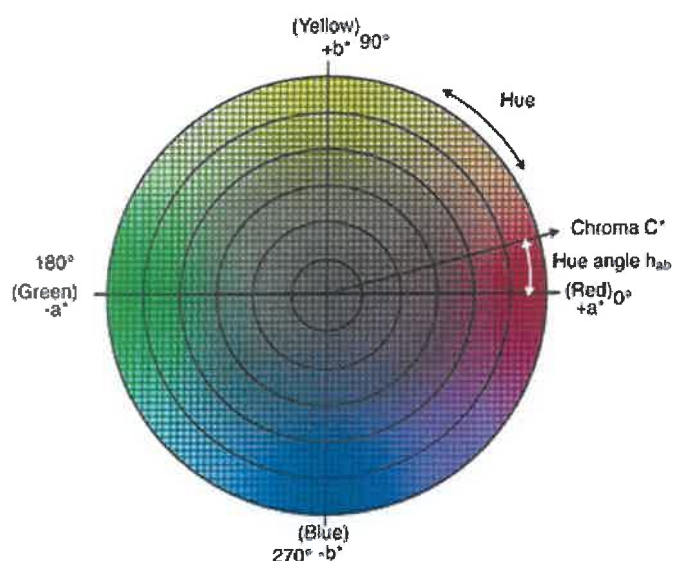
2. ระบบ CIELCH (CIE $L^* C^* h$) เป็นสมการระบุสีที่พัฒนามาจาก CIELAB เพื่อให้สามารถระบุค่าของสีได้ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด โดยได้กำหนดตัวแปรค่าสีขึ้นอีก 2 ตัว คือ

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

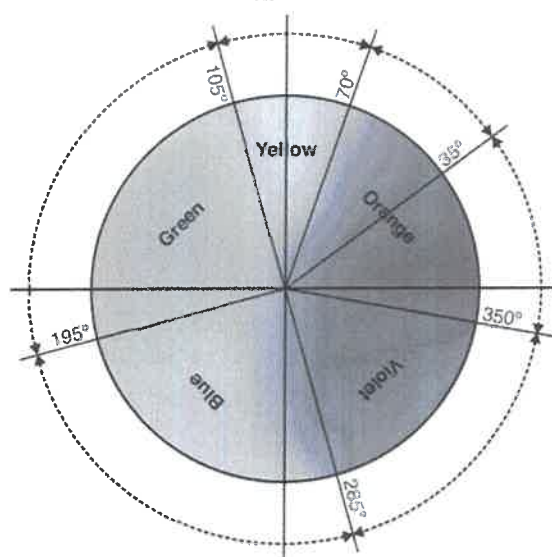
$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

- h (Hue angle) เป็นตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีมีหน่วยเป็นองศา มีลักษณะแผนผังของสีดังภาพที่ 2.28 และคำนวณได้จากสมการ

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



ภาพที่ 2.27 ลักษณะปริภูมิสีระบบ CIE $L^* C^* h$ [22]



ภาพที่ 2.28 Hue circle [23]

2.6.2 ค่าความเข้มสี (K/S) [20]

การรายงานค่าความเข้มสีของวัสดุทึบแสง สามารถคำนวณได้จากสมการตามทฤษฎีของ 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

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- Mangiferin in Leaves of Three Thai Mango (*Mangifera indica* L.) Varieties [1]

อรรณญา จตุวิบูลย์สุข และ ชาญชัย สาดแสงจันทร์ ได้ทำการศึกษาการแยกสารแมงจิเฟอรินจากใบมะม่วง จำนวน 3 สายพันธุ์ คือ น้ำดอกไม้ เชียวเสวย และแก้ว โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด คือ เมธานอล เอทานอล และสารละลายอะซีโตนเข้มข้นร้อยละ 70 ในการสกัด ผลการวิจัยพบว่า การสกัดโดยใช้เมธานอลเป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารแมงจิเฟอรินจากใบมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้ในปริมาณสูงสุด โดยมีปริมาณ 2.80, 2.40 และ 1.30 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยมะม่วงน้ำดอกไม้เป็นสายพันธุ์ที่ให้สารแมงจิเฟอรินในปริมาณมากที่สุด ซึ่งวิธีการแยกสารแมงจิเฟอรินที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นวิธีที่สามารถกำจัดสารปนเปื้อนอื่น ๆ ได้โดยมีขั้นตอนการสกัดที่ง่าย ไม่สลับซับซ้อนและราคาถูก ซึ่งประกอบไปด้วยการหมักการแยกสลายด้วยน้ำและกรด การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์เพื่อแยกส่วน และการตกผลึก

- Extraction of eco-friendly natural dyes from mango leaves and their application on silk fabric [2]

Uddin, M. G. ได้ทำการศึกษาการใช้สารให้สีที่สกัดได้จากใบมะม่วงแห้งในการย้อมผ้าไหม โดยนำใบมะม่วงแห้งมาสกัดด้วยน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3 ถึง 12 จากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายมีผลต่อความเข้มสีของสารละลายสีที่สกัดได้ การสกัดที่ค่าความเป็นด่างเท่ากับ 10 ให้สารละลายสีที่ให้ความเข้มสีในการย้อมสูงสุด และภาวะที่ใช้ในการสกัดน้ำสี คือ อุณหภูมิในการสกัด 98 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 60 นาที และอัตราส่วนของใบมะม่วงแห้ง 1 กรัม ต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร และเมื่อนำผ้าไหมที่ผ่านย้อมทำการปรับปรุงความคงทนของสีด้วยการใช้ สารมอร์แดนท์พบว่า ความคงทนสีของผ้าที่ได้จากการย้อมเพิ่มขึ้นโดยลักษณะสีของผ้าที่ได้จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของสารมอร์แดนท์

- Eco- Friendly Dyeing of Cotton and Polyester Fabrics with Natural Dyes Extracted from Different Varieties of Kola Nuts [24]

Ado, A. และคณะ ทำการศึกษาถั่วโคลาสามสายพันธุ์ เพื่อมาใช้เป็นสารให้สีสำหรับการย้อมบนผ้าฝ้ายและพอลิเอสเตอร์ โดยมีการนำเทคนิคการทำมอร์แดนท์มาใช้ร่วมในการย้อม จากการศึกษาพบว่า

การทำมอร์แดนท์ในระหว่างการย้อมสามารถช่วยปรับปรุงความสามารถในการติดสีและความคงทนของสีต่อการใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ความคงทนของสีต่อการซักล้าง แสงแดด และเหงื่อ ซึ่งสารให้สีที่สกัดได้จากถั่วโคลาสีแดงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่าชนิดอื่น ๆ ซึ่ง จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสารให้สีดังกล่าวสามารถนำมาใช้ทดแทนสีสังเคราะห์ได้ดี

- Effects of tannin mordanting on coloring and functionalities of wool fabrics dyed with spent coffee grounds [25]

Hong, K. H. ได้ทำการศึกษาการสกัดน้ำสีจากกากกาแฟด้วยเครื่องทำกาแฟ และนำไปย้อมบนเส้นใยขนสัตว์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนในการย้อมคือ ผ้า 1 กรัม ต่อน้ำสี 30 มิลลิลิตร จากการศึกษาพบว่าเส้นใยขนสัตว์สามารถดูดซับน้ำสีได้ดี ผ้าที่ได้มีลักษณะเป็นสีน้ำตาล และเมื่อนำผ้าไปทำมอร์แดนท์หลังการย้อมด้วยกรดแทนนินพบว่าผ้าที่ได้มีความเข้มสีเพิ่มขึ้น และมีความคงทนในด้านต่าง ๆ ดีขึ้น นอกจากนี้การย้อมผ้าขนสัตว์ที่ด้วยน้ำสีจากกากกาแฟยังช่วยเพิ่มสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระของผ้าได้ โดยสมบัติดังกล่าวจะยังคงอยู่ถึงแม้ว่าผ้าจะผ่านการทำมอร์แดนท์หลังการย้อม

- Mechanisms and Functional Properties of Colored Coffee Compounds Dyed Cotton Fabrics [26]

Elabid, A. E. และคณะ ได้ศึกษาการผลของการคั่วและการสกัดสารให้สีจากกาแฟเพื่อนำไปใช้เป็นสารให้สีสำหรับการย้อม โดยมีศึกษาโครงสร้างและสารประกอบต่าง ๆ รวมถึงสารประกอบที่มีผลในด้านการเป็นสารให้สี จากการศึกษาพบว่า ความร้อนที่ใช้การคั่วเมล็ดกาแฟในระหว่างกระบวนการผลิตกาแฟจะส่งผลทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพและเคมี เกิดเป็นสารประกอบสารประกอบ 1 - 22 ชนิด ซึ่งเป็นส่วนที่มีผลต่อการให้สีทางสีทอ การเพิ่มความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ในการคั่วส่งผลให้สีของเมล็ดกาแฟมีความเข้มเพิ่มขึ้น ทำให้สีของน้ำกาแฟมีความเข้มสูงขึ้น เมื่อทดลองนำน้ำสีที่สกัดได้มาย้อมบนผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที พบว่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีกาแฟมีลักษณะสีน้ำตาล โดยความเข้มของสีที่ได้จะแตกต่างกันไปตามระยะเวลาที่ใช้ในการคั่วของกาแฟ

- ผลของตัวทำละลายและความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณและความคงตัวของสารสีที่สกัดได้จากพืช [27]

ประกิต ไชยธาดา ได้ทำการศึกษาผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้สีที่สกัดได้จากพืชและความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยใช้พืชตัวอย่าง 5 ชนิด ได้แก่ ใบสาบเสือ เปลือกสนทะเล ใบเพกา แก่นขนุน และเปลือกผลมังคุด ผลการวิจัย พบว่าตัวทำละลายแต่ละชนิดสามารถสกัดสีย้อมจากธรรมชาติได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยตัวทำละลายที่มีขี้ได้แก่ เมทานอล และน้ำกลั่นสามารถสกัดสารให้สีจากใบสาบเสือและเปลือกผลมังคุดออกมาได้ดีที่สุด ส่วนตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ เช่น เฮกเซนสามารถสกัดสารจากแก่นขนุนได้ดี และจากการศึกษาความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer เทียบเฉดสีกับ Munsell color chart และวัดค่าสีในระบบ CIELAB พบว่าสีย้อมแต่ละชนิดมีลักษณะสีและความเข้มสีแตกต่างกันในช่วงความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยสารสกัดจากใบสาบเสือในทุกตัวทำละลายมีแนวโน้มของสีที่เข้มขึ้นในภาวะที่เป็นเบส สารให้สีจากเปลือกสนทะเลที่สกัดด้วยอะซิโตนและเมทานอลให้สีเข้มที่ความเป็น

กรด-ต่างเท่ากับ 12 สารให้สีจากใบเพกาสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน อะซิโตน และเมทานอล ให้สีเหลืองและมีสีเข้มสุด เมื่อสกัดด้วยเมทานอลที่ความเป็นกรด-ต่างเท่ากับ 12 เช่นเดียวกับสารให้สีที่สกัดจากเปลือกมังคุดในทุกตัวทำละลายให้สีเข้มสุดที่ความเป็นกรด-ต่างเท่ากับ 12 ขณะที่สารให้สีจากแก่นขนุนที่สกัดด้วยอะซิโตน เมทานอล และน้ำ ให้สีน้ำตาลแดงที่ค่อนข้างเข้ม แต่จะไม่ค่อยแตกต่างกันในแต่ละช่วงความเป็นกรด-ต่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวทำละลายและความเป็นกรด-ต่างมีผลต่อปริมาณและความเข้มของสีที่สกัดได้จากธรรมชาติ

- การสกัดสารให้สีจากเปลือกมังคุดเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม [28]

สมศักดิ์ วรมงคลชัย และคณะ ได้ศึกษาการสกัดสารให้สีจากเปลือกผลมังคุด โดยใช้สารละลายกรดซิตริก กรดไตรฟลูออโรอะซิติก และกรดไฮโดรคลอริกในเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 1 พบว่าการสกัดโดยใช้กรดไตรฟลูออโร อะซิติก ได้ปริมาณสารให้สีที่สกัดได้มากที่สุด สารให้สีที่ได้มีสีแดงเข้ม และมีโครงสร้างที่มีความเสถียรมากกว่าการใช้กรดซิตริกและกรดไฮโดรคลอริก เมื่อนำสารให้สีที่สกัดได้มาย้อมบนเส้นด้ายพอลิ-เอสเตอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปริมาณสารให้สีร้อยละ 1-3 ละลายในสารละลายผสมของเมทานอลและสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5 10 และ 15 โดยมีอัตราส่วนระหว่างเมทานอลกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 70:30 80:20 และ 90:10 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าความเข้มสีของเส้นด้ายที่ย้อมเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารให้สี โดยอัตราส่วนของเมทานอลต่อสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ทำให้เส้นด้ายมีความเข้มสีสูงสุด คือ อัตราส่วน 80 : 20 โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5 ขึ้นทดสอบมีความคงทนต่อเหงื่อและน้ำดี มีความคงทนต่อการขัดถูในระดับปานกลาง และมีความคงทนต่อการซักและแสงอยู่ในระดับต่ำ

- การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนจากสารย้อมติดและสารให้สีธรรมชาติ [29]

ประทุมทอง ไตรรัตน์ ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนจากสารย้อมติดและสารให้สีธรรมชาติ โดยหมึกพิมพ์สีเหลืองได้จากผงขมิ้นและลูกพุด หมึกพิมพ์สีแดงได้จากดอกกระเจี๊ยบแห้งและเปลือกผลแก้วมังกร หมึกพิมพ์สีน้ำเงินได้จากครามและย้อม และหมึกพิมพ์สีดำได้จากเมล็ดเงาะและมะเกลือ สารย้อมติดจากธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ยางกล้วย ยางมะละกอ ยางพารา และสารช่วยย้อมติด 3 ชนิด ได้แก่ จุนสี เกลือแกง และสารส้ม จากผลการวิจัยพบว่า ค่าความเข้มของหมึกพิมพ์จากสารย้อมติดจากธรรมชาติ 3 ชนิด หมึกพิมพ์ที่ใช้ยางพาราเป็นสารย้อมติดมีความเข้มของสีทุกสีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ หมึกพิมพ์ที่ใช้สารย้อมติดจากยางกล้วย และน้อยที่สุด ได้แก่ สารย้อมติดจากยางมะละกอ ความเข้มของสีหมึกพิมพ์สีเหลืองมีค่าของผงขมิ้นและเมล็ดลูกพุดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสีจากผงขมิ้นมีความเข้มสีมากกว่าสีแดงดอกกระเจี๊ยบแห้ง และผลแก้วมังกร สีจากดอกกระเจี๊ยบมีความเข้มสีมากกว่า สีน้ำเงินระหว่างครามและย้อม ครามมีความเข้มของสีมากกว่า และสีดำระหว่างเมล็ดเงาะและมะเกลือ สีจากมะเกลือมีความเข้มของสีมากกว่า การย้อมติดจากสารเติมแต่ง 3 ชนิด พบว่าหมึกพิมพ์ที่เติมเกลือแกงมีค่าของการย้อมติดได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สารส้ม และจุนสี

- การเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารขึ้นจากกัมเมล็ดพืชสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด [30]

วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน ได้ทำการศึกษาการเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารขึ้นจากกัมเมล็ดพืชสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด เพื่อหาสูตรแป้งพิมพ์และภาวะการผนึกสีบนผ้าที่เหมาะสมในการพิมพ์ ด้วยการใช้กัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและเมล็ดหางนกยูงฝรั่งเป็นสารขึ้นทางธรรมชาติ โดยใช้

สูตรที่ใช้ทางการค้าของโรงงานเป็นสูตรมาตรฐานสำหรับสารชั้นทางการค้า (ทัมมารีนกัม) โดยทำการแปรค่าความเข้มข้นของสารชั้นทางธรรมชาติ ความเข้มข้นของกรดซิตริก ความเข้มข้นของยูเรีย ความเข้มข้นของสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด และอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพ่นสี โดยวิเคราะห์ความคมชัดของลายเส้น การติดสีการกระจายตัวของสีด้วยตาเปล่าและด้วยเครื่องวัดความเข้มของสี และทำการเปรียบเทียบกับผ้าพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมจากสารชั้นทางการค้า จากการวิเคราะห์ดังกล่าว ได้สูตรแป้งพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์บนผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สารชั้นจากกัมปรับปรุงจากเมล็ดหางนกยูงไทยและกัมจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง จำนวน 2 สูตร จากนั้นนำผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ทั้งสองสูตรไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ ความคงทนของสีต่อการขัดถู ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ความคงทนของสีต่อเหงื่อ และความคงทนของสีต่อน้ำ เปรียบเทียบกับผ้าไหมที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ทางการค้า พบว่าผลการทดสอบความคงทนของการพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่เตรียมด้วยสารชั้นทางธรรมชาติมีค่าดีกว่าผ้าพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ทางการค้า โดยใช้สารชั้นธรรมชาติในปริมาณที่น้อยกว่าสารชั้นทางการค้าเนื่องจากมีค่าความหนืดสูงกว่า

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมี

1. ไบโอมะม่วง (จากอำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี)
2. ผ้าสำหรับการทดลอง : ผ้าไนลอน ผ้าเรยอน และผ้าไหม
3. ผ้าหลายเส้นใย (Multifibre Adjacent Fabric DW type), SDC Enterprises Limited
4. สบู่เทียม (Sopinol xp-18) เกรดการค้า, บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
5. สารเพิ่มประจุบวก (Starcate PD), บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
6. สารผนึกสีสำหรับสีย้อมเรย์ (Apcofix DRN) บริษัท ฟิสิกซ์ อินเตอร์กรุป จำกัด
7. กัวร์กัม (Guar gum HV-100), บริษัท สตาร์เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด
8. CH_3COOH (Acetic acid), J.T. Braker Company
9. $(\text{CHOHCOOH})_2$ (Tartaric acid) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
10. NaHCO_3 (Sodium hydrogen carbonate), Ajax Finechem Pty Ltd.
11. NaOH (Sodium hydroxide), KEMAUS Chemicals
12. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (Ethyl alcohol), BDH Limited Company
13. CH_3COCH_3 (Methyl ketone), BDH Limited Company
14. NaCl (Sodium chloride) Ajax Finechem Pty Ltd.
15. Na_2SO_4 (Sodium sulphate), KEMAUS Chemicals
16. $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (Aluminium potassium sulphate), Ajax Finechem Pty Ltd.
17. $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ (Iron (II) sulphate), Ajax Finechem Pty Ltd.
18. $\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_2\text{N}_3 \cdot \text{HCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (L-Histidine monohydrochloride monohydrate), Kemaus Chemicals
19. $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (Sodium dihydrogen orthophosphate dihydrate), Ajax Finechem Pty Ltd.
20. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (Disodium hydrogen orthophosphate dodecahydrate), Ajax Finechem Pty Ltd.
21. ECE Non-Phosphate Reference Detergent (A), SDC Enterprises Limited

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องย้อมแบบอินฟราเรด (Infra-Red Dyeing machine: IR Starlet DL- 6000), Daelim Starlet Co., Ltd
2. ตู้เปรียบเทียบสี QC Lighting System รุ่น Highlight 2000
3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer Color Quest XE), บริษัท คัลเลอ โกลบอล จำกัด
4. อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS Spectrophotometer HALO DB-20), Dynamica Scientific Ltd.
5. เครื่องอบความร้อน (Oven) Memmert ULE 600, MEMMERT GmbH + Co. KG
6. เครื่องอบควบคุมอุณหภูมิ Soft Incubator Eyela SLT-600ND
7. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (Gyrowash), James H. Heal & Co., Ltd.

8. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter type rubbing tester), Daiei Kagaku Seiki MFG. Co., Ltd.
9. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (Perspirometer) James H. Heal & Co., Ltd.
10. เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี (Grey scale for assessing change: ISO International Standard 105/A02)
11. เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสี (Grey scale for assessing staining: ISO International Standard 105/A03)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การวัสดุสำหรับการทดลอง

- การเตรียมใบมะม่วงแห้ง

ใบมะม่วงที่ใช้ในการทดลอง เป็นใบมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย (มีอายุใบไม่ต่ำกว่า 3 เดือน) เก็บจากต้นมะม่วงในบริเวณอำเภอบางบัวทอง นำใบที่เก็บได้มาล้างทำความสะอาด และนำไปตากในที่ร่ม (หลีกเลี่ยงการโดนแสงแดดโดยตรง) จนใบมะม่วงแห้งสนิท จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องปั่นเอนกประสงค์ เพื่อย่อยให้ใบมะม่วงมีขนาดเล็กลง สำหรับนำไปใช้ในการทดลองต่อไป โดยลักษณะของผงใบมะม่วงที่เตรียมได้มีลักษณะดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะของผงใบมะม่วงแห้ง

- การเตรียมผ้าที่ใช้ในการทดลอง

นำผ้าที่ใช้ในการทดลองมาทำความสะอาดด้วยสารละลายสบู่เทียมเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปล้างให้สะอาดและตากให้แห้ง สำหรับผ้าเรยอนที่ใช้ในการทดลอง หลังจากทำความสะอาดแล้ว นำไปตากแห้งด้วยสารเพิ่มประจุบวกเพื่อเพิ่มความสามารถในการติดสี โดยเตรียมสารละลายในอัตราส่วนสารเพิ่มประจุบวก 10 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำผ้าเรยอนแช่ในสารละลายที่เตรียมไว้ และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำผ้าออกจากสารละลาย บิดเอาสารละลายส่วนเกินออก นำไปตากให้แห้งสนิท โดยไม่ต้องล้างน้ำ

3.3.2 การศึกษาวิธีการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วง

3.3.2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

ในการสกัดสารให้สีใช้อัตราส่วนใบมะม่วงแห้ง 1 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 50 มิลลิลิตร โดยใช้ตัวทำละลายในการทดลอง 3 ชนิด คือ น้ำ เอทิลแอลกอฮอล์ และอะซิโตน ทำการสกัดโดยนำผงใบมะม่วง

ใส่ขวดเก็บสารเคมีที่มีตัวทำละลายบรรจุอยู่ และนำไปกวนอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน (Hotplate Stirrer) เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นแช่ผงไบโอมะม่วงไว้ในตัวทำละลายจนครบ 24 ชั่วโมง แล้วกรองแยกสารละลายออกจากกากไบโอมะม่วง นำสารละลายที่สกัดได้เก็บไว้ขวดเก็บสารเคมี และทำการศึกษาลักษณะของสารละลายที่สกัดได้

3.3.2.2 การสกัดสารให้สีจากไบโอมะม่วงด้วยน้ำในภาวะต่าง ๆ

ทำการสกัดสารให้สีจากไบโอมะม่วงด้วยน้ำในภาวะที่แตกต่างกัน 5 วิธี ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.1 ในการสกัดน้ำสีใช้อัตราส่วนไบโอมะม่วงแห้ง 1 กรัม ต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร เมื่อได้น้ำสีสกัดจากไบโอมะม่วง ทำการปรับปริมาตรให้เท่าเดิมด้วยน้ำ ก่อนนำไปใช้สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 3.1 วิธีการสกัดสารให้สีจากไบโอมะม่วง

วิธีที่	วิธีการสกัด
1	แช่ไบโอมะม่วงในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำไปกรองแยกกากออกจากร้านสีที่เตรียมได้
2	แช่ไบโอมะม่วงด้วยน้ำร้อนที่ผ่านการต้มเดือด เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำไปกรองแยกกากออกจากร้านสีที่เตรียมได้
3	นำไบโอมะม่วงต้มในน้ำให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ครบเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปกรองแยกกากออกจากร้านสีที่เตรียมได้
4	นำไบโอมะม่วงต้มในน้ำให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง โดยใช้ น้ำที่มีค่า pH ประมาณ 5 (ปรับค่าความเป็นกรดด้วยกรดทาร์ทาริก) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง นำไปกรองแยกกากออกจากร้านสีที่เตรียมได้
5	นำไบโอมะม่วงต้มในน้ำให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง โดยใช้ น้ำที่มีค่า pH ประมาณ 8 (ปรับค่าความเป็นด่างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง นำไปกรองแยกกากออกจากร้านสีที่เตรียมได้

3.3.3 การย้อมผ้าด้วยน้ำสีสกัดจากไบโอมะม่วง

3.3.3.1 การย้อมสีบนผ้าหลายเส้นใย

นำน้ำสีที่สกัดจากไบโอมะม่วงย้อมบนผ้าหลายเส้นใย เพื่อศึกษาหาชนิดของเส้นใยที่สามารถย้อมติดสีได้ด้วยน้ำสีจากไบโอมะม่วง โดยย้อมที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำผ้าออก ล้างด้วยน้ำสะอาด และตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.3.3.2 การย้อมสีบนผ้าไนลอนและผ้าไหม

นำน้ำสีที่สกัดได้จากข้อ 3.3.2.2 มาย้อมบนผ้าไนลอนและผ้าไหม เพื่อศึกษาลักษณะการติดสีและลักษณะสีของผ้าที่ได้จากการย้อม โดยใช้อัตราส่วน ผ้า 1 กรัมต่อน้ำสี 50 มิลลิลิตร ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสีสกัดที่ได้จากวิธีที่ 4 และ 5 ให้มีค่าประมาณ 5.5 ก่อนนำไปใช้งาน (ซึ่งมีค่าเท่ากับค่ากรด-ด่างของน้ำสีที่สกัดด้วยน้ำ) และทำการย้อมที่ค่า pH 5.5 และ pH 3.5 โดยปรับค่าความเป็นกรดด้วยกรดอะซิติก ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำผ้าออกจากสารละลาย ทำความสะอาดด้วยสารละลายสบู่เทียมเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นล้างด้วยน้ำให้สะอาด นำไปตากให้แห้ง และนำผ้าที่ได้ไปวัดค่าของสี ดังรายละเอียดในข้อ 3.4.1

3.3.3.3 การย้อมสีบนผ้าเรยอน

นำน้ำสีที่สกัดได้จากข้อ 3.3.2.2 ย้อมลงบนผ้าเรยอนที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก โดยใช้อัตราส่วน ผ้า 1 กรัมต่อน้ำสี 50 มิลลิลิตร ทำการเปรียบเทียบผลการย้อมกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก โดยมีการใช้เกลือเป็นสารช่วยในการย้อม ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำผ้าออกจากสารละลายและนำไปทำความสะอาดด้วยสารละลายสบู่เทียมเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง ล้างด้วยน้ำให้สะอาด แล้วนำไปตากให้แห้ง นำผ้าที่ได้ไปวัดค่าของสี ดังรายละเอียดในข้อ 3.4.1

3.3.3.4 การศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิต่อการย้อม

นำน้ำสีที่สกัดด้วยวิธีที่ 3 มาย้อมบนผ้าไนลอน ไหม และเรยอน เพื่อศึกษาลักษณะการติดสีและลักษณะสีของผ้าที่ได้จากการย้อมเมื่อใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยใช้อัตราส่วน ผ้า 1 กรัมต่อน้ำสี 50 มิลลิลิตร ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการย้อม 10 - 60 นาที (สำหรับผ้าไนลอนและไหมทำการปรับสภาพน้ำย้อมให้มีค่าเป็นกรดก่อนนำไปใช้งาน) เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำผ้าออกจากสารละลาย

ทำความสะอาดด้วยสารละลายสบู่เทียมเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง ล้างด้วยน้ำให้สะอาด ตากให้แห้ง และนำผ้าที่ได้ไปวัดค่าของสี ดังรายละเอียดในข้อ 3.4.1

3.3.3.5 การคำนวณอัตราการติดสีของผ้าตัวอย่าง

- ทำการศึกษ้อัตราการติดสีของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง ด้วยใช้เทคนิค UV/Visible spectroscopy โดยนำน้ำสีที่ใช้ในการทดลองมาวัดหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง โดยใช้ UV/Visible Spectrophotometer จากนั้นเมื่อทราบช่วงความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) นำน้ำสีก่อนผ่านกระบวนการย้อมและน้ำสีที่เหลือหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการย้อม มาผสมกับอะซิโตนในอัตราส่วน 1 : 1 แล้วนำมาเจือจาง 25 เท่า ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง และนำค่าที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาอัตราการย้อมติดสี ดังสมการ

$$\text{Exhaustion rate (\%)} = \frac{A_i - A_t}{A_i} \times 100$$

โดยที่ A_i คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสีย้อมก่อนการย้อม

A_t คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสีย้อมหลังการย้อม

3.3.4 การศึกษาผลการทำมอร์แดนท์ต่อสมบัติของผ้า

ในการทดลองใช้สารมอร์แดนท์ 2 ชนิด คือ $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ เพื่อศึกษาผลของสารมอร์แดนท์ต่อลักษณะสีของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง โดยการนำผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อมมาแช่ในสารละลายมอร์แดนท์เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร นาน 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลา นำไปซักล้างให้สะอาด ตากให้แห้งสนิท และนำผ้าที่ได้ไปวัดค่าของสีในระบบ CIE

สำหรับผ้าเรยอนทำมอร์แดนท์เช่นเดียวกับผ้าไนลอน โดยมีการนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผ้าที่ผ่านการย้อมสีด้วยสารย้อมสีสำหรับสีย้อมเรยอน โดยใช้สารละลายเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 30 นาที เมื่อครบเวลา นำไปซักล้างให้สะอาด ตากให้แห้งสนิทก่อนนำผ้าไปวัดค่าของสีในระบบ CIELAB

3.4 การศึกษาสมบัติของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง

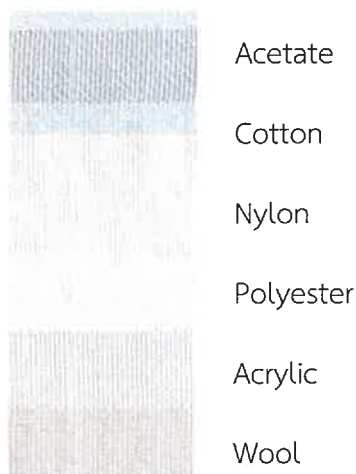
3.4.1 ลักษณะสีของผ้าตัวอย่าง

การศึกษาลักษณะสีของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยสีจากใบมะม่วง โดยการวัดค่าของสีในระบบ CIE (L^* , a^* , b^* , C^* และ h^*) และวัดค่าความเข้มสี (K/S) ตามสมการของ Kubelka-Munk (ดังสมการในข้อ 2.6.2) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Color Quest XE) ภาวะในการวัดไม่รวมความมันเงา (Specular exclude) ทิศทางของมุมมอง 10 องศา ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65

3.4.2 การทดสอบความคงทนของสี

3.4.2.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ

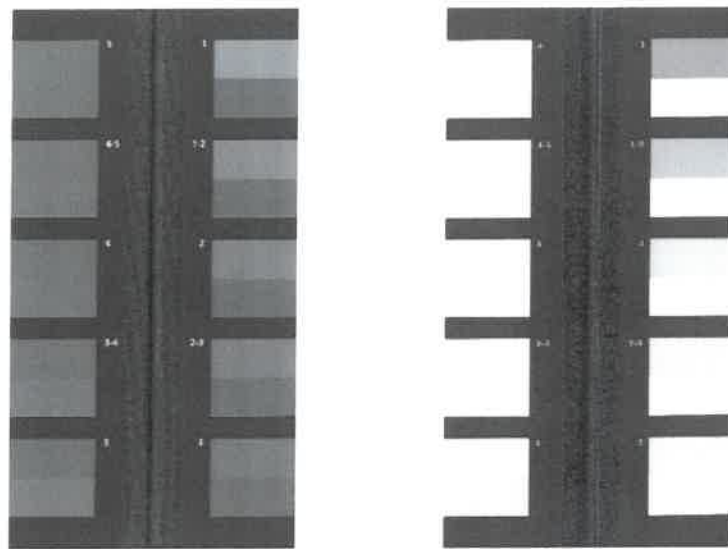
ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 3-2552 ความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่ หรือ สบู่และโซดา ภาวะการทดสอบ A (1) โดยตัดชิ้นงานทดสอบขนาด 40 x 100 มิลลิเมตร เย็บประกบกับผ้ามีลติไฟเบอร์ชนิด DW ตรงบริเวณผ้าขนสัตว์เพียงด้านเดียว นำมาทำการซักล้างด้วยสารละลายสบู่ (ECE Reference Detergent) เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ใช้อัตราส่วนของเหลวต่อวัสดุ 50: 1 โดยใช้เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (Gyrowash) รอบความเร็วในการหมุน 40 รอบต่อนาที จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำผ้าที่ผ่านการทดสอบมาประเมินผลค่าการเปลี่ยนสี (Colour change) และค่าการเปื้อนสี (Colour staining) โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนสีภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65



ภาพที่ 3.2 ผ้ามีลติไฟเบอร์ชนิด DW (Multifibre Adjacent Fabric DW type)

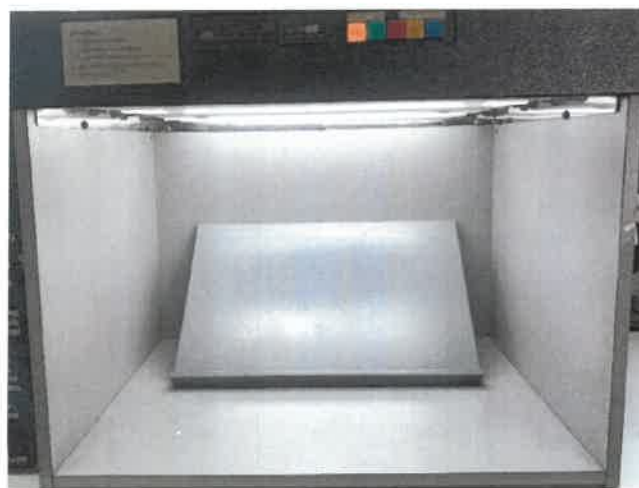
เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนสี มีลักษณะเป็นแถบสีเทาๆ ที่มีความเข้มข้างหนึ่งคงที่ อีกข้างหนึ่งมีความเข้มค่อยลดลง 5 ระดับ โดยมีสีที่คงที่เทียบได้กับชิ้นตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทดสอบ ส่วนแถบที่เหลือเปรียบได้กับชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบ โดยระดับ 1 ถือว่าแย่ที่สุดเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมาก ส่วนระดับ 5 ถือว่าดีที่สุด ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่สุด

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



Grey scale for assessing change Grey scale for assessing staining

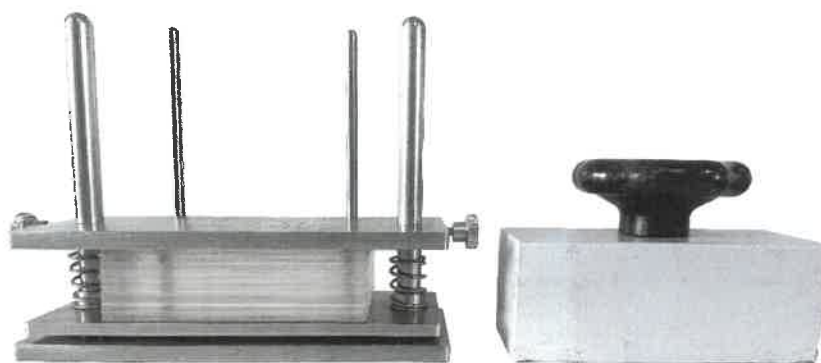
ภาพที่ 3.3 เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าความคงทนของสี



ภาพที่ 3.4 ตู้เปรียบเทียบสี

3.4.2.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ

ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 4-2552 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ โดยตัดชิ้นงานทดสอบขนาด 40×100 มิลลิเมตร เย็บประกบกับผ้ามีลติไฟเบอร์ชนิด DW ตรงบริเวณผ้าขนสัตว์เพียงด้านเดียว จากนั้นนำชิ้นทดสอบในสารละลายเหงื่อเทียม 2 ชนิด ด้วยอัตราส่วนของเหลวต่อวัสดุ 50: 1 เป็นเวลานาน 30 นาที เมื่อครบเวลานำชิ้นทดสอบออกจากสารละลาย แล้ววางระหว่างแผ่นอะคริลิกเรซินทั้งหมด 21 แผ่น ปรับอุปกรณ์ทดสอบให้มีแรงกดลงบนชิ้นทดสอบ 12.5 กิโลพาสคัล โดยใช้ตุ้มน้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม หมุนสกรูเพื่อยึดแผ่นเหล็กกล้าไว้สนิมให้แน่น แล้วนำตุ้มน้ำหนักออก จากนั้นใส่อุปกรณ์ทดสอบที่มีชิ้นทดสอบอยู่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยให้ชิ้นทดสอบอยู่ในแนวตั้ง เมื่อครบเวลานำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ คลี่ตัวอย่างออกจากผ้าประกบ แล้วผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำผ้าที่ผ่านการทดสอบมาประเมินผลค่าการเปลี่ยนสี (Colour change) และค่าการเปื้อนสี (Colour staining) โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการติดเปื้อนสีภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65



ภาพที่ 3.5 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (Perspirometer)

3.4.2.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู

ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 5-2552 ความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 50 x 140 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น สำหรับการขัดถูแบบแห้ง และจำนวน 2 ชิ้น สำหรับการขัดถูแบบเปียก 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 10 ครั้งภายใน 10 วินาที สำหรับการขัดถูผ้าเปียก ให้ใช้ผ้าขาวเปียกซึ่งมีปริมาณความชื้น (%Wet pick up) เท่ากับร้อยละ 95-100 ถูบนชิ้นทดสอบ เมื่อทดสอบเสร็จให้นำชิ้นทดสอบผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาประเมินค่าการเปลี่ยนสี (Colour staining) โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนสี



ภาพที่ 3.6 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การนำสารให้สีสกัดจากใบมะม่วงมาใช้ประโยชน์ในการย้อมสีสิ่งทอ มีการศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำสี การย้อมติดสีบนเส้นใยชนิดต่าง ๆ ลักษณะสีของผ้าที่ได้จากการย้อม และความคงทนสีต่อการใช้งานของผ้าที่ผ่านการย้อม มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

4.1.1 ลักษณะน้ำสีสกัดด้วยตัวทำละลาย

การศึกษาการสกัดน้ำสีจากใบมะม่วง ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำเอทิลแอลกอฮอล์ และอะซีโตน น้ำสีที่ได้จากการสกัดมีลักษณะดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ลักษณะน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน

จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า น้ำสีสกัดจากวิธีที่ 1 ซึ่งใช้น้ำเป็นตัวทำละลายได้สารละลายที่มีสีเหลืองเข้ม สารละลายสีมีลักษณะขุ่นเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างจากการใช้เอทิลแอลกอฮอล์และอะซีโตน ที่ได้สารละลายสีเขียวเข้มและมีลักษณะใส โดยในใบมะม่วงมีแมงจิเฟอริน (Mangiferin) ที่มีสีเหลืองและจากลักษณะโครงสร้างทางเคมีในภาพที่ 2.16 แสดงให้เห็นว่าแมงจิเฟอรินสามารถละลายน้ำได้ดี ดังนั้นการใช้น้ำเป็นตัวกลางในการสกัดจึงให้ผลที่ดีกว่าการใช้ตัวทำละลายอีกสองชนิด ในขณะที่สีเขียวที่สกัดได้เป็นคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบมะม่วง ซึ่งละลายได้ดีในอะซีโตนและแอลกอฮอล์

4.1.2 ลักษณะน้ำสีสกัดด้วยน้ำในภาวะที่แตกต่างกัน

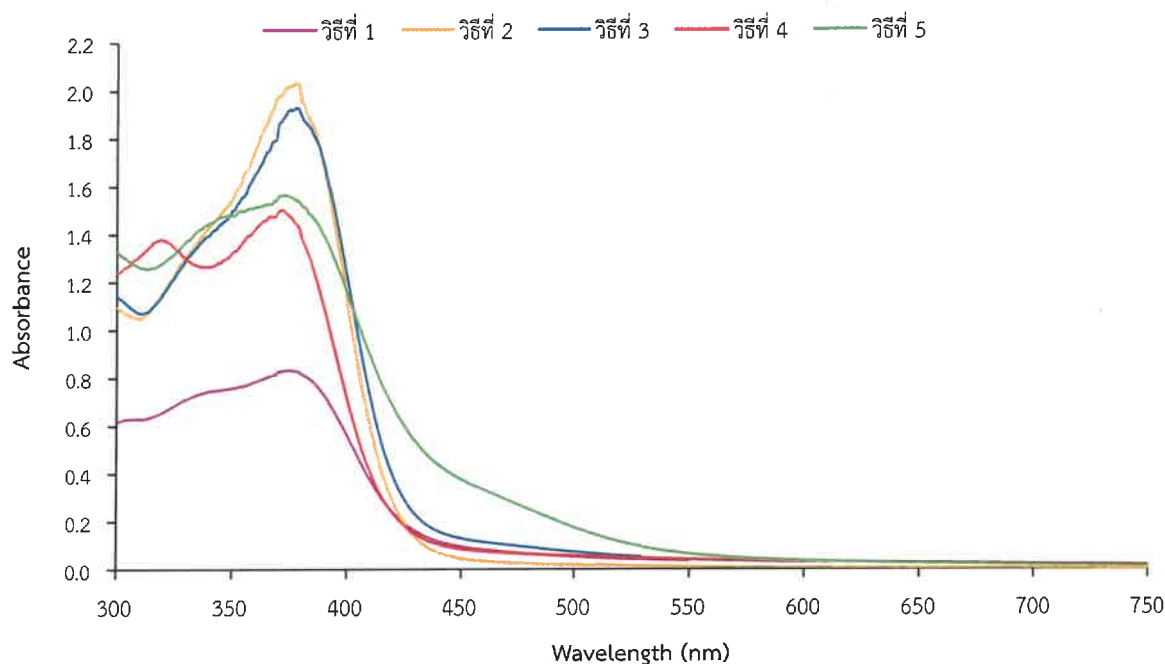
จากการศึกษาการสกัดน้ำสีจากใบมะม่วง โดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน 5 วิธี (รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1) น้ำสีที่สกัดได้จากการทดลองมีลักษณะดังภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าน้ำสีที่สกัดได้จากใบมะม่วงมีลักษณะสีเหลืองถึงน้ำตาลอมเหลือง เมื่อเปรียบเทียบการสกัดสีด้วยการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (วิธีที่ 1 - 3) การสกัดน้ำสีที่อุณหภูมิห้องได้สารละลายน้ำสีที่มีสีเหลืองอ่อน ในขณะที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดพบว่าน้ำสีที่สกัดได้มีลักษณะสีเข้มขึ้น การใช้อุณหภูมิในการสกัดน้ำสีที่สูงขึ้นมีผลทำให้สารให้สีในใบมะม่วงสามารถละลายน้ำออกมาได้มากขึ้น เมื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสีที่สกัดได้ พบว่าน้ำสีที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธี มีค่าความเป็นกรดเล็กน้อย (ค่าประมาณ 5 - 5.5)

ในการทดลองปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้ในการสกัดให้มีความแตกต่างกัน พบว่าเมื่อน้ำที่ใช้ในการสกัดมีค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้น น้ำที่สกัดได้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้ม จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าน้ำที่สกัดได้จากวิธีที่ 5 มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าวิธีอื่น และเมื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่สกัดได้ พบว่าน้ำที่สกัดได้มีค่าความเป็นด่างลดลงจาก pH 8 เป็น pH 6.5 - 7

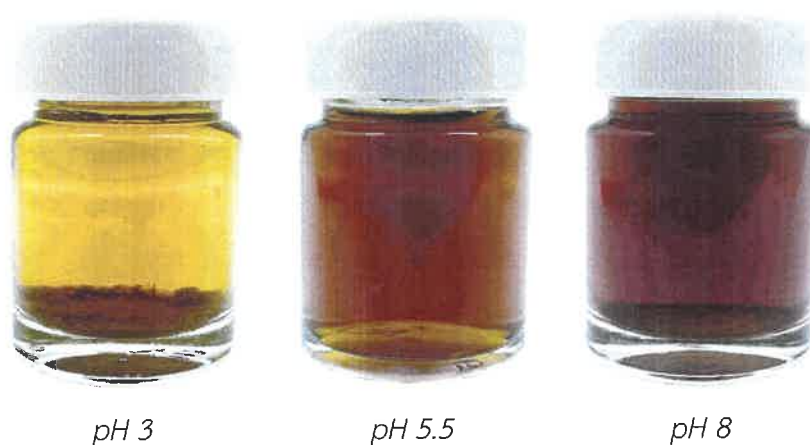


ภาพที่ 4.2 ลักษณะน้ำที่สกัดจากใบมะม่วงด้วยวิธีที่ต่างกัน

ลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนแสง (Absorption spectrum) ของน้ำที่สกัดได้จากทั้ง 5 วิธี มีลักษณะดังในภาพที่ 4.3 พบว่าน้ำที่สกัดจากใบมะม่วงมีการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) อยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 370 นาโนเมตร จากภาพแสดงให้เห็นว่าการสกัดน้ำด้วยวิธีที่ 2 และ 3 มีลักษณะสเปกตรัมของการดูดกลืนแสงใกล้เคียงกันและมีการดูดกลืนคลื่นแสงมากกว่าวิธีอื่น ๆ



ภาพที่ 4.3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำจากใบมะม่วง



ภาพที่ 4.4 ลักษณะน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน

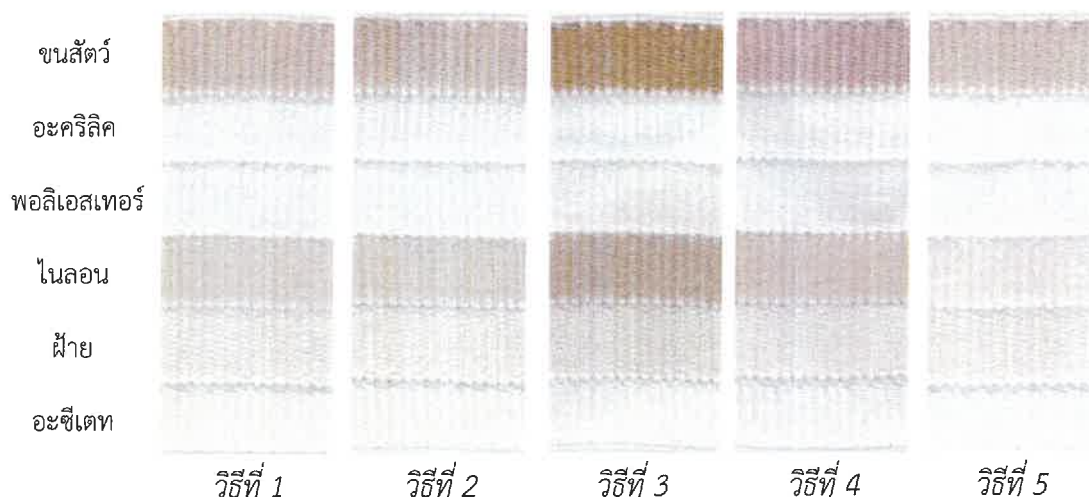
เมื่อทดลองนำน้ำสีสกัดที่ได้จากวิธีที่ 3 มาทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสี ให้มีค่า pH 3 และ pH 8 พบว่าลักษณะสีของน้ำสีเปลี่ยนไป โดยเมื่อมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นสีของสารละลายสีจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน แต่เมื่อมีค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้นสีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเหลือง ดังแสดงในภาพที่ 4.4

4.2 ผลการย้อมผ้าด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

การนำน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงจากทั้ง 5 วิธี มาย้อมบนเส้นใยชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาผลการติดสีและลักษณะสีของผ้าที่ได้ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการย้อมสีบนผ้าหลายเส้นใย

จากการทดลองย้อมผ้าหลายเส้นใยมีลักษณะการติดสีดังแสดงในภาพที่ 4.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า น้ำสีสกัดจากใบมะม่วง สามารถย้อมติดสีได้ดีบนเส้นใยขนสัตว์และไนลอน และติดสีได้เล็กน้อยบนเส้นใยฝ้าย แต่สามารถติดเปื้อนบนเส้นใยอะซีเตทได้เล็กน้อย และเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำสีมีค่าเพิ่มขึ้น (วิธีที่ 5) ความสามารถในการติดสีลดลงในทุกชนิดของเส้นใย ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ จึงเป็นแนวทางในการเลือกชนิดของเส้นใยที่ใช้ในการทดลองต่อไป ได้แก่ ไนลอน ไหม และเรยอน



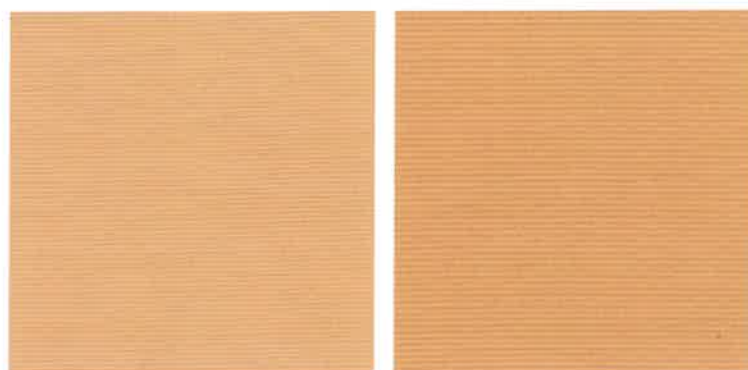
ภาพที่ 4.5 ลักษณะการติดสีบนผ้าหลายเส้นใยของน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

4.2.2 ผลการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง

ค่าของสี ความเข้มสี และลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงด้วยวิธีที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.1 - 4.2 และภาพที่ 4.6 - 4.7

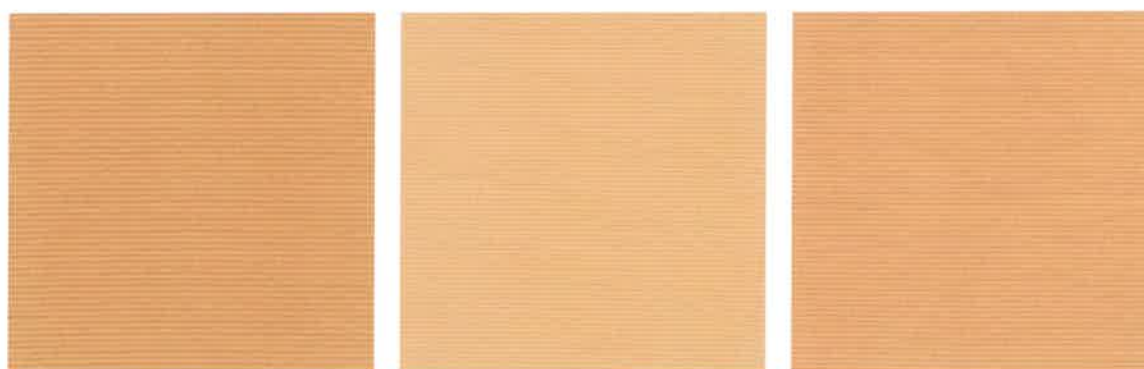
ตารางที่ 4.1 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)

วิธีการสกัดน้ำสี	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
1	66.38	4.78	26.16	26.59	79.64	6.42
2	66.01	7.06	41.00	41.60	80.23	10.32
3	68.50	8.34	42.29	43.10	78.85	11.53
4	72.41	4.99	39.11	39.43	82.72	9.17
5	65.70	9.20	40.19	41.23	77.11	10.66



วิธีที่ 1

วิธีที่ 2



วิธีที่ 3

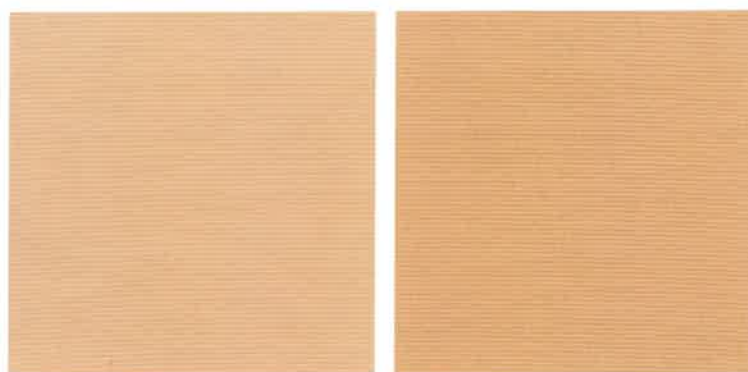
วิธีที่ 4

วิธีที่ 5

ภาพที่ 4.6 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)

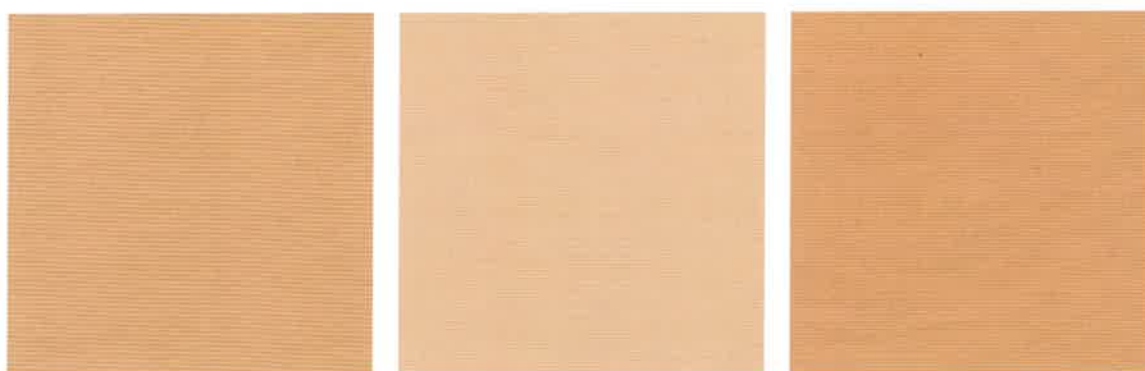
ตารางที่ 4.2 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)

วิธีการสกัดน้ำสี	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
1	67.44	5.56	29.48	30.00	79.31	6.62
2	62.69	7.10	34.65	35.37	78.42	8.48
3	65.86	7.92	34.91	35.79	77.21	8.45
4	72.69	5.73	27.03	27.63	78.04	5.38
5	62.48	8.86	37.49	38.52	76.70	8.42



วิธีที่ 1

วิธีที่ 2



วิธีที่ 3

วิธีที่ 4

วิธีที่ 5

ภาพที่ 4.7 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 และ 4.2 แสดงให้เห็นว่าสีของผ้าที่ได้จากการย้อม มีลักษณะสีที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสีเปลี่ยนไป เมื่อพิจารณาจากค่า b^* พบว่าเมื่อความเป็นกรดในการย้อมเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีเหลืองของผ้าตัวอย่างมีค่าลดลง (มีค่า b^* ลดลง)

4.2.3 ผลการย้อมสีผ้าไหมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง

ค่าของสี ความเข้มสี และลักษณะสีของผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงด้วยวิธีที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.3 - 4.4 และภาพที่ 4.8 - 4.9

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)

วิธีการสกัดน้ำสี	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
1	76.05	5.77	26.07	26.70	77.53	4.06
2	72.82	4.21	24.88	25.23	80.40	4.31
3	75.47	5.48	28.51	29.03	79.11	4.71
4	78.23	4.67	27.23	27.63	80.27	4.45
5	73.42	5.95	28.37	28.99	78.16	5.09



วิธีที่ 1



วิธีที่ 2



วิธีที่ 3



วิธีที่ 4

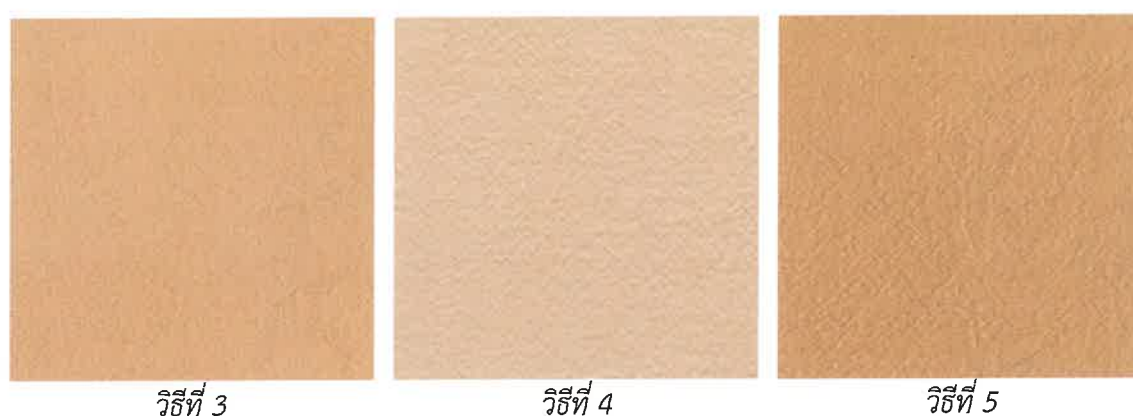


วิธีที่ 5

ภาพที่ 4.8 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 5.5)

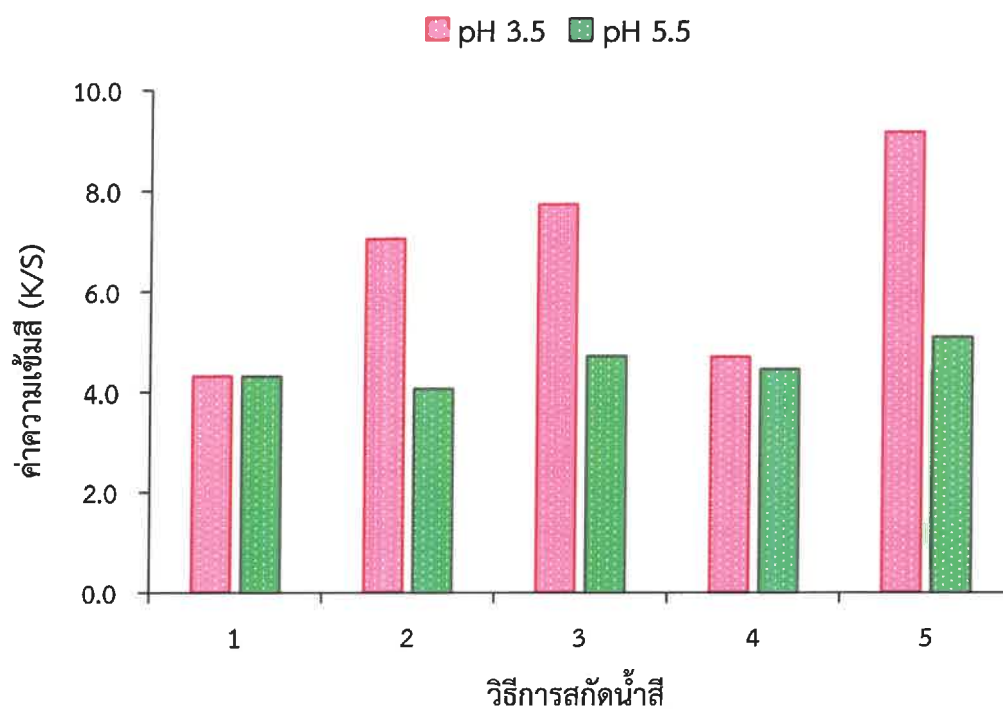
ตารางที่ 4.4 ค่าสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)

วิธีการสกัดน้ำสี	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
1	71.97	6.12	23.51	24.29	75.41	4.30
2	62.02	8.08	26.43	27.64	73.01	7.03
3	67.70	7.82	32.49	33.42	76.47	7.72
4	74.48	4.98	21.99	22.54	77.24	4.69
5	63.86	8.55	35.09	36.12	76.31	8.66



ภาพที่ 4.9 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ค่า pH ประมาณ 3.5)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 และ 4.4 เมื่อพิจารณาค่า a^* b^* และ h^* ของผ้าไหมที่ได้จากการทดลอง พบว่าการย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากวิธีที่ต่างกันมีผลต่อลักษณะสีเพียงเล็กน้อย ผ้าตัวอย่างที่ได้ทั้ง 5 ชั้น มีแนวโน้มของสีใกล้เคียงกัน (ลักษณะเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล) และเมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มสีของผ้า พบว่าการปรับสภาพน้ำย้อมให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น สามารถช่วยให้เส้นใยไหมย้อมติดสีได้ดีขึ้น และสีของผ้าตัวอย่างทุกชั้นมีแนวโน้มของสีแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (เมื่อพิจารณาจากค่า a^*)



ภาพที่ 4.10 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าไหมที่ย้อมในภาวะที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของวิธีการสกัดน้ำสีต่อผลของการย้อมติดสีพบว่า พบว่าน้ำสีสกัดที่ได้จากวิธีที่ 4 ซึ่งทำการสกัดน้ำสีในภาวะกรด ให้มีความเข้มต่ำและมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน (ดังแสดงในภาพที่ 4.2) โดยการสกัดน้ำสีจากใบมะม่วงในภาวะต่าง (วิธีที่ 5) ให้ความเข้มของสารละลายสีสูงที่สุด ซึ่งอาจเนื่องจากในภาวะต่างจะช่วยให้แมงจิเฟอร์ที่มีอยู่ในใบมะม่วงเปลี่ยนรูปเป็นเกลือและละลายน้ำออกมาได้มากขึ้น [2] แต่เมื่อนำมาใช้ในการย้อมสีจากผลการทดลองพบว่ามีผลต่อค่าความเข้มสีของผ้าที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และในการย้อมผ้าไหมและไนลอนควรมีการปรับค่าความเป็นกรดให้เพิ่มขึ้นก่อนนำมาใช้ เนื่องจากภาวะความเป็นต่างของน้ำสีอาจส่งผลต่อการติดสีและลักษณะของผ้าไหมและไนลอนได้ ซึ่งต่างการใช้สีที่ได้จากวิธีที่ 3 ที่สามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่ต้องปรับค่าความเป็นต่างให้ลดลง จึงเลือกวิธีการสกัดน้ำสีวิธีที่ 3 ในการทดลองต่อไป

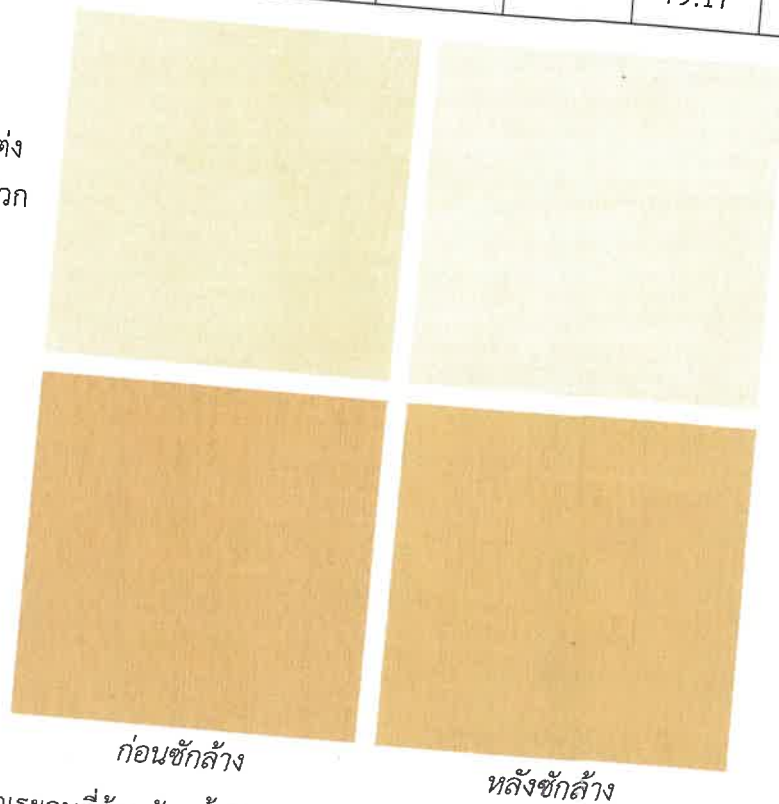
4.2.4 ผลการย้อมสีผ้าเรยอนด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง

ค่าของสี ความเข้มสี และลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (วิธีที่ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก แสดงในตารางที่ 4.5 - 4.6 และภาพที่ 4.11 - 4.12 ตารางที่ 4.5 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ไม่ใช่เกลือในกระบวนการย้อม)

ผ้าที่ใช้ในการทดลอง		ค่าของสี					
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S
ผ้าไม่ผ่านการตกแต่ง สารเพิ่มประจุบวก	ก่อนซักล้าง	82.42	4.66	24.63	25.07	79.28	1.83
	หลังซักล้าง	85.20	2.78	21.50	21.68	82.63	1.11
ผ้าผ่านการตกแต่ง สารเพิ่มประจุบวก	ก่อนซักล้าง	65.18	7.31	34.06	34.84	77.88	7.75
	หลังซักล้าง	67.16	6.42	33.52	34.13	79.17	7.09

ผ้าไม่ผ่านการตกแต่ง
ด้วยสารเพิ่มประจุบวก

ผ้าผ่านการตกแต่ง
ด้วยสารเพิ่มประจุบวก



ภาพที่ 4.11 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง (ไม่ใช่เกลือในกระบวนการย้อม)

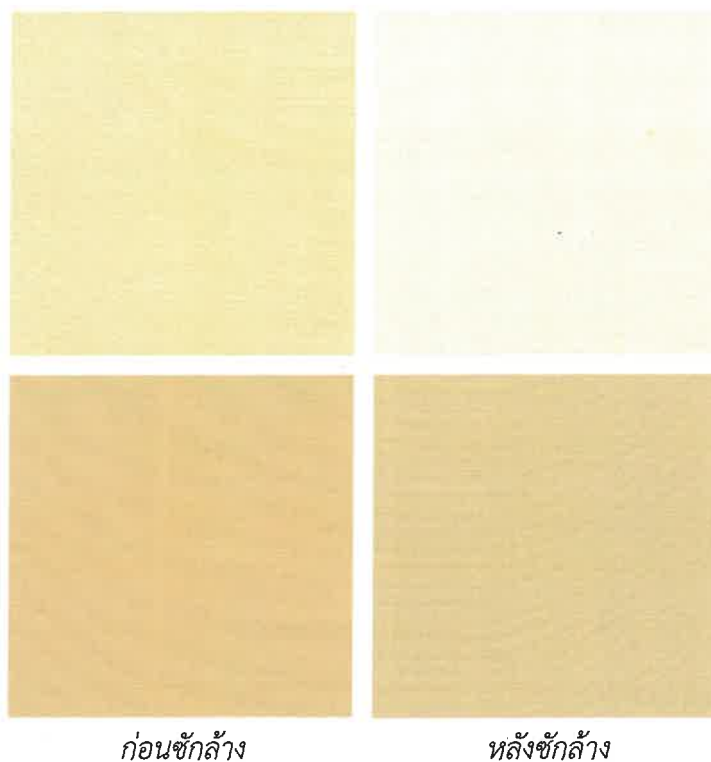
จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 ค่าความเข้มสี (K/S) แสดงให้เห็นว่าผ้าเรยอนที่ไม่ผ่านการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก มีความสามารถในการติดสีด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงต่ำกว่าผ้าไนลอน การตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวกก่อนนำไปทำการย้อมสามารถช่วยเพิ่มอัตราการติดสีของผ้าเรยอนได้ดี โดยสามารถเห็นได้จากค่าความเข้มสีที่มีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อนำผ้าไปผ่านการซักล้าง พบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งมีความเข้มสีของผ้าลดลงจาก 7.75 เป็น 7.09 คิดเป็นค่าความเข้มลดลงร้อยละ 8.52 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งก่อนการย้อม ที่มีอัตราการลดลงของค่าความเข้มสีหลังการซักล้างร้อยละ 39.34

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ใช้เกลือในกระบวนการย้อม)

ผ้าที่ใช้ในการทดลอง		ค่าของสี					
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S
ผ้าไม่ผ่านการตกแต่ง สารเพิ่มประจุบวก	ก่อนซักล้าง	82.05	1.22	38.3	38.32	88.17	4.70
	หลังซักล้าง	85.04	2.05	22.56	22.65	84.82	1.39
ผ้าผ่านการตกแต่ง สารเพิ่มประจุบวก	ก่อนซักล้าง	63.71	8.92	37.74	38.78	76.7	7.54
	หลังซักล้าง	70.19	5.39	33.8	34.23	80.94	6.17

ผ้าไม่ผ่านการตกแต่ง
ด้วยสารเพิ่มประจุบวก

ผ้าผ่านการตกแต่ง
ด้วยสารเพิ่มประจุบวก



ภาพที่ 4.12 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วง (ใช้เกลือในกระบวนการย้อม)

จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 เมื่อมีการเติมเกลือในกระบวนการย้อม พบว่าผ้าเรยอนที่ไม่ผ่านการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก มีความสามารถในการติดสีเพิ่มขึ้น โดยมีค่าความเข้มสีของผ้าเพิ่มขึ้นจาก 1.83 เป็น 4.70 แต่มีอัตราการฟอกสีอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่ง เมื่อนำผ้าไปผ่านการซักล้าง พบว่าค่าความเข้มสีของผ้ามีค่าลดลงเป็น 1.39 (ลดลงร้อยละ 29.57) สำหรับผ้าเรยอนที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก การใช้เกลือในการย้อมมีผลต่อการติดสีเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการใช้สารเพิ่มประจุบวกตกแต่งบนผ้าก่อนนำไปย้อม นอกจากจะช่วยให้เพิ่มความสามารถในการติดสีของผ้า ยังสามารถช่วยลดการใช้เกลือในกระบวนการย้อม

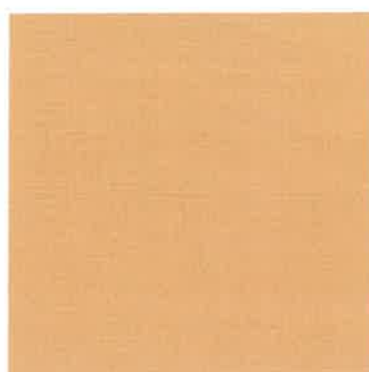
ค่าของสี ความเข้มสี และและลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงด้วยวิธีที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.13

ตารางที่ 4.7 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

วิธีการสกัดน้ำสี	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
1	68.78	4.42	31.88	32.19	82.12	5.53
2	70.52	7.17	33.28	34.04	77.84	5.92
3	67.16	6.42	33.52	34.13	79.17	7.09
4	71.99	5.36	33.11	33.54	80.80	6.36
5	67.59	6.87	34.07	34.75	78.60	7.91
3 (pH 3.5)	77.34	2.80	19.52	19.72	81.83	2.91



วิธีที่ 1



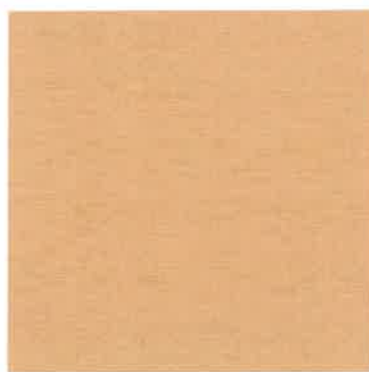
วิธีที่ 2



วิธีที่ 3



วิธีที่ 4



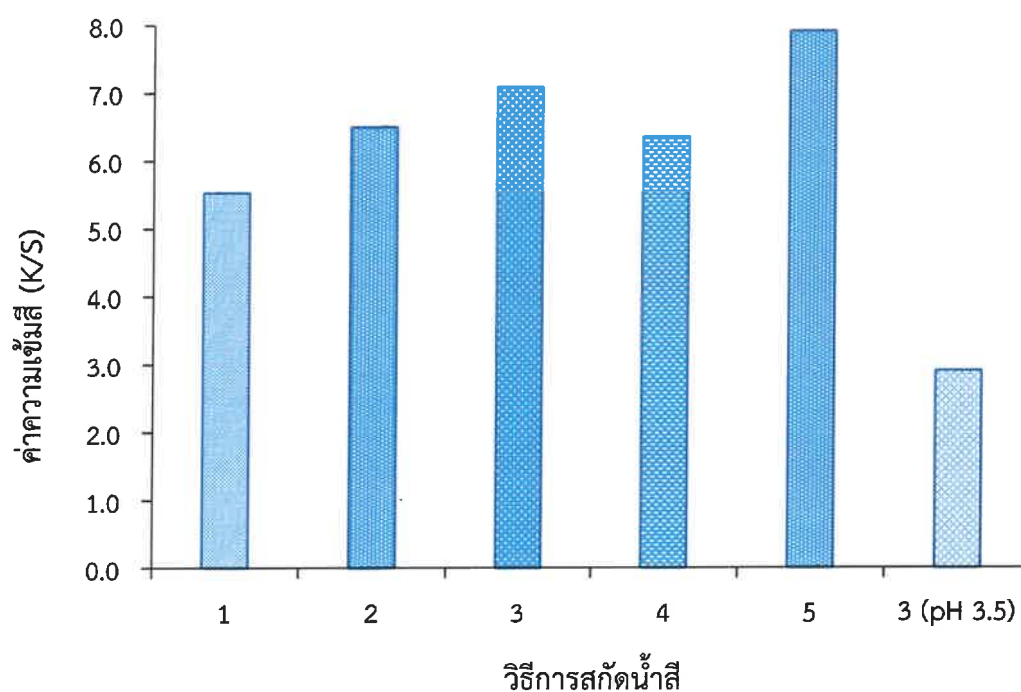
วิธีที่ 5



วิธีที่ 3 (pH 3.5)

ภาพที่ 4.13 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีจากใบมะม่วงที่สกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน

จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 เมื่อพิจารณาจาก ค่า a^* b^* และ h^* แสดงให้เห็นว่า ผ้าตัวอย่างที่ย้อมด้วยน้ำสีที่มีภาวะในการสกัดสีต่างกัน 5 วิธี มีลักษณะสีที่ใกล้เคียงกันและมีค่าความเข้มใกล้เคียงกัน และเมื่อทดลองปรับค่าความเป็นกรดของน้ำย้อมให้เพิ่มขึ้น (ทำการย้อมที่ pH 3.5) พบว่าผ้าเรยอนมีแนวโน้มในการติดสีลดลงเมื่อค่าความเป็นกรดของน้ำสีที่ใช้ย้อมให้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าความเข้มสีของผ้ามีค่าลดลงจาก 7.09 เป็น 2.91 (มีค่าความเข้มลดลงร้อยละ 33.33) และเมื่อค่า pH ลดลง ลักษณะสีของผ้าที่ปรากฏเปลี่ยนไป โดยมีค่า b^* ลดลงจาก 33.52 เป็น 19.52 แสดงให้เห็นว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าเรยอนด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงอยู่ในช่วงกรดอ่อนถึงกลาง



ภาพที่ 4.14 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน

4.2.5 ผลของเวลาต่อลักษณะการติดสี

- ลักษณะการติดสีของผ้าไนลอน

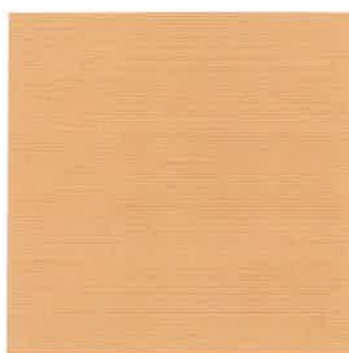
ค่าของสี ความเข้มสี ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสี และลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงในเวลาที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.8 - 4.10 และภาพที่ 4.15 - 4.16

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

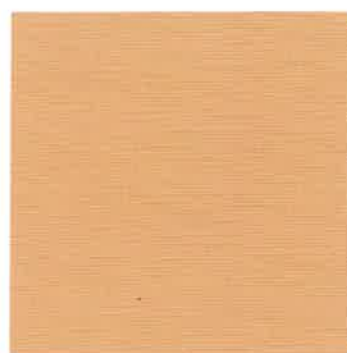
เวลาในการย้อม (นาท)	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
10	67.47	7.05	35.07	35.77	78.64	6.15
20	66.20	6.89	35.03	35.70	78.87	6.88
30	64.95	7.67	35.26	36.09	77.73	7.30
40	64.22	8.30	35.69	36.65	76.90	7.68
50	64.76	7.62	35.31	36.12	77.82	7.26
60	61.20	7.64	33.23	34.10	77.06	6.96



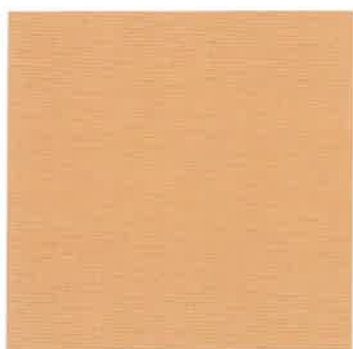
10 นาที



20 นาที



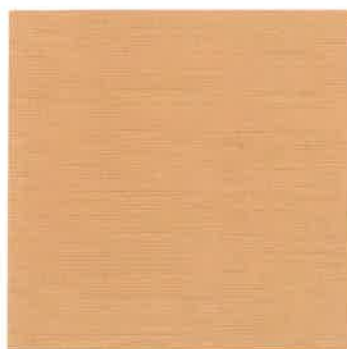
30 นาที



40 นาที



50 นาที



60 นาที

ภาพที่ 4.15 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.9 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

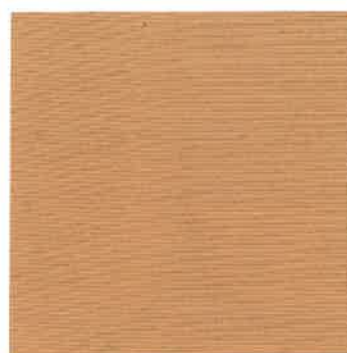
เวลาในการย้อม (นาทีก)	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
10	58.81	9.03	37.03	38.12	76.30	8.62
20	55.99	9.78	36.43	37.72	74.98	9.26
30	55.82	9.67	36.60	37.86	75.21	9.09
40	55.75	9.72	36.51	37.78	75.09	9.68
50	54.53	9.87	35.65	36.99	74.53	9.90
60	53.54	9.51	34.69	35.97	74.67	9.82



10 นาที



20 นาที



30 นาที



40 นาที



50 นาที



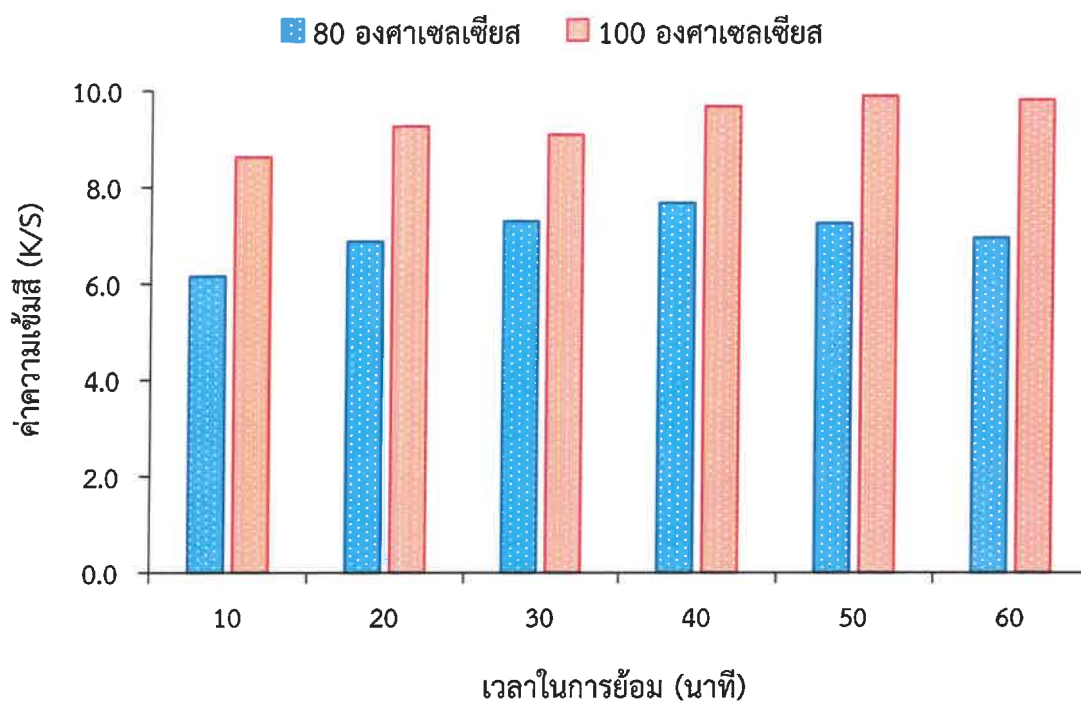
60 นาที

ภาพที่ 4.16 ลักษณะสีของผ้าไนลอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

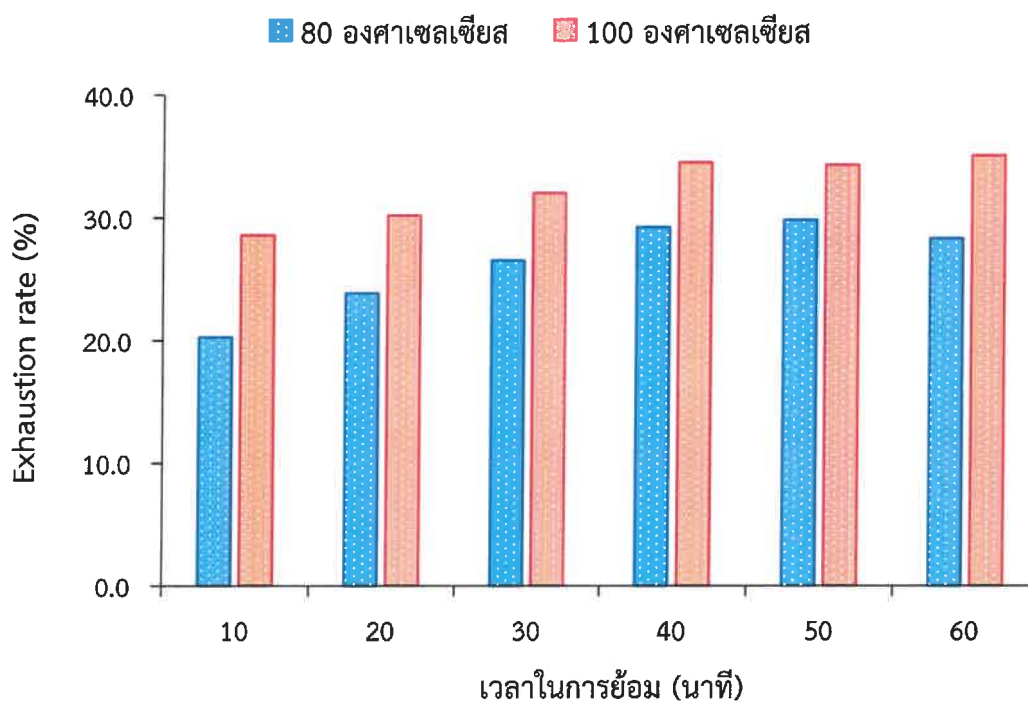
ตารางที่ 4.10 ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของผ้าไนลอนที่เวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาในการย้อม (นาทีก)	ค่าการดูดกลืนคลีนแสง		Exhaustion rate (%)
		ก่อนการย้อม	หลังการย้อม	
80	10	0.4881	0.3892	20.26
	20	0.4881	0.3716	23.87
	30	0.4881	0.3587	26.51
	40	0.4881	0.3455	29.22
	50	0.4881	0.3427	29.79
	60	0.4881	0.3499	28.31
100	10	0.4881	0.3487	28.56
	20	0.4881	0.3410	30.14
	30	0.4881	0.3319	32.00
	40	0.4881	0.3197	34.50
	50	0.4881	0.3208	34.28
	60	0.4881	0.3169	35.07

จากข้อมูลในตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าการเพิ่มเวลาในการย้อมมีผลต่อค่าความเข้มสีที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ค่าความเข้มสีมีแนวโน้มคงที่ และลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการย้อมจาก 40 – 60 นาที ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของผ้าไนลอนที่คำนวณได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการย้อมมีผลต่ออัตราการติดสีที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ความเข้มสีของผ้ามีลดลงเล็กน้อยเมื่อนำผ้าผ่านกระบวนการซักล้าง โดยลักษณะสียังคงมีลักษณะเหมือนเดิม เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการย้อมต่อความเข้มสีของผ้าที่ได้จากการทดลอง พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิจาก 80 เป็น 100 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเข้มสีของผ้าที่ได้จากการย้อมในทุกช่วงเวลา (ดังแสดงในภาพที่ 4.17) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากลักษณะของเส้นใยไนลอนที่มีสมบัติเป็นเส้นใยเทอร์โมพลาสติก ที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature) อยู่ในช่วงประมาณ 40 - 50 องศาเซลเซียส [31] เส้นใยจึงต้องอาศัยความร้อนสูงเพื่อช่วยให้โครงสร้างในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบอ่อนตัวจากความร้อน และเปิดโครงสร้างออกจนทำให้สีเคลื่อนตัวเข้าไปภายในโครงสร้าง เส้นใยได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นสำหรับการย้อมเส้นใยไนลอนจึงเหมาะที่จะทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.17 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่อความเข้มข้นของผ้าในลอน



ภาพที่ 4.18 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่ออัตราการย้อมติดสีของผ้าในลอน

- ลักษณะการติดสีของผ้าไหม

ค่าของสี ความเข้มสี ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสี และลักษณะสีของผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงในเวลาที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.11 - 4.13 และภาพที่ 4.19 - 4.20

ตารางที่ 4.11 ค่าสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลาในการย้อม (นาท)	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
10	59.08	8.76	34.93	36.01	75.91	9.58
20	57.45	9.49	35.28	36.53	74.95	11.47
30	55.88	9.64	35.29	36.58	74.73	13.49
40	54.54	9.99	35.12	36.52	74.13	13.66
50	53.35	10.18	34.90	36.36	73.74	13.33
60	55.11	10.09	36.21	37.59	74.42	13.00



10 นาที



20 นาที



30 นาที



40 นาที



50 นาที



60 นาที

ภาพที่ 4.19 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.12 ค่าสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลาในการย้อม (นาที)	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
10	54.88	10.22	38.03	39.38	74.95	11.29
20	52.41	10.43	36.84	38.29	74.20	12.27
30	52.14	11.45	37.66	39.36	73.09	14.41
40	51.01	11.05	37.10	38.71	73.41	14.30
50	50.17	11.68	37.08	38.87	72.52	14.58
60	49.08	11.34	35.65	37.41	72.36	14.21



10 นาที



20 นาที



30 นาที



40 นาที



50 นาที



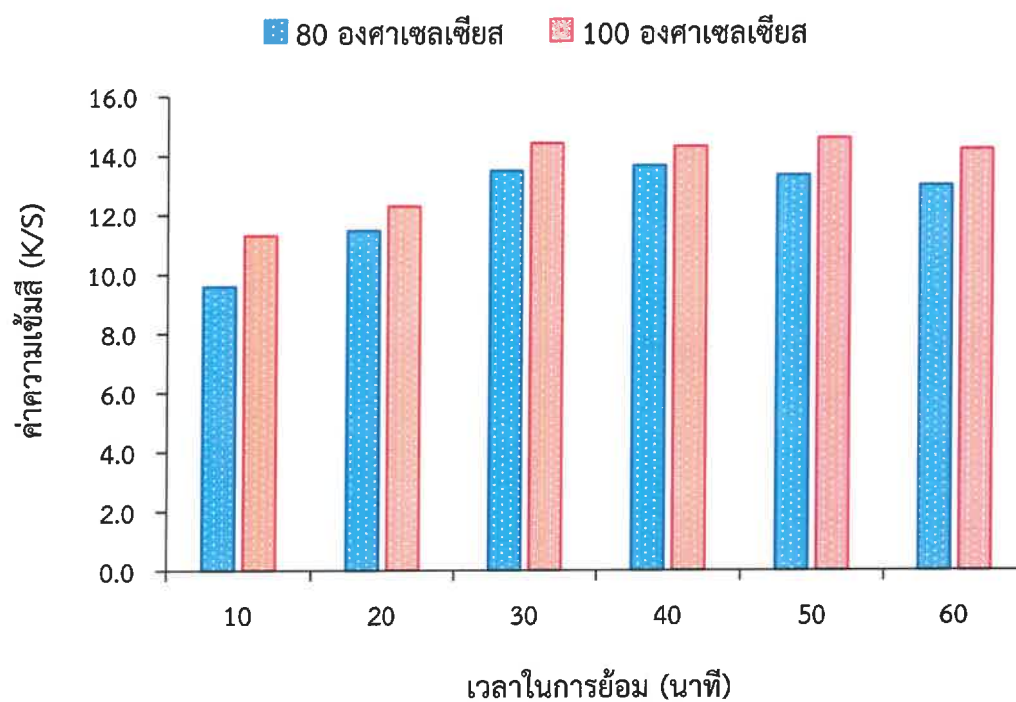
60 นาที

ภาพที่ 4.20 ลักษณะสีของผ้าไหมที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

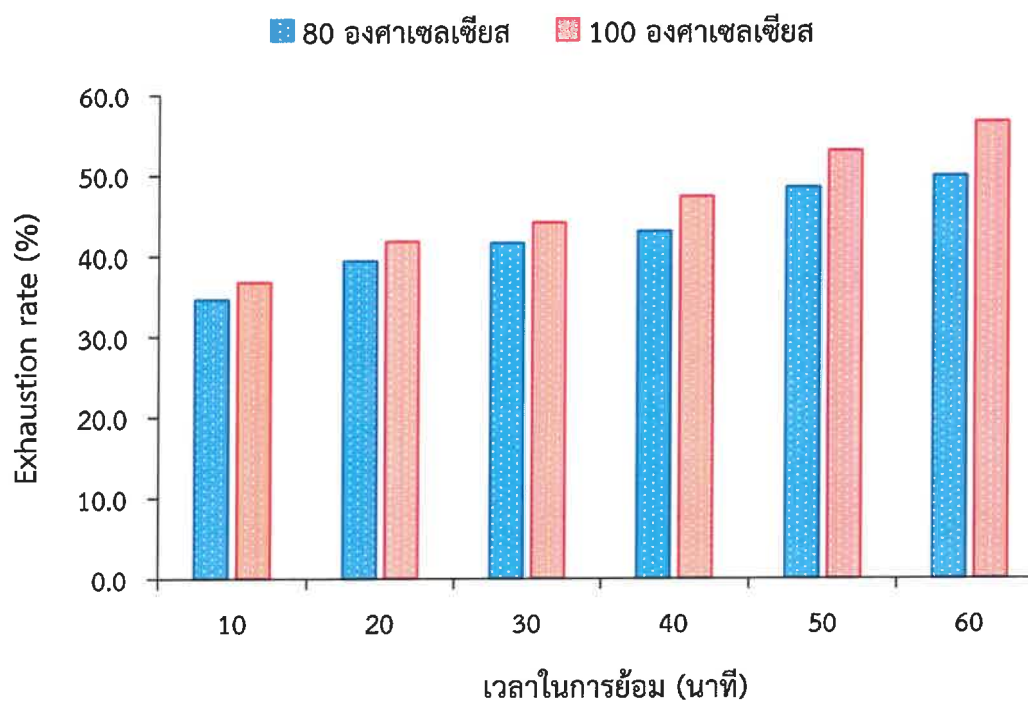
ตารางที่ 4.13 ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของผ้าไหมที่เวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาในการย้อม (นาที)	ค่าการดูดกลืนคลีนแสง		Exhaustion rate (%)
		ก่อนการย้อม	หลังการย้อม	
80	10	0.4881	0.3192	34.60
	20	0.4881	0.2958	39.40
	30	0.4881	0.2849	41.63
	40	0.4881	0.2779	43.06
	50	0.4881	0.2513	48.51
	60	0.4881	0.2445	49.91
100	10	0.4881	0.309	36.69
	20	0.4881	0.2844	41.73
	30	0.4881	0.2726	44.15
	40	0.4881	0.2571	47.33
	50	0.4881	0.2294	53.00
	60	0.4881	0.2116	56.65

จากข้อมูลในตารางที่ 4.10 - 4.13 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มเวลาในการย้อมผ้าไหม มีแนวโน้มแบบเดียวกับการย้อมผ้าไนลอน ค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและค่ามีแนวโน้มคงที่เมื่อเพิ่มเวลาในการย้อมจาก 30 - 60 นาที โดยผ้าไหมมีความสามารถในการติดสีได้ดีกว่าผ้าไนลอนเมื่อย้อมในภาวะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการย้อมต่อความเข้มสีของผ้า พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิจาก 80 เป็น 100 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเข้มสีของผ้าเล็กน้อย โดยมีลักษณะเดียวกันในทุกช่วงเวลาของการย้อม (ดังแสดงในภาพที่ 4.21) ซึ่งแตกต่างจากผลการย้อมของเส้นใยไนลอน อาจเนื่องมาจากเส้นใยไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติที่หมู่ในการติดสีจำนวนมากกว่าเส้นใยไนลอน และลักษณะของเส้นใยไหมที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำและความชื้นได้สูง [16] เมื่อปรับค่าความเป็นกรดของน้ำสีย้อมอยู่ในภาวะที่เหมาะสม (ภาวะกรด) จะช่วยทำให้เส้นใยสามารถดูดซึมน้ำสีและย้อมติดบนเส้นใยได้อย่างรวดเร็ว และให้ความเข้มสีสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ แสดงให้เห็นว่าสำหรับการย้อมสีเส้นใยไหมสามารถทำการย้อมได้ที่อุณหภูมิช่วง 80 - 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.21 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย่อยต่อความเข้มข้นของผ้าไหม



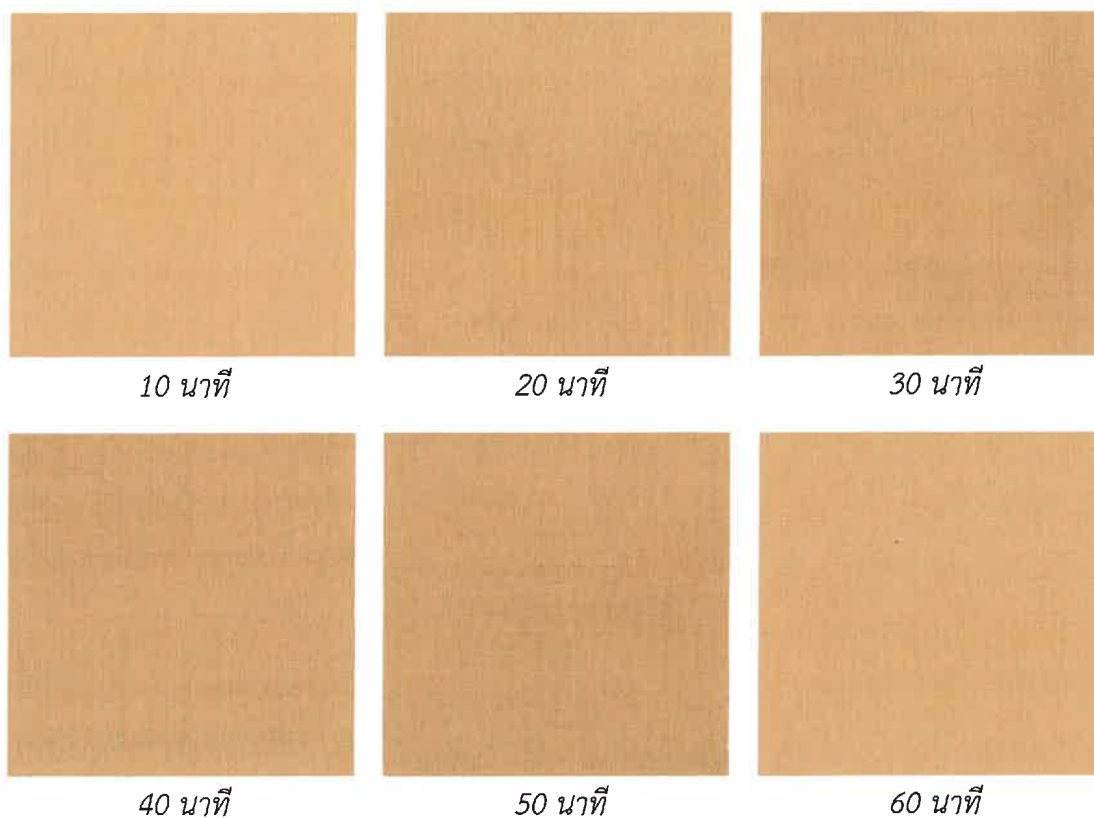
ภาพที่ 4.22 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย่อยต่ออัตราการย่อยติดสีของผ้าไหม

- ลักษณะการติดสีของผ้าเรยอน

ค่าของสี ความเข้มสี ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสี และลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงในเวลาที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.14 - 4.16 และภาพที่ 4.23 - 4.24

ตารางที่ 4.14 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลาในการย้อม (นาทื)	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
10	67.30	5.38	35.45	35.86	81.37	7.81
20	67.14	5.48	34.89	35.31	81.08	7.94
30	63.9	5.56	36.13	36.56	81.26	8.33
40	63.53	5.65	35.46	35.9	80.94	8.79
50	63.79	5.56	34.91	35.35	80.95	8.78
60	61.19	6.1	34.49	35.02	79.97	8.55



ภาพที่ 4.23 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.15 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลาในการย้อม (นาท)	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
10	67.30	5.38	35.45	35.86	81.37	7.81
20	67.14	5.48	34.89	35.31	81.08	7.94
30	63.9	5.56	36.13	36.56	81.26	8.33
40	63.53	5.65	35.46	35.9	80.94	8.79
50	63.79	5.56	34.91	35.35	80.95	8.78
60	61.19	6.1	34.49	35.02	79.97	8.55



10 นาที



20 นาที



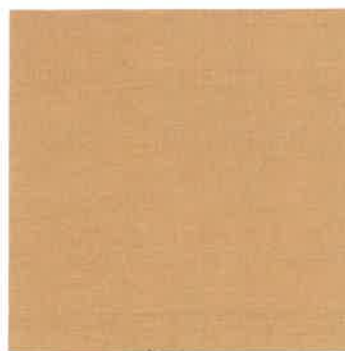
30 นาที



40 นาที



50 นาที



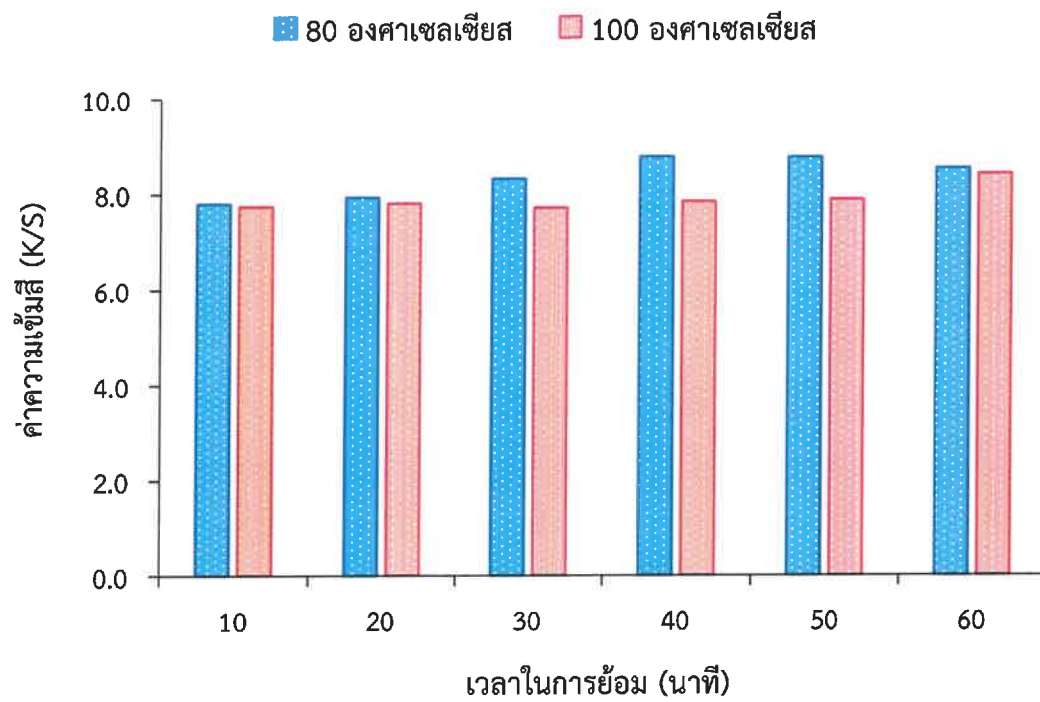
60 นาที

ภาพที่ 4.24 ลักษณะสีของผ้าเรยอนที่ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

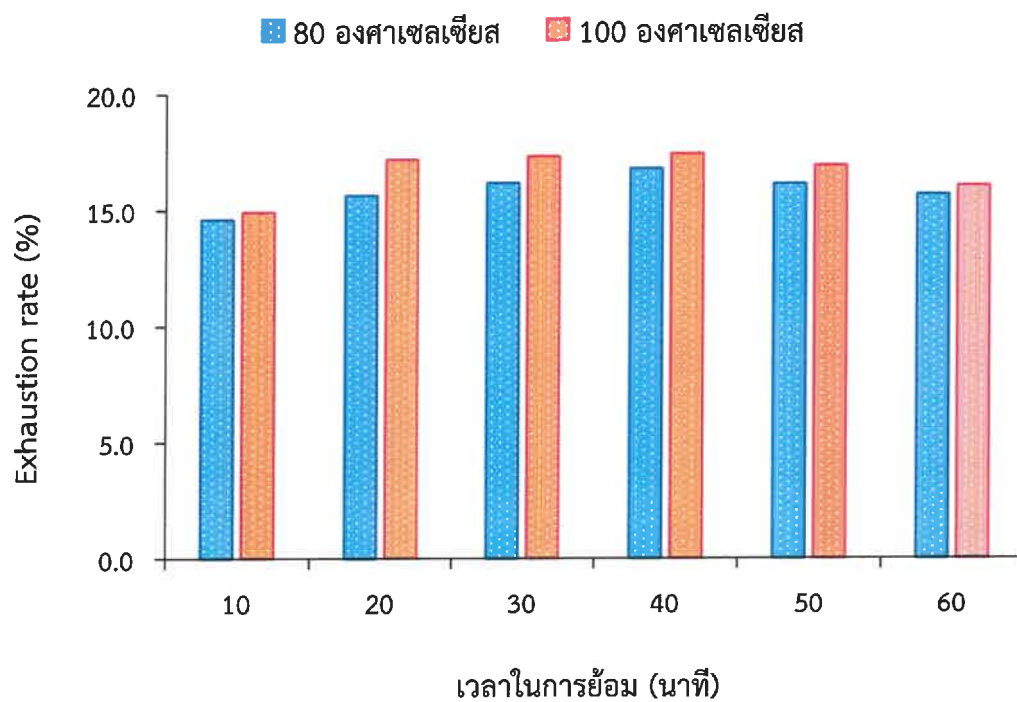
ตารางที่ 4.16 ค่าร้อยละของอัตราการย้อมติดสีของผ้าเรยอนที่เวลาต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาในการย้อม (นาที)	ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง		Exhaustion rate (%)
		ก่อนการย้อม	หลังการย้อม	
80	10	1.2211	1.0428	14.60
	20	1.2211	1.0301	15.64
	30	1.2211	1.0236	16.17
	40	1.2211	1.0159	16.80
	50	1.2211	1.0241	16.13
	60	1.2211	1.0296	15.68
100	10	1.2211	1.0390	14.91
	20	1.2211	1.0114	17.17
	30	1.2211	1.0096	17.32
	40	1.2211	1.0083	17.43
	50	1.2211	1.0145	16.92
	60	1.2211	1.0250	16.06

จากข้อมูลในตารางที่ 4.12 - 4.16 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มเวลาในการย้อมผ้าเรยอน มีแนวโน้มของผลการย้อมเช่นเดียวกับการย้อมผ้าไนลอนและไหม เมื่อเพิ่มเวลาในการย้อมค่าความเข้มสีของผ้าที่ได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจเนื่องมาจากผ้าเรยอนที่ใช้ในกระบวนการเป็นผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการติดสี สารที่ให้มีผลในการช่วยให้ผ้าเรยอนดูดซึมสีได้อย่างรวดเร็วในช่วงต้นของการย้อม เมื่ออุณหภูมิการถึงช่วงที่ทำการจึงมีการดูดซึมสีคงที่และมีแนวโน้มลดลง มีผลให้ค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อความเข้มสีของผ้า พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการย้อมจาก 80 เป็น 100 องศาเซลเซียส มีผลต่อค่าความเข้มสีของผ้า โดยค่าความเข้มมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการย้อม เนื่องจากผลของการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวก ที่ช่วยให้ผ้าเรยอนสามารถดูดซึมน้ำสีได้ดีขึ้น การให้อุณหภูมิกับน้ำสีช่วยให้เส้นใยมีการพองตัวและดูดซึมน้ำได้ดีมากขึ้น แต่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลต่อการจับตัวกันระหว่างสารเพิ่มประจุบวกและหมู่แสดงสมบัติบนผ้าเรยอน ทำให้สารเพิ่มประจุบวกบนผ้าแยกตัวออกมาเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้ความเข้มสีของผ้ามีค่าลดลง



ภาพที่ 4.25 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่อความเหนื่อยของผ้าเรยอน



ภาพที่ 4.26 แผนภูมิเปรียบเทียบผลของเวลาในการย้อมต่ออัตราการย้อมติดสีของผ้าเรยอน

4.3 ผลการทำมอร์แดนต์ต่อลักษณะสีของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

4.3.1 ผลการทำมอร์แดนต์บนผ้าไนลอน

ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าไนลอนหลังการทำมอร์แดนต์แสดงในตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.27

ตารางที่ 4.17 ค่าสีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงหลังการทำมอร์แดนต์

ภาวะในการย้อม	สารเคมีที่ใช้	ค่าของสี					
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S
pH ~ 5.5	-	70.65	3.23	33.44	33.59	84.47	8.60
	AlK(SO ₄) ₂ ·12 H ₂ O	72.16	2.38	32.52	32.61	85.82	7.56
	FeSO ₄ ·7 H ₂ O	59.69	-0.92	20.89	20.91	92.52	8.12
pH ~ 3.5	-	65.36	7.05	35.73	36.42	78.84	9.32
	AlK(SO ₄) ₂ ·12 H ₂ O	64.07	8.44	36.29	37.25	76.91	9.63
	FeSO ₄ ·7 H ₂ O	55.13	2.68	24.11	24.26	83.66	9.02



ภาพที่ 4.27 ลักษณะสีของผ้าไนลอนหลังผ่านการทำมอร์แดนต์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทำมอร์แดนต์มีผลต่อลักษณะสีของผ้า เมื่อพิจารณาจากค่า L* a* และ b* ของผ้าตัวอย่าง พบว่าชนิดของสารมอร์แดนต์มีผลต่อลักษณะสีของผ้าที่ได้ โดยผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนต์ด้วย AlK(SO₄)₂·12 H₂O มีลักษณะสีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนต์ แต่มีความสว่างมากกว่าและมีความเข้มสีลดลง ซึ่งมีผลเช่นเดียวกันสองภาวะการย้อม สำหรับผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนต์ด้วย

$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ มีลักษณะสีที่ขุ่นและมีความสว่างของสีต่ำกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนท์ จากค่าของสีและลักษณะสีของผ้าไนลอน แสดงให้เห็นว่าการทำมอร์แดนท์ที่อุณหภูมิห้องมีผลต่อการเปลี่ยนลักษณะสีของผ้าเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มเดียวกันในสารมอร์แดนท์ทั้งสองชนิด ซึ่งอาจเนื่องมาจากการทำมอร์แดนท์ที่อุณหภูมิห้องเป็นช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของเส้นใยไนลอน ส่งผลให้สารมอร์แดนท์แทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างเส้นใยได้ยาก

4.3.2 ผลการทำมอร์แดนท์บนผ้าไหม

ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าไหมหลังทำมอร์แดนท์แสดงในตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.28

ตารางที่ 4.18 ค่าสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงหลังการทำมอร์แดนท์

ภาวะในการย้อม	สารเคมีที่ใช้	ค่าของสี					
		L*	a*	b*	C*	h*	K/S
pH ~ 5.5	-	74.16	3.21	24.60	24.81	82.56	2.68
	$\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	72.53	1.66	30.51	30.56	86.88	3.47
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	47.20	1.39	16.10	16.16	85.07	7.61
pH ~ 3.5	-	46.69	11.37	32.36	34.30	70.65	16.73
	$\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	45.89	10.13	35.86	37.26	74.23	21.13
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	27.00	2.78	11.02	11.37	75.83	18.24



ภาพที่ 4.28 ลักษณะสีของผ้าไหมหลังผ่านการทำมอร์แดนท์

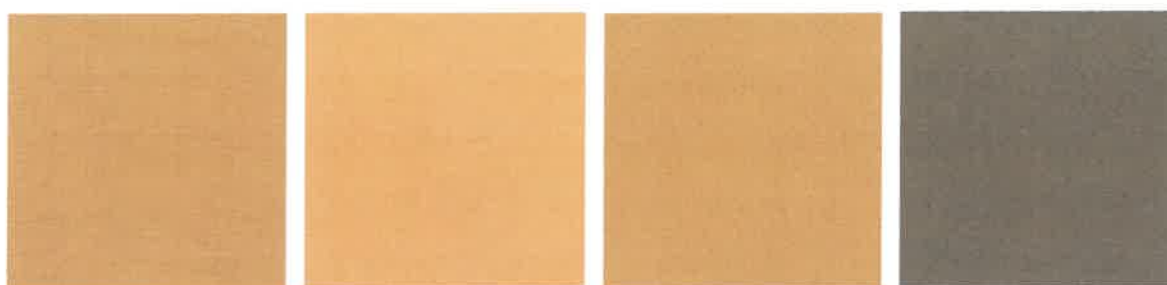
ผลการทดลองในตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.28 แสดงให้เห็นว่าการทำมอร์แดนต์บนผ้าไหมมีผลต่อลักษณะสีของผ้าเช่นเดียวกับผ้าไนลอน โดยผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนต์ด้วย $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ มีลักษณะสีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนต์แต่มีความเข้มสีเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลเช่นเดียวกันสองภาวะการย้อม สำหรับผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนต์ด้วย $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ มีผลทำให้ค่าความสว่างของผ้าลดลง และสีของผ้าเปลี่ยนจากสีน้ำตาลอมเหลืองเป็นสีน้ำตาลเทา

4.3.3 ผลการทำมอร์แดนต์บนผ้าเรยอน

ค่าของสีและลักษณะสีของผ้าไนลอนหลังทำมอร์แดนต์แสดงในตารางที่ 4.19 และภาพที่ 4.29

ตารางที่ 4.19 ค่าสีของผ้าเรยอนที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วงหลังการทำมอร์แดนต์

สารเคมีที่ใช้	ค่าของสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
-	49.09	1.12	15.34	15.38	85.84	8.78
สารพริกสี	61.46	6.64	33.70	34.35	78.85	8.52
$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	58.64	5.70	34.96	35.42	80.75	11.14
$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	42.93	3.34	19.84	20.12	80.44	12.29



ไม่ผ่านการทำมอร์แดนต์

สารพริกสี

$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$

$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

ภาพที่ 4.29 ลักษณะสีผ้าเรยอนหลังผ่านการทำมอร์แดนต์

จากค่าของสีในตารางที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่าการทำมอร์แดนต์มีผลต่อลักษณะสีของผ้าเรยอนเช่นเดียวกับผ้าไนลอนและผ้าไหม ค่า L* a* และ b* พบว่าผ้าที่ทำมอร์แดนต์ด้วย $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ และผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยสารพริกสีสำหรับสีไคเร็กซ์ มีลักษณะสีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนต์ โดยมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นทำให้มองเห็นว่าผ้ามีสีที่อ่อนลง เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สำหรับผ้าที่ทำมอร์แดนต์ด้วย $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ มีผลทำให้ค่าความสว่างของผ้าลดลงและสีของผ้าเปลี่ยนจากสีน้ำตาลอมเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้ม

4.4 ผลการทดสอบความคงทนของสี

4.4.1 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 3-2552 ความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่หรือ สบู่และโซดา ภาวะการทดสอบ A (1) แสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

ชนิดเส้นใย	สารเคมีที่ใช้	ระดับความคงทนของสี						
		ค่าการเปลี่ยนสี	ค่าการเปื้อนสี					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิก	ขนสัตว์
ไนลอน (pH ~ 5.5)	-	4	5	5	5	5	5	4-5
	$\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4	5	5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	2-3	5	5	5	5	5	4-5
ไนลอน (pH ~ 3.5)	-	4	5	5	5	5	5	4-5
	$\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4-5	5	5	5	5	5	4-5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3	5	5	5	5	5	4-5
ไหม (pH ~ 5.5)	-	4	5	5	5	5	5	4-5
	$\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4	5	5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	2	5	5	5	5	5	5
ไหม (pH ~ 3.5)	-	4	4-5	5	5	5	5	5
	$\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4	5	5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	2.5	5	5	5	5	5	5
เรยอน	-	3-5	5	4	5	5	5	4-5
	สารฟีนิกสี	4-5	5	4-5	5	5	5	4-5
	$\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4	5	4-5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3	5	4-5	5	5	5	5

จากค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างดังแสดงในตารางที่ 4.20 พบว่าผ้าไนลอนและผ้าไหมที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนท์และผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $\text{ALK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ มีค่าการเปลี่ยนสีเล็กน้อย และมีการเปื้อนสีบนเส้นใยอื่นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แสดงให้เห็นว่าผ้ามีความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในเกณฑ์ดี ในขณะที่ผ่านการมอร์แดนท์ด้วย $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ มีค่าการเปลี่ยนสีหลังจากการซักล้างค่อนข้างสูง แต่มีการเปื้อนสีบนเส้นใยอื่นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ สำหรับผ้าเรยอนระดับความคงทนของสีอยู่ในระดับปานกลาง และมีการเปื้อนสีบนเส้นใยอื่นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

4.4.2 ความคงทนของสีต่อเหงื่อ

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 4-2552 แสดงในตารางที่ 4.21 - 4.22

ตารางที่ 4.21 ความคงทนของสีต่อการเหงื่อของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ภาวะกรด)

ชนิดเส้นใย	สารเคมีที่ใช้	ระดับความคงทนของสี						
		ค่าการเปลี่ยนสี	ค่าการเปื้อนสี					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิก	ขนสัตว์
ไนลอน (pH ~ 5.5)	-	4-5	5	5	4-5	5	5	4-5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4-5	5	5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3-4	5	5	5	5	5	5
ไนลอน (pH ~ 3.5)	-	4-5	5	5	5	5	5	5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4-5	5	4-5	4-5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3	5	4-5	4-5	5	5	4-5
ไหม (pH ~ 5.5)	-	4	5	5	4-5	5	5	5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	3	5	5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3	5	5	5	5	5	5
ไหม (pH ~ 3.5)	-	3	4-5	4	4-5	4-5	5	4-5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	3-4	5	5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	2-3	5	5	5	5	5	5
เรยอน	-	4-5	5	4-5	4-5	5	5	4-5
	สารพีนิกสี	4-5	5	5	5	5	5	5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4-5	5	5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	4	5	5	5	5	5	4-5

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าผ้าไนลอน ผ้าไหม และผ้าเรยอนที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนท์และผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ มีความคงทนของสีต่อการเหงื่อในภาวะกรดอยู่ในระดับปานกลางถึงดี มีการเปลี่ยนสีเล็กน้อยหลังการทดสอบและมีการเปื้อนสีบนเส้นใยอื่นต่ำ สำหรับผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ มีค่าการเปลี่ยนสีหลังจากการทดสอบค่อนข้างสูง (ยกเว้นผ้าเรยอน) แต่มีการเปื้อนสีบนเส้นใยอื่นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

ตารางที่ 4.22 ความคงทนของสีต่อการเหี่ยวของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง (ภาวะต่าง)

ชนิดเส้นใย	สารเคมีที่ใช้	ระดับความคงทนของสี						
		ค่าการเปลี่ยนสี	ค่าการเปื้อนสี					
			อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเตอร์	อะคริลิก	ขนสัตว์
ไนลอน (pH ~ 5.5)	-	4-5	4	4	4	5	5	3-4
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	3	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5	3
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5	3
ไนลอน (pH ~ 3.5)	-	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	5	4	3-4	4-5	4-5	4-5	3
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3-4	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5	3
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	4	5	4-5	5	5	5	5
ไหม (pH ~ 5.5)	-	3	5	4-5	5	5	5	5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	3	5	4-5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	2-3	5	4-5	5	5	4-5	5
ไหม (pH ~ 3.5)	-	3-4	4-5	2-3	4-5	4-5	4-5	4
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4-5	5	5	5	5	4-5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3	5	5	5	4-5	4-5	5
เรยอน	-	5	5	3	4-5	5	5	4
	สารพิกเมนต์	4	5	4-5	4-5	5	5	4-5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4-5	5	4-5	5	5	5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	4	5	4-5	5	5	5	5

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าผ้าไนลอน ผ้าไหม และผ้าเรยอนที่ผ่านการทดสอบความคงทนของสีต่อการเหี่ยวในภาวะต่างอยู่ในระดับปานกลางถึงดี สำหรับผ้าไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนท์และผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ มีการเปลี่ยนสีเล็กน้อยและมีระดับการเปื้อนสีบนเส้นใยฝ้ายและขนสัตว์ในระดับปานกลาง สำหรับผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ด้วย $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ มีค่าการเปลี่ยนสีหลังจากการทดสอบอยู่ในระดับปานกลาง (ยกเว้นผ้าเรยอน) และมีการเปื้อนสีบนเส้นใยอื่นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

4.4.3 ความคงทนของสีต่อการขัดถู

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 เล่ม 5-2552 ความคงทนของสีต่อการขัดถู แสดงในตารางที่ 4.23

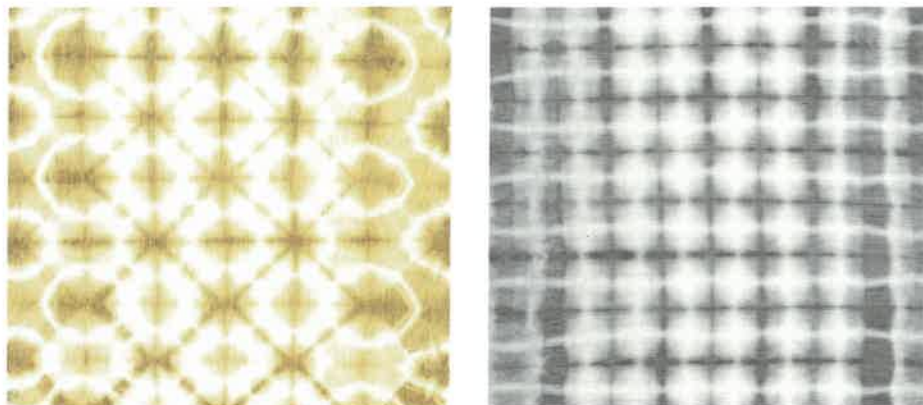
ตารางที่ 4.23 ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

ชนิดของเส้นใย	สารเคมีที่ใช้	ค่าการเปลี่ยนสี			
		แห้ง		เปียก	
		แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน
ไนลอน (pH ~ 5.5)	-	4-5	5	4-5	4
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	5	5	4-5	5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	4-5	4	3	3-4
ไนลอน (pH ~ 3.5)	-	4-5	4-5	3-4	4
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4	5	4	4-5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	4	4-5	3-4	4
ไหม (pH ~ 5.5)	-	4-5	5	4	4-5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	5	5	4-5	4-5
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	4	4	3	3
ไหม (pH ~ 3.5)	-	4-5	4	3-4	2-3
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4	4-5	3-4	3
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	3-4	3-4	2-3	2-3
เรยอน	-	5	5	4	4
	สารฟีนิกสี	5	5	4	4-5
	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	4-5	4-5	3-4	3-4
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	4	4	3	3-4

จากผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง พบว่าผ้าที่ใช้ในการทดลองทุกชนิด ในภาวะแห้งมีค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูอยู่ในระดับดี สำหรับภาวะเปียกมีค่าในระดับปานกลางถึงดี และการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมส่งผลต่อการเพิ่มความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าเล็กน้อย และการทำมอร์แดนท์ด้วย $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ มีผลทำให้ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าลดลง

4.5 การจัดทำต้นแบบผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วงเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมสีสิ่งทอ พบว่าผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยสีจากใบมะม่วง มีความคงทนของสีอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถนำมาตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอในรูปแบบต่าง ๆ ได้ และเพื่อให้เห็นถึงแนวทางในการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงได้จัดทำต้นแบบผลิตภัณฑ์จากผ้าย้อมสีด้วยใบมะม่วงในรูปแบบต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.30 - 4.32



ภาพที่ 4.30 ผ้าเช็ดหน้ามัดย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง



ภาพที่ 4.31 กระเป๋าผ้าตัดเย็บจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง



ภาพที่ 4.32 กระเป๋าใส่เหรียญตัดเย็บจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง



ภาพที่ 4.33 ที่เก็บกัญญาแฉดัดเย็บจากผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง



ภาพที่ 4.34 กระเป๋าใส่ดินสอตัดเย็บจากผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากใบมะม่วง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการสกัดสารให้สีจากใบมะม่วงและการใช้งานบนวัสดุสิ่งทอ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางในการสกัดน้ำสีจากใบมะม่วงและการนำมาใช้ในการย้อมสีสิ่งทอ โดยมีขอบเขตที่ทำการศึกษาคือวิธีการและภาวะที่ใช้ในการสกัดน้ำสี การย้อมติดสีบนวัสดุสิ่งทอ ผลของการทำมอร์แดนต์ต่อลักษณะสีของผ้า และสมบัติความคงทนของสีต่อการนำไปใช้งาน โดยทำการศึกษาทดลองบนผ้าไนลอน ผ้าไหม และผ้าเรยอน

จากผลการศึกษาในการสกัดน้ำสี พบว่าในใบมะม่วงมีแมงจิเฟอริน (Mangiferin) ที่มีสีเหลือง และสามารถละลายน้ำได้ดี การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดน้ำสีสามารถช่วยให้สกัดสารให้สีจากใบมะม่วงได้เพิ่มขึ้น และเมื่อค่าความเป็นด่างในน้ำที่ใช้ในการสกัดมีค่าเพิ่มขึ้น น้ำสีที่ได้จากการสกัดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลอมเหลือง น้ำสีที่สกัดได้จากใบมะม่วงสามารถย้อมติดสีได้ดีบนเส้นใยไนลอน และเส้นใยไหม แต่มีความสามารถในการติดสีบนเส้นใยเรยอนค่อนข้างต่ำ ซึ่งในกรณีของเส้นใยเรยอนสามารถเพิ่มอัตราการติดสีของเส้นใยได้ด้วยการตกแต่งด้วยสารเพิ่มประจุบวกก่อนนำไปทำการย้อม ผ้าทั้งสามชนิดที่ใช้ในการทดลองมีความคงทนของสีต่อการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี และเมื่อทำการปรับปรุงความคงทนของสีด้วยการทำมอร์แดนต์หลังการย้อม โดยใช้สารมอร์แดนต์ 2 ชนิด คือ $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ พบว่าการทำมอร์แดนต์สามารถปรับปรุงความคงทนของสีผ้าที่ผ่านการย้อมได้ เมื่อทำการทดสอบความคงทนของสีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 121 ในด้านความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อเหงื่อ ผลการทดสอบมีค่าอยู่ในระดับดี และความคงทนของสีต่อการขัดถูพบว่าผลการทดสอบมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงดี โดยชนิดของสารมอร์แดนต์ที่มีผลต่อลักษณะสีของผ้าที่ได้กล่าวคือ สีของผ้าที่ทำมอร์แดนต์ด้วย $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ มีลักษณะสีใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทำมอร์แดนต์ ซึ่งมีความสว่างและความสดใสของสีมากกว่าผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนต์ด้วย $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าใบมะม่วงซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมสีสิ่งทอได้ โดยสามารถนำผ้าที่ย้อมได้ไปใช้ทำผลิตภัณฑ์สิ่งทอในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น ผ้าเช็ดหน้า พวงกุญแจ และกระเป๋าผ้าแบบต่าง ๆ เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำน้ำสีจากใบมะม่วงมาใช้ในการย้อมสีแบบใช้สารช่วยยึดติด
- ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเตรียมสีผงจากใบมะม่วง เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการพิมพ์สีสิ่งทอ และการพิมพ์ด้วยเทคนิคแบบอื่น ๆ เช่น การพิมพ์ลอกสี และการพิมพ์กันสี

เอกสารอ้างอิง

1. Jutiviboonsuk, A., & Sardsaengjun, C. (2010). Mangiferin in leaves of three thai mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(3), 122-129. 10.14456/ijps.2010.28
2. Uddin, M. G. (2015). Extraction of eco-friendly natural dyes from mango leaves and their application on silk fabric. *Textiles and Clothing Sustainability*, 1(1), 1-8.
3. จรุง คัลัยจ้อย. (2557). เอกสารประกอบการเรียนการสอนความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสี, คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
4. AK. Roy Choudhury. (2014) *Principles of colour appearance and measurement Volume 1*. Woodhead Publishing Limited.
5. ภัทรานิษฐ์ พิมพ์ประพร. (2558). การศึกษาอิทธิพลของสารช่วยติดสีต่อเจดสีของสีย้อมธรรมชาติสกัดจากใบหมี่ บนเส้นใยไหมย้อมด้วยกระบวนการย้อมแบบดูดซึม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
6. J. N. Chakraborty. (2014). *Fundamentals and Practices in Colouration of Textiles*. Second edition. Woodhead Publishing India Pvt Ltd.
7. เฉลิมพร ทองพูน เมทินี ทวีผล และ ชีรพันธ์ มาจันทร์, “การย้อมสีด้วยฝ้ายโดยใช้น้ำย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นกระถ่อน,” รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ “พินุลสงครามวิจัย 2558” มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 2558
8. ไพลิน มากเปี่ยม, หทัยทิพย์ ศรีชมพู และสุจิตรา แสงแดง. (2560). *สมบัติการพิมพ์ผ้าเรยอนด้วยสีผสมจากสีผงธรรมชาติ*. โครงการในงานเคมีสิ่งทอระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
9. M. Clark. (2011). *Handbook of textile and industrial dyeing Volume 1: Principles, processes and types of dyes*. Woodhead Publishing Limited.
10. จุฑาทิพย์ พนาปิยะสกุลไชย. (2555). *การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ Mangiferin ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี (Development of Mangiferin Determination by Using Spectrophotometry)*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ.
11. สุชาดา ไชยสวัสดิ์, สุชาดา ไชยสวัสดิ์.. [และคนอื่น ๆ]. (2552) *การพัฒนากระบวนการสกัดสาร Mangiferin จากใบมะม่วงในเชิงพาณิชย์*. สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ.
12. ไพรัตน์ ปุณญาเจริญนนท์. (2564). *เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาเส้นใยประดิษฐ์*, คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2564
13. Sara J Kadolph, Sara B Marcketti. *Textiles*, Pearson Education.
14. J. Gordon Cook (2009), *Handbook of Textile Fibres Volume 2: Man-made fibres*. Woodhead Publishing Limited.
15. Calvin Woodings editor. (2001). *Regenerated cellulose fibres*. 1st ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.

16. *Fibers History, Production, Properties*, Dieter Veit, Institut für Textil Technik, Germany. ISBN 978-3-031-15308-2 ISBN 978-3-031-15309-9 (eBook).

17. ปรีชา พลเทพ. (2540). *โพลีเมอร์ (High Polymer)*. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหงกรุงเทพ.

18. ญาณิฐา บุญยิ้มและฉัตรแก้ว งามจบ. (258). *การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยแป้งจากหัวบอนที่อยู่ในรูปของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยใช้สรีแอคทีฟและสีผงจากข้าวโพดม่วง*. โครงการในงานเคมีสิ่งทอระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

19. Roger H. Wardman (2018). *An Introduction to Textile Coloration*. John Wiley & Sons Ltd.

20. Roderick McDonald. (1997). *Colour Physics for Industry*. Second Edition. Society of Dyers and Colourists.

21. Best J. (2017). *Colour Design*. Second Edition Woodhead Publishing, Elsevier Ltd.

22. นงนุช ศศิธร, เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาสีและการวัด, คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2564

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

24. Ado, A., Musa, H., Gumel, S. M., & Yahaya, H. (2015). Eco-friendly dyeing of cotton and polyester fabrics with natural dyes extracted from different varieties of Kola nuts. *International Journal of Chemical and Biomolecular Science*, 1(1), 6-11.

25. Hong, K. H. (2018). Effects of tannin mordanting on coloring and functionalities of wool fabrics dyed with spent coffee grounds. *Fashion and Textiles*, 5(1), 1-11.

26. Elabid, A. E., Mahajoub, I. E., & Ahmed, M. A. (2021). *Mechanisms and Functional Properties of Colored Coffee Compounds Dyed Cotton Fabrics*.

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

28. สมศักดิ์ วรมงคลชัย และคณะ, *การสกัดสารให้สีจากเปลือกมังคุดเพื่อประยุกต์ใช้ในการย้อม*, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบังกรุงเทพ, 2554

29. ประทุมทอง ไตรรัตน์, “การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนจากสารย้อมติดและสารให้สีธรรมชาติ”, *วารสารวิชาการศิลปสถาปัตยกรรมศาสตร์*, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, หน้า 152-195, มกราคม- มิถุนายน, 2560.

30. วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน, *การเตรียมแป้งพิมพ์ด้วยสารขึ้นจากกัมเมล็ดพืชสำหรับการพิมพ์ผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด*, วิทยานิพนธ์ วท.บ. (เคมี), มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 2557.

31. Odian, G. (2004). *Principles of polymerization*. Fourth edition. A John Wiley & Sons, Inc., publication

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนงนุช ศศิธร

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nongnut Sasithorn

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ

สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

E-mail: nongnut.s@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ระดับ	คุณวุฒิ	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาเอก	Doctor of Philosophy (Textile and Materials Engineering)	2559
ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์)	2548
ปริญญาตรี	ศิลปศาสตรบัณฑิต (สื่อสารมวลชน)	2547
	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเคมีสิ่งทอ)	2542

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญ

การย้อมสีและพิมพ์สีสิ่งทอ, Nanofiber production

ผลงานทางวิชาการ

1. Manarungwit, K., Mongkhorrattanasit, R., Maha-in, K., Sasithorn, N., Sarikanon, C., Sarikanon, C., ... & Rungruangkitkrai, N. (2022). การจัดการ ความรู้ และ ถ่ายทอด เทคโนโลยี ใน เชิง พาณิชย์ เส้นใย ป่าน ศรีนารายณ์. *Journal of Humanities and Social Sciences Thonburi University*, 16(1), 93-105.
2. Lam, Y. L., Wang, W. Y., Kan, C. W., Viengsima, M., Manarungwit, K., Sasithorn, N., ... & Mongkhorrattanasit, R. (2020). Thermal Conductivity Properties of Summer Cooling Towels. *Applied Mechanics and Materials*, 901, 95-102.
3. Lam, Y. L., Wang, W., Kan, C. W., Sasithorn, N., Maha-In, K., Sujarittanonta, L., ... & Mongkhorrattanasit, R. (2020). Evaluating the water vapor transmission properties of summer cooling towels. In *E3S Web of conferences* (Vol. 165, pp. 1-4). EDP
4. Wang, W. Y., Heng, H., Yim, H. H. L., Kan, C. W., Sasithorn, N., Wangkanai, P., ... & Mongkhorrattanasit, R. (2019). Evaluation of Wickability of Quick Dry Inner Wear. *Key Engineering Materials*, 814, 285-290.

5. Kan, C. W., Ko, C. M. C., Sasithorn, N., & Mongkholrattanasit, R. (2018). Liquid Spreading Speed Measurement of Fabric-Foam-Fabric Plied Material. *Key Engineering Materials*, 772, 3-7.
6. Mongkholrattanasit, R., Klaichoi, C., Sasithorn, N., Changmuang, W., Manarungwit, K., Maha-In, K., ... & Pangsai, M. (2018). Screen printing on silk fabric using natural indigo. *Vlákná a Textile*, 25(3), 51-56.
7. Mongkholrattanasit, R., Sasithorn, N., Klaichoi, C., Changmuong, W., Vaisalong, J., Rungruangkitkrai, N., ... & Sasivatchutikool, P. (2017). Studies of Dyeing of Silk Fabric with Natural Indigo Using Pad-Dry and Pad-Batch Techniques. *Applied Mechanics and Materials*, 865, 100-104.
8. Mašek, J., Lubasova, D., Lukáč, R., Turanek-Knotigova, P., Kulich, P., Plockova, J., ... & Turanek, J. (2017). Multi-layered nanofibrous mucoadhesive films for buccal and sublingual administration of drug-delivery and vaccination nanoparticles-important step towards effective mucosal vaccines. *Journal of Controlled Release*, 249, 183-195.
9. Sasithorn, N., Martinová, L., Horáková, J., & Mongkholrattanasit, R. (2016). Fabrication of silk fibroin nanofibres by needleless electrospinning. *Electrospinning-Material, Techniques, and Biomedical Applications; Intech: London, UK*, 95-113.
10. Sasithorn, N., Mongkholrattanasit, R., & Martinová, L. (2016). Preparation of Silk Fibroin Nanofibres by Needleless Electrospinning using Formic Acid-Calcium Chloride as the Solvent. *Applied Mechanics and Materials*, 848, 203-206.
11. Sasithorn, N., & Martinová, L. (2015). Needleless Electrospinning of Silk Fibroin/Gelatin Blend Nanofibres. *Applied Mechanics and Materials*, 804, 213-216.
12. Sasithorn, N., & Martinová, L. (2014). Preparation of Silk Fibroin/Gelatin Blend Nanofibres by Roller Electrospinning Method. *Advanced Materials Research*, 849, 45-49.
13. Sasithorn, N., & Martinová, L. (2014). Needleless Electrospinning of Silk fibroin/Polycaprolactone Blend Nanofibres. In *6th International Conference on Nanomaterials (NANOCON 2014)*.
14. Sasithorn, N., & Martinová, L. (2014). Fabrication of silk nanofibres with needle and roller electrospinning methods. *Journal of Nanomaterials*, 2014(1), 947315.
15. N. Sasithorn and L. Martinová, Preparation of Silk Fibroin Electrospun Fibres via Needleless Electrospinning, 1st International Istanbul Textile Congress, 30th May-1st June 2013, Istanbul, Turkey.
16. N. Sasithorn and L. Martinová, Preparation of Silk Fibroin Electrospun Fibres with Needle and Roller Electrospinning Technique, the Second International Conference on Advanced Materials, Energy and Environments (ICMEE), 8th-9th August 2013, Yokohama, Japan, pp 43-46, ISSN: 1939-7348 Online.

17. N. Sasithorn and L. Martinová, Electrospinning of Silk Fibroin Nanofibres with Polycaprolactone, STRUTEX 2012: 19th International Conference Structure and Structural Mechanics of Textiles, 3rd - 4th December 2012, Liberec, Czech Republic.

18. N. Sasithorn, Fabrication of Silk Fibroin Electrospun Fibres by Roller Electrospinning, Workshop Světlanka 2013, 18th - 19th September 2013, Czech Republic.

19. Sasithorn, N., & Martinová, L. (2012, July). Effect of calcium chloride on electrospinning of silk fibroin nanofibres. In *Proceedings of the 4th RMUTP International Conference: Textiles & Fashion* (pp. 51-58).