



การย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าเพื่อป้องกันรังสียูวี

DYEING ON NYLON FABRIC WITH BANANA BRACT FOR
UV-PROTECTION

หทัยทิพย์ ศรีชมภู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การย้อมสีผ้าในลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าเพื่อป้องกันรังสียูวี

หทัยทิพย์ ศรีชมภู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าเพื่อป้องกันรังสียูวี Dyeing on Nylon Fabric with Banana Bract for UV-Protection
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวหทัยทิพย์ ศรีชมภู
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาที่พันธ์ศรีสมชาย อุดร, วศ.ด.
ปีการศึกษา	2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)

.....กรรมการ
(อาจารย์ก้องเกียรติ มหาอินทร์, ศศ.ด.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาที่พันธ์ศรีสมชาย อุดร, วศ.ด.)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.)

คณะกรรมการสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....คณบดีคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
(รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.)

วันที่...2....เดือน...กุมภาพันธ์....พ.ศ...2568....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การย้อมสีผ้าในลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าเพื่อป้องกันรังสียูวี
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวหทัยทิพย์ ศรีชมภู
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนสิริ, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาทีพันธุ์ สมชาย อุดร, วศ.ด.
ปีการศึกษา	2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าที่เหลือใช้ทางการเกษตรนำมาย้อมผ้าในลอน 6 โดยการวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสี ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อัตราส่วนของวัสดุต่อน้ำย้อม ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม ตลอดจนศึกษาผลการใช้สารมอร์แดนต์สำหรับการย้อมสี และศึกษาค่าความคงทนของสี จากผลการวิจัยพบว่าสภาวะที่ให้ค่าความเข้มสีสูงสุดโดยใช้อุณหภูมิการย้อมที่ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ค่า pH 3 ความเข้มข้นสารละลายสีย้อม 50% o.w.f อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อมเท่ากับ 1:100 การวิจัยครั้งนี้ใช้สารมอร์แดนต์ 4 ชนิด ได้แก่ สารส้ม จุนสี สนิมเหล็ก และสแตนนัสคลอไรด์ ผลการวิจัยพบว่าผ้าในลอน 6 ย้อมด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยไม่ใช้สารมอร์แดนต์และใช้สารมอร์แดนต์ประเภท สารส้ม จุนสีและสแตนนัสคลอไรด์ ให้เฉดสีน้ำตาลออกแดง อย่างไรก็ตามถ้าใช้มอร์แดนต์ประเภทสนิมเหล็กให้เฉดสีน้ำตาลออกเทา ผลการวิจัยยังพบอีกว่าค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเข้มสีบนผ้าในลอนเพิ่มขึ้น ค่าการป้องกันรังสียูวี (UPF) ของผ้าในลอน 6 ก่อนการย้อมสีไม่สามารถป้องกันรังสียูวีได้และเมื่อนำไปย้อมสีด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยใช้และไม่ใช้สารมอร์แดนต์พบว่าผ้าในลอนมีประสิทธิภาพการป้องกันรังสียูวี (UPF) ได้ในระดับดีเยี่ยม ($UPF \geq 40$) ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างอยู่ในระดับปานถึงดี ค่าความคงทนของสีต่อน้ำและความคงทนของสีต่อการขัดถูอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ความคงทนของสีต่อเหงื่อเทียมอยู่ในระดับปานกลางถึงดี ในขณะที่ค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับต่ำถึงพอใช้งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ประโยชน์เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าในฐานะวัสดุย้อมสีธรรมชาติที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ต่อผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

คำสำคัญ: เปลือกปลีกกล้วย, ผ้าในลอน, สีธรรมชาติ, แสงอัลตราไวโอเล็ต, สารมอร์แดนต์

Thesis Title	Dyeing on Nylon Fabric with Banana Bract for UV-Protection
Author	Miss. Hathaitip Srichompoo
Program	Textile, Clothing and Fashion Technology
Advisor	Associate Professor Rattanaphol Mongkholratanasit, Ph.D.
Co-Advisor	Assistant Professor Acting Major Somchai Udon, D.Eng.
Academic Year	2024

ABSTRACT

This research applies agricultural waste, specifically banana bract, as a natural dye for nylon 6 fabric. The study analyzes the optimal dyeing conditions, including temperature, time, pH, material-to-dye liquor ratio, and dye solution concentration. Additionally, the study examines the effects of mordants in the dyeing process and evaluates the colorfastness of the dyed fabric. The research found that the optimal conditions for achieving the highest color strength include a dyeing temperature of 90°C, a dyeing time of 60 minutes, a pH of 3, a dye solution concentration of 50% o.w.f, and a material-to-dye liquor ratio of 1:100. Four types of mordants were used in this study: alum, copper sulfate, iron rust, and stannous chloride. The results revealed that nylon 6 dyed with banana bract, both without mordants and with alum, copper sulfate, or stannous chloride, produced a reddish-brown shade. However, the use of iron rust as a mordant resulted in a grayish-brown shade. The study also found that increasing the dye solution concentration enhances the color strength on nylon fabric. The ultraviolet protection factor (UPF) of nylon 6 fabric before dyeing did not provide any UV protection. The colorfastness to washing was rated from moderate to good, colorfastness to water and rubbing was rated from good to very good, colorfastness to artificial perspiration was rated from moderate to good, while colorfastness to light was rated from low to fair. This research demonstrates the potential of using banana bract as a natural dye material that can reduce environmental impact and increase the value of agricultural waste. It offers an eco-friendly and health-conscious option for consumers.

Keywords: Banana Bract, Nylon Fabric, Natural Dye, Ultraviolet Light, Mordant

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุนและความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ในการให้คำปรึกษาตั้งแต่หัวข้อวิทยานิพนธ์ ข้อมูลและคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง โดยเฉพาะการวางแผนโครง แนวทางการเขียนเนื้อหาและการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งถือเป็นแรงกระตุ้นได้อย่างดียิ่ง อีกทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ให้เป็นอย่างดี ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณ ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สาคร ชลสาคร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาชี้แนะแนวทางและคำแนะนำ ตลอดจนข้อสังเกตต่าง ๆ ทำให้เกิดการพัฒนาแนวความคิดและไตร่ตรองปัญหาได้อย่างรอบคอบ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ของเนื้อหาอย่างครบถ้วน

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเขียนงานวิจัย สถานที่ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีสำหรับการทดลอง รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกระหว่างการดำเนินการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณผู้ให้การอุปการะค่าเล่าเรียน ตลอดจนบิดา มารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา และให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณเจ้าของผลงาน เอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้ผู้เขียนค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

หทัยทิพย์ ศรีชมภู

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(9)
สารบัญภาพ.....	(13)
บทที่ 1 บทนำ.....	15
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	15
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย.....	16
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	16
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	17
1.5 วิธีการดำเนินงาน.....	17
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	18
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเปลือกปลีกกล้วย.....	19
2.2 แหล่งของสีย้อม.....	21
2.3 โครงสร้างทางเคมีของสารที่ให้สีในสีธรรมชาติ.....	23
2.4 การสกัดแยกสารสีจากพืช.....	30
2.5 การย้อมด้วยสีธรรมชาติ.....	31
2.6 สารมอร์แดนท์หรือสารช่วยติดสี (mordanting agent).....	32
2.7 ไนลอน (nylon).....	35
2.8 ผ้าถัก (knitted fabric).....	40
2.9 หลักการวัดค่าสีและความเข้มสี.....	47
2.10 หลักการป้องกันรังสียูวีและการประเมินค่า.....	51
2.11 ทฤษฎีการทดสอบความคงทนของสี.....	55
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	61
3.1 วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี.....	61
3.2 วิธีการทดลอง.....	62
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	80
4.1 ผลของการหาค่าการดูดกลืนคลีนแสงของสารละลายสีย้อม.....	80
4.2 ผลของการศึกษาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	83
4.3 ผลของการศึกษาสภาวะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	85
4.4 ผลของการศึกษาสภาวะค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	86
4.5 ผลการศึกษาอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม (L: R) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	88
4.6 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสีย้อม (% o.w.f) ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	89
4.7 ผลการศึกษาการทำมอร์แดนท์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	91
4.8 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	98
4.9 ผลการศึกษาการป้องกันรังสียูวีบนผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	104
4.10 ทดสอบสมบัติความคงทนของสี (Colour fastness).....	107
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	113
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	113
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	115
บรรณานุกรม.....	116

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	121
ภาคผนวก ก เอกสารการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือระดับนานาชาติ.....	122
ประวัติผู้เขียน.....	138



สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	สีย้อมที่ได้จากวัชศุธรรมชาติ.....	22
ตารางที่ 3.1	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือก ปลีกกล้วยน้ำว้า.....	66
ตารางที่ 3.2	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลี กล้วยน้ำว้า.....	67
ตารางที่ 3.3	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	68
ตารางที่ 3.4	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม (L:R) ที่เหมาะสมสำหรับการสี ย้อมผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	69
ตารางที่ 3.5	สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกัน สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	70
ตารางที่ 3.6	สภาวะการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	72
ตารางที่ 3.7	สภาวะการทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้น ของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	73
ตารางที่ 3.8	สภาวะการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	74
ตารางที่ 3.9	สภาวะการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting).....	76
ตารางที่ 3.10	สภาวะการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยการทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting).....	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.11 สภาวะการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ต่อการย้อมสีผ้า ไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post- mordanting).....	78
ตารางที่ 4.1 ผลการดูดกลืนคลื่นแสง (absorbance) ณ ความเข้มข้นที่แตกต่างกันของ สารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า.....	81
ตารางที่ 4.2 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) การย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าที่ความ เข้มข้น 50 % o.w.f ณ อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 องศา เซลเซียส เวลา 60 นาที อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:100.....	84
ตารางที่ 4.3 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า ณ เวลาที่ต่างกัน 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที.....	85
ตารางที่ 4.4 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่แตกต่างกัน 3, 5, 7, 9, 11 และไม่ปรับ ค่า pH.....	87
ตารางที่ 4.5 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วย น้ำว้าโดยใช้ อัตราส่วน (L: R) ระหว่างวัสดุต่อน้ำย้อมที่แตกต่างกัน 1:20, 1:40 1:60, 1:80 และ 1:100.....	88
ตารางที่ 4.6 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วย น้ำว้า โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่ต่างกัน 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80% o.w.f.....	90
ตารางที่ 4.7 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วย สารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าที่ความเข้มข้นของสารละลายสี ย้อมแตกต่างกัน และใช้ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ 10% o.w.f. โดย การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting).....	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.8	ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมแตกต่างกัน และใช้ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ 10% o.w.f. โดยการทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting).....	94
ตารางที่ 4.9	ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และค่าความเข้มสี (K/S) ของ ผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมแตกต่างกัน และใช้ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ 10% o.w.f. โดยการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting).....	96
ตารางที่ 4.10	ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสีย้อม จากเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าโดยใช้ความเข้มข้นสารมอร์แดนท์ที่ต่างกัน และใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. โดยการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting).....	99
ตารางที่ 4.11	ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าโดยใช้ความเข้มข้นสารมอร์แดนท์ที่ต่างกัน และใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. โดยการการทำมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting).....	101
ตารางที่ 4.12	ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าโดยใช้ความเข้มข้นสารมอร์แดนท์ที่ต่างกัน และใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. โดยการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting).....	103
ตารางที่ 4.13	ความสามารถในการป้องกันรังสียูวี (Ultraviolet Protection Factor: UPF) และระดับการป้องกันรังสียูวี (UV protection class) ของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากจากเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าที่ความเข้มข้นต่างกันด้วยวิธีทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี.....	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (colorfastness to washing) มาตรฐาน AATCC 61-2013.....	109
ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (colorfastness to water) มาตรฐาน AATCC 107-2013.....	110
ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อเทียม (colorfastness to perspiration) มาตรฐาน AATCC 15-2013.....	111
ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบความคงทนของสี ต่อการขัดถู (colorfastness to crocking) มาตรฐาน AATCC 8-2016 และ การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม(Colour fastness to artificial light: xenon arc fading test) มาตรฐาน ISO 105-B20:1994.....	112



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ปลีกกล้วยน้ำว้า.....	19
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน.....	20
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิด.....	23
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของสารให้สีพวกแอนทราควิโนนและแนพทราควิโนน.....	25
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของสารให้สีในกลุ่มอัลคาลอยด์บางชนิด.....	26
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของสารให้สีเคอร์คิวมิน (curcumin) และคลอโรฟิลล์ (chlorophylls).....	26
ภาพที่ 2.7 การเชื่อมโยงระหว่างโปรตีนกับแทนนินโดยใช้พันธะไฮโดรเจน (H-bonding)....	27
ภาพที่ 2.8 สูตรโครงสร้างของสารเคมีที่ได้จากไฮโดรไลซ์แทนนิน.....	28
ภาพที่ 2.9 โครงสร้างหน่วยย่อยของ tannin red.....	28
ภาพที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีในลอน 66 (พอลิเอไมด์ 66).....	35
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีในลอน 6 (พอลิเอไมด์ 6).....	36
ภาพที่ 2.12 ภาพตามยาวเส้นใยในลอน.....	36
ภาพที่ 2.13 ภาพตัดขวางเส้นใยในลอน.....	36
ภาพที่ 2.14 การถักตามแนวนอนหรือแนวขวาง และการถักตามแนวตั้ง.....	39
ภาพที่ 2.15 โครงสร้างผ้าถักตามแนวนอนหรือแนวขวาง.....	40
ภาพที่ 2.16 โครงสร้างผ้าถักแบบชั้นเดียว (single jersey knitted fabric).....	41
ภาพที่ 2.17 โครงสร้างผ้าถักแบบริบ (rib knitted fabric).....	42
ภาพที่ 2.18 โครงสร้างผ้าถักแบบอินเตอร์ล็อก (interlock knitted fabric).....	43
ภาพที่ 2.19 โครงสร้างผ้าถักตามแนวตั้ง.....	43
ภาพที่ 2.20 ผ้าถักแบบทริคอต (tricot knitted fabric).....	44
ภาพที่ 2.21 ผ้าถักแบบราเชล (rashchel knitted fabric).....	45
ภาพที่ 2.22 ผ้าถักแบบมิลานีส (milanese knitted fabric).....	45
ภาพที่ 2.23 ผ้าถักแบบตาข่าย (mesh knitted fabric).....	46
ภาพที่ 2.24 ระบบที่ใช้วัดสี คือระบบ CIE L*, a*, b* เป็นวิธีวัดสีในลักษณะของ color space.....	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2.25 แสงองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเกิดแสงแดด.....	50
ภาพที่ 2.26 องค์ประกอบของ ultraviolet ที่เรียกว่า รังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	51
ภาพที่ 2.27 การป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของชั้นโอโซนในบรรยากาศ.....	52
ภาพที่ 3.1 เปลือกปติกกล้วยน้ำว้า.....	63
ภาพที่ 3.2 การสกัดสีเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า.....	63
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างสารละลายน้ำสีจากเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า.....	63
ภาพที่ 4.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงกับช่วงความยาวคลื่นแสง (นาโนเมตร) ของสารละลายสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า.....	80
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงต่อความเข้มข้นในสารละลาย สีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า.....	81
ภาพที่ 4.3 ค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า ณ อุณหภูมิต่างกัน.....	84
ภาพที่ 4.4 ค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า ณ เวลาที่ต่างกัน.....	86
ภาพที่ 4.5 ค่าความเข้มสีของผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า ณ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่างกัน.....	87
ภาพที่ 4.6 ค่าของความเข้มสี (K/S) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า ณ อัตราส่วน (L: R) ต่างกัน.....	89
ภาพที่ 4.7 ค่าของความเข้มสี (K/S) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปติกกล้วยน้ำว้า โดยใช้ ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่ต่างกัน.....	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันจะพบเห็นผลิตภัณฑ์ textiles ที่ทำขึ้นมาจากเส้นใยสังเคราะห์ (synthetic fiber) เป็นจำนวนมากและรายล้อมรอบตัวเรา ผลิตภัณฑ์สิ่งทอเหล่านั้นมีส่วนหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้น จากเส้นใยพอลิเอไมด์ (polyamide: PA) โดยเฉพาะพอลิเอไมด์ 6 (polyamide 6: PA 6) พอลิคาโพรแลคแทม (polycaprolactam) หรือที่รู้จักกันในชื่อการค้าว่า “ไนลอน 6” (nylon 6) ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยไนลอน 6 เช่น เสื้อใน กางเกงใน สำหรับสุภาพสตรี ชุดกีฬา ชุดนอน sportswear และเสื้อผ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ถุงน่อง ถุงเท้า และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกมากมาย เหตุผลที่เส้นใยไนลอน 6 เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรม textiles และเสื้อผ้า เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เด่นชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงและความทนทาน นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อการใช้งาน มีสัมผัสที่นุ่ม มีความสามารถในการระบายอากาศได้ดี และเกิดไฟฟ้าสถิตได้น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์ (polyester fiber) ซึ่งยังมีราคาถูก ทำให้เส้นใยไนลอน 6 ยังคงเป็นวัสดุที่สำคัญในอุตสาหกรรม textiles ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน

การย้อมสีเส้นใยไนลอน 6 โดยมากมักจะใช้สีสังเคราะห์ ซึ่งสีสังเคราะห์ที่นิยมนำมาย้อมเส้นใยไนลอน 6 คือ สีแอซิด (acid dyes) และสีเมทอล คอมเพล็กซ์ (metal complex dyes) เนื่องจากเส้นใยไนลอน 6 มีหมู่อะมิโน ($-NH_2$ group) อยู่ในโครงสร้างของเส้นใยคล้ายเส้นใยไหมและเส้นใยขนสัตว์ ทำให้การติดสี ดังกล่าวเกิดขึ้นได้ดีรวมถึงมีเฉด (shade) สีให้เลือกใช้หลากหลาย ขณะที่กระบวนการในการย้อมสีสังเคราะห์เป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งผู้ย้อมสีและอาจส่งผลถึงผู้ใช้งาน ผลิตภัณฑ์ที่ย้อมสีสังเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากตัวสีสังเคราะห์มีสารเคมีหรือมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก เช่น โปรทและตะกั่ว รวมถึงไอระเหยที่เกิดจากการต้มสลายสีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการย้อมสี และจากกระบวนการทำให้แห้ง ซึ่งในระยะยาวอาจทำให้ผู้ย้อมสีหรือผู้สัมผัสเกิดอันตรายได้ รวมถึงน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากกระบวนการย้อมสียังส่งผลทำให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากอีกด้วย

ปัจจุบันผ้าที่ย้อมด้วยสีจากธรรมชาติกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสีธรรมชาติมีคุณสมบัติเฉพาะที่ทำให้ได้สีที่สวยงาม เหมาะสำหรับการมองเห็น สีไม่ฉูดฉาดเหมือนสีสังเคราะห์ การย้อมสีธรรมชาติโดยทั่วไปมักจะใช้ย้อมกับเส้นใยเซลลูโลส (cellulosic fiber) เช่น ฝ้าย ลินิน กัญชง เรยอน และเส้นใยอื่น ๆ ได้ดีอีกด้วย

จากการศึกษาสมบัติของเส้นใยไผ่ล่อน 6 ดังกล่าวพบว่าโครงสร้างทางเคมี มีสมบัติคล้ายเส้นใยกลุ่มโปรตีน เช่น ไหม ขนสัตว์ เป็นต้น โดยเส้นใยเหล่านี้มีการดูดซับสีจากธรรมชาติได้ดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการย้อมสีเส้นใยไผ่ล่อน 6 โดยใช้สีย้อมจากธรรมชาติที่เหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น เปลือกปลีกกล้วย ที่ถูกลอกออกมาเพื่อนำหัวปลีไปทำอาหาร โดยเฉพาะปลีกกล้วยน้ำว้า

โดยประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยทั้งหมดมีประมาณ 481,639 ไร่ โดยในจำนวนนี้ พื้นที่ปลูกกล้วยน้ำว้ามากที่สุด คิดเป็น 328,456 ไร่ ตามลงมาคือกล้วยไข่ 63,233 ไร่ กล้วยหอม 62,525 ไร่ และกล้วยชนิดอื่น ๆ ประมาณ 27,425 ไร่ ทั้งนี้ การปลูกกล้วยน้ำว้าพบมากที่สุดในพื้นที่ภาคเหนือ [1] จากการที่ประเทศไทยมีการปลูกกล้วยเป็นจำนวนมากและมีผลผลิตจากส่วนของปลีกกล้วยน้ำว้าจำนวนมากเช่นกัน โดยปลีกกล้วยมักจะถูกตัดทิ้งหรือตัดนำไปขายในราคาถูก ปลีกกล้วยที่ตัดออกมาจะมีสีออกแดงและมีน้ำยางเหนียวปนอยู่ด้วย การนำเปลือกปลีกกล้วยมาทำเป็นสีย้อมผ้าไผ่ล่อน 6 จึงมีความเป็นไปได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของเรื่องนี้ ของการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า มาใช้ในการย้อมสีผ้าไผ่ล่อน 6 เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับวัสดุที่เหลือใช้ ขณะเดียวกันก็เป็นการนำเสนอผลิตภัณฑ์สิ่งทอในรูปแบบใหม่ คือ ผ้าไผ่ล่อน 6 ที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกปลีกกล้วย โดยศึกษาวิธีการย้อมสี การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของสีหลังการย้อม และทดสอบสมบัติพิเศษในการปกป้องจากแสงอัลตราไวโอเล็ตของผ้าไผ่ล่อน 6 ที่มีการย้อมสีแล้วจากปลีกกล้วย

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมการย้อมสีผ้าไผ่ล่อนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าต่อการย้อมผ้าไผ่ล่อน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์ต่อการย้อมผ้าไผ่ล่อนด้วยปลีกกล้วยน้ำว้า
- 1.2.4 เพื่อศึกษาสมบัติความคงทนของสีและความสามารถในการป้องกันรังสี UV บนผ้าไผ่ล่อนที่ถูกย้อมด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 วัสดุผ้าที่ใช้ในการทดลอง คือ ผ้าไผ่ล่อน 6 โครงสร้างผ้าถัก (knitted fabric)
- 1.3.2 วัสดุที่ใช้ย้อมในการทดลอง คือ สีที่สกัดจากส่วนของเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า
- 1.3.3 สภาวะการย้อมที่ศึกษา ประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม อุณหภูมิการย้อมสี เวลาที่ใช้ในการย้อมสี กระบวนการใช้มอร์แดนต์ (mordanting agent) และความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์

1.3.4 สารมอร์แดนต์ที่ใช้ในการทดลองมี 4 ชนิด

1.3.4.1 สารส้ม (potassium aluminum sulphate or alum)

1.3.4.2 สนิมเหล็ก (ferrous sulphate)

1.3.4.2 จุนสี (copper sulphate)

1.3.4.3 สแตนนัสคลอไรด์ (stannous chloride)

1.3.5 การประเมินคุณสมบัติของสีและความเข้มข้นของสีบนผ้าทดลอง โดยประเมินค่า L^* , a^* , b^* และ K/S ตามลำดับ

1.3.6 การทดสอบการป้องกันรังสียูวี และความคงทนของสี ใช้มาตรฐานการทดสอบดังนี้

1.3.6.1 การทดสอบสมบัติการป้องกันแสงอัลตราไวโอเล็ต มาตรฐาน AS/NZ 4399: 1996

1.3.6.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (colorfastness to washing) มาตรฐาน AATCC 61-2013 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที

1.3.6.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (colorfastness to water) มาตรฐาน AATCC 107: 2013

1.3.6.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (colorfastness to perspiration) มาตรฐาน AATCC 15:2013

1.3.6.5 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (colorfastness to crocking) มาตรฐาน AATCC 8-2013

1.3.6.6 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (colour fastness to light) มาตรฐาน ISO 105-B02: 1994

โดยประเมินระดับความคงทนของสีด้วยเกรย์สเกล (gray-scale)

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า (banana bract) หมายถึงกลีบประดับปลีกกล้วยน้ำว้า ซึ่งเรียกว่ากาบปลี เป็นกลีบประดับของกล้วยน้ำว้า มีสีม่วงแดงและมีความหนาแน่น

1.4.2 สารมอร์แดนต์หรือสารช่วยติด (mordanting agent) จัดเป็นสารที่มีบทบาทในการทำให้อสีติดทนกับเส้นใยระหว่างกระบวนการย้อมและช่วยเพิ่มเฉดสีให้เข้มข้นขึ้น

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1.5.1 วางแผนการทดลองอย่างละเอียด

- 1.5.2 ศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
- 1.5.3 หาวัตถุดิบและสารเคมีที่จำเป็น
- 1.5.4 ทำการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนด
- 1.5.5 สรุปผลลัพธ์จากการทดลอง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ทราบปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 จากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า
- 1.6.2 ทราบผลและระดับความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ที่เหมาะสมและผลกระทบต่อความคงทนของสีบนผ้าไนลอน 6 ที่ได้มาจากการย้อมด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้า
- 1.6.3 ทราบคุณสมบัติในการป้องกันแสงอัลตราไวโอเล็ตจากผ้าไนลอน 6 ที่ย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า
- 1.6.4 เพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าที่เหลือทิ้งได้ใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร ตลอดจนเป็นแนวทางในการอนุรักษ์วิธีย้อมผ้าด้วยสีจากธรรมชาติ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเกี่ยวกับการย้อมผ้าในลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าเพื่อป้องกันรังสียูวี มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการย้อมผ้าในลอนจากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบจากความเข้มข้นของสีย้อมที่ได้จากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า การศึกษาความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์และการทดสอบสมบัติความคงทนของสี รวมถึงการตรวจสอบคุณสมบัติในการป้องกันแสงอัลตราไวโอเลตบนผ้าในลอนที่ได้รับการย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า โดยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเปลือกปลีกล้วย

ห้วปลีหรือปลีกล้วย (banana blossom) เป็นส่วนประกอบของช่อดอกที่มีดอกแท้ ๆ อยู่ภายใน โดยมีใบประดับสีแดงขนาดใหญ่ห่อหุ้มอยู่ ลักษณะคล้ายกับดอกบัวตูม มีการตัดห้วปลีทิ้งเพื่อไม่ให้แย่งอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของผลกล้วย โดยทั่วไปแล้วห้วปลีถูกนำไปใช้ในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารที่ช่วยบำรุงน้ำนมมารดา เช่น แกงเลียงห้วปลีและยำห้วปลี นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด และบำรุงเลือด ห้วปลีตากแห้งยังใช้รักษาโรคโลหิตจางเนื่องจากมีธาตุเหล็กสูง ห้วปลีจะมีพลังงานที่น้อยกว่าผลกล้วยประมาณ 4-5 เท่า [2] ดอกจะออกเป็นช่อที่โค้งห้อยลงเมื่อปลายยอดและมีกาบประดับสีแดงเข้มที่โคนกลุ่มดอกย่อยทุกกลุ่ม เมื่อรังไข่เจริญเติบโตเป็นผล กลีบประดับจะหลุดร่วงไป ผลที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร และมีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลมสีดำที่มีผิวคลื่น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.50 เซนติเมตร การปลูกกล้วยนั้นใช้เวลาประมาณ 6-8 เดือน โดยหลังจากนั้นกล้วยจะมีลำต้นใหญ่พร้อมที่จะออกปลี (ดอก) โดยกล้วยจะออกปลีและเครือเมื่ออายุประมาณ 8-18 เดือน เมื่อติดผลแล้วควรตัดปลีโดยทันที โดยลักษณะทางพืชพันธุ์ของปลีกล้วย (ภาพที่ 2.1) จะเห็นส่วนดอกที่มีกาบหุ้มอยู่ ซึ่งพัฒนาเป็นผลของกล้วยต่อไป ชื่อที่เรียกกันคือ ห้วปลีหรือ ปลีกล้วย banana blossom การขยายพันธุ์ของปลีกล้วยใช้วิธีการโดยการใช้ห้ว เหง้า หรือหน่อ โดยมีประโยชน์สำหรับหญิงที่ให้นมบุตร ช่วยกระตุ้นการผลิตน้ำนม ลดอาการปวด และบำรุงน้ำนม นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันปัญหาเกี่ยวกับลำไส้และลดระดับน้ำตาลในเลือดด้วย [3]

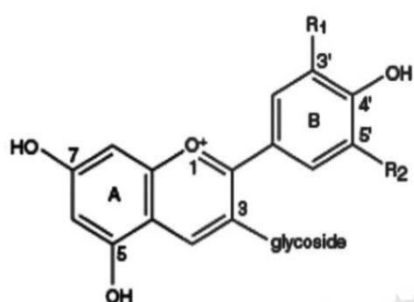


ภาพที่ 2.1 ปลีกกล้วยน้ำว้า

สารที่เป็นองค์ประกอบให้สีในปลีกกล้วย [4] ประกอบด้วย เซโรโทนิน, โนเรปิเนฟริน, โดพามีน, โดเป, กรดซินนา มิก, กรดพี-คูมาริก, กรดเฟอรูลิก, กรดโปรตัทเทคิอิก, กรดคาเฟอิก, กรดกาแล็ก, เบตา-ซีโตสเตอรอล, สเติกลูโคส, แคมเพอราสเทอรอล, ไซคลัมมูซาเลโนล เป็นต้น คือสารที่มีความสำคัญในการสร้างสีให้กับ ปลีกกล้วย ได้แก่

2.1.1 แอนโทไซยานิน เป็นสารที่พบในพืช ที่มีอยู่ทั้งในกลีบดอกไม้และผลกล้วย โดยจะให้เฉดสีแดง น้ำเงิน และม่วง ซึ่งสามารถละลายได้ดีในน้ำ ขณะนี้ แอนโทไซยานินได้รับความนิยมอย่างมากจากนักวิจัย เนื่องจากเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคหัวใจ หลอดเลือด มะเร็ง และเบาหวาน เป็นต้น Ghiselle ได้รายงานว่าการมีแอนโทไซยานินในไวน์แดงมีประสิทธิภาพในการลดสารปฏิกิริยาออกซิเจน และยังช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของลิโปโปรตีน สำหรับการรวมตัวของเกล็ดเลือดชนิดที่สอง เช่น น้ำตาล มีความสามารถในการสร้างพันธะกับคาร์บอนในตำแหน่งที่สาม หรือทั้งตำแหน่งที่สามและห้า โดยน้ำตาลที่มีศักยภาพในการสร้างพันธะมีหลายชนิด รวมถึงน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลกาแลคโตส น้ำตาลรุติโนส และน้ำตาลแรมโนส นอกจากนี้ ยังอาจ จะมีกรดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งกรดเหล่านั้นอาจมีหรือไม่มีหากแอนโทไซยานิน มีกรดเป็นส่วนประกอบจะถูกเรียกว่า นอนอะซิลเลตเทด แอนโทไซยานิน (non acylated anthocyanin) ซึ่งถ้าไม่มีกรด จะมีการประกอบด้วยสารประกอบ 2 หรือ 3 ชนิดรวมกัน ได้แก่

ชนิดที่ 1 คือ แอนโทไซยานิน หรืออะไกลโคน (ดังภาพที่ 2.2) ปัจจุบันมีแอนโทไซยานินทั่วไปอยู่ 6 ชนิด ได้แก่ เพลาร์โกนินดิน แอนโทไซยานิน เดลฟินิดิน และเพโอนิฟลอรีน Peonidin, petunidin และ malvidin ต่างกันที่ตำแหน่ง 3' หรือ 5' โดยไม่คำนึงว่ามีหมู่ไฮดรอกซิล กลุ่มไฮดรอกซิล หรือกลุ่มเมทอกซี



Anthocyanidins	ตำแหน่ง R1	ตำแหน่ง R2
Pelargonidin	H	H
Cyanidin	H	OH
Delphinidin	OH	OH
Peonidin	OCH ₃	H
Petunidin	OCH ₃	OH
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃

ภาพที่ 2.2 โครงสร้างแอนโทไซยานิน [4]

ส่วนประกอบนี้เรียกว่า อะซิเลตเทด แอนโทไซยานิน (acylated anthocyanin) ซึ่งเป็นกรดเอสเทอร์ ปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับน้ำตาลที่เกาะกับคาร์บอน 3 หรือ 5 กรดที่สร้างพันธะเอสเทอร์กับน้ำตาล ได้แก่ กรดคูมาริก กรดเฟรูลิก กรดคาเฟอิก เป็นต้น กรดที่ก่อให้เกิดอะซิเลชันในโครงสร้างแอนโทไซยานินทำให้แอนโทไซยานินมีความเสถียรมากขึ้น

2.2 แหล่งของสีย้อม

สีย้อม (dyestuff) [5] หมายถึง สารที่ใช้ในการให้สี ละลายน้ำได้หรือบางชนิดไม่ละลายในน้ำเมื่อไม่ได้ใช้ในการย้อมโมเลกุลของสีย้อมจะทะลุผ่านเส้นใย การยึดติดกับเส้นใยอย่างแน่นหนาด้วยวิธีการต่างๆ ส่งผลให้วัตถุมีสีตามสีย้อมที่ใช้ การจำแนกประเภทสีย้อมเชิงวิชาการสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ การจำแนกตามโครงสร้างเคมี และการจำแนกตามการใช้งาน สีย้อมแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามแหล่งที่มา ได้แก่ สีย้อมสังเคราะห์ หรือสีย้อมเคมี ลักษณะของสีย้อมทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างจากสีย้อมธรรมชาติสรุปได้ดังนี้

2.2.1 สีสั่งเคราะห์หรือสีเคมี เมื่อนำมาใช้ในการย้อม สีที่มีความเข้มข้นสูงทำให้ใช้งานได้อย่างประหยัดและสะดวก สีย้อมสั่งเคราะห์อาจมีสารเคมีที่ช่วยป้องกันการซีดจาง อย่างไรก็ตาม การใช้สีย้อมสั่งเคราะห์อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ เพราะกระบวนการผลิตอาจทำให้เกิดมลภาวะได้น้ำเสียจากการย้อมสีเคมีสามารถปนเปื้อนในดินและน้ำได้ นอกจากนี้ สีย้อมเคมีบางชนิดอาจเป็นพิษต่อผิวหนังหลังการย่อยสลาย และสีส่วนใหญ่ต้องซื้อและผลิตในต่างประเทศ แต่สีเคมีจะมีราคาแพงกว่าและมีหลากหลายสี ราคาแตกต่างกันไปตามคุณภาพ ปัจจุบันสีย้อมเคมีบางชนิดเป็นอันตรายต่อทั้งผู้ย้อมและผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงห้ามใช้ ในบางประเทศ เช่นในยุโรปก็มีข้อจำกัดทางกฎหมายในการนำผลิตภัณฑ์ที่ย้อมด้วยสีย้อมเหล่านี้เข้ามาในประเทศไทย สีย้อมเคมียังใช้ในกระบวนการย้อมในอุตสาหกรรมขนาดเล็กอีกด้วย เนื่องจากต้นทุนสีถูกกว่าและไม่มีกฎหมายบังคับใช้ รวมถึงผู้ประกอบการขาดความรู้ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อธุรกิจสิ่งทอในท้องถิ่นหากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม

2.2.2 สีจากธรรมชาติ เช่น พืช สัตว์ และแร่ธาตุ และสีเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติ และเชื่อกันว่าจะไม่เกิดมลภาวะเมื่อใช้สีย้อมนี้ น้ำเสียจากการพิมพ์และการย้อมสี มีสารธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย การสลายตัวนี้ทำให้เกิดสารที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำหรือไม่มีเลย และสีย้อมธรรมชาติยังเป็นพิษต่อผิวหนังและสุขภาพผู้ใช้อย่างต่ำมาก ข้อเสียเปรียบหลักของสีย้อมธรรมชาติคือปริมาณสีย้อมที่มีอยู่ในวัสดุมากขึ้น ซึ่งทำให้การย้อมมีความเข้มข้นน้อยลง และซีดจางง่ายเมื่อโดนแสงแดด เป็นการยากที่จะคืนสีเดิม หากทรัพยากรธรรมชาติหมดไปก็จะเกิดการขาดแคลนวัสดุในการผลิตสี แหล่งที่มาของเม็ดสีธรรมชาติที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย ได้แก่ ส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เปลือก ราก ลำต้น เปลือกไม้ แก่นไม้ ใบไม้ ดอกไม้ ผลไม้ และเมล็ดพืช สีย้อมที่ได้จาก สัตว์ ได้แก่ สีที่ได้จากแมลง เช่น แลคเกอร์ ซึ่งมีอยู่มากในประเทศไทย เป็นสีที่ได้มาจากกลุ่มสีแดง ผลิตโดยแมลง *Laccifera lacca* และมักใช้ในการย้อมผ้า ย้อมเส้นใยธรรมชาติ ผสมอาหาร ตลอดจนใช้ย้อมจุลินทรีย์ มักพบในเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย ข้อมูลแสดงวัสดุสีย้อมจากธรรมชาติ ดังตารางที่ 2.1

นอกจากนี้ยังมีการใช้ พืชหลายชนิดยังผสมผสานกันเพื่อสร้างเฉดสีที่กว้างขึ้น เช่น ข้าผสมกับสีครามเพื่อสร้างสีเขียว ใช้ใบมันสำปะหลังสดกับผงขมิ้นเพื่อให้ได้สีทองแดงอ่อน ผสมถั่วหมากสุกกับข้าเพื่อให้ได้สีกาบสีเหลือง ผสมใบส้มป่อยกับขมิ้นเพื่อให้ได้สีเขียว

สารสีหรือวัตถุที่มีต้นกำเนิดทางชีวภาพมักพบภายในหรือภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปพืชจะมีสารเบต้า-ไลโนเลนิก เมลานิน แอนทราควิโนน และแนฟโทควิโนน พืชบางชนิดยังมีสารต่างๆ เช่น แคโรทีนอยด์ ลูทีน และฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนนเป็นเม็ดสีที่ผลิตโดยพืชภายใต้เงื่อนไขบางประการเท่านั้น เช่น ในผลสุก

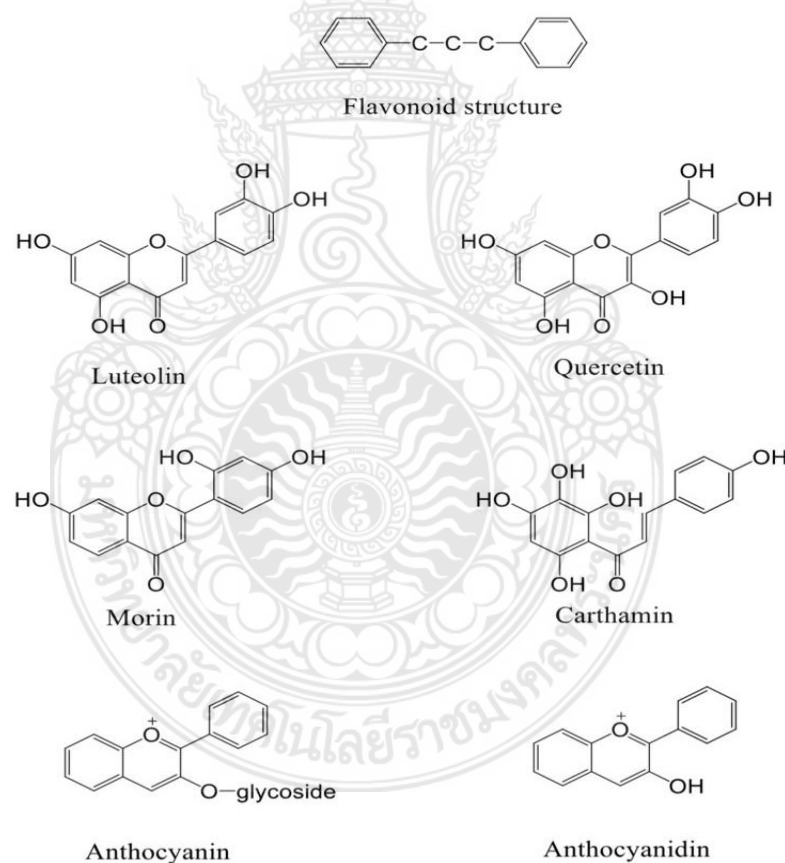
ตารางที่ 2.1 สีย้อมที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ [5]

วัสดุธรรมชาติ	สีที่ปรากฏ
ขมิ้นชันเหลือง ใบของต้นสัก และเปลือกของไม้	สีงาช้าง
ไม้แก่นขนุน	สีงาช้างหรือสีคล้ำ
ใบสมอป่า แก่นขนุน เปลือกเพกา	สีงาช้างแกมเขียวอ่อนหรือเขียวแก่
ใบอ่อนแค	สีเขียวอ่อน
เปลือกสมอและใบสมอ	สีเขียวแก่
ใบสับปะรดกับน้ำมะนาว หรือน้ำมะกรูด	สีเขียวทองอ่อน
ขมิ้น แก่นไม้แกลแล แก่นขนุน ลูกมะกาย	สีเหลือง
ต้นแก่นแกลแล รากยอกับผิวมะกรูด	สีเหลืองอ่อน
แก่นขนุน	สีเหลืองแก่
ดอกคำแสด	สีจำปา
ไม้แก่นยอป่า	สีแสด
รากของต้นยอป่า	สีน้ำเงิน
ผลและใบของต้นแสด	สีไพร
ใบครามและใบฮ่อม	สีน้ำเงิน
สมอ มะเกลือ	สีดำ

2.3 โครงสร้างทางเคมีของสารที่ให้สีในสีธรรมชาติ [6] ได้ดังนี้

2.3.1 ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นกลุ่มมีตั้งแต่สีเหลืองไปจนถึงสีส้มเหลือง สูตรโครงสร้างคือ C₆-C₃-C₆ ตัวอย่าง ของสารในกลุ่มนี้ ได้แก่ รูติน เควอซิทิน และลูทีโอลิน ซึ่งมีสีเหลือง (ภาพที่ 2.3) มอยยิตี C₃ โดยปกติประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน โดยมี C₃ ติดอยู่กับอะตอมออกซิเจน เพื่อสร้างวงแหวน (เฮเทอโรไซเคิล) หากมีหมู่คาร์บอนิลอยู่บนวงแหวน ก็จะเกิดฟลาโวนขึ้น ถ้ามีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) บนวงแหวน ก็จะเกิดสารฟลาโวนอลกลุ่มนี้สามารถละลายได้ดีในน้ำ และดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ทำให้สามารถแสดงได้ทุกสี ยกเว้นสีเขียว สารแอนโทไซยานิน ให้เฉดสีม่วง น้ำเงิน และแดง สารนี้มักพบในพืชชั้นสูงในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ ซึ่งสลายตัวเมื่อสัมผัสกับน้ำเพื่อผลิตน้ำตาล ส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาลเรียกว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanins) โดยธรรมชาติมักเกิดเป็นไกลโคไซด์โดยมีน้ำตาลติดอยู่ที่ตำแหน่ง C₃ หรือ C₅ แต่ก็มีน้ำตาลติดอยู่ที่ทั้งสองตำแหน่ง ซึ่งรวมกันเป็น 3, 5 ไดกลูโคไซด์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ไม่พบในฟลาโวนอยด์ประเภทอื่น แต่เป็นเบต้าไซยานิน (เบตานิน) เช่น สีแดงของเฟื่องฟ้า หงอนไก่ บานเย็น และบิทรูท ซึ่งเป็นพืชในตระกูลนี้ แอนโทไซยานิน มีคุณสมบัติเป็น

ตัวบ่งชี้ของตัวเองเนื่องจากธรรมชาติของไอออนิก และสีของมันขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายในสารละลายที่เป็นกรด แอนโทไซยานินปรากฏเป็นสีส้มแดง ในสารละลายที่เป็นกลาง จะอยู่ในสถานะเป็นต่างและไม่มีสี ที่ขาดน้ำและปรากฏเป็นสีน้ำเงินอมม่วง การเปลี่ยนแปลงของ pH ทำให้ปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถย้อนกลับได้ ซึ่งถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงมาก แอนโทไซยานินในสารละลายอัลคาไลน์จะถูกออกซิไดซ์และถูกทำลายได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศ เนื่องจากปฏิกิริยาจะไม่สามารถย้อนกลับได้ทำให้สารละลายมีสภาพเป็นกรด แอนโทไซยานินพื้นฐาน ความแตกต่างในกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) บนวงแหวน B ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี แอนโทไซยานินอาจถูกเมทิลเลตที่ตำแหน่ง 3' และ 5' ซึ่งเพิ่มเฉดแดงของสี และการเติมไฮดรอกซิล (-OH) จะทำให้สีมีแนวโน้มที่จะปรากฏเป็น สีน้ำเงินมากขึ้น ฟลาโวนและฟลาโวนอลมีสีเหลืองและพบได้ในพืชบางตัว เช่นเดียวกับการรวมเอาไว้ในกลีบดอก

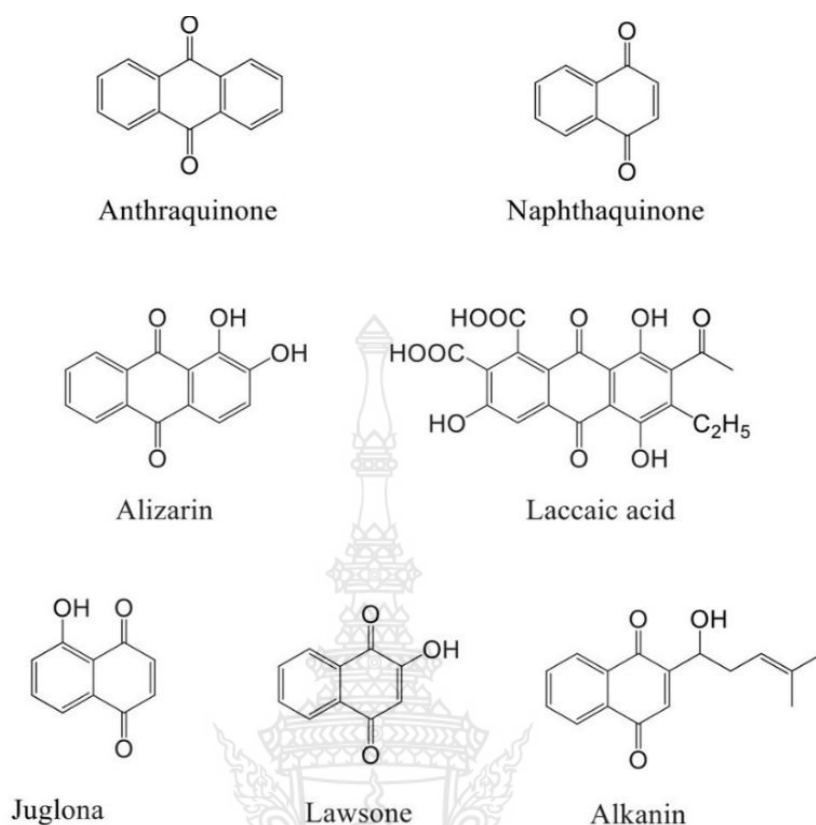


ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของสารให้สีกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิด [6]

2.3.2 แคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นเทอร์พีนอยด์ที่สังเคราะห์ทางชีวภาพจากหน่วยไอโซพรีน (C₃) ตัวอย่าง ได้แก่ โครซิทีน (สีเหลือง) จากหญ้าฝรั่ง และบีสิน (สีส้มแดง) ที่สกัดจากเมล็ดหญ้าฝรั่ง สารกลุ่มนี้มีโครงสร้างพันธะคู่และพันธะเดี่ยวสลับกันจำนวนมาก (ภาพที่ 2.3) บีสิน เป็นสารผลึกสีน้ำตาลแดงที่คงทนต่อแสง ปฏิกริยาออกซิเดชันและกรด-เบส รวมทั้งจุลินทรีย์ สารประกอบแคโรทีนอยด์อีกชนิดหนึ่งคือเบต้าแคโรทีนเป็นสารประกอบชนิดแรกที่ถูกระบุสังเคราะห์ในระดับอุตสาหกรรม เบต้าแคโรทีนมีลักษณะเป็นสารผลึกสีม่วงแดงที่ไม่ละลายในน้ำ และละลายได้เล็กน้อยในเอทานอลและกลีเซอรอล แต่ไม่เสถียรต่อแสง อากาศ แสง และอุณหภูมิสูง Lycopene คือสาร tetraterpene ที่ถูกทำลายภายใน 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส (tetraterpene) มีสีแดง

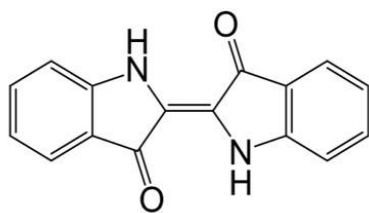
2.3.3 แอนทราควิโนน และแนพทฮาควิโนน (anthraquinones and naphthoquinones) สารในกลุ่มนี้มีสีส้มแดง กลุ่มสารแอนทราควิโนนที่ใช้เป็นสีย้อม ได้แก่ อะลิซาริน ซึ่งสกัดจากรากของต้นไม้ เช่น แมดเดอร์ และแก่นของต้นยอ ได้มาจากครั้ง สีที่ได้จากเปลือกมันสำปะหลังจะมีสีเขียวถึงน้ำตาล ลอว์โซน จากใบเทียนจะมีสีน้ำตาลแดง และ อัลคานิน จากพืช อัลคานีตจะมีสีส้มแดง (ภาพที่ 2.4) มีสูตรพื้นฐานของ แอนทราควิโนนประกอบด้วยระบบ 3 วงแหวน และเป็นสารสีส้มแดง แต่ก็มีพบได้ในช่วงตั้งแต่สีเหลืองถึงน้ำตาล เช่นกัน แอนทราควิโนนละลายได้ดีในสารละลาย อัลคาลีน ปรากฏเป็นสีชมพู ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล เบนซีน อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม แอนทราควิโนนเกือบทั้งหมดมีจุดหลอมเหลวสูง พบได้ทั่วไปในพืชชั้นสูง ส่วนใหญ่จะไฮดรอกซีเลตที่ตำแหน่ง C1 และ C2

ในธรรมชาติ แอนทราควิโนน มักจะเกิดขึ้นในรูปแบบของไกลโคไซด์ โดยที่ O-glycoside ไกลโคไซด์ เป็นประเภทที่โดดเด่น และ C-glycoside ไกลโคไซด์ เช่น aloin (barbaloin) จะพบได้น้อย น้ำตาลที่พบมากที่สุด คือกลูโคส และควินัว แต่บางครั้งก็เป็นแรมโนส rhamnose ได้ แอนทราควิโนน ไกลโคไซด์ที่พบอาจมี aglycone เป็นรูปแบบที่ลดระดับจากแอนทราควิโนน นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างของแอนทราควิโนนที่พบอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะของการเจริญเติบโตของพืช อย่างเช่น ในผักใบอ่อนทั่วไป จะมีสาร anthranol glycoside เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ใบแก่ที่มีอายุจะเห็นสารเป็นไกลโคไซด์ของแอนทราควิโนน นอกจากนี้ จุลินทรีย์จาก *Monascus purpureus* ยังสามารถผลิตสารสีส้มแดงที่อยู่ในกลุ่มของแอนทราควิโนน ซึ่งมีการนำไปใช้เป็นสีย้อมทำอาหาร

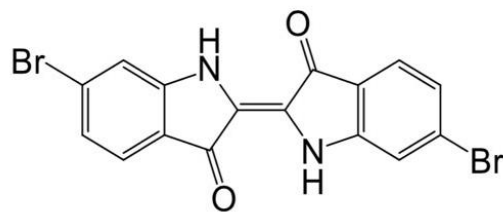


ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของสารให้สีพวกแอนทราควิโนนและแนพทราควิโนน [6]

2.3.4 อัลคาลอยด์ (alkaloids) เป็นสารค้นพบได้ในพืชชั้นสูงและพบได้ในพืชชั้นต่ำ ในสมุนไพรและจุลินทรีย์กลุ่มนี้เทคนิคทางการแพทย์เพื่อเป็นยารักษาโรคส่วนใหญ่อาจเป็นเพราะที่นี้มี ส่วนผสมของอัลคาลอยด์ 5,000 ชนิด โดยทั่วไปแล้วมักจะพบในคาลอยด์มีความแม่นยำสูงชนิดหนึ่ง ภายในที่ตั้งอยู่ในวงแหวนเฮเทอโรไซคลิกหรือห่วงโซ่ด้านข้าง สารกลุ่มนี้มีสมบัติเป็นพืช ที่ตรวจพบอัลคาลอยด์ สามารถอยู่ได้หลายรูปแบบ เช่น เอมีนหลัก (RNH_2), เอมีนทุติยภูมิ (R_2NH), ตติยภูมิเอมีน (R_3H), เกลือควอเตอร์นารีแอมโมเนียม (R_4H^+X), เอมีนออกไซด์และอาจอยู่ในรูปของเอไมด์ (amide) และอไมด์ ระดับความเป็นกรด-ด่าง ของอัลคาลอยด์ชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณและจำนวนต่างๆ ในส่วนของอมีน (amine group) และกลิ่นเหม็นฟุ้งขึ้น ที่ประกอบอยู่ในสารกลุ่มอัลคาลอยด์ของสีย้อมได้เช่น ไอติโก (ไอติโก) ซึ่งได้จากพืชชนิดหนึ่งของครามและฮ้อม (tyrian) สีที่สกัดจากหอยสังข์ (หอย) พบเห็นที่ทะเลเป็นหลัก (ภาพที่ 2.5)



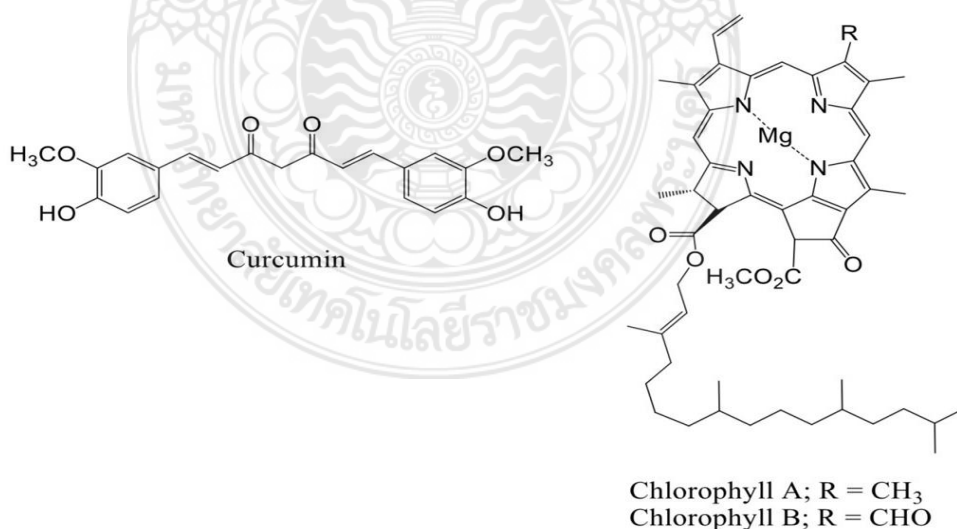
Indigo



Tyrian purple

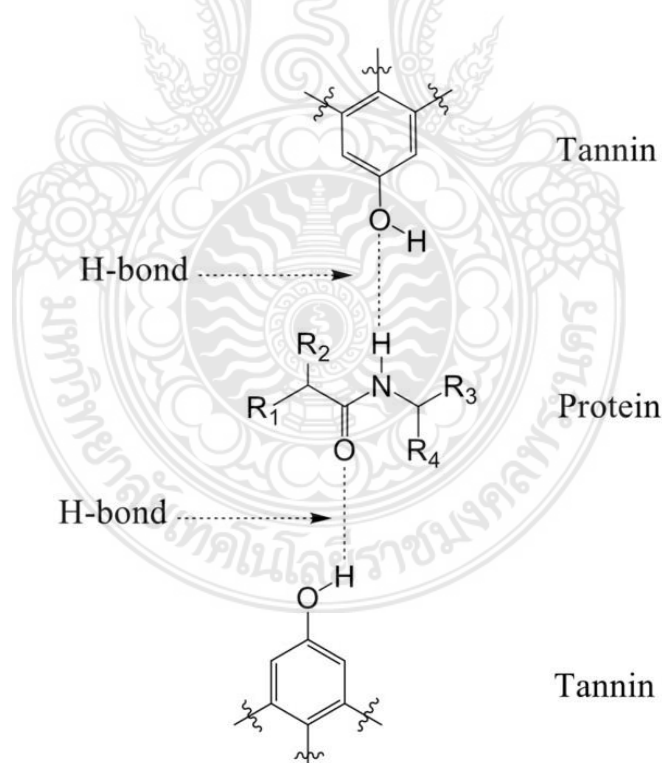
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของสารให้สีในกลุ่มอัลคาลอยด์บางชนิด [6]

2.3.5 สารให้สีที่อยู่ในกลุ่มผสม แสดงโครงสร้างที่มีความแตกต่างจากสารให้สีใน 4 กลุ่มหลัก สารเหล่านี้นำไปใช้เป็นสีผสมอาหาร และสีสำหรับการย้อม เช่น เคอร์คิวมิน (curcumin) ซึ่งได้มาจากขมิ้นชัน เป็นผลึกสีน้ำตาลอมเหลืองที่ไม่ละลายในน้ำ และอีเธอร์ แต่กลับละลายได้ในเอทานอล และกรดส้มที่มีความเข้มข้น และไม่ทนต่อแสง สารนี้ยังมีความไวต่อออกซิเดชัน และการเปลี่ยนแปลงในระดับความเป็นกรด-ด่าง นอกจากนี้ คลอโรฟิลล์ เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็น tetrapyrrole โดยมีแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบ มันเป็นสารสีเขียวที่พบในพืช สามารถดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งจะใช้น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพื่อผลิตคาร์โบไฮเดรต โดยคลอโรฟิลล์มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี (ภาพที่ 2.6)



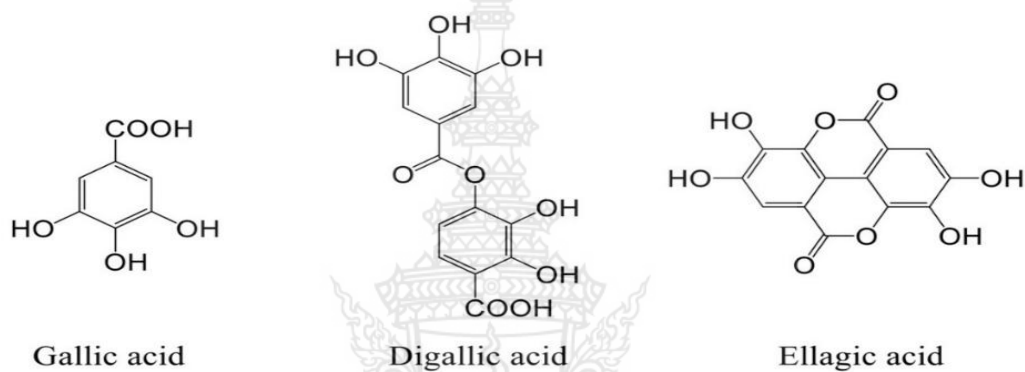
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของสารให้สีเคอร์คิวมิน (curcumin) และคลอโรฟิลล์ (chlorophylls) [6]

2.3.6 แทนนิน (tannin) เป็นสารที่นิยมใช้ เพื่อช่วยในกระบวนการเพิ่มการติดสี อื่น ๆ โดยเฉพาะในการย้อมสีธรรมชาติ เช่น การย้อมผ้าฝ้าย แทนนินถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบพอลิฟีนอลิก (polyphenolic compound) ซึ่งพบได้ทั่วไปในพืชหลากหลายชนิด โดยมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 500-3,000 รวมถึงหมู่ฟีนอล (phenolic) ที่มีลักษณะอิสระ ซึ่งสามารถเชื่อมโยงได้กับโปรตีน (ภาพที่ 2.7) และพอลิเมอร์ทางชีวภาพ (biopolymer) อย่างเช่น เซลลูโลส ได้อย่างแน่นหนา ความซับซ้อนของโครงสร้างและขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ของแทนนินจึงทำให้มันสามารถแยกออกได้ยาก เนื่องจากไม่มีความสามารถในการตกผลึก มักจะพบในรูปแบบของไกลโคไซด์ (glycoside) แทนนินมีความสามารถในการละลายในน้ำ น้ำละลายต่างเจือจาง แอลกอฮอล์ และอะซิโตน โดยเมื่อสารละลายแทนนินทำปฏิกิริยากับโลหะหนัก อัลคาลอยด์ กลัยโคไซด์ โปรตีน และเจลาติน จะส่งผลให้เกิดการตกตะกอน เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือเหล็ก เช่น เฟอร์ริกคลอไรด์ แทนนินชนิดที่สลายตัว (hydrolysable tannins) จะให้ผลลัพธ์เป็นตะกอนที่มีสีน้ำเงิน-ดำ ในขณะที่แทนนินชนิดที่รวมตัวแน่น (condensed tannins) จะให้ตะกอนในสีเขียว-น้ำตาล ปฏิกิริยานี้สามารถนำมาใช้เพื่อระบุชนิดของแทนนินในสารสกัดที่มาจากพืชได้



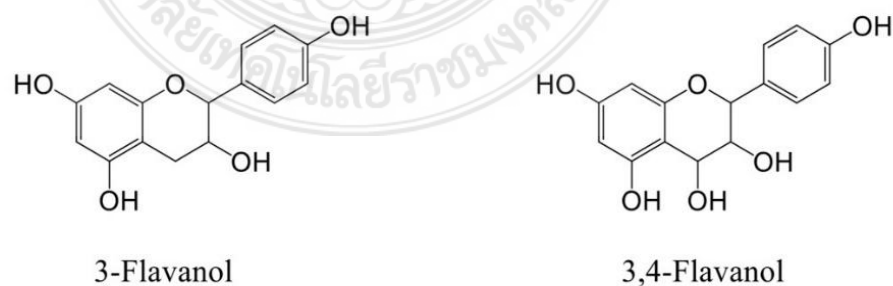
ภาพที่ 2.7 การเชื่อมโยงระหว่างโปรตีนกับแทนนินโดยใช้พันธะไฮโดรเจน (H-bonding) [6]

ลักษณะโครงสร้างของสารเคมี แทนนินสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ ไฮโดรไลซ์ (hydrolysable tannin) ซึ่งเป็นกลุ่มของสารพอลิเอสเทอร์ (polyester) ที่เกิดจากการรวมตัวของ พอลิฟีนอล (polyphenol) กับกลูโคส ในกลุ่มนี้ แทนนินสามารถถูกย่อยสลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็กโดย เอนไซม์และกรด ตัวอย่างของโมเลกุลที่เกิดขึ้น ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid), กรดดีกัลลิก (digallic acid) และกรดเอลลาจิก (ellagic acid) เช่น gallotannin และ ellagitannin



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของสารเคมีที่ได้จากไฮโดรไลซ์แทนนิน [7]

แทนนินเรด (tannin red) คือ ฟลโรวาฟีน ซึ่งเชื่อว่าเมื่อสัมผัสกับกรดหรือเอนไซม์แล้วจะไม่ ถูกทำลายเป็นเจลเล็ก ๆ แต่จะสร้างตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีการดูดซึมซึ่งไม่ละลายน้ำและไม่มีรูปร่างที่ ชัดเจน และในที่สุดจะช่วยลดปริมาณของพอลิเมอร์ของฟลาแวน-3-ol และ ฟลาแวน 3,4-diols.



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างหน่วยย่อยของ tannin red [7]

2.4 การสกัดแยกสารสีจากพืช

การสกัดสารสำคัญจากพืชสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของสารที่ต้องการจะสกัด รวมถึงความต้านทานต่ออุณหภูมิและชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการ แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับการสกัดสีจากพืช ที่ยังคงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ด้วย

2.4.1 การแช่หมัก (maceration) คือเทคนิคการสกัดสารสำคัญจากพืช โดยกระบวนการนี้จะใช้การหมักพืชร่วมกับตัวทำละลายในภาชนะปิด เช่น ขวดมีปากกว้าง ขวดรูปทรงชมพู หรือโถแก้ว เป็นต้น ต้องทิ้งไว้นานประมาณ 7 วัน และในระยะเวลาที่หมัก ควรมีการเขย่าและคนเป็นระยะ ๆ เมื่อเวลาครบ ก็ให้บีบสารละลายออกจากกาก (marc) ให้ได้มากที่สุด จากนั้นรวมสารสกัดและกรองสามารถสกัดซ้ำได้หลายครั้งเพื่อเพิ่มปริมาณสารที่ต้องการ ข้อดีของวิธีนี้คือไม่ต้องให้สารโดนความร้อน แต่จะต้องใช้ตัวทำละลายในปริมาณที่ค่อนข้างมาก

2.4.2 การไหลซึม (percolation) ถือเป็นวิธีการสกัดสารสำคัญแบบต่อเนื่อง โดยมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า "percolator" ใช้ในการทำงาน เริ่มต้นด้วยการหมักพืชกับสารทำละลายเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พืชมีการขยายตัวอย่างเต็มที่ จากนั้นจะนำผงพืชไปบรรจุใน percolator โดยทำการเติมทีละชั้นและเติมสารทำละลายให้สูงกว่าผงพืชประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ราว 24 ชั่วโมง ก่อนที่เราจะเริ่มกระบวนการสกัด ในระหว่างขั้นตอนการสกัดจะต้องเติมสารทำละลายอย่างสม่ำเสมอให้ระดับอยู่เหนือผงพืช เพื่อป้องกันไม่ให้แห้ง จนกว่าเราจะได้สารสกัดครบถ้วน จากนั้นให้บีบกากเพื่อดึงสารสกัดออกมาให้ได้มากที่สุด รวมสารสกัดทั้งหมดที่ได้แล้วนำไปกรองต่อไป

2.4.3 การสกัดด้วยซอกซ์เลต (Soxhlet extraction) คือกระบวนการสกัดที่ทำต่อเนื่องซึ่งใช้สารตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ การใช้ความร้อนนั้นช่วยในขั้นตอนการสกัด สารตัวทำละลายในฟลาสก์จะทำการระเหยขึ้นและควบแน่นใน thimble ที่บรรจุผงพืช เมื่อระดับของสารตัวทำละลายในห้องสกัดถึงระดับที่ตั้งไว้ จะทำให้เกิดกาลักน้ำ ส่งผลให้สารสกัดไหลกลับมายังฟลาสก์ ฟลาสก์จะได้รับความร้อนจากหม้อไอน้ำหรือ heating mantle ซึ่งกระตุ้นให้สารตัวทำละลายระเหยขึ้นมาอีกครั้ง ขณะที่สารสกัดยังคงอยู่ในฟลาสก์ เมื่อตัวทำละลายสัมผัสกับ condenser มันก็จะกลั่นลงมาใหม่เพื่อทำการสกัดซ้ำ กระบวนการนี้จะดำเนินไปอีกหลายครั้งจนกว่าจะทำการสกัดเสร็จสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนในวิธีนี้อาจทำให้สารเคมีบางประเภทเสื่อมสลายระหว่างกระบวนการสกัดได้

2.4.4 การสกัดแบบของเหลว-ของเหลว (liquid-liquid extraction) เป็นวิธีการที่นำสารออกจากสารละลายของเหลวไปยังอีกตัวทำละลาย ซึ่งไม่สามารถรวมกับตัวทำละลายเดิมได้ วิธีการนี้แบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่

1) Extractant lighter คือ ตัวทำละลายที่ใช้สำหรับการสกัดซึ่งมีความหนาแน่นต่ำกว่าตัวทำละลายที่มีสารละลายอยู่

2) Raffinate heavier คือ ตัวทำละลายที่นำมาใช้ในการสกัดซึ่งมีความหนาแน่นสูงกว่าตัวทำละลายที่มีสารละลายอยู่

2.5 การย้อมด้วยสีธรรมชาติ

การย้อมสีด้วยวัสดุธรรมชาติสามารถจัดแบ่งออกเป็นสามประเภท [7] ดังต่อไปนี้

2.5.1 การย้อมแบบวัต (vat dyes) คือสารประเภทหนึ่งที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ในสถานะออกซิไดซ์ (oxidized form) แต่เมื่อต้องเปลี่ยนไปสู่สถานะรีดิวซ์ (reduced form) จะสามารถละลายในน้ำได้ ในกระบวนการย้อมสีประเภทนี้จะต้องเริ่มด้วยการรีดิวซ์สารจนกลายเป็นรูปแบบที่ละลายน้ำได้ก่อนที่จะนำไปใช้ย้อมวัสดุ จากนั้นหลังการย้อม เป็นที่แน่ชัดว่าจำเป็นต้องฟุ้งวัสดุให้แห้ง ในขั้นตอนนี้จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งจะทำให้สีอยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ และติดทนนานอยู่กับวัสดุอย่างถาวร ตัวอย่างเช่น การใช้สียินดีโก หรือ สีครามที่ได้จากต้นคราม ในสภาพที่ไม่ละลายน้ำ อินดีโก มักจะได้สีฟ้า แต่หลังจากที่ถูกรีดิวซ์ด้วยโซเดียมไดไฮโดรไทโธไนท์ มันจะกลายเป็นลูโคอินดีโก ในรูปแบบรีดิวซ์ไร้สีซึ่งละลายได้ในน้ำ วัสดุที่จะย้อมจะถูกแช่ในสารละลายลูโคอินดีโก เมื่อวัสดุดังกล่าวถูกนำมาฟุ้งให้โดนความชื้นในอากาศ ลูโคอินดีโกจะกลับมาเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อกลับคืนสู่รูปแบบอินดีโกที่ไม่ละลายน้ำ และจะยึดติดทั้งภายในและผิวชั้นของวัสดุ จนนำมาซึ่งการติดทนของสีที่มีคุณภาพ เช่น ในการนำไปใช้ย้อมผ้ายีนส์

2.5.2 แบบตรง (direct dyes หรือ substantive dyes) คือวิธีการที่ช่วยให้สีจับตัวกับวัสดุที่ได้รับการย้อมทันทีผ่านพันธะเคมี หากวัสดุดังกล่าวประกอบไปด้วยเซลลูโลส (cellulose) ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในปริมาณสูง จะสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonds) กับโมเลกุลของสีได้โดยตรง ในกรณีของวัสดุที่เป็นพอลิเปปไทด์ (polypeptide) ซึ่งมีลักษณะเป็นโปรตีน จะมีทั้งหมู่กรดและหมู่เบสที่สามารถมีปฏิกิริยากับหมู่กรดหรือหมู่เบสของสี ทำให้เกิดแรงดึงดูดแบบไอออนิก (ionic interaction) และสามารถเปลี่ยนเป็นเกลือ ซึ่งส่งผลให้สีจับกับวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.3 การย้อมสีด้วยมอร์แดนท์ (mordant dyes) เป็นวิธีการที่นำสารมอร์แดนท์มาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดติดระหว่างสีและวัสดุที่ถูกย้อม ช่วยให้สีมีความทนทาน ไม่สูญเสียความสดใสหรือลอกหลุดได้ง่าย โดยทั่วไปแล้ว สารมอร์แดนท์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมักเป็นสารละลายเกลือโลหะ เช่น

- 1) สารส้ม (aluminium potassium sulfate)
- 2) กรดกำมะถัน (copper sulfate)
- 3) โครเมียม (potassium dichromate)

4) ดีบุก (stannous chloride)

ในการย้อมสีโดยใช้สารมอร์แดนต์ กระบวนการที่เกิดขึ้นคือ โลหะในสารละลายมอร์แดนต์จะสร้างพันธะที่แข็งแรง (strong complex) ยึดติดกับทั้งวัสดุและสีย้อม ซึ่งทำให้โมเลกุลของสีสามารถติดอยู่กับวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการย้อมในลักษณะนี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1) Pre-mordant คือ การแช่วัสดุที่ต้องการย้อมในสารละลายมอร์แดนต์ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการย้อมสี

2) Meta-mordant หรือ Simultaneous mordant ใส่สารละลายมอร์แดนต์พร้อมกับกระบวนการย้อมหรือในขณะทำการย้อมสี

3) Post-mordant คือ การนำวัสดุที่ย้อมสีเสร็จแล้วไปแช่ในสารละลายมอร์แดนต์ภายหลังการย้อมสี

2.6 สารมอร์แดนต์หรือสารช่วยติดสี (mordanting agent)

สารมอร์แดนต์ (mordanting agent) มีความสำคัญต่อการย้อมผ้าด้วยสีที่มาจากธรรมชาติ เพราะสีชนิดนี้สามารถละลายในน้ำและมีความสามารถในการยึดติดกับเส้นใยได้เอง (substantivity) ทำให้การย้อมสามารถทำได้ง่าย แต่สีเหล่านี้ก็หลุดออกได้ง่ายและมีความทนทานต่อความซีดจางที่ต่ำ การนำสารมอร์แดนต์เข้ามาใช้จะช่วยให้การยึดติดของสีมีประสิทธิภาพดีขึ้น ส่งผลให้ผ้าสีที่ได้มีความมันคงมากขึ้น [8] ในกระบวนการดำเนินการย้อม สารมอร์แดนต์จะถูกซึมเข้าสู่เส้นใยและทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสี ทำให้ขนาดโมเลกุลของสีใหญ่ขึ้นและแปรสภาพให้เป็นสารที่ไม่ละลาย ซึ่งสามารถช่วยป้องกันไม่ให้สีหลุดออกได้ง่าย สารมอร์แดนต์ส่วนใหญ่มีราคาย่อมเยา สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน และไม่ทำลายคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใย แต่การใช้ปริมาณและระยะเวลาที่พอเหมาะถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะถ้าการย้อมไม่สมบูรณ์ จะทำให้สีออกมาไม่เรียบเนียนและสูญเสียความสดใสกับความคงทน สารมอร์แดนต์แต่ละประเภทจะให้ผลสีที่แตกต่างกันตามค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารที่นำมาใช้ [9] ขณะนี้ มีการนำ สารมอร์แดนต์ทั้งจากแหล่งเคมีและจากธรรมชาติมาใช้ในกระบวนการนี้ อย่างแพร่หลาย

2.6.1 สารมอร์แดนต์เคมีหมายถึง วัสดุที่ถูกใช้ในการผสมสีเพื่อช่วยให้การยึดติดของสีบนสิ่งทอเกิดขึ้น โดยปกติจะเป็นเกลือจากโลหะต่าง ๆ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ดีบุก หรือโครเมียม ซึ่งมีการใช้งานตามประเภทต่อไปนี้ [10]

1) สารมอร์แดนต์ที่ทำจากอลูมิเนียม ได้จากโปรแตสเซียมอลูมิเนียม หรือได้จากสารส้ม ซึ่งจะช่วยให้สีสามารถยึดติดได้ดีบนสิ่งทอ และทำให้สีมีความสดใสและทนทานต่อการซัก โดยมักใช้ในกระบวนการย้อมสีเขียวเข้มและสีเหลืองเข้ม

2) สารมอร์แดนท์ชนิดทองแดง ได้จากสารคอปเปอร์ซัลเฟตหรือจุนสี ซึ่งช่วยให้งานสีมีความติดแน่นบนวัสดุสิ่งทอ ทำให้สีมีความลึกมากขึ้นและมีเฉดสีเขียว เพิ่มเติม แม้ว่าความต้านทานของมันต่อแสงอาจจะไม่ดีนัก ใช้อยู่ในย้อมสีน้ำตาลและสีเขียว แต่ต้องใช้อย่างระมัดระวัง เพราะจุนสีอาจทำให้เกิดปัญหาสิ่งเจือปนในน้ำเสีย

3) สารมอร์แดนท์แบบเหล็ก ได้จากสารเฟอร์รัสซัลเฟต ซึ่งช่วยเพิ่มการผนึกสี โดยสีที่ได้จะออกเฉดสีเทาหรือเทาดำ มีความทนต่อแสงและการซักดี แต่ควรต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสมเพราะเหล็กอาจทำให้วัสดุสิ่งทอเสื่อมสภาพหรือขาดได้

4) สารมอร์แดนท์แบบโครเมียม ได้จากสารโปแตสเซียมไดโครเมต ซึ่งช่วยให้ได้สีที่เข้มและสดใส และการย้อมที่ได้มีความทนทานต่อการซักและแสงได้ดีที่สุด

5) สารมอร์แดนท์ประเภทดีบุก ได้จากสารสแตนนัสคลอไรด์ ซึ่งทำให้สีสดใสและมีคุณสมบัติทนแสงและการซักได้ดี

2.6.2 สารมอร์แดนท์ที่ได้จากธรรมชาติ คือ สารที่เกิดจากธรรมชาติที่ช่วยในการยิดเกาะสี และบางครั้งอาจทำให้สีที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างของสารมอร์แดนท์ธรรมชาติ ได้แก่ [11]

1) น้ำปูนใส คือ ของเหลวที่ได้จากการละลายปูนที่สร้างจากปูนขาวหรือการเผาเปลือกหอยในน้ำสะอาด และปล่อยให้ตกตะกอนจนได้ของเหลวใส

2) น้ำด่างที่ได้จากเถ้า ซึ่งมาจากการใช้วัสดุจากพืช เช่น กัลยหรือเศษมะพร้าว โดยการตากให้แห้งแล้วทำการเผาจนกลายเป็นเถ้าสีขาว ต่อจากนั้นจึงนำเถ้าไปใส่ในบ่อแล้วคนให้เข้ากัน แล้วรอนจนเถ้าตกตะกอน สุดท้ายจะกรองน้ำให้ออกมาใส ก่อนที่จะนำไปใช้ โดยน้ำด่างมีบทบาทในการกระตุ้นปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสีและเส้นใยเซลลูโลส

3) กรดจากพืชสเปรี้ยว เช่น มะนาว น้ำใบส้มป่อย หรือน้ำมะขามเปียก ซึ่งช่วยลดประจุไฟฟ้าลบบนเส้นใยและเพิ่มประจุไฟฟ้าบวก ทำให้สีสามารถเข้าเส้นใยได้ดีขึ้น หากสีเข้าเส้นใยน้อยจะทำให้ประสิทธิภาพสีต่อการซักต่ำ จึงต้องใช้กรดเพิ่ม

4) น้ำใต้ดินหรือน้ำจากสนิมเหล็ก คือ น้ำที่เกิดจากการใช้บาดาลที่มีสนิมหรือผ่านการเผาเหล็กแล้วแช่ในน้ำเป็นเวลา 2 วัน ซึ่งทำให้มีสีเข้มขึ้นเหมือนกับการใช้เฟอร์รัสซัลเฟต

5) น้ำโคลนคือ น้ำที่ได้จากการผสมดินโคลนกับน้ำในสัดส่วน 1 ต่อ 1 ซึ่งทำให้ได้สีเทาดำ เปรียบเสมือนน้ำสนิมเหล็ก

2.6.3 การย้อมโดยไม่ใช้หรือแช่ในสารมอร์แดนท์ เริ่มต้นด้วยการนำวัสดุสิ่งทอที่แช่ลงในน้ำย้อมที่จัดเตรียมไว้ จากนั้นทำการที่ความร้อนที่ระดับ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาหนึ่งชั่วโมง หลังจากนั้นให้นำเส้นด้ายฝ้ายที่ได้รับการย้อมแล้วไปปักในสถานที่หมักเป็นเวลา 1 คืน บิดให้หมาดและ

นำไปตากในที่ร่มจนแห้ง สุดท้าย ให้ล้างด้วยน้ำสะอาดจนกว่าน้ำที่ใช้ล้างจะใส และกระตุกเส้นด้วยฝ้าย แล้วตากในที่ร่มจนแห้ง

2.6.4 การใช้สารมอร์แดนท์ในการย้อมมี รากฐานมาจากคำภาษาฝรั่งเศสโบราณที่เรียกว่า "Mordre" ซึ่งแปลว่าการกัดหรือการทำให้เสียหาย สารมอร์แดนท์ทำหน้าที่ในการสร้างรูขนาดเล็กบน เส้นใย ทำให้สีย้อมสามารถยึดเกาะได้ดีขึ้น ส่งผลให้การติดทนนานของสีย้อมบนเส้นใยมีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้น สารมอร์แดนท์ถูกจัดหมวดหมู่เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) มอร์แดนท์โลหะ (metallic mordant) เช่น โครเมียม, อลูมิเนียม, บลูสโตน, ทองแดง , เหล็กดีบุก และเกลือไทเทเนียม

2) มอร์แดนท์แทนนิน (tannin mordant) เช่น คัทช์, ชูแหมค, กรดแทนนิน

3) มอร์แดนท์น้ำมัน (oil mordant) เช่น น้ำมันตรีกี-แดง, น้ำมันกลีโบลี, กรดไขมัน ในการย้อมด้วยมอร์แดนท์มีขั้นตอนหลักในการติดสี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สีย้อมจะซึมเข้าสู่เส้นใย

ขั้นที่ 2 มอร์แดนท์จะดูดซึมเข้าสู่เส้นใย

ขั้นที่ 3 สีและมอร์แดนท์จะทำปฏิกิริยากันภายในเส้นใย จนกลายเป็น

สารประกอบสีใหม่ อาจปรากฏในรูปแบบที่เป็นย้อมสีสมบูรณ์หรือละอองสีที่แทรกอยู่ในรูของเส้นใย

วิธีการย้อมด้วยมอร์แดนท์คือกระบวนการที่สร้างสีจากสารที่เฉพาะเจาะจง โดยจะมีการตอบสนองกับเกลือไฮดรอกไซด์จากโลหะ โดยกลุ่มไฮดรอกซิลจะไปจับที่ตำแหน่ง ortho ในโมเลกุลของ โครโมฟอร์ การเลือกใช้สารมอร์แดนท์แต่ละชนิดจะทำให้เฉดที่ได้มีความต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของ โลหะ เช่น สีย้อมที่เรียกว่า haemaein จากต้น Logwood เมื่อใช้อลูมิเนียมเป็นมอร์แดนท์จะได้เป็นสี น้ำเงิน แต่ถ้าเกลือโครเมียมจะได้สีดอัมฟ้า สำหรับสีย้อม alizarin เมื่อใช้เกลืออลูมิเนียมจะได้สีแดง แต่ถ้าใช้เกลือเหล็กจะทำให้สีเป็นม่วง ในสมัยโบราณนิยมใช้เกลือเหล็ก ดีบุก และอลูมิเนียมเป็นสารมอร์แดนท์ที่ใช้ในการย้อมสิ่งทอ ขณะที่ปัจจุบันนิยมใช้เกลือโครเมียมในรูปแบบของเกลือ โครเมท (chromate) และไบโครเมท (bichromate) เนื่องจากใช้งานได้ง่าย การจำแนกประเภทของมอร์แดนท์ยังไม่มี มาตรฐานที่ชัดเจน บางคนกำหนดว่ามอร์แดนท์หมายถึงเกลือของโลหะเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีสาร เพิ่มเติมในกระบวนการย้อมบางชนิดเพื่อเพิ่มความคงทนของสี โดยสารเหล่านี้ คือ สารฟิกซ์ หรือสาร ผนึกสี (fixing agents) เช่น แทนนิน กรดแทนนิก กรดแลคติก กรดอะซิติก และน้ำมะขาม

กระบวนการหรือวิธีการทำมอร์แดนท์และการย้อมสีมี 3 วิธีหลักดังนี้ [13]

1) การเตรียมมอร์แดนท์ก่อนการย้อม (pre-mordanting) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม โดยการ แช่วัสดุที่ต้องการย้อมในสารละลายที่มีความร้อนเป็นเวลาประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นควรแช่ไว้ต่อ

อีก 15 นาทีจนถึง 30 นาที ก่อนที่จะนำไปย้อมในสารละลายสีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทำให้แห้ง นำไปซักล้างให้น้ำสะอาด

2) การย้อมมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสี (simultaneous mordanting หรือ meta-mordanting) คือวิธีการที่มีการผสมสารละลายมอร์แดนต์โดยตรงในระหว่างขั้นตอนการย้อมสี ในขั้นตอนนี้อุณหภูมิจะอยู่ในระดับเดียวกับการย้อมสี โดยมอร์แดนต์สามารถเติมลงในน้ำย้อมได้ทั้งก่อนระหว่าง หรือหลังการย้อม วิธีนี้ช่วยลดขั้นตอนที่ต้องดำเนินการ แต่สีที่ได้อาจจะไม่ทนทานเท่ากับวิธีแรก

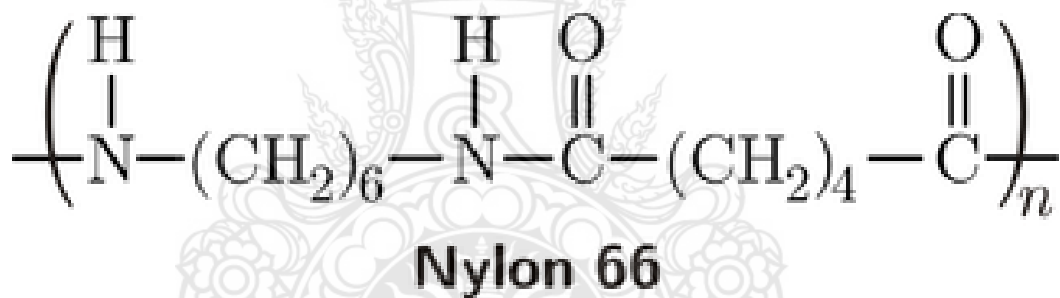
3) การใช้มอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting) มีการใช้สารมอร์แดนต์บางประเภทหลังจากการย้อม เช่น เกลือดีบุก เหล็ก แทนนิน หรือสารส้ม ในบางกรณีแนวทางนี้อาจถูกนำไปใช้แบบอิสระหรือบางครั้งก็มีการเติมมอร์แดนต์ในน้ำย้อมในช่วงเวลา 5 ถึง 10 นาทีสุดท้ายก่อนที่วัสดุจะถูกนำออก จากนั้นนำวัสดุสิ่งทอเข้าวัสดุแช่ลงในสารมอร์แดนต์ยังมีผลต่อการคงทนของสีต่อแสง และอาจมีผลต่อคุณสมบัติของเส้นใยหลังการทำสี เช่น อลูมิเนียมทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่นและลดความต้านทานต่อแรงดึงลง

2.7 ไนลอน (Nylon)

ไนลอน (พอลิเอไมด์) ถูกค้นพบโดยบังเอิญเป็นเส้นใยสังเคราะห์ตัวแรกโดยบริษัทดูปองท์ในสหรัฐอเมริกา นักวิทยาศาสตร์ Dr. Wallace H. Carothers[14] และทีมของเขาได้ดำเนินการทดลองเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุลที่เชื่อมโยงกันเป็นโซ่ยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งเรียกว่าพอลิเมอร์ และมีความคล้ายคลึงกับโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติอย่างเช่น ฝ้ายและไหม ในปี ค.ศ. 1928 ผู้ช่วยของ Dr. Carothers เจอพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีความหนืด โปร่งใส และสามารถยืดออกให้ยาวได้ หลังจากที่มีมันเย็นตัวลง มันยังคงยืดได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การสร้างพอลิเอสเตอร์ประสบปัญหาในการได้คุณสมบัติที่ต้องการ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1935 ก็ได้มีการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากปฏิกิริยาเฮกซะเมทิลีน ไดเอมีน (hexamethylene diamine) และกรดอะดิปีค (adipic acid) ซึ่งสร้างพอลิเมอร์ที่เรียกว่า 66 [14] โดยที่ชื่อมาจากจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุล และในปี (ค.ศ. 1938) ได้นำพอลิเมอร์นี้ออกสู่สาธารณะเรียกว่า ไนลอน ซึ่งถูกมองว่าเป็นความก้าวหน้าที่ยิ่งใหญ่ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ ไนลอน 66 มีคุณสมบัติที่โดดเด่นแตกต่างจากเส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยประดิษฐ์ที่มีอยู่ก่อนหน้านี้ โดยมีความแข็งแรงสูง ทนต่อการขัดถูอย่างมีประสิทธิภาพ ยืดตัวได้มาก และสามารถทำจีบถาวรได้ด้วยความร้อน มีความทนทานและสามารถซักได้ในเครื่อง ในปัจจุบันไนลอนกลายเป็นเส้นใยมหัศจรรย์ ที่สำหรับการใช้งานหลากหลาย รวมถึงถุงน่อง เชือกลากเรือ ผ้าใบยางรถยนต์ และเสื้อผ้าจากการนำมาใช้งานที่แพร่หลายมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการพบจุดอ่อนของไนลอนเช่นกัน เช่น

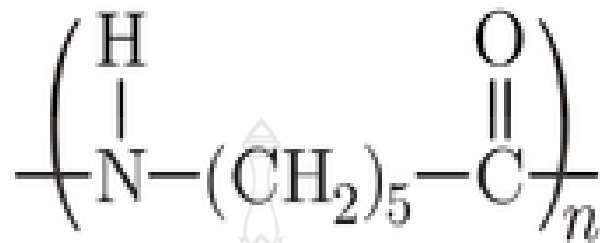
ปัญหาของการเกิดไฟฟ้าสถิต ขาดความสบายเมื่อทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม การสัมผัสที่ไม่ดี ตลอดจนการทนต่อแสงแดดค่อนข้างต่ำเมื่อใช้ทำเป็นผ้าปูเตียง อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาพัฒนาอีกอย่างมากมาย เพื่อแก้หรือลดจุดอ่อนต่าง ๆ ในปัจจุบัน ไนลอนชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากไนลอน 66 ได้ถูกผลิตขึ้น เช่น ไนลอน 6 และไนลอน 12 เป็นต้น [15]

2.7.1 โครงสร้างและรูปร่างของไนลอน เส้นใยไนลอนที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทออย่างแพร่หลาย ได้แก่ ไนลอน 66 และไนลอน 6 [16] ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน โดยมีโครงสร้างทางเคมีที่เป็น พอลิเอไมด์ (polyamide) แต่มีส่วนโครงสร้างที่แตกต่างกันในการจัดเรียงทางเคมี ส่งผลให้สมบัติของวัสดุแตกต่างกันไปบางประการ ไนลอน 66 สังเคราะห์จากเฮกซะเมทิลีน ไดเอมีน (hexamethylene diamine) กับกรดอะดิปิก (adipic acid) ซึ่งสร้างโครงสร้างทางเคมีเฉพาะตัว ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีไนลอน 66 (พอลิเอไมด์ 66) [15]

ไนลอนที่ 6 ได้มาจากการนำคาร์โพลิแลกแทม (caprolactam) มาทำการพอลิเมอไรซ์โครงสร้างเคมี ดังภาพที่ 2.11



Nylon 6

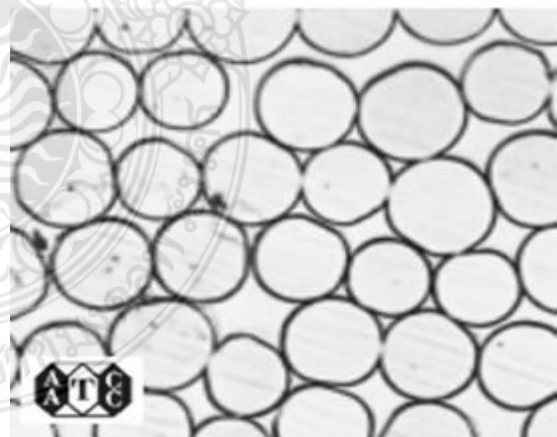
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีไนลอน 6 (พอลิเอไมด์ 6) [15]

2.7.2 รูปร่างทางกล้องจุลทรรศน์ [16]

ไนลอนชนิดเส้นใยยาวจะมีลักษณะเรียบและมัน เมื่อมองผ่านกล้องกำลังขยายสูง ภาพที่เห็นด้านหน้าตัดของไนลอนทั่วไปจะมีลักษณะรูปร่างที่กลม แต่สำหรับไนลอนบางประเภท เช่น ไนลอนแอนทรอนเคดอน และคิวมูลอฟ จะมีลักษณะรูปหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มุมมน ลักษณะภาพตามยาวมีเรียบเนียนใสมีขนาดที่เท่ากันตลอดทั้งเส้น คล้ายกับแท่งแก้ว ดังภาพที่ 2.12-2.13



ภาพที่ 2.12 ภาพตามยาวเส้นใยไนลอน
จากกล้องจุลทรรศน์ [17]



ภาพที่ 2.13 ภาพตัดขวางเส้นใยไนลอน
จากกล้องจุลทรรศน์ [17]

2.7.3 คุณสมบัติของผ้าไนลอน 6 [16]

2.7.3.1 สมบัติทางกายภาพ

- 1) ความเหนียว หนึ่งในคุณสมบัติเด่นของไนลอนคือความเหนียวที่สูง โดยเฉพาะไนลอนชนิดที่มีความเหนียวมาก (high tenacity nylon) แม้ว่าไนลอนบางประเภทก็มีความเหนียวมากกว่าเส้นใยธรรมชาติตัวอื่น ซึ่งความเหนียวของไนลอนทั่วไป จะเหนียวประมาณ 4.6-5.8 กรัม/เดนเยอร์ ไนลอนชนิดที่มีความเหนียวมากจะมีความเหนียวถึง 8.8 กรัม/เดนเยอร์ แต่ถ้าเปียกไนลอนชนิดธรรมดาจะคงความเหนียวไว้ หรืออาจลดลงเล็กน้อย จะเหนียวประมาณ 4.0-5.1 กรัม/เดนเยอร์ สำหรับไนลอนชนิดเหนียวมากจะเหนียวประมาณ 7.6 กรัม/เดนเยอร์
- 2) ความยืดหดและความอ่อนตัว ไนลอนมีความยืดหดสูงและยืดเกาะได้ดี ผ้าไนลอนสามารถรักษารูปทรงได้อย่างยอดเยี่ยม
- 3) ไนลอนมีความคืนตัวที่ดี ไม่ค่อยยับง่าย
- 4) ความหนา และค่าเฉลี่ยของความหนา ไนลอน 66 และไนลอน 6 ประมาณ 1.14 มิลลิเมตร ทำให้ผ้าทำจากไนลอนมีน้ำหนักเบากว่าเส้นใยธรรมชาติในขนาดที่เท่ากัน
- 5) การดูดซับน้ำและความชื้น โดดเด่นจากเส้นใยธรรมชาติ ไนลอนมีความสามารถในการดูดซับความชื้นที่ต่ำกว่า ไนลอน 66 ดูดซับความชื้นได้ราว 4.2 - 4.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ไนลอน 6 ดูดซับความชื้นได้ประมาณ 3.5 - 5.0 เปอร์เซ็นต์ ในสภาวะที่มีความชื้นสูง ไนลอนสามารถดูดซับความชื้นได้สูงถึง 8 เปอร์เซ็นต์ โดยไนลอน 6 จะทำได้ดีกว่าไนลอน 66 ส่งผลให้ย้อมสีได้ดีกว่า ด้วยความสามารถดูดซับความชื้นที่ต่ำ ไนลอนจึงแห้งได้เร็วหลังซัก แต่ปัญหาคือมีแนวโน้มที่จะเกิดไฟฟ้าสถิต ทำให้รู้สึกไม่สบายเมื่อสวมใส่
- 6) มีความคงรูป ไนลอนมีความไวต่ออุณหภูมิ หรือเป็นเส้นใยในประเภทเทอร์โครโม พลาสติกสามารถนำความร้อนมาใช้ในการทำจีบอย่างถาวร ทำให้ยังคงรูปได้เป็นเวลานานโดยไม่เกิดรอยยับง่าย
- 7) การทนความร้อน ไนลอน 66 จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส (480 องศาฟาเรนไฮต์) ส่วนไนลอน 6 จะหลอมเหลวที่ประมาณ 210 องศาเซลเซียส (400 องศาฟาเรนไฮต์) ไนลอนทุกรุ่นทนต่ออุณหภูมิความร้อนที่ 149 องศาเซลเซียส (300 องศาฟาเรนไฮต์) ได้ดีโดยไม่เกิดความเสียหาย แต่ถ้าโดนความร้อนเกิน 300 องศาฟาเรนไฮต์ในระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง อาจทำให้ไนลอนเปลี่ยนสี และในอุณหภูมิประมาณ 177 - 205 องศาเซลเซียส (350 - 400 องศาฟาเรนไฮต์) เส้นใยจะอ่อนลงและลดความเหนียวอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ดีที่สุดสำหรับการรีดผ้าไนลอนอยู่ระหว่าง 300-350 องศาฟาเรนไฮต์ หากต้องใช้ความร้อนที่มากกว่านี้ต้องมีความระวังเพื่อป้องกันการทำลายผ้า ไนลอน 6 ไม่จำเป็นต้องรีดที่อุณหภูมิความร้อนสูงกว่า 149 องศาเซลเซียส (300 องศาฟาเรนไฮต์)

2.7.3.2 สมบัติทางเคมี

1) ปฏิกริยาต่อต่าง ไนลอนมีความทนทานต่อต่างค่อนข้างสูง โดยไม่แสดงอาการที่ชัดเจนเมื่อสัมผัสกับต่าง

2) ปฏิกริยาต่อกรด กรดประเภทโลหะ เช่น กรดเกลือ กรดไนตริก และกรดกำมะถัน สามารถทำลายไนลอนได้อย่างรวดเร็ว แม้แต่สารละลายของกรดเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำก็ยังสามารถทำลายเส้นใยไนลอน ในขณะที่กรดที่จากธรรมชาติ อย่าง กรดฟอร์มิก ที่เข้มข้น 88-89 เปอร์เซ็นต์สามารถละลายไนลอนได้ และไอกรดต่าง ๆ ในอากาศที่มีอยู่ในแถบอุตสาหกรรมก็อาจส่งผลต่อคุณภาพของไนลอนเช่นกัน

3) ความไวต่อสารละลายอินทรีย์ โดยทั่วไปแล้ว สารละลายอินทรีย์มักจะไม่มียผลหรือมีการตอบสนองน้อยมากต่อไนลอน ทำให้ไนลอนไม่เกิดความเสียหาย น้ำยาฟีนอล เมตาครีซอล และกรดฟอร์มิก สามารถละลายไนลอนได้ แต่สารละลายที่ใช้ในการทำความสะดวก รวมน้ำยาซักแห้งจะไม่ทำให้ไนลอนเสียหาย

4) การตอบสนองต่อแสงแดด ไนลอนไม่สามารถทนต่อแสงแดดที่แรงมากเมื่อสัมผัสกับแสงตรงๆ ได้เมื่อโดนส่องตรงนาน ๆ ส่งผลให้ไนลอนเสื่อมคุณภาพและลดความเหนียวลง โดยไนลอนสีสดสามารถต้านทานแสงแดดได้ดีมากกว่าไนลอนสีเข้ม ซึ่งการย้อมสีที่พิเศษเพื่อช่วยเพิ่มความทนทานต่อแสงแดด การเก็บรักษาผ้าที่ทอจากใยไนลอนให้พ้นจากอันตรายต่าง ๆ จะทำให้ใช้งานได้นานหลายปี เมื่อนำไนลอนมาทอเป็นผ้า จะมีลักษณะที่นุ่มและสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างได้ดี นอกจากนี้ยังทนต่อการขัดถูได้อีกด้วย สบู่ ผงซักฟอกและสารฟอกขาวที่ใช้ทั่วไปสำหรับการทำความสะอาดเสื้อผ้าจะไม่ทำลายโครงสร้างเส้นใยไนลอน

5) ความแข็งแรงของผ้าและใย แมลง เช่น มดไม่สามารถกัดผ้าไนลอนได้ แต่หากมีการเก็บสัมผัสไว้นาน สามารถเกิดการกัดกร่อนตามรอยพับของผ้าไนลอนได้ ผ้าไนลอนที่มีการเคลือบแป้งอาจมีโอกาสเกิดรา แต่เชื้อราจะไม่ทำให้เนื้อไนลอนเสียหาย ใยไนลอนนั้นยังไม่ทำให้เกิดแบคทีเรียหรือเชื้อราภายในเนื้อผ้าเองอีกด้วย

2.7.4 การใช้คุณสมบัติและการดูแลรักษา ไนลอนมีคุณสมบัติมากมาย และได้รับการใช้งานในวงกว้าง ถูกเลือกให้เป็นเส้นใยหลักในการทำเฟอร์นิเจอร์สำหรับบ้าน โดยเฉพาะในรูปแบบของพรม นอกจากนี้ยังได้รับการนำไปใช้ในการผลิตชุดชั้นใน ชุดกีฬา ชุดนอน และในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เส้นด้ายที่ใช้ทำเชือกและยางรถยนต์ สำหรับตัดเสื้อผ้า ชุดชั้นใน และชุดนอน มักมีการพยายามนำเส้นใยชนิดอื่นมาผสมเพื่อเสริมคุณสมบัติให้ดียิ่งขึ้น เช่น ความทนทาน ความคงตัว ยืดหยุ่น และป้องกันการเสียดสีสำหรับวัสดุเหล่านี้ โดยทั่วไปแล้ว พรมและผ้าที่ใช้ในบ้านมักจะถูกทอจากไนลอนเนื่องจากใช้งานได้ดีทำความสะอาดได้ง่าย และไม่ต้องการการดูแลพิเศษเพื่อป้องกันแมลงและมอด

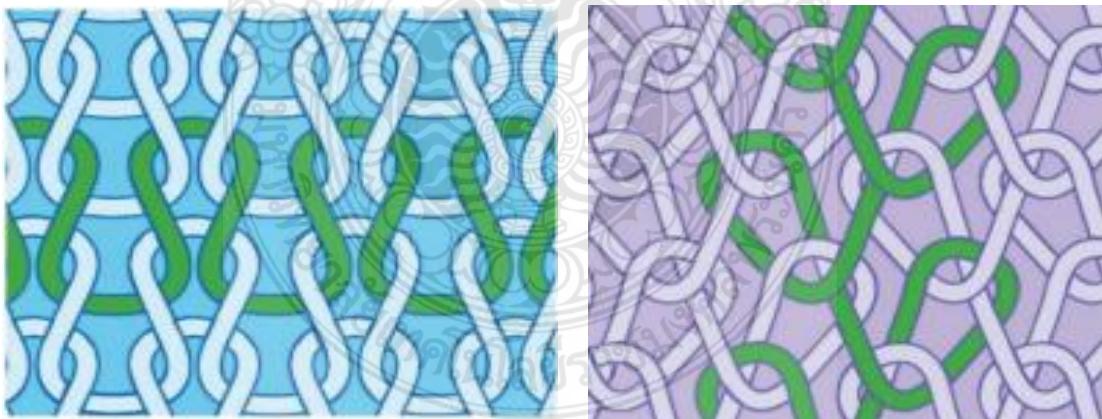
นอกจากนี้ยังมีเส้นใยไนลอนคิวมุลอฟ และ "501" ที่เป็นที่ยอมรับในด้านการทอพรหมเพราะมีความทนทานต่อการสิ่งสกปรกได้ ไม่ถูกทำให้สกปรกง่าย และเส้นใยมีความแข็งแรงไม่หลุดล่อนหรือแตกง่าย จึงทำให้รักษาสภาพดีไว้ได้นาน

ผ้าไนลอนมีความสะดวกในการทำทำความสะอาดและแห้งไว สามารถเข้าเครื่องซักผ้าได้ รวมถึงอบแห้งในเครื่องอบผ้าที่ใช้ความร้อนได้หลากหลาย อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนในระดับต่ำ (ต่ำกว่า 110 องศาฟาเรนไฮต์) จะช่วยให้ผ้าหายบ่น้อยลงและง่ายต่อการรีด ในบางกรณีอาจไม่ต้องรีดเลย ถ้าได้ซักและอบด้วยความร้อนต่ำแล้วนำออกจากเครื่องจะสามารถใช้ได้ทันที

ผ้าไนลอนสามารถใช้สารฟอกขาวได้ สบู่และน้ำยาซักผ้าทั่วไปไม่มีอันตรายต่อไนลอน แต่มีข้อควรระวังในการซักผ้าในที่มืดคือ ไนลอนมีแนวโน้มที่จะดูดซับสีและสิ่งสกปรกจากน้ำซัก ซึ่งอาจทำให้ผ้าขาวเปลี่ยนสีหรือหมองได้ หากซักรวมกับผ้าสีหรือผ้าที่สกปรก ดังนั้นควรแยกซักผ้าไนลอนสีขาวออกมา และล้างให้สะอาดด้วยน้ำที่บริสุทธิ์จริงๆ

2.8 ผ้าถัก (knitted fabric) [18]

ผ้าถัก (knitted fabric) หมายถึง กระบวนการผลิตผ้า วิธีหนึ่ง โดยเส้นด้ายที่ใช้ถักจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของห่วง (loop) ถูกเชื่อมต่อเป็นผืนผ้า โดยการผลิตผ้าจะทำได้ 2 แบบ ซึ่งได้แก่ การถักตามแนวนอนหรือแนวขวาง และการถักตามแนวตั้ง ดังภาพที่ 2.14

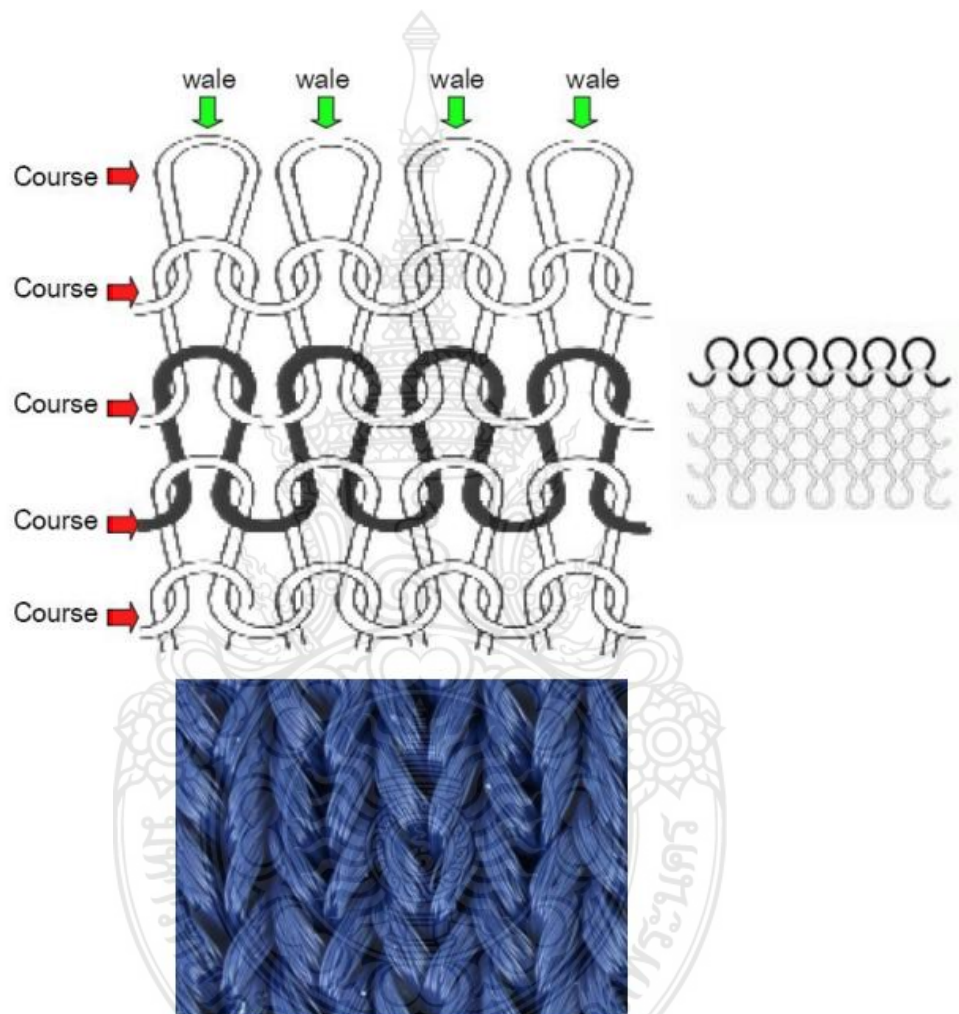


การถักผ้าแนวนอนหรือแนวขวาง

การถักตามแนวตั้ง

ภาพที่ 2.14 การถักตามแนวนอนหรือแนวขวาง และการถักตามแนวตั้ง [18]

2.8.1 การถักในแนวนอนหรือแนวขวาง (weft knitting) เป็นกระบวนการที่เส้นด้ายถูกคล้องเป็นห่วง (loop) ต่อเนื่องกันในแนวนอนหรือแนวขวาง (plain knit) ตามที่แสดงในภาพที่ 2.15 โดยเส้นด้ายจะเรียงตัวในทิศทางด้านข้างและขัดกันผ้าถักตามแนวนอนหรือแนวขวาง (weft knitting) แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

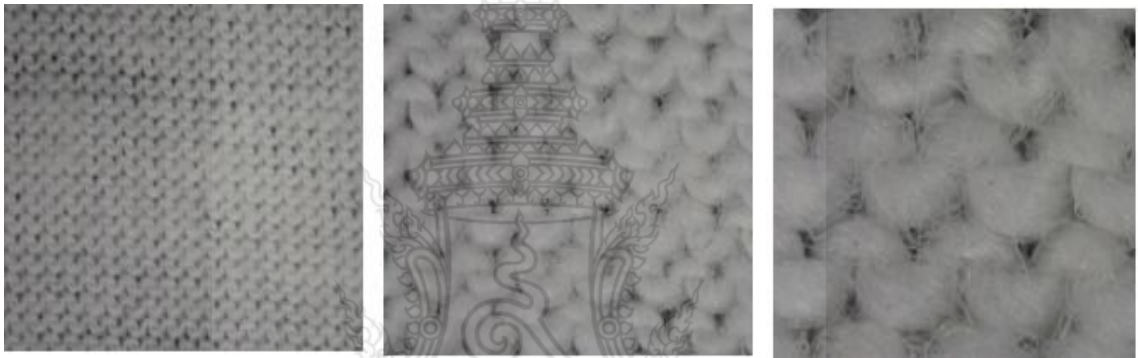


ภาพที่ 2.15 โครงสร้างผ้าถักตามแนวนอนหรือแนวขวาง [18]

1) ผ้าถักแบบชั้นเดียว (Single jersey knitted fabric) เป็นโครงสร้างผ้าแนวนอนแบบทง่ายที่สุดลักษณะด้านหน้าห่วงที่คล้องสลับกันอยู่ด้านหลังทำให้ผ้าถักมีทิศทางเป็นแนวเดียวกัน ลักษณะของผ้าประเภทนี้ด้านหน้าผ้าจะเห็นห่วงได้ชัดเจน ส่วนด้านหลังจะไม่เห็นห่วง รายละเอียดดังภาพที่ 2.16



ด้านหน้าผ้าถักแบบชั้นเดียว



ด้านหลังผ้าถักแบบชั้นเดียว

ภาพที่ 2.16 โครงสร้างผ้าถักแบบชั้นเดียว (single jersey knitted fabric) [18]

ลักษณะของผ้าถักแบบชั้นเดียว

- ด้านหน้ากับด้านหลังมีลักษณะที่ต่างกัน
- สามารถยืดหยุ่นได้ตามความกว้างผ้าหน้าผ้าขนาดสองเท่า
- ริมผ้ามีการม้วนตัว
- ถ้าห่วงใดห่วงหนึ่งขาดอีกห่วงก็จะหลุดลุ่ยหรือลั่นเป็นวงทั้ง 2 ด้าน
- เส้นด้ายถูกดึงออกจากตัวผ้าได้ที่ละเอียด

2) ผ้าถักแบบริบ (rib knitted fabric) เป็นผ้าที่มีโครงสร้างประกอบด้วยแถวของห่วงถักโดยด้านหน้าและด้านหลังสลับกันไป ตัวเลขที่ปรากฏเป็นการบ่งบอกจำนวนห่วงด้านหน้าและหลังห่วงในแต่ละหน่วยซ้ำ ตัวอย่างเช่น โครงสร้างผ้าริบแบบ 1 x 1 ดังภาพที่ 2.17 แสดงให้เห็นแต่ละหน่วยซ้ำของการถักประกอบด้วยแนวของด้านหน้าห่วงหนึ่งแถวสลับกับด้านหลังอีกหนึ่งแถวร้อยเชื่อมโยงกันไปดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 โครงสร้างผ้าถักแบบริบ (rib knitted fabric) [18]

ลักษณะเฉพาะของผ้าถักแบบริบ

- ด้านหน้าผ้าและด้านหลังมีลักษณะที่เหมือนกัน
- ผ้ามีคลายตัวได้ดีตามความกว้างของหน้าผ้า
- ริมของผ้าจะไม่ม้วนงอ
- เมื่อผ้าเกิดการขาด ห่วงจะหลุดออกเป็นเส้นยาว และการหลุดของลายจะเกิดขึ้นจากบนลงล่างเท่านั้น
- สามารถดึงเส้นด้ายออกเป็นชุด ๆ หรือจะเริ่มดึงจากชุดสุดท้ายก็ได้
- มีความหนาอยู่ที่ประมาณสองเท่าของโครงสร้างของผ้าถักแบบชั้นเดียว

3) ผ้าถักแบบอินเตอร์ล๊อต (Interlock knitted fabric) เป็นการนำผ้าถักแบบริบ 1x1 จำนวน 2 ผืนมาถักกันเข้าเป็นผืนเดียว อาศัยการทำงานของเครื่องถักประกอบด้วยเข็ม แบบยาวและสั้นสลับชุดกันทำงาน ผ้าถักประเภทนี้ด้านหน้าและด้านหลังจะเหมือนกัน ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 โครงสร้างผ้าถักแบบอินเตอร์ล็อก (Interlock knitted fabric) [18]

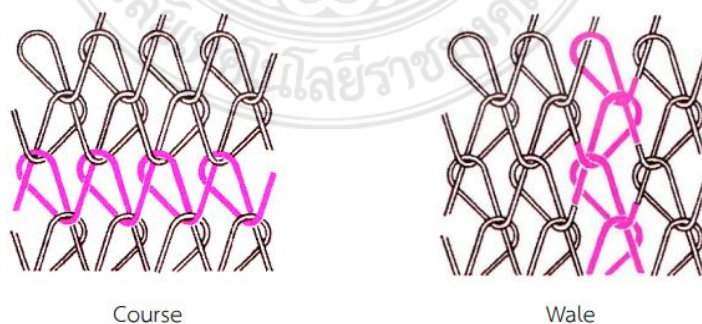
ลักษณะเฉพาะของผ้าถักแบบอินเตอร์ล็อก

- สองด้านผ้ามีลักษณะเหมือนกัน
- การยืดทั้งตามความยาวเท่ากับผ้าถักแบบชั้นเดียว
- ไม่เกิดการม้วนที่ริมผ้าหรืออตัวเพราะโครงสร้างผ้ามีความสมดุล
- ห่วงจะเปลี่ยนรูปได้ยากกว่าผ้าเพลนและผ้าริบเมื่อถูกดึงและเกี่ยว
- การดึงเส้นด้ายสามารถทำได้จากห่วงในแถวสุดท้ายเพียงแค่นั้น และดึง 2

ครั้ง จึงจะได้ครบ 1 แถว

- ความหนาของผ้ามีขนาดประมาณ 2 เท่าของผ้าถักแบบชั้นเดียว

2.8.2 การถักตามแนวตั้ง (warp knitting) คือการนำห่วงมาคล้องต่อกันตามทิศทางของแนวยืนหรือแนวตั้งสลับกัน โดยใช้เส้นด้ายหลายเส้นและไปถักด้วยกันหลายเส้น เหมือนกับการทอผ้า นิยมใช้ทำเป็นชุดชั้นในรายละเอียดดังภาพที่ 2.19 [18]



Course

Wale

ภาพที่ 2.19 โครงสร้างผ้าถักตามแนวตั้ง [18]

โครงสร้างผ้าถักตามแนวดิ่ง แบ่งได้ 4 แบบ ดังนี้ ผ้าถักแบบทริคอต (Tricot) ผ้าถักแบบราเชล (rashchel) ผ้าถักแบบมิลานีส (milaanese) และผ้าถักแบบตาข่าย (mesh)

4) ผ้าถักแบบทริคอต (Tricot knitted fabric) คำว่า Tricot มาจากภาษาฝรั่งเศส คือ Tricoter แปลว่า ถัก ผ้าถักจากเครื่องถักผ้าทริคอต ผลิตโดยใช้เส้นด้ายสองชุดเป็นโครงสร้างหลักที่เป็นที่นิยมอย่างมากลักษณะของหน้าผ้าเป็นแถวท่งในแนวดิ่ง ลักษณะของหลังผ้าจะมีเส้นด้ายไขว้กัน ผ้าชนิดนี้มีชื่อเรียกดังนี้ ผ้าโพลีทริค ผ้าล็คคินิต ผ้าควีนสปอร์ต ผ้าเรสลุป ผ้ารีเวสล็อค นิต ผ้าชีก้าสกิน และผ้าซาตินเป็นต้น ดังภาพที่ 2.20



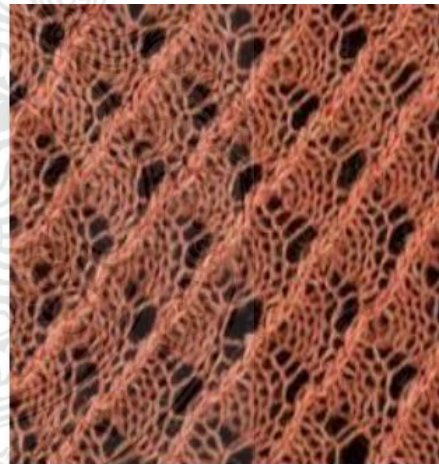
ภาพที่ 2.20 ผ้าถักแบบทริคอต (tricot knitted fabric) [18]

5) ผ้าถักแบบราเชล (rashchel knitted fabric) ผ้าถักชนิดนี้ เวลาถักใช้เส้นด้ายตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไปจนอาจมากถึง 48 ทำให้สร้างลวดลายได้มากมาย มักใช้เข็มเลขในการถัก ซึ่งมีความแตกต่างจากผ้าทริคอต คือ โครงสร้างของผ้าถักแบบราเชล ผ้าถักชนิดนี้มักใช้เส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่และมีลวดลายในแบบของผ้าลูกไม้ ส่วนทริคอตมักใช้เส้นด้ายที่มีความละเอียดและมีโครงสร้างทางเรขาคณิตที่เรียบง่าย ดังภาพที่ 2.21



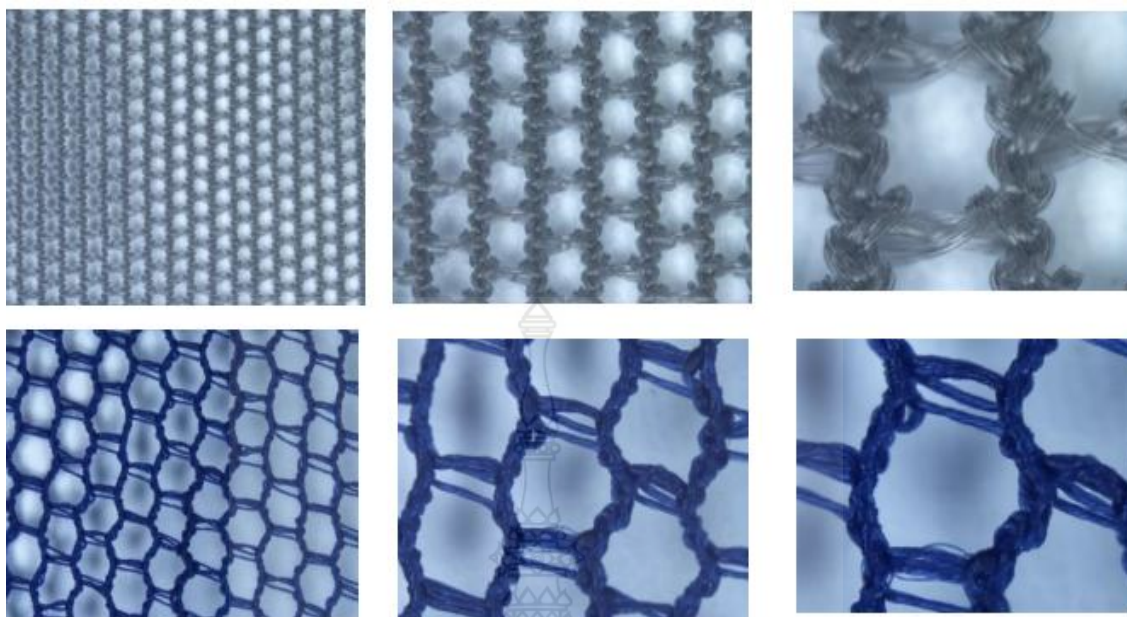
ภาพที่ 2.21 ผ้าถักแบบราเชล (rashchel knitted fabric) [18]

6) ผ้าถักแบบมิลานีส (milaanese knitted fabric) ผ้าถักชนิดนี้ใช้เทคนิคในการถักที่ต่างกันได้หลายวิธี มีลักษณะคล้ายผ้าทริคอตมาก นิยมใช้ถักจากเส้นด้ายใยยาว เพื่อให้ได้ผ้าที่เนียนละเอียดและมีน้ำหนักเบา คุณสมบัติที่เหมือนผ้าทริคอต มีความเรียบ และยืดหยุ่นได้ดี โครงสร้างของผ้ามีความสม่ำเสมอและทนทานต่อการฉีกขาด ดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 ผ้าถักแบบมิลานีส (milaanese knitted fabric) [18]

7) ผ้าถักแบบตาข่าย (Mesh knitted fabric) โครงสร้างชนิดนี้เป็นโครงสร้างหลักที่ใช้ในการผลิตผ้าพื้น ผ้า màn ผ้าตาข่าย ดังภาพที่ 2.25



ภาพที่ 2.23 ผ้าถักแบบตาข่าย (mesh knitted fabric) [18]

2.9 หลักการวัดค่าสีและความเข้มสี

หลักการในการแยกแยะความแตกต่างของสีด้วยสายตามนุษย์มักไม่ตรงตามมาตรฐาน ขึ้นอยู่กับการมองเห็นสีซึ่งแตกต่างกันออกไปตามความสามารถของแต่ละคน ซึ่งทำให้ไม่สามารถแสดงสีที่แตกต่างกันในแต่ละจุดบน chromaticity diagram ได้อย่างเท่าเทียมกัน โดยการมองเห็นสียังถูกจำกัดด้วยสภาพแสงที่กระทบกับผิวหน้าและมุมมองที่มองเห็นวัตถุ นอกจากนี้ผู้คนยังไม่สามารถเก็บข้อมูลหรือระบุได้อย่างถูกต้องว่าสีของตัวอย่างจะเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใดเมื่อเวลาผ่านไป รวมถึงสีเดิมเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงเกิดการใช้งานเครื่องมือวัดสีมาใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสีระหว่างตัวอย่างกับสีต้นแบบ วิธีการนี้ช่วยให้การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างมีมาตรฐาน และทำให้การตัดสินใจง่ายขึ้น ความไม่เหมือนกันของสีจะถูกแสดงออกในรูปแบบตัวเลขที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นของผู้คน [19]

2.9.1 หลักการทำงานเครื่องวัดสี เครื่องวัดสีตามเกณฑ์ของ Commission International de l'Eclairage (CIE) ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก [19] ได้แก่

1) ต้นกำเนิดแสงมีหลายประเภท เช่น หลอดไฟทังสเตน, หลอดฟลูออเรสเซนต์, หลอดไฟทังสเตน และหลอดไฟซินอนอาร์ค เป็นต้น การเลือกแหล่งกำเนิดแสงจะพิจารณาจากวัตถุประสงค์การใช้งาน หากต้องการใช้งานกลางแจ้งในแสงแดด การวัดและการเทียบเคียงสีควรใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ทำขึ้นมา D65 ซึ่งผลิตแสงที่มีลักษณะคล้ายแสงแดดในช่วงกลางวัน

2) วัตถุที่มีสี รวมถึงผ้ามาตรฐานและผ้าตัวอย่าง จะถูกนำมาใช้ในการเทียบเคียงสี สีในผ้ามีความสามารถในการดูดซับบางส่วนของคลื่นแสงบางส่วนจากต้นกำเนิดแสง ในการสะท้อนแสงที่เหลือเข้าสู่ตาของผู้สังเกตและอุปกรณ์วัดสี

3) อุปกรณ์สำหรับการวัดสีสามารถตรวจสอบปริมาณสีในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 นาโนเมตร (สีม่วง) ถึง 700 นาโนเมตร (สีแดง) โดยการวัดสีนี้จะต้องสอดคล้องกับการรับรู้ของแต่ละบุคคล ผลการศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์สองคนคือ Wright และ Guld [18] ได้แสดงให้เห็นค่าการตอบสนองของสายตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง, เขียว, และน้ำเงิน ซึ่งได้รับการสรุปในรูปแบบมาตรฐาน 2 CIE Standard Observer 1964 และได้มีการปรับปรุงให้สอดคล้องยิ่งขึ้นกับการตอบสนองของดวงตาในช่วงแสงสีเขียวและสีน้ำเงิน จนกลายเป็นมาตรฐาน 10 CIE Standard Observer 1964 ในปัจจุบันระบบที่นิยมใช้กันคือ CIE 1976 L^*, a^*, b (CIELAB) [19]

2.9.2 การมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ด้วยดวงตาสามารถบ่งชี้คุณสมบัติต่าง ๆ ของตัววัตถุได้ 3 ประการดังนี้

- 1) สีที่มองเห็นได้ เช่น สีแดง สีเขียว หรือสีน้ำเงิน ซึ่งเรียกว่า Hue
- 2) ระดับความสว่างของสี ที่เกิดจากการสะท้อนของแสงซึ่งมีระดับความเข้มที่แตกต่างกันเรียกว่า Lightness
- 3) ความสด ความเข้ม และความบริสุทธิ์ของสี เรียกว่า Chroma

2.9.3 เครื่องมือที่ใช้วัดสีเรียกว่า สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ซึ่งสามารถแสดงผลของสีบนวัตถุออกมาในรูปแบบของตัวเลขได้ ตัวเครื่องจะวัดการสะท้อนแสงของวัตถุเมื่อเทียบกับมาตรฐาน ที่เรียกว่า กราฟสะท้อนแสง (Reflectance curve) เมื่อวัตถุมีสีที่แตกต่างกันก็จะมีกราฟสะท้อนแสง (Reflectance curve) ที่ไม่เหมือนกันเช่นกัน วัตถุที่มีสีแตกต่างจะส่งผลให้ความยาวคลื่นที่สะท้อนออกมาแตกต่างกันโดยที่สีน้ำเงินมีค่าความยาวคลื่นระหว่าง 430-460 นาโนเมตร สีเขียวที่ค่าความยาวคลื่น 500-580 นาโนเมตร และสีแดงค่าความยาวคลื่น 620-780 นาโนเมตร (ดังภาพที่ 2.13)



ภาพที่ 2.24 ระบบที่ใช้ในการประเมินสีคือระบบ CIE L* a* b* ซึ่งถือเป็นแนวทางในการวัดสีในลักษณะของ color space [18]

ซึ่งในที่นี้ ค่า L* หมายถึงค่าความสว่าง (lightness) ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100

แกน a* ที่เป็น ค่าบวก จะชี้ไปในทิศทางเฉดสีแดง

แกน a* ที่เป็น ค่าลบ จะชี้ไปในทิศทางเฉดสีเขียว

แกน b* ที่เป็น ค่าบวก จะชี้ไปในทิศทางเฉดสีเหลือง

แกน b* ที่เป็น ค่าลบ จะชี้ไปในทิศทางเฉดสีน้ำเงิน

สำหรับการคำนวณค่าความแตกต่างของสีในรูปแบบตัวเลข เมื่อเราพิจารณาในพื้นที่หนึ่ง จะพบจุดที่เรียกว่า (space) คือ $L_1^*a_1^*b_1^*$ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสี จะได้จุดใหม่ในพื้นที่นั้นเป็น (space) เป็น $L_2^*a_2^*b_2^*$ ซึ่งระยะห่างระหว่างสองจุดนี้ในพื้นที่ (space) นั้นจะบ่งชี้ถึงความแตกต่างของสี ดังสมการที่ 2.1 [19]

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2.1}$$

โดย ΔE คือ ค่าความแตกต่างของสี

การรับรู้สีของมนุษย์และการวัดสีที่ได้จากอุปกรณ์จะถูกกำหนดโดยสามปัจจัยหลัก ได้แก่ แหล่งของแสง วัตถุที่มีสี และการประเมินค่าสี อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการมองเห็นสีของแต่ละบุคคลอาจไม่เหมือนกัน ในขณะที่เครื่องมือวัดสีสามารถให้ค่าที่เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่ใช้ในอุตสาหกรรม และสามารถวัดความแตกต่างของสีในเฉดที่แตกต่างกันได้อย่างละเอียด ซึ่งทำให้สามารถหาค่าความแตกต่างของสีในอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2.8.4 ความเข้มของสีในวัสดุสามารถประเมินได้จากค่าการสะท้อนแสง (R: Reflectance) หากวัสดุสามารถสะท้อนแสงได้ทั้งหมด ค่า R จะเท่ากับ 1 และถ้าหากวัสดุดูดซับแสงได้ทั้งหมด ค่า R จะเท่ากับ 0 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า R กับระดับของสีสามารถแสดงเป็น K/S โดยที่ โดยที่

K แทนค่าการดูดกลืนแสง (absorption coefficient) ของวัสดุ

S แทนค่าการกระเจิงแสง (scattering coefficient) ของวัสดุ

ทั้ง K และ S ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่เราสามารถหาได้จากสมการ (ดังสมการที่ 2.2)

$$K/S = [(1-R)^2] / 2R \dots\dots\dots \text{สมการ 2.2}$$

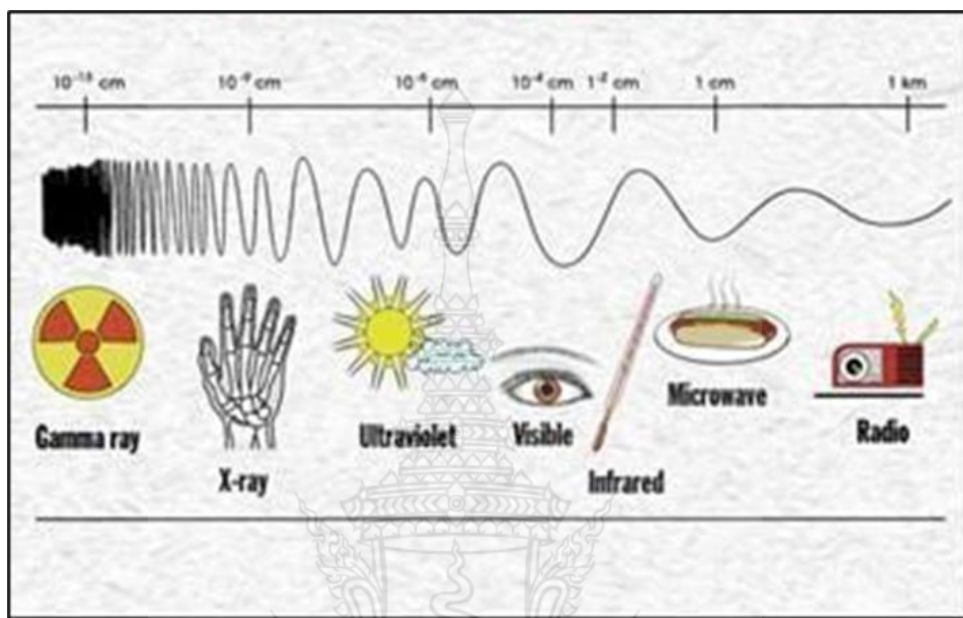
K/S สำหรับความยาวคลื่นแสงแต่ละช่วงก็ไม่เหมือนกัน ดังนั้น ตัวเลขนี้จึงถือเป็นค่าที่เฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละความยาวคลื่นด้วย โดยส่วนใหญ่จะมีการวัดที่ตำแหน่ง Lambda max ของสีแต่ละประเภท ซึ่งแต่ละสีจะมี Lambda max ที่ไม่เหมือนกัน ในศาสตร์เกี่ยวกับสีมักมีการระบุค่า Lambda max สำหรับแม่สีแต่ละประเภทไว้ ดังนี้

- 1) สีเหลือง ค่า ความยาวคลื่นสูงสุด อยู่ที่ 420 นาโนเมตร
- 2) สีแดง ค่า ความยาวคลื่นสูงสุด อยู่ที่ 520 นาโนเมตร
- 3) สีน้ำเงิน ค่า ความยาวคลื่นสูงสุด อยู่ที่ 620 นาโนเมตร

ค่า K/S ของความยาวคลื่นทั้ง 3 นี้สามารถใช้เพื่อคาดการณ์อัตราส่วนของสีทั้งสามที่ต้องการผสมขึ้นได้จากการกระตุ้น ดังนั้น วิธีการนี้จึงถูกเรียกว่า tristimulus หากทำความเข้าใจเกี่ยวกับค่า K/S ของสีที่ใช้เป็นแม่สี และเมื่อมีความเข้มสีที่ชัดเจนก็จะเป็นไปได้ที่จะคำนวณปริมาณของสีแต่ละชนิดที่จำเป็นสำหรับการผสมตามที่ต้องการ

2.10 หลักการป้องกันรังสีวิทยุและการประเมินค่า

แสงแดดเป็นแสงผสมของสีรุ้ง (หรือแสงที่สามารถมองเห็นสีได้) การปกป้องจากรังสีอินฟราเรด (แสงใต้แดง) และรังสีอัลตราไวโอเล็ต (แสงเหนือม่วง) และรังสีอื่น ๆ [20] (ดังภาพที่ 2.25)



ภาพที่ 2.25 แสงองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเกิดแสงแดด [20]

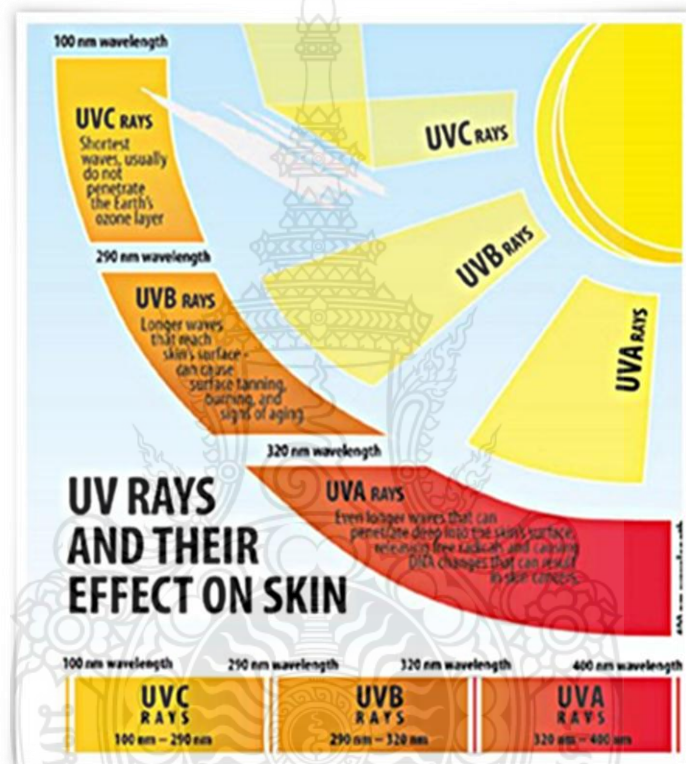
แสงที่ดวงตาของมนุษย์สามารถรับรู้การมองเห็นได้เนื่องจากมีสี (ม่วงน้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม และ แดง) มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ในระดับ 390 นาโนเมตร ถึง 700 นาโนเมตร โดยปลายด้านหนึ่งเป็นแสงสีม่วง (390 ถึง 430 นาโนเมตร) ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นแสงสีแดง (610 ถึง 700 นาโนเมตร) นอกเหนือจากช่วงแสงที่มองเห็นจะเป็นแสงอัลตราไวโอเล็ต (30 ถึง 390 นาโนเมตร) และแสงอินฟราเรด (700 ถึง 3000 นาโนเมตร) [20] แสงซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นกว่าจะมีระดับพลังงานสูงกว่า แสงที่มีความยาวคลื่นยาว รังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นรังสีที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นสั้นและมีพลังงานสูงที่เป็นตัวการทำให้เกิดการถูกทำลายของผิวหนังเมื่อสัมผัสกับแสงแดด นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเล็ตยังสามารถทำลายทั้งสมบัติทางเคมีและสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุได้ เช่น ทำให้สีซีดจาง เส้นใยเซลลูโลสเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเกิดการออกซิไดซ์ด้วยแสง หรือพลาสติกที่ถูกแสงแดดเป็นเวลานานจะมีสมบัติลดลงเนื่องจากเกิดการถูกทำลายด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต

สเปกตรัมของรังสีอัลตราไวโอเลตนั้นจะประกอบด้วยช่วงรังสีที่แตกต่างกันตามข้อกำหนดของคณะกรรมการของ International Commission Illumination (CIE) ได้กำหนดช่วงของสเปกตรัมระหว่าง 400 และ 100 นาโนเมตร ไว้ดังนี้

UV-A เป็นแสงที่มีระดับความยาวคลื่นแสง อยู่ระหว่าง 320 - 400 นาโนเมตร

UV-B เป็นแสงที่มีระดับความยาวคลื่นแสง อยู่ระหว่าง 290 - 320 นาโนเมตร

UV-C เป็นแสงที่มีระดับความยาวคลื่นแสง อยู่ระหว่าง 100 - 290 นาโนเมตร



ภาพที่ 2.26 องค์ประกอบของ ultraviolet ที่เรียกว่า รังสีอัลตราไวโอเลต [20]

รังสี UV-C เป็น ultraviolet หรือ รังสีเหนือม่วง มีความถี่สั้นที่สุด ซึ่งไม่สามารถผ่านชั้นโอโซนในบรรยากาศมายังพื้นผิวโลกได้ ทำให้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ (ดังภาพที่ 2.26) ส่วนรังสี UV-B ซึ่งมีความยาวคลื่นสูงกว่ารังสี UV-C นั้นสามารถทำอันตรายต่อผิวหนังโดยทำให้เกิดผิวไหม้ได้โดยปกติ รังสี UV-B จะถูกกรองบางส่วนไว้โดยชั้นของโอโซนทำให้ปริมาณของรังสีที่ส่องผ่านมาถึงผิวโลกมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ด้วยปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันทำให้ชั้นของโอโซนในชั้น

บรรยากาศบางลงจึงทำให้ปริมาณของรังสี UV-B ที่ทะลุผ่านลงมายังโลกมีปริมาณมากขึ้นและทำให้เป็นอันตรายต่อมนุษย์



ภาพที่ 2.27 การป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของชั้นโอโซนในบรรยากาศ [20]

ในบรรดารังสีอัลตราไวโอเล็ตทั้งหมดรังสี UV-A ซึ่งเป็นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่นยาวที่สุดนั้นเป็นประเภทที่มีอันตรายที่สุดต่อผิวของมนุษย์ ได้เยอะที่สุดเนื่องจากสามารถส่องทะลุผ่านชั้นบรรยากาศได้ (ดังภาพที่ 2.27) และอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งผิวหนังได้ หากได้รับแสงเป็นเวลานานในปริมาณมาก ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การปกป้องจากแสงแดด ซึ่งมีผลสืบเนื่องถึงการถูกทำลายของผิวหนัง ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มาจากแสงแดด การป้องกันอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำได้ 3 วิธี โดยการลดระยะเวลาที่สัมผัสแสง การใช้ครีมกันแดดและการเลือกเสื้อผ้าที่มีคุณสมบัติป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต

2.10.1 การป้องกันรังสียูวี (UPF) ของวัสดุสิ่งทอ ขึ้นอยู่กับความหนาของผ้า จำนวนเส้นด้ายยืน และจำนวนเส้นด้ายพุ่งตลอดจนการใช้สารเคมี ค่าของ UPF จะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการป้องกันรังสียูวี โดยวัดจากสัดส่วนระหว่างปริมาณรังสีที่ผิวหนังได้รับเมื่อมีวัสดุป้องกัน และปริมาณที่สัมผัสเมื่อไม่มีวัสดุนั้น โดยปริมาณรังสีที่ได้รับจะถูกกำหนดโดยการสังเกตผลกระทบต่อผิวหนัง เช่น รอยแดงที่เกิดขึ้นที่บริเวณที่มีการป้องกัน โดยทั่วไปค่า UPF จะอยู่ในระดับ 15 ถึง 50 เสื้อผ้ามีค่า UPF สูงถึง 50 จะอนุญาตให้เพียง 1 ใน 50 ของปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่กระทบพื้นผิว เป็นหมายความว่ามันมีความสามารถในการป้องกันรังสีได้ถึง 98 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ AATCC 183) วัสดุสิ่งทอ

สำหรับการป้องกันรังสียูวีไม่เพียงแต่หมายถึงเสื้อผ้าที่สวมใส่ แต่ยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น หมวกแก๊ป รองเท้าผ้าใบ และร่ม เป็นต้น ระดับค่ารังสีที่สัมผัสได้รับการคำนวณจากสเปกตรัมของรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งประกอบด้วย (UV-A ที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 320 ถึง 400 นาโนเมตร และ UV-B ที่มีความยาวคลื่นเริ่มจาก 290 ถึง 320 นาโนเมตร) โดยจะใช้เครื่องมือสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการวัดค่าของรังสีเหล่านี้

2.10.2 การตั้งค่าของ UPF ในเนื้อผ้า (ตามมาตรฐานการทดสอบของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์: AS/NZS 4399) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 15 ถึง 50 ค่า UPF ที่สูงกว่าจะบ่งชี้ถึงความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของวัสดุ นอกจากนี้ หากผ้าผ่านการทดสอบและมีค่า UPF เกิน 50 จะถูกจัดว่าเป็น UPF 50+ ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการป้องกันรังสียูวีในระดับสูง การจำแนกประเภทระดับการป้องกันรังสี UV สามารถแบ่งได้ดังนี้

1) ค่า UPF = 50 (หรือมากกว่า 50+) แสดงถึงการป้องกันรังสียูวีได้ในระดับสูงสุด

2) ค่า UPF = 40-49 แสดงถึงการป้องกันรังสียูวีได้ในระดับยอดเยี่ยม (ป้องกันรังสีได้ร้อยละ 97.5)

3) ค่า UPF = 25-39 แสดงถึงการป้องกันรังสียูวีอยู่ในระดับที่ดีมาก (ปกป้องจากรังสีในร้อยละ 96.0-97.4)

4) ค่า UPF = 15-24 หมายถึง วัสดุสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สัดส่วนรังสีที่ถูกป้องกันอยู่ในระดับระหว่างร้อยละ 93.3-95.9) มีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อระดับการป้องกันรังสี UV (UPF) ในเนื้อผ้า ได้แก่

1) ชนิดของเส้นใยที่เป็นองค์ประกอบของผืนผ้า
2) ความหนาแน่นของโครงสร้างผ้า (ความหนาแน่นยิ่งสูง ทำให้ค่า UPF สูงขึ้น)

3) สีของวัสดุ (ผ้าสีเข้มจะให้ค่า UPF สูงกว่าผ้าสีอ่อน)
4) ความตึงของผืนผ้า (ถ้าผ้าถูกดึงให้มีความตึงสูงขึ้นจะทำให้ค่า UPF ของผ้าลดลง)

5) ความชื้น (ผ้าส่วนใหญ่มีค่า UPF ลดลงเมื่อเปียก)

นอกจากนี้สภาพการใช้งานก็มีผลต่อค่า UPF ของผ้าเช่นกัน แม้ผ้าจะได้รับการเคลือบสารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต แต่เมื่อผ่านการใช้งานในระยะเวลาอันยาวนาน ๆ ทำให้สมบัติในการป้องกันรังสียูวีจะน้อยลงทำให้ค่า UPF ของผ้าลดลงได้

2.11 ทฤษฎีการทดสอบความคงทนของสี [21]

2.11.1 ทฤษฎีการทดสอบความคงทนของวัสดุสิ่งทอในเชิงเคมี

2.11.1.1 มาตรฐานการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง AATCC 61-2013

1) ทฤษฎีในการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง

ตัวอย่าง การทดลองจะต้องได้รับการประเมินในสภาวะที่กำหนดไว้ โดยที่สัดส่วนผงซักฟอก น้ำยาฟอกขาว และการขัดถูจะมีผลต่อความเปลี่ยนแปลงในแบบเดียวกับการซักในสภาวะปกติ 5 รอบ ในความเปลี่ยนแปลงของสีจะเกิดขึ้นในระยะเวลาที่แน่นอนและสั้น ข้อเสนอแนะในการขัดถูคือมาจากการที่ตัวอย่างถูกขัดถูกับภาชนะที่บรรจุ สัดส่วนของเหลวและลูกเหล็กที่ใช้

2) สภาพการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก มาตรฐาน AATCC 61-2013 จะใช้อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส โดยจะมีลูกเหล็กจำนวน 10 ลูก และใช้เวลาในการทดสอบ 45 นาที

3) การตัดชิ้นงานทดสอบและผ้า Multifiber No.10 ทำการขนาดชิ้นงานทดสอบขนาด 5x 10 เซนติเมตร แล้วทำการตัดผ้า Multifiber No.10 ขนาด 5x 5 เซนติเมตร ทำการเย็บริมผ้าทั้ง 4 ด้าน ทั้งชิ้นทดสอบและผ้า Multifiber No.10 นำมาประกบกัน

4) การเตรียมผงซักฟอก ผงซักฟอกที่ใช้ในมาตรฐาน AATCC 61-2013 คือ AATCC Reference Detergent WOB ตามปริมาณที่ต้องการใช้

5) การตรวจสอบชิ้นงานที่แห้งแล้วจะทำการประเมินความต่างของสีที่เกิดขึ้น ใช้ เกรย์สเกลในการวัดค่าความเปลี่ยนแปลงของสีบนชิ้นงาน พร้อมทั้งจะมีการประเมินค่าการติดสีบนผ้า Multifiber หรือผ้าขาว โดยอิงจากเกรย์สเกลเพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงสี

2.11.1.2 มาตรฐานการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง เป็นลักษณะที่ถูกนำมาใช้สำหรับการประเมินค่าความแข็งแรงของสีต่อวัสดุสิ่งทอที่ผ่านการย้อมสีแล้ว โดยทำการตรวจสอบว่ามีการซีดจางบนวัสดุสิ่งทอนั้นมีมากน้อยเพียงใดเมื่อวัสดุ ดังกล่าวโดนแสงในสภาวะเฉพาะ สำหรับความทนทานของสีเมื่อถูกขัด ถือเป็นการทดสอบที่ใช้เพื่อวัดระดับของการเกิดคราบสีบนผ้าขาวที่ต้องถูกขัดกับวัสดุที่มีสีหรือลวดลายที่ได้ผ่านการย้อมมาก่อน การทดสอบทั้งสองประเภทนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการควบคุมคุณภาพบนผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าหรือสิ่งทอ

หลักการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง การประเมินความคงทนของสีที่ได้จากการย้อมนั้น จำเป็นต้องเลือกวิธีทดสอบที่สามารถให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติอย่างมากที่สุด ต้องให้ผลการทดสอบที่มีความเป็นมาตรฐาน ที่ใช้สำหรับการประเมินความทนทานสีต่อแสง ได้แก่ AATCC 16E, ISO 105:B02, BS EN 20105:B02, CAN/CSB4.2 No.18.3, DIN 54004, JIS L 0843 ซึ่งมาตรฐานแต่ละรายการจะมีวิธีการทดสอบที่แตกต่างกันเล็กน้อย โดยมี มาตรฐานเฉพาะ

ของ ISO 105: B02-2014 ในการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงนั้น ปกติจะเกี่ยวข้องกับการนำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบไปวางใต้แสงร่วมกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงิน (blue wool reference) ตั้งแต่ 1 ถึง 8 ภายใต้เงื่อนไขเฉพาะเพื่อให้เกิดการจาง หลังจากนั้นจะมีการเปรียบเทียบความทึบที่ เกิดขึ้นของสีจากตัวอย่างทดสอบกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงิน เพื่อกำหนดระดับคุณภาพของความทึบ ทนทานต่อแสงจากการเปรียบเทียบที่ได้รับ สำหรับสีอยู่บนวัสดุสิ่งทอนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะมีค่าความ ทนทานต่อแสงตามหลักการ ISO ทั้งหมด 8 ระดับ ดังนี้

1 ระดับต่ำมาก (very poor)	5 ระดับดี (good)
2 ระดับต่ำ (poor)	6 ระดับดีมาก (very good)
3 ระดับพอใช้ (moderate)	7 ระดับดีเยี่ยม (excellent)
4 ระดับดีพอใช้ (fairly good)	8 ระดับดีเลิศ (outstanding)

2.11.1.3 มาตรฐานการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตรฐาน AATCC 2016 ชิ้นงานจะถูกตัดออกมาจากผืนผ้าในลักษณะเอียง 45 องศากับแนวผ้า และจะถูก นำมาขัดถูกับผ้าขาวที่แห้งและผ้าขาวที่เปียก ชิ้นงานหลังจากที่ผ่านการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะมี การนำไปประเมินผลด้วยเกรย์สเกลสำหรับประเมินระดับการซีดจางสีด้วยการใช้เกรย์สเกล (grey scale for color staining)

2.11.1.4 มาตรฐานการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (Colorfastness to water) AATCC TEST METHOD 107-2002

1) หลักการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ ในการทดสอบนี้จะใช้ชิ้นทดสอบ ที่ติดกับ Multifiber และแช่ไว้ในน้ำภายใต้สภาวะอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นจะใช้แผ่น พลาสติกในการปิดชิ้นทดสอบภายใต้ความดัน อุณหภูมิ และเวลาที่ได้รับการกำหนด ก่อนที่จะนำไป ประเมินการเปลี่ยนแปลงของสีและการดูดซับสีของ Multifiber

2) สภาวะการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ ทดสอบที่ สภาวะอุณหภูมิ 38 ±1 องศาเซลเซียส
องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาทดสอบนาน 18 ชั่วโมง

2.11.1.5 มาตรฐานการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (Colorfastness to perspiration) AATCC TEST METHOD 15-2002

1) หลักการในการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ ชิ้นทดลองจะถูก เย็บเข้ากับผ้าอีกชนิดหนึ่ง และถูกแช่ในสารละลายเหงื่อเทียม จากนั้นจะเข้าสู่สภาวะความดันอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นทำการตากให้แห้ง แล้วนำชิ้นทดสอบไปปรับสภาวะก่อนที่จะทำ

การประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในขั้นตอนทดสอบพร้อมทั้งค่าการถ่ายโอนสีจากขั้นตอนทดสอบไปยังผ้าที่เย็บติดกันโดยใช้ (grey scale) เกรย์สเกล

2) สภาพการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ จะต้องทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 38 +1 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 6 ชั่วโมง

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภาพ ฐัการ [22] การศึกษาความสามารถในการย้อมไหมด้วยใบกล้วยจะมีจุดมุ่งหมายในการใช้สารช่วยติดย้อมหลังการทำการย้อมสี โดยจะมีสารช่วยติดทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ กรดน้ำส้ม, สนิมเหล็ก, ชี้เถ้า และสารส้ม ซึ่งจะถูกทดลองในระดับความเข้มข้นที่ 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ระยะเวลาในการย้อมจะถูกตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสและใช้เวลา 30 นาที ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าประเภทของสารช่วยติดส่งผลกระทบต่อค่าสีอย่างชัดเจน แต่ความเข้มข้นไม่มีผลต่อค่าสีนั้น ผลการทดสอบความทนทานของสีเมื่อเสื้อผ้าถูกซักพบว่าชี้เถ้าทำให้สีที่ได้มีความทนทานต่อการซักได้ดีที่สุด โดยที่การใช้สนิมเหล็กนั้นมีความทนทานต่อแสงมากที่สุด และการใช้กรดน้ำส้มในฐานะสารช่วยติดแสดงให้เห็นถึงความทนทานต่อการขัดถูที่ดีที่สุด

ชัยวัฒน์ แก้วคล้ายจรศิริ และประทับใจ สิกขา [23] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการย้อมผ้าด้วยสีคราม โดยใช้ยางกล้วยน้ำว่าดิบเป็นตัวช่วยในการย้อมสี การวิเคราะห์คุณภาพของการย้อมสีครามผ่านเครื่องมือ Hunter Lab พบว่าผ้าที่ถูกย้อมด้วยยางกล้วยน้ำว่าดิบก่อน, ระหว่าง, และหลังจากการย้อมด้วยสีครามมีค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้ ค่าสี C= -20.42, 17.56, 22.03 ค่าความสว่าง L= 35.65, 27.05, 49.53 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผ้าที่ย้อมสีครามก่อนการใช้ยางกล้วยน้ำว่าดิบมีการย้อมติดของสีครามดีที่สุด ถัดมาคือการย้อมด้วยยางกล้วยก่อน และการย้อมพร้อมกันกับสีคราม สรุปได้ว่าการใช้ยางกล้วยน้ำว่าดิบในการย้อมก่อนหลังจากย้อมสีครามจะทำให้การย้อมติดของสีครามในผ้าฝ้ายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังสามารถลดจำนวนการย้อมได้ รวมทั้งมีความทนทานต่อแสงแดดและการซักที่ดีกว่าการย้อมในรูปแบบเดิม ๆ

รังสรรค์ จรอนันต์ [24] ได้ดำเนินการทดลองเกี่ยวกับการย้อมผ้าไหมด้วยสีย้อมจากแหล่งธรรมชาติที่ได้จากเปลือกกล้วยน้ำว่า ผลการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสีย้อมคือการใช้เปลือกกล้วยน้ำว่าผสมกับน้ำในอัตรา 1:3 ระยะเวลาสำหรับการสกัดควรอยู่ที่ 60 นาที อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมผ้าไหมคือ 90 องศาเซลเซียส และการย้อมควรใช้เวลา 60 นาที การใช้สารช่วยย้อมติดด้วยการใช้สารส้มในอัตราความเข้มข้น 6% สามารถให้ผลดีที่สุด โดยใช้จุนสีเป็นสารช่วยติดก่อนการย้อมในความเข้มข้น 4% ขณะเดียวกันก็สามารถใช้จุนสีในการย้อมติดระหว่างหรือหลังการย้อมที่ความเข้มข้น 2% และสารเหล็กในความเข้มข้น 2% สามารถใช้ได้ทั้งก่อนและหลังการย้อม

ในขณะที่ใช้ความเข้มข้น 4% สามารถใช้ได้ในช่วงการย้อม ผลการทดสอบความทนทานของสีกระตุ้นให้เห็นว่าการใช้สารส้มทำให้สีมีความทนทานต่อการซักที่ระดับดีถึงดีมาก การใช้สารส้มหลังการย้อมมีความทนทานต่อแสงในระดับดี และการใช้สารช่วยติดทั้งสามประเภทในทุกสภาพแวดล้อมทำให้สีมีความทนทานต่อการขัดถูอยู่ในระดับดีถึงดีมาก

ดรุณี สมมุติ [25] การศึกษาการใช้สีจากเปลือกของต้นประดู่สำหรับการย้อมผ้าไหมอริ้เพื่อต้านทานแสงยูวีกำหนดว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมคืออุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยรักษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า pH 3 และอัตราส่วนผ้าต่อน้ำย้อมสีที่ 1:60 พร้อมกับสารช่วยย้อมติดที่มีความเข้มข้นของสนิมเหล็กร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักผ้า หลังจากการย้อมพบว่าความเข้มของสีนั้นมีอัตราการเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่มากขึ้นของสารละลาย ความสามารถในการป้องกันรังสี UV อยู่ในระดับที่ยอดเยี่ยม ขณะเดียวกัน ความคงทนของสีนั้นต่อน้ำรีดอยู่ในระดับต่ำ ขณะที่ความต้านทานต่อน้ำเหงื่อและแสงจัดอยู่ในระดับกลาง นอกจากนี้ยังได้พบว่า ความทนทานต่อการขัดถูและการเกิดรอยมีระดับตั้งแต่กลางถึงดี โดยที่ในสภาพเปียกการเกิดรอยปรับปรุงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแห้ง และยังมีการสร้างต้นแบบหมวกแฟชั่นที่มีความสามารถในการป้องกันรังสี UV ได้

อ้อยทิพย์ ผู้พัฒน์ [26] ได้มีการวิจัยเกี่ยวกับวัสดุสิ่งทอและการป้องกันรังสี UV โดยการใช้สีครามจากแหล่งธรรมชาติในการย้อมผ้าฝ้าย จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กรณีศึกษาเกี่ยวกับการย้อมคราม มีเป้าหมายในการสำรวจคุณสมบัติทางกายภาพในผ้าฝ้าย 100% เมื่อถูกย้อมด้วยสีครามธรรมชาติ ซึ่งต้องการวิเคราะห์ว่าผ้าเหล่านี้มีคุณสมบัติในการป้องกันรังสียูวี อย่างไร โดยนำผ้าฝ้ายที่ถักทอทั้งในรูปแบบก่อนการย้อม (สีขาว) และหลังการใช้สีครามจากธรรมชาติ จำนวน 4 แหล่งที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาในประเด็นนี้ การทดสอบทางกายภาพรวมถึงการตรวจสอบขนาดของด้ายในพื้นที่หนึ่งตารางนิ้ว และความหนาของผ้า ทั้งก่อนย้อมและหลังการย้อมรวมถึงหลังจากผ่านการซัก จากการศึกษา เผยให้เห็นว่าผ้าฝ้ายถูกย้อมคราม มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพที่ตรวจสอบ ผ้าที่ถูกทดสอบมีลักษณะการทอเป็นผืนผ้าแบบพื้นฐาน (simple plain weave) จากทุกแหล่งที่เลือกใช้ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการปกป้องรังสียูวี บนผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมคราม ทราบว่าบนผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ย้อมสี (สีขาว) ทั้งก่อนและหลังซักจากทุกที่ในการศึกษา ไม่มีความสามารถในการปกป้องรังสียูวีได้ เมื่อผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามธรรมชาติมีการทดสอบเพื่อประเมินความสามารถในการป้องกันรังสียูวี ทราบว่าบนผ้าฝ้ายที่ย้อมจากแหล่งต่างๆ สามารถในการกันรังสียูวี โดยแสดงผลการป้องกันที่แตกต่างกัน ดีถึงดีมาก และดีเยี่ยม นอกจากนี้ ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่ามีคุณสมบัติในการปกป้องรังสียูวี ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม สูงขึ้นจากการทดสอบหลังการซัก

เบนลี และ บาติยารี [27] ศึกษาคุณสมบัติในการกันรังสียูวี ในผ้าที่เป็นขนสัตว์ที่ใช้สีย้อมจากบัคธอร์น ในการทดลองครั้งนี้ ผ้าขนสัตว์ถูกย้อมด้วยวัสดุในธรรมชาติที่มีต้นกำเนิดจากพืช (บัคธอร์น) ซึ่งทำให้ผ้าที่ถูกย้อมสีมีคุณสมบัติในการปกป้องผิวจากรังสียูวีที่ไม่ปลอดภัย ด้วยเหตุนี้แนวทางนี้จึงถือเป็นตัวอย่างที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลลัพธ์ที่ได้รับนั้นน่าพอใจในด้านความทนทานของสี ความสามารถในการกันรังสียูวีได้ และกระบวนการย้อมโดยไม่จำเป็นต้องใช้เกลือโลหะ อย่างไรก็ตาม เกลือโลหะมีความสำคัญในเรื่องการกันรังสีอันตรายและความทนทานต่อแสงเช่นกัน เมื่อใช้เกลือโลหะที่แตกต่างกันเป็นสารช่วยติดในการย้อม พบว่าถึงแม้จะใช้สีย้อมจากแหล่งธรรมชาติเดียวกัน ก็ยังส่งผลให้เกิดความแตกต่างในโทนสี ความทนทานของสี และอัตราการส่งผ่านรังสียูวี ข้อแตกต่างนี้ถูกเชื่อมโยงกับการเกิดโครงสร้างที่มีความซับซ้อน ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของไอออนโลหะและโมเลกุลของสีย้อม เมื่อไอออนเหล่านี้รวมกับโครงสร้างเคมีที่เรียกว่า เควอซิดินในบัคธอร์น จะส่งผลให้คุณสมบัติในการกันรังสียูวีมีค่าการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ใบบัคธอร์นจึงสามารถทำหน้าที่ในการกันรังสียูวีที่มีความอันตรายที่เกิดจากดวงอาทิตย์ได้

รสริน ตานานธรา [28] ศึกษาเกี่ยวกับนวัตกรรมในผ้าทอที่สามารถป้องกันรังสียูวี โดยการรวมเส้นใยจากกล้วยเข้ากับเส้นใยจากเกล็ดปลาทะเล ผู้วิจัยกำหนดให้เส้นด้ายแนวตั้งใช้เส้นใยฟิลาเจน ขณะที่เส้นด้ายแนวนอนจะใช้เส้นใยกล้วยที่ผสมกับฟิลาเจน จากนั้นได้ทำการทดลองทอโดยใช้กี่ทอมือที่มี 4 ตะกอ พร้อมเลือกพื้นผิวเบอร์ 24/1 ในการร้อยเส้นด้ายแนวตั้งทั้งสามรูปแบบ พบว่า รูปแบบการร้อยเส้นด้ายแนวตั้งสร้างผ้าที่มีความหนาอยู่ในเกณฑ์พอเหมาะ ไม่หนาหรือบางจนเกินไป ผ้าทอมีน้ำหนักเบาและแน่นพอที่จะป้องกันแสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดสอบ UPF อธิบายได้ว่าผ้าทอนี้มีคุณสมบัติ การป้องกันแสงแดดที่ได้ผล โดยมีค่า UPF (ultraviolet protection factor) อยู่ที่ 25-30 ซึ่งถือว่ามึระดับการป้องกันรังสี UV ที่ดีมาก สามารถป้องกันได้ถึง 96.0-97.4 ร้อยละ จากการนำผ้าทอนั้นไปใช้กับการออกแบบชุดแฟชั่น โดยดึงเอาความคิดของการผสมผสานระหว่างเส้นใยฟิลาเจนจากเกล็ดปลาทะเลกับเส้นใยกล้วย เป็นแนวทางในการสร้างแบบต้นแบบสำหรับสิ่งทอแฟชั่น โดยจะนำรูปทรงของปะการังและสิ่งมีชีวิตในทะเลรวมถึงเทคนิคการพับใบตองมาต่อยอดในการออกแบบชุดเพื่อให้ชุดมีสีสันและลวดลายที่น่าสนใจ

รัตนพล มงคลรัตนาสีธิ และคณะ [29] การศึกษาในเรื่องการใช้สีธรรมชาติในการย้อมผ้าไหมครั้งนี้ได้เน้นที่สีที่ได้จากครั่งและเปลือกมะพูด ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผ้าไหมที่ไม่ได้ผ่านการย้อมมีค่าระดับป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต อยู่ที่ 4.4 ซึ่งถือว่าความสามารถในการกันรังสียูวียังต่ำมาก แต่เมื่อผ้าไหมดังกล่าวถูกนำไปย้อมด้วยสีจากธรรมชาติ ทราบว่าผ้าไหมมีความสามารถในการกันรังสียูวีได้ดีในระดับที่แตกต่างออกไป แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นสารมอร์แดนต์และประเภทของสีธรรมชาติที่ใช้ การนำสีจากธรรมชาติที่ศึกษา ได้แก่ ครั่งและเปลือกมะพูด ทำได้โดยการ

สกัดสีจากธรรมชาติแล้วทำให้กลายเป็นผงด้วยวิธีการบดให้ผงแห้ง (spray dry) หลังจากนั้นนำไปย้อมผ้าไหมในความเข้มข้นที่หลากหลาย พร้อมทั้งใส่สารมอร์แดนต์ก่อนย้อม โดยวิธีการย้อมและทำมอร์แดนต์ที่ใช้การจุ่มแล้วอบแห้ง โดยการบีบอัดที่ระดับ 80% และอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นล้างเพื่อกำจัดสีที่เหลือและตากจนแห้ง เมื่อนำผ้าที่ถูกย้อมด้วยสีธรรมชาติทั้งสองชนิดไปทดสอบในเรื่องการป้องกันรังสียูวีและค่าความเข้มของสี (K/S) พบว่าผ้าไหมที่ไม่ได้รับการย้อมไม่มีความสามารถในการป้องกันรังสียูวี และจะเห็นได้ว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั้งให้ค่าการป้องกันที่สูงมาก และเมื่อใช้สารมอร์แดนต์ก่อนการย้อมก็พบว่าการป้องกันรังสียูวีอยู่ในระดับเยี่ยม ขณะที่ผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมะปูดก็มีค่าป้องกันยูวีในระดับที่ดี และเมื่อใช้สารมอร์แดนต์ก่อนการย้อมก็พบว่าอยู่ในระดับที่ดีเยี่ยม ยกเว้นในกรณีที่ใช้สแตนเนสโคลไรด์ซึ่งมีค่าการป้องกันอยู่ที่ระดับดีมาก นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์จะส่งผลให้ค่าความเข้มของสี (K/S) สูงขึ้นตามไปด้วย

อัญชลี จันทรปรีชาชัย และวิภาพรรณ จันทรปรีชาชัย [30] มีการทำวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของสีย้อมธรรมชาติที่ได้จากต้นฝาง, แก่นขนุน และขี้เหล็ก โดยใช้มอร์แดนต์ในกระบวนการ ซึ่งรวมทั้งการทำมอร์แดนต์ก่อนและหลังการย้อม และการใช้สูตรมอร์แดนต์อื่น ๆ ส่งผลแตกต่างกันในแง่สี ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผ้าที่ใช้สีจากธรรมชาติทั้งสามชนิดมีความทนทานต่อการซักด้า และการมอร์แดนต์หลังย้อมนั้นทำให้ความคงทนของสีดีขึ้น โดยที่สารมอร์แดนต์ที่ให้ผลในการป้องกันรังสียูวีรวมทั้งความทนทานต่อการซัก ในผ้าฝายจากฝางคือโพแทสเซียมไดโครเมต 7 % และสำหรับแก่นขนุนคือสารส้ม 7 % ส่วนขี้เหล็กเป็นคอปเปอร์ซัลเฟต 5 % ในกรณีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยฝางจะใช้โพแทสเซียมไดโครเมต 7 % สำหรับแก่นขนุน, สารส้ม 7 % และคอปเปอร์ซัลเฟต 5 % สำหรับขี้เหล็ก การมอร์แดนต์หลังการย้อมพบว่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของผ้าฝายและผ้าไหมเพิ่มขึ้นเมื่อสีเข้มขึ้น เมื่อวิเคราะห์เฉดสี 3 ชนิด พบว่าผ้าที่ใช้ขี้เหล็กมีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตสูงสุดและการป้องกันรังสียูวีจะน้อยลงเมื่อตรวจสอบจากการซักหลายรอบทั้งในผ้าฝายและผ้าไหมในขั้นตอนก่อนและหลังการย้อม สำหรับผ้าฝายจากฝาง พบว่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะอยู่ในระดับที่โดดเด่นขณะซักหลายรอบ และผ้าไหมที่ย้อมด้วยขี้เหล็กจะมีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มากเมื่อจำนวนรอบการซักสูงขึ้น ผลกระทบจากการทดสอบเกี่ยวกับการดิ่งขาดในช่วงเวลาที่ผ้าสัมผัสรังสีอัลตราไวโอเล็ตแสดงให้เห็นว่าถ้ามีเวลานานขึ้น ความแข็งแรงการดิ่งขาดของผ้าฝายและผ้าไหมจะลดลงอย่างชัดเจนทั้งในช่วงก่อนและหลังการย้อม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

3.1.1 ผ้าไนลอนสีขาว โครงสร้างผ้าถัก (knitted fabric) น้ำหนักผ้า 169.14 กรัมต่อตารางเมตร และมีความหนาของผ้าอยู่ที่ 0.32 มิลลิเมตร

3.1.2 เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า รวบรวมมาจาก จังหวัดนครปฐม

3.1.3 เครื่องบดสมุนไพรความเร็วรอบสูง

3.1.4 เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

3.1.5 ตู้อบ (oven)

3.1.6 เครื่องย้อมสีชนิดให้ความร้อนแบบอินฟราเรด (STARLET DL-6000 (Starlet-3) ประเทศเกาหลีใต้)

3.1.7 เครื่องชั่งสาร 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo)

3.1.8 เครื่องทดสอบการป้องกันรังสียูวี (MSSO Double Beam Scanning UV / Visible Spectrophotometer)

3.1.9 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น HALO DB-20 UV-VIS Double Beam Spectrophotometer) สำหรับรายงานค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (absorbance)

3.1.10 เครื่องมือทดสอบความคงทนสีต่อแสง (light fastness tester)

3.1.11 เครื่องมือทดสอบความคงทนต่อการขัดถู Crock master Jame H. Heal & Co. Ltd.England

3.1.12 เครื่องมือทดสอบความคงทนสีต่อการซัก (Glyro wash)

3.1.13 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Colour XE, Hunter Lab. สำหรับวัดค่าของสี

3.1.14 ตู้เทียบสี (light cabinet)

3.1.15 โถดูดความชื้น (desiccator)

3.1.16 สารส้ม (potassium aluminum sulphate or alum ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียลจำกัด

3.1.17 สนิมเหล็ก (ferrous sulphate; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) บริษัท สตาร์ เทคเคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

3.1.18 จุนสี (copper sulphate, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) บริษัท เอส.พี. เอส.แล็บ จำกัด

3.1.19 สแตนนัส คลอไรด์ (stannous chloride; $\text{SnCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) บริษัท เอส.พี. เอส.แอลบี จำกัด

3.1.20 กรดส้ม (acetic acid; CH_3COOH) บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

3.1.21 โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate; NaCO_3) บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

3.1.22 สบู่เทียม บริษัท สตาร์ เทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด

3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้าประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ประกอบด้วย การสกัดสีจากเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้า การหาค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสี การวิเคราะห์ผลกระทบของสารมอร์แดนต์ต่อการย้อมสี การทดสอบความคงทนของสี และการทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันรังสียูวีบนผ้าไนลอน 6 ที่ได้รับการย้อมด้วยสีจากเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้า ขั้นตอนในการศึกษาวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การสกัดสารละลายสีจากเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้า

ขั้นตอนการสกัดน้ำสีเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้ามีขั้นตอนดังนี้

3.2.1.1 แกะเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้าออกจากหัวปลี (ดังภาพที่ 3.1)

3.2.1.2 นำเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้ามาทำความสะอาดด้วยน้ำธรรมดาแล้วตากให้แห้ง

3.2.1.3 ทำการหั่นเปลือกปลิกกล้วยให้เป็นชิ้นเล็ก

3.2.1.4 ชั่งเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้าและนำมาคำนวณหาอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ (L:R)

เท่ากับ 1:5 (เปลือกปลิกกล้วยน้ำว้า 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร

3.2.1.5 ต้มเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้าให้เดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ดังภาพที่ 3.2)

3.2.1.6 กรองเอาเศษเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้าออกโดยใช้ผ้าสกีนเบอร์ 150 T ซึ่งจะได้สารละลายน้ำสีดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.1 เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า



ภาพที่ 3.2 การสกัดสีเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างสารละลายน้ำสีจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

3.2.2 การหาค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อม

ขั้นตอนการหาค่าการดูดกลืนแสงสารละลายสีย้อมมีดังนี้

3.2.2.1 นำสารละลายสีที่สกัดได้จากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้ามากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 และนำสารละลายสีย้อมมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้งสนิทแล้วนำไปใส่โถดูดความชื้น

3.2.2.2 ทำการบดตะกอนจากสารละลายน้ำสีที่อบจนแห้งให้เป็นผงสี โดยใช้เครื่องบดสมุนไพรความเร็วรอบสูง

3.2.2.3 ทำการเตรียมสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร โดยการชั่งผงสี 5 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

3.2.2.4 นำสารละลายสีย้อมที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) สูงสุด ($\lambda_{\max}$) โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.2.2.5 ทำการบันทึกค่าความยาวคลื่นแสงในหน่วยนาโนเมตร ณ จุดที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด

3.2.3 การหาความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่สกัดได้

ขั้นตอนการหาความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกล้วยที่สกัดได้มีดังนี้

3.2.3.1 เตรียมสารละลายสีย้อมทั้งหมด 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.2 กรัมต่อลิตร โดยนำผงสีมาทำการชั่งและละลายในน้ำกลั่น

3.2.3.2 นำสารละลายสีย้อมทั้ง 6 ความเข้มข้นมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ณ ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{\max}$)

3.2.3.3 บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมทั้ง 6 ความเข้มข้นและนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน

3.2.3.4 นำน้ำสีที่สกัดจากเปลือกปลีกล้วยที่ไม่ทราบค่าปริมาณความเข้มข้นมาวัดค่าการดูดกลืนแสงเช่นเดียวกัน โดยเปิดสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกล้วยที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้นและผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 มา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร (โดยทำการเจือจาง 200 เท่า)

3.2.3.5 ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมสีที่สกัดได้จากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าเพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายสีย้อมที่สกัดได้ ณ ช่วงที่ความยาวคลื่นแสงมีการดูดกลืนแสงสูงสุด โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.2.3.6 เมื่อทราบค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำมาเทียบกับกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน หรือคำนวณจากสมการเชิงเส้นทั่วไปของกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน คือ $Y = aX + b$

โดยที่

a คือค่าคงตัวที่แสดงความชันหรือเกรเดียนต์ของเส้นตรง

b แสดงจุดที่เส้นตรงนี้ตัดแกน Y

X เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม (กรัมต่อลิตร)

Y แสดงถึงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อม (absorbance)

3.2.4 การเตรียมผ้าไนลอน 6

3.2.4.1 นำผ้าไนลอนมาต้มทำความสะอาดโดยใช้น้ำสบู่ 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดและนำไปอบให้แห้ง

3.2.4.2 ตัดผ้าไนลอนขนาด 7×10 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 1 กรัม

3.2.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

3.2.5.1 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้ามีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

- 1) เตรียมสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 50 % o.w.f
- 2) นำผ้าไนลอน 6 มาทำการย้อมสีที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันดังนี้ 30, 40, 50, 60, 70, 80, และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการย้อมคงที่ 60 นาที และใช้อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อมเป็น 1:100 (รายละเอียดดังตารางที่ 3.1) นำมาย้อมด้วยเครื่องย้อมสีอินฟาเรด
- 3) นำผ้าไนลอน 6 ที่ผ่านการย้อมสี มาทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยน้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีแล้วทำการซักล้างด้วยน้ำสะอาด
- 4) นำผ้ามาทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก
- 5) นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาวัดค่าความเข้มสี (K/S) และ ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 6) ทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.1 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม (% o.w.f)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)
50	30	60
50	40	60
50	50	60
50	60	60
50	70	60
50	80	60
50	90	60

3.2.5.2 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ขั้นตอนการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้ามีรายละเอียดดังนี้

- 1) เตรียมสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้น 50 % o.w.f
- 2) นำผ้าไนลอน 6 มาทำการย้อมสีที่เวลาแตกต่างกันดังนี้ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาทีโดยใช้อุณหภูมิในการย้อม 60 องศาเซลเซียส (รายละเอียดดังตารางที่ 3.2) และใช้อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม เป็น 1:100 นำมาย้อมด้วยเครื่องย้อมสีอินฟาเรด
- 3) นำผ้าไนลอน 6 ที่ผ่านการย้อมสี มาทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยน้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วซักล้างด้วยน้ำสะอาด
- 4) นำผ้ามาทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก
- 5) นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาวัดค่าความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 6) ทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม (% o.w.f.)	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)
50	90	10
50	90	20
50	90	30
50	90	40
50	90	50
50	90	60

3.2.5.3 การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

- 1) เตรียมสีย้อมที่ความเข้มข้น 50% o.w.f
- 2) ปรับสภาวะสารละลายสีย้อมให้มีค่า pH ที่แตกต่างกันดังนี้ 3, 5, 7, 9, 11 และไม่ปรับ pH (รายละเอียดดังตารางที่ 3.3) โดยใช้กรดอะซิติกในการปรับค่า pH ให้มีค่าเป็นกรด และใช้โซเดียมคาร์บอเนตเพื่อปรับค่า pH ให้มีค่าเป็นด่าง
- 3) นำผ้าไนลอน 6 มาย้อมสีที่ใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และใช้อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อมเป็น 1:100 และนำมาย้อมด้วยเครื่องย้อมสีอินฟาเรด
- 4) นำผ้าไนลอน 6 ที่ผ่านการย้อมสี มาทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยน้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีแล้วทำการซักล้างด้วยน้ำสะอาด
- 5) นำผ้ามาทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก
- 6) นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาวัดค่าความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 7) ทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.3 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้น ของสารละลายสีย้อม (% o.w.f.)	ค่า pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)
50	3	90	60
50	5	90	60
50	7	90	60
50	9	90	60
50	11	90	60
50	ไม่ปรับ pH	90	60

3.2.5.4 การศึกษาอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม (L:R) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 1) เตรียมสารละลายสีย้อมโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1:20, 1:40, 1:60, 1:80 และ 1:100 (รายละเอียดดังตารางที่ 3.4)
- 2) นำผ้าไนลอน 6 มาย้อมสีโดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ค่า pH 3 นำมาย้อมด้วยเครื่องย้อมสีอินฟราเรด
- 3) นำผ้าไนลอน 6 ที่ผ่านการย้อมสีมาทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยน้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีแล้วทำการซักล้างด้วยน้ำสะอาด
- 4) นำผ้ามาทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก
- 5) นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาวัดค่าความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 6) ทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.4 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม (L:R) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม (% o.w.f.)	ค่า pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม
50	3	90	60	1:20
50	3	90	60	1:40
50	3	90	60	1:60
50	3	90	60	1:80
50	3	90	60	1:100

3.2.5.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม ที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ขั้นตอนการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม (% o.w.f) ต่อการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า มีรายละเอียดดังนี้

- 1) เตรียมสารละลายสีย้อมที่มีความเข้มข้นต่างกัน ดังนี้ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80% o.w.f (รายละเอียดดังตารางที่ 3.5)
- 2) นำผ้ามาย้อมสีโดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ค่า pH 3 ค่าอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม 1:100 นำมาย้อมด้วยเครื่องย้อมสีอินฟาเรด
- 3) นำผ้าไนลอน 6 ที่ผ่านการย้อมสี มาทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยน้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีแล้วทำการซักล้างด้วยน้ำสะอาด
- 4) นำผ้ามาทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก
- 5) นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาวัดค่าความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 6) ทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.5 สภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกัน
สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้น ของสารละลายสี ย้อม (% o.w.f.)	ค่า pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทีก)	อัตราส่วนวัสดุต่อ สารละลายสีย้อม
10	3	90	60	1:100
20	3	90	60	1:100
30	3	90	60	1:100
40	3	90	60	1:100
50	3	90	60	1:100
60	3	90	60	1:100
70	3	90	60	1:100
80	3	90	60	1:100

3.2.6 การศึกษาผลการทำมอร์แดนท์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ขั้นตอนการศึกษผลการทำมอร์แดนท์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันและใช้ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์คงที่มีรายละเอียดดังนี้

3.2.6.1 เตรียมสีย้อมที่มีความเข้มข้นต่างกัันดังนี้ 5, 10, 30 และ 50% o.w.f. (รายละเอียดดังตารางที่ 3.6)

3.2.6.2 เตรียมสารมอร์แดนท์ได้แก่ สารส้ม จุนสี สแตนเนสคโลไรด์ และ สนิมเหล็ก โดยใช้ความเข้มข้น 10% o.w.f. (รายละเอียดดังตารางที่ 3.6)

3.2.6.3 ทำการมอร์แดนท์ของการย้อมสี 3 แบบดังนี้ ได้แก่ การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) การทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting หรือ simultaneous mordanting) และการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting) รายละเอียดและขั้นตอนการทำมอร์แดนท์และการย้อมสีมีดังนี้

1) การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (รายละเอียดดังตารางที่ 3.6)
ดำเนินการนำผ้าไปแช่สารละลายมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปย้อมสีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 3 และอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม 1:100

2) การทำมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสี (รายละเอียดดังตารางที่ 3.7) โดยใส่สารมอร์แดนต์ลงในสารละลายสีย้อมแล้วดำเนินการย้อมพร้อมกับผ้าไนลอน 6 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 3 และอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม 1:100

3) การทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (รายละเอียดดังตารางที่ 3.8) โดยนำผ้าไนลอน 6 ไปทำการย้อมสีที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 3 และอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม 1:100 แล้วนำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาทำมอร์แดนต์โดยการแช่ลงในสารละลายมอร์แดนต์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

3.2.6.4 นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยน้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วซักล้างด้วยน้ำสะอาด

3.2.6.5 นำผ้ามาทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก

3.2.6.6 นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาวัดค่าความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.2.6.7 ทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.6 สภาวะการทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f)	ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์			
	สารส้ม ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$) (% o.w.f)	จุนสี (CuSO_4) (% o.w.f)	สนิมเหล็ก (FeSO_4) (% o.w.f)	สแตนนัสคลอไรด์ (SnCl_2) (% o.w.f)
5	-	-	-	-
5	10	-	-	-
5	-	10	-	-
5	-	-	10	-
5	-	-	-	10
10	-	-	-	-
10	10	-	-	-
10	-	10	-	-
10	-	-	10	-
10	-	-	-	10
30	-	-	-	-
30	10	-	-	-
30	-	10	-	-
30	-	-	10	-
30	-	-	-	10
50	-	-	-	-
50	10	-	-	-
50	-	10	-	-
50	-	-	10	-
50	-	-	-	10

ตารางที่ 3.7 สภาวะการทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f)	ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนท์			
	สารส้ม ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$) (% o.w.f)	จุนสี (CuSO_4) (% o.w.f)	สนิมเหล็ก (FeSO_4) (% o.w.f)	สแตนนัสคลอไรด์ (SnCl_2) (% o.w.f)
5	-	-	-	-
5	10	-	-	-
5	-	10	-	-
5	-	-	10	-
5	-	-	-	10
10	-	-	-	-
10	10	-	-	-
10	-	10	-	-
10	-	-	10	-
10	-	-	-	10
30	-	-	-	-
30	10	-	-	-
30	-	10	-	-
30	-	-	10	-
30	-	-	-	10
50	-	-	-	-
50	10	-	-	-
50	-	10	-	-
50	-	-	10	-
50	-	-	-	10

ตารางที่ 3.8 สภาวะการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้นของ สารละลาย สีย้อม (% o.w.f)	ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์			
	สารส้ม ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) (% o.w.f)	จุนสี (CuSO_4) (% o.w.f)	สนิมเหล็ก (FeSO_4) (% o.w.f)	สแตนนัสคลอไรด์ (SnCl_2) (% o.w.f)
5	-	-	-	-
5	10	-	-	-
5	-	10	-	-
5	-	-	10	-
5	-	-	-	10
10	-	-	-	-
10	10	-	-	-
10	-	10	-	-
10	-	-	10	-
10	-	-	-	10
30	-	-	-	-
30	10	-	-	-
30	-	10	-	-
30	-	-	10	-
30	-	-	-	10
50	-	-	-	-
50	10	-	-	-
50	-	10	-	-
50	-	-	10	-
50	-	-	-	10

3.2.7 การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้ามีรายละเอียดดังนี้

3.2.7.1 เตรียมสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้น 50% o.w.f.

3.2.7.2 เตรียมสารละลายมอร์แดนท์ ได้แก่ สารส้ม จุนสี สนิมเหล็ก และสแตนนัส คลอไรด์โดยใช้ความเข้มข้นที่ต่างกันดังนี้ 1, 5, 10 และ 20% o.w.f (รายละเอียดดังตารางที่ 3.9-3.11)

3.2.7.3 ทำการมอร์แดนท์และย้อมสี 3 แบบ ได้แก่ การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) การทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting หรือ simultaneous mordanting) และการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting) รายละเอียดและขั้นตอนการทำมอร์แดนท์และการย้อมสีมีดังนี้

1) การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (รายละเอียดดังตารางที่ 3.9) ดำเนินการนำผ้าไนลอน 6 ไปแช่สารละลายมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปย้อมสีที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 3 และอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม 1:100

2) การทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (รายละเอียดดังตารางที่ 3.10) โดยใส่สารมอร์แดนท์ลงในสารละลายสีย้อมแล้วดำเนินการย้อมพร้อมกับผ้าไนลอน 6 แล้วนำไปย้อมสีที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 3 และอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม 1:100

3) การทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (รายละเอียดดังตารางที่ 3.11) โดยนำผ้าไนลอน 6 ไปทำการย้อมสีที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 3 และอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม 1:100 จากนั้นนำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาทำมอร์แดนท์โดยการแช่ลงในสารละลายมอร์แดนท์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

3.2.7.4 นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาทำการซักล้างเพื่อกำจัดสีส่วนเกินด้วยน้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที แล้วซักล้างด้วยน้ำสะอาด

3.2.7.5 นำผ้ามาทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก

3.2.7.6 นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีมาวัดค่าความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.2.7.7 ทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.9 สภาวะการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอน 6 ด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าโดยการทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting)

ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f)	ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์			
	สารส้ม ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) (% o.w.f)	จุนสี (CuSO_4) (% o.w.f)	สนิมเหล็ก (FeSO_4) (% o.w.f)	สแตนนัสคลอไรด์ (SnCl_2) (% o.w.f)
50	1	-	-	-
	-	1	-	-
	-	-	1	-
	-	-	-	1
50	5	-	-	-
	-	5	-	-
	-	-	5	-
	-	-	-	5
50	10	-	-	-
	-	10	-	-
	-	-	10	-
	-	-	-	10
50	20	-	-	-
	-	20	-	-
	-	-	20	-
	-	-	-	20

ตารางที่ 3.10 สภาวะการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วย
เปลือกปลีกล้วยน้ำว้าโดยการทำมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting)

ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f)	ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์			
	สารส้ม $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ (% o.w.f)	จุนสี (CuSO_4) (% o.w.f)	สนิมเหล็ก (FeSO_4) (% o.w.f)	สแตนนัสคลอไรด์ (SnCl_2) (% o.w.f)
50	1	-	-	-
	-	1	-	-
	-	-	1	-
	-	-	-	1
50	5	-	-	-
	-	5	-	-
	-	-	5	-
	-	-	-	5
50	10	-	-	-
	-	10	-	-
	-	-	10	-
	-	-	-	10
50	20	-	-	-
	-	20	-	-
	-	-	20	-
	-	-	-	20

ตารางที่ 3.11 สภาวะการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วย
เปลือกปลีกล้วยน้ำว้าโดยการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting)

ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f.)	ความเข้มข้นของสารละลายสารมอร์แดนต์			
	สารส้ม $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ (% o.w.f.)	จุนสี (CuSO_4) (% o.w.f.)	สนิมเหล็ก (FeSO_4) (% o.w.f.)	สแตนนัสคลอไรด์ (SnCl_2) (% o.w.f.)
50	1	-	-	-
	-	1	-	-
	-	-	1	-
	-	-	-	1
50	5	-	-	-
	-	5	-	-
	-	-	5	-
	-	-	-	5
50	10	-	-	-
	-	10	-	-
	-	-	10	-
	-	-	-	10
50	20	-	-	-
	-	20	-	-
	-	-	20	-
	-	-	-	20

3.2.8 การศึกษาสมบัติความคงทนของสีของผ้าไนลอน 6 ที่ย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า
ขั้นตอนทดสอบความคงทนของสีบนผ้าไนลอน 6 ดำเนินการโดยนำผ้าไนลอน 6 ที่
ย้อมด้วยความเข้มข้นสี 100% o.w.f และใช้สารมอร์แดนท์ที่มีความเข้มข้น 20% o.w.f ทั้งสภาวะการทำ
มอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี การทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี การทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี และ
สภาวะการย้อมสีที่ไม่ใช้สารมอร์แดนท์ มาทำการทดสอบความคงทนของสีดังนี้

3.2.8.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (colorfastness to washing)
มาตรฐาน AATCC 61-2013 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที

3.2.8.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (colorfastness to water) มาตรฐาน
AATCC 107-2013

3.2.8.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ (colorfastness to perspiration)
มาตรฐาน AATCC 15-2013

3.2.8.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (colorfastness to crocking)
มาตรฐาน AATCC 8-2016

3.2.8.5 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (colour fastness to light)
มาตรฐาน ISO 105-B02: 1994

3.2.9 การทดสอบสมบัติการป้องกันรังสียูวีของจากผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วย
น้ำว้า โดยนำผ้าที่ผ่านการย้อมสีจากการทดลองที่ 3.2.5 และ 3.2.6 มาวัดค่าการป้องกันรังสียูวี โดยใช้
มาตรฐาน AS/NZ 4399: 1996

บทที่ 4

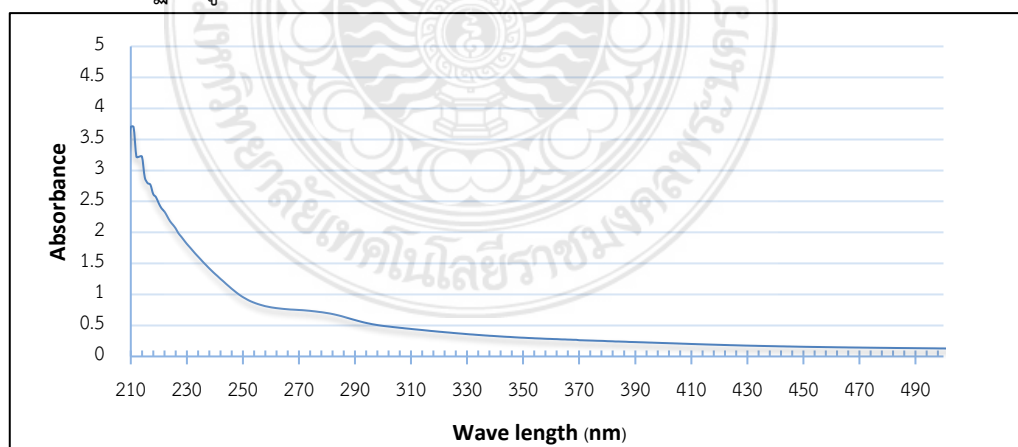
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ได้มีการสำรวจเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีและการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตบนผ้าไนลอน 6 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า การศึกษาได้ครอบคลุมถึงสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้า เช่น อุณหภูมิ เวลา และระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) นอกจากนี้ยังได้พิจารณาถึงอิทธิพลความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมและสารมอร์แดนต์ ได้แก่ สารส้ม จุนสี สนิมเหล็ก และสแตนนัสคลอไรด์ การวิจัยนี้ใช้วิธีการทำมอร์แดนท์ใน 3 วิธี ได้แก่ การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี การทำมอร์แดนท์ร่วมกับการย้อมสี และการทำมอร์แดนท์หลังจากการย้อมสี หลังจากกระบวนการย้อมสีและทำมอร์แดนท์แล้ว ผ้าที่ผ่านการย้อมจะถูกประเมินค่าความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L^* , a^* , b^*) รวมถึงการทดสอบความทนทานของสีต่อการซักล้าง การขัดถู แสงแดด เหงื่อ น้ำ และการประเมินคุณสมบัติในการกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UPF) โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลของการหาค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายสีย้อม

จากภาพที่ 4.1 พบว่า สารละลายสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าโดยมีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 270 นาโนเมตร จากผลการวิจัยยังพบว่าสารละลายสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้ามีการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตในช่วง UVA-UVB ได้ในช่วง 200-400

นาโนเมตร ปรากฏข้อมูลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงกับช่วงความยาวคลื่นแสง (นาโนเมตร) ของสารละลายสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

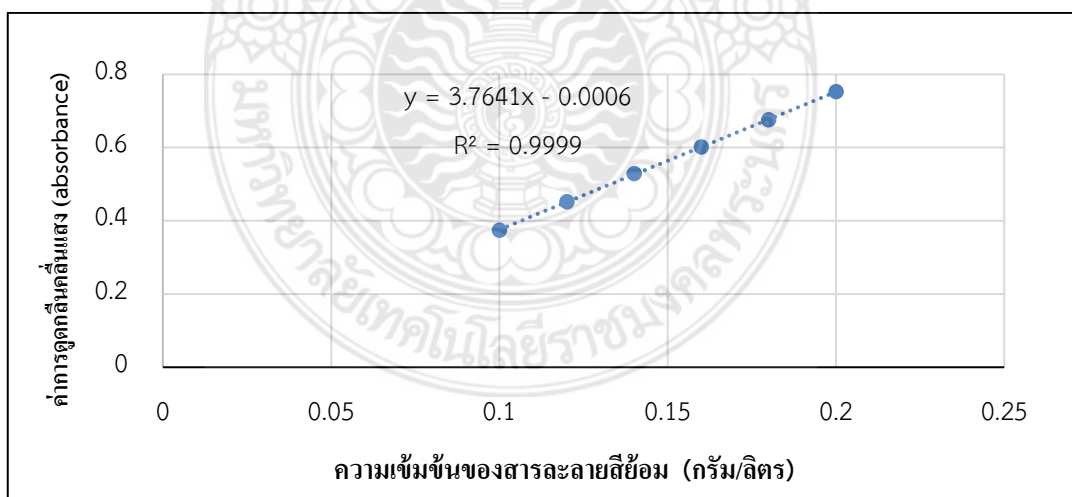
4.1.1 ผลการหาค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม

ผลของการหาค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (absorbance) ของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าที่ทราบค่าความเข้มข้น ทั้ง 6 ความเข้มข้น ปรากฏข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการดูดกลืนคลื่นแสง (absorbance) ณ ความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม(กรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (นาโนเมตร)
0.1	0.3743
0.12	0.4519
0.14	0.5284
0.16	0.6015
0.18	0.676
0.2	0.7522

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 นำข้อมูลมาสร้างกราฟ และใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยสร้างกราฟ โดยให้แกน Y เป็นค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ส่วนแกน X เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม แสดงได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่สกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้า

จากกราฟในภาพที่ 4.2 เมื่อสร้างกราฟมาตรฐานเสร็จจะได้สมการเชิงเส้นที่เป็นเส้นตรง สมการที่ 1
ดังนี้

$$Y = 3.7641X - 0.0006 \quad \text{สมการที่ 1}$$

โดยที่

- Y คือ ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายสีย้อม
m คือ ค่าคงตัวที่แสดงความชันหรือเกรเดียนต์ของเส้นตรง และมีค่า 3.7641
X คือ ค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม (กรัม/ลิตร)
b คือ แสดงจุดที่เส้นตรงนี้ตัดแกน Y และมีค่า 0.0006

และจากสมการดังกล่าวสามารถที่จะจัดรูปแบบใหม่เพื่อให้ง่ายกับการคำนวณและหาค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมเปลี่ยนปลีกกล้วยที่ไม่ทราบค่าในครั้งต่อไป ดังนี้

$$\begin{aligned} Y &= 3.7641X - 0.0006 & \text{-----}> & Y + 0.0006 = 3.7641X \\ Y + 0.0006 &= 3.7641X & \text{-----}> & 3.7641X = Y + 0.0006 \\ 3.7641X &= Y + 0.0006 & \text{-----}> & X = [(Y + 0.0006)/ 3.7641] \\ & & & X = [Y + 0.0006]/ 3.7641 \end{aligned}$$

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายสี (X) (กรัม/ลิตร)} = [(ค่าการดูดกลืนแสง (Y) + 0.0006) / 3.7641]$$

ดังนั้นจาก สมการสามารถนำไปใช้หาค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่สกัดได้จากเปลี่ยนปลีกกล้วยน้ำว่า จะเห็นว่าจากสมการที่ได้มาจึง สามารถที่นำไปใช้งานทันที สำหรับผลการทดลองนี้ได้ทำการสกัดสีจากเปลี่ยนปลีกกล้วยน้ำว่าและนำสารละลายสีย้อมจากเปลี่ยนปลีกกล้วยน้ำว่าที่ผ่านการสกัดและการกรอง (สกัดและกรองไว้ใช้ในงานย้อมครั้งถัดไป) ให้สะอาดมา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร (จะทำให้สารละลายสีย้อมเจือจางลง 50 เท่า (คำนวณมาจาก $100/2 = 50$ (หรือ ขนาดขวดปริมาตร/จำนวนสีย้อมที่ดูดใส่ขวด) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 270 นาโนเมตร ซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.3683 ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้น ดังนี้จากสมการ

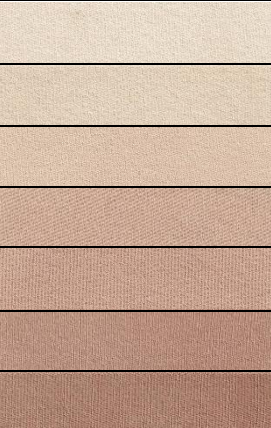
$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายสี (X) (กรัม/ลิตร)} = [(ค่าการดูดกลืนแสง + 0.0006) / 3.7641]$$

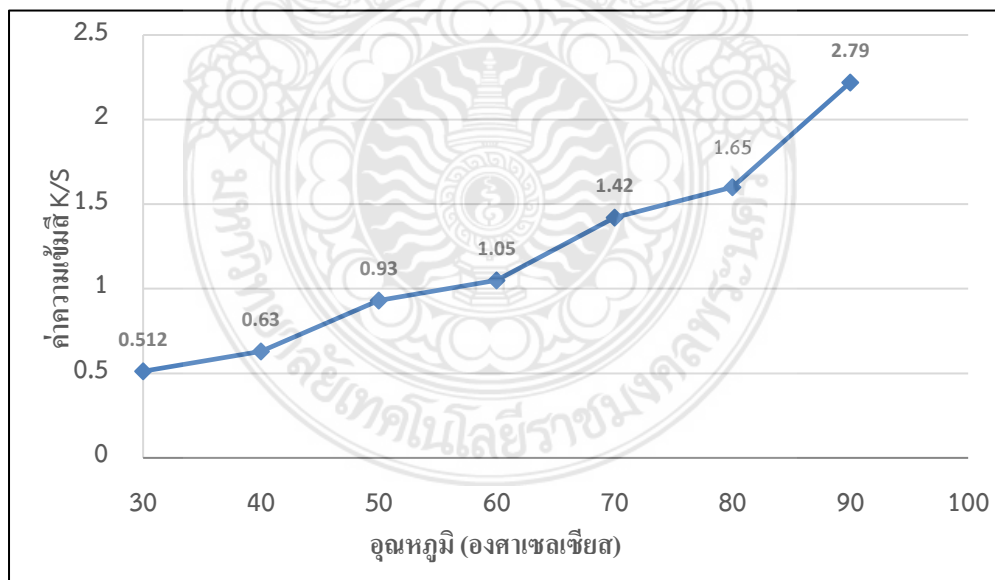
ความเข้มข้นของสารละลายสี (X) (กรัม/ลิตร) = $[(0.3683+0.0006)/3.7641] = 0.09800$ กรัมต่อลิตร แต่เนื่องจากสารที่สกัดได้ถูกเจือจางลง 50 เท่า ดังนั้นค่าความเข้มข้นที่แท้จริง คือ $0.1362562 \times 50 = 4.90$ หรือประมาณ 5 กรัมต่อลิตร หรือ 0.49 % หรือประมาณ 0.50 %

4.2 ผลของการศึกษาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ผลการศึกษาอุณหภูมิของการย้อมที่ 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ในการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยกำหนดเวลาการย้อมคงที่ 60 นาที และใช้อัตราส่วนของผ้าต่อน้ำย้อมเป็น 1:100 ค่า pH 5 และความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. ดังตารางที่ 4.2 จากตาราง พบว่า สีของผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกของปลีกกล้วยมีอุณหภูมิต่ำอยู่ที่ (30-50 องศาเซลเซียส) จะมีสีครีมออกแดง ในขณะที่การย้อมสีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60-90 องศาเซลเซียส จะปรากฏสีน้ำตาลออกแดง ทั้งนี้เนื่องจากสารให้สีในเปลือกของปลีกกล้วยเป็นสารประเภทแอนโทไซยานิน (anthocyanin) [31-33] ในส่วนค่าของสี ทราบว่าค่า L^* มีค่าลดลงเมื่อมีการใช้ความร้อนที่สูงขึ้น ซึ่งค่า L^* แสดงถึงระดับความสว่าง ($L^*=100$) และความมืด ($L=0$) ของผ้าที่ถูกย้อมสี [34 -45] จากข้อมูลพบว่าค่าดังกล่าวจะแปรผกผันกับค่าความเข้มของสี (K/S) คือ ถ้าค่า L^* มีค่าสูง ค่าความเข้มสี (K/S) จะมีค่าต่ำ และในทางกลับกัน ถ้าค่า L^* มีค่าน้อย ค่าความเข้มสี (K/S) จะมีค่าสูง สำหรับค่า a^* ที่ได้นั้นมีค่าเป็นบวก (+) ซึ่งหมายถึงว่าสีที่ถูกย้อมมีสีออกไปทางแดง ในส่วนค่า b^* ที่ได้นั้นมีค่าเป็นบวก (+) ซึ่งหมายความว่าสีย้อมที่ได้ออกไปทางสีเหลือง [36] ภาพที่ 4.3 แสดงความความเข้มของสีที่ได้บนผ้าไนลอน 6 ที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกปลีกกล้วย ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน จากภาพที่ 4.3 สังเกตได้ว่าเมื่ออุณหภูมิการย้อมสีเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเข้มข้นของสี (K/S) บนผ้าไนลอนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการย้อมสีที่อุณหภูมิมากขึ้นส่งผลให้โครงสร้างพอลิเมอร์ของไนลอน 6 มีการเปิดออกมากขึ้น [37] และโมเลกุลของสีย้อมจะเกิดการแตกตัวมากขึ้น [38] ทำให้การดูดซับสีย้อมง่ายขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความเข้มสี (K/S) มีค่ามากขึ้น โดยค่าความเข้มข้นของสีสูงสุดอยู่ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าความเข้มสีเท่ากับ 2.79

ตารางที่ 4.2 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) การย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าที่ความเข้มข้น 50 % o.w.f. ณ อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:100

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
		L^*	a^*	b^*	
30	60	84.37	3.61	14.77	
40	60	82.09	5.01	16.19	
50	60	77.66	7.65	17.64	
60	60	74.73	9.11	17.38	
70	60	70.47	10.98	18.18	
80	60	68.05	11.77	17.79	
90	60	59.89	11.89	17.88	



ภาพที่ 4.3 ค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า ณ อุณหภูมิต่างกัน

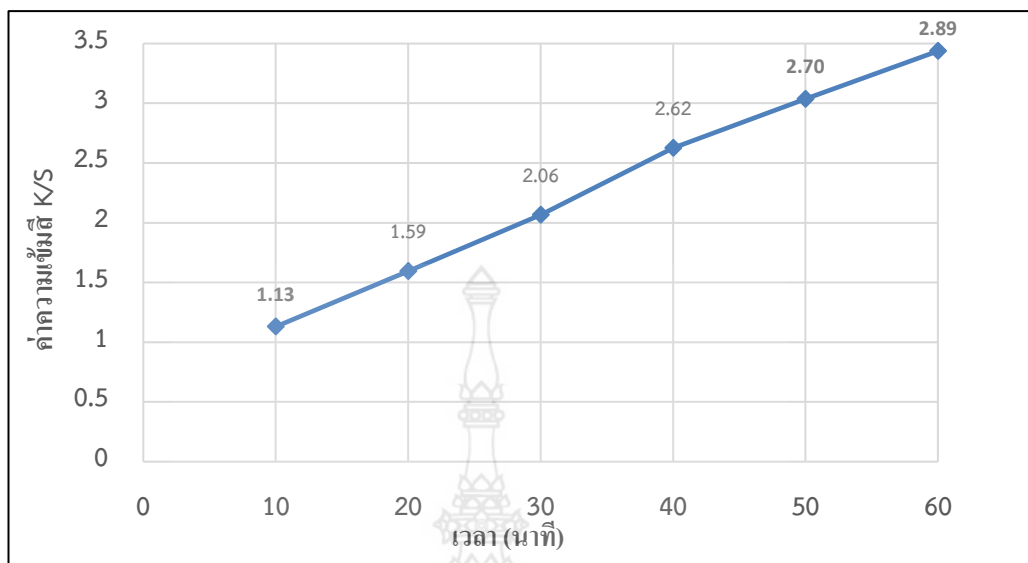
4.3 ผลของการศึกษาสภาวะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

ผลการศึกษาเวลาของการย้อมที่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที สำหรับการย้อมผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าโดยกำหนดให้อุณหภูมิการย้อมสีคงที่ 90 องศาเซลเซียส และใช้อัตราส่วนของผ้าต่อน้ำย้อมเป็น 1:100 ปรากฏดังตารางที่ 4.3 และจากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อเวลาในการย้อมสีเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ความความสว่าง-มืด (L^*) ของสีบนผ้ามีค่าลดลง ซึ่งหมายความว่าสีบนผ้าจะมีความเข้มของสีแปรผันตรงกับเวลาในการย้อมสี จากตารางที่ 4.3 ยังพบว่าผ้าไนลอนยังคงมีเฉดสีน้ำตาลออกแดง

จากภาพที่ 4.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงเวลาการย้อมแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มของสี (K/S) บนผ้าไนลอนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งการดูดซึมสีย้อมเข้าสู่สมดุลที่เวลา 60 นาที เป็นที่รู้กันดีว่าการยืดเวลาการย้อมอาจเพิ่มโอกาสให้โมเลกุลของสีย้อมเข้าไปภายในเส้นใยไนลอนได้ดีขึ้น [39] ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอน พบว่าอยู่ที่ 60 นาที ค่าความเข้มสี (K/S) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สีที่ได้จะเป็นสีน้ำตาลออกแดง

ตารางที่ 4.3 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า ณ เวลาที่ต่างกัน 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที

อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
		L^*	a^*	b^*	
90	10	72.43	10.04	16.93	
90	20	66.86	10.93	17.01	
90	30	62.68	11.41	17.02	
90	40	61.55	9.87	15.36	
90	50	60.21	11.41	17.54	
90	60	59.75	11.06	17.1	

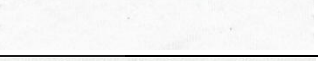


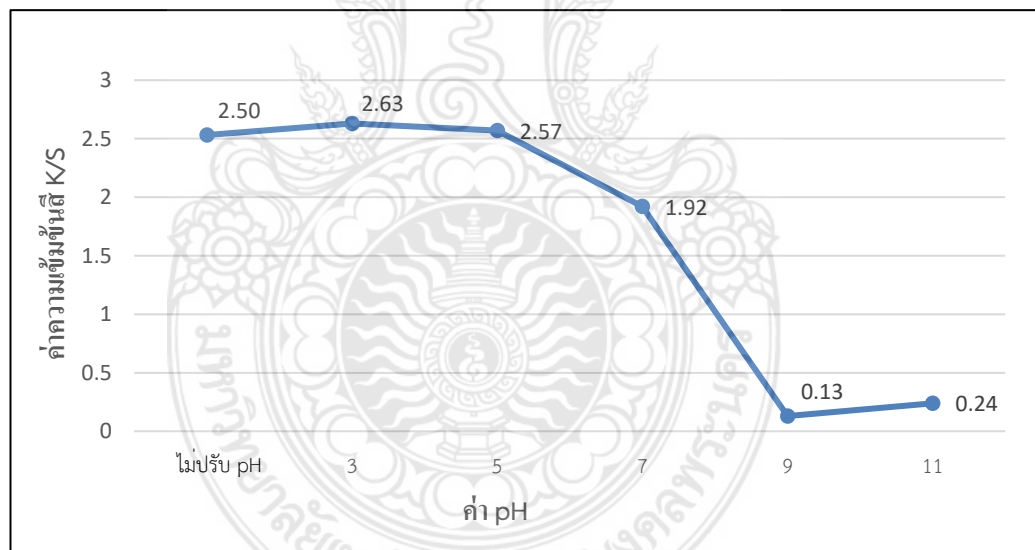
ภาพที่ 4.4 ค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า ณ เวลาที่ต่างกัน

4.4 ผลของการศึกษาสภาวะค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH 3, 5, 7, 9, 11 และไม่ปรับค่า pH) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยกำหนดสภาวะในการย้อม ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที อัตราส่วนของผ้าต่อน้ำย้อม เป็น 1:100 ความเข้มข้นของสารละลายสี ย้อม 50% o.w.f. และ โดยการปรับค่า pH ของน้ำย้อมให้มีสภาวะความเป็น กรด ด้วยสารละลายกรด อะซิติกและใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตให้มีสภาวะความเป็นด่าง ผลการศึกษาปรากฏดังตาราง ที่ 4.4 และภาพที่ 4.5 จากผลการทดลองพบว่าค่าความเข้มของสี (K/S) ลดลงเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 3 ถึง 11 โดยค่าความเข้มของสี (K/S) สูงสุดเกิดขึ้นเมื่อการย้อมดำเนินการที่ค่า pH 3 ทั้งนี้เนื่องจาก ที่ค่า pH ต่ำกว่า 5 หมู่เอมีน ($-NH_2$) ในสายโซ่พอลิเอไมด์ของไนลอนจะมีประจุบวก ซึ่งจะดึงดูด โมเลกุลของสีย้อมที่มีประจุลบ ช่วยเพิ่มการดูดซึมสีย้อม [40-41] และเมื่อค่า pH สูงกว่านี้ (pH 7-11) พื้นผิวของเส้นใยจะมีประจุเป็นลบ ซึ่งจะผลักโมเลกุลของสีย้อมที่มีประจุลบส่งผลให้การย้อมสี บนเส้นใย ลดลงหรือแทบจะไม่ติดสี [40] ผ้าไนลอนที่ย้อมสีด้วยสารละลายที่ใช้สำหรับการย้อมสี pH 3-7 และไม่ปรับค่า pH ยังคงมีเฉดสีน้ำตาลออกแดง ในขณะที่สารละลายสีย้อมที่ pH 9-11 ผ้า ไนลอนมีเฉดครีมอ่อนและสีอ่อนมาก

ตารางที่ 4.4 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่า โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่แตกต่างกัน 3, 5, 7, 9, 11 และ ไม่ปรับค่า pH

pH	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
	L^*	a^*	b^*	
ไม่ปรับ	61.43	10.77	15.97	
3	69.58	12.18	21.39	
5	60.02	11.76	17.00	
7	62.61	11.05	16.68	
9	90.51	-1.14	4.59	
11	86.23	-1.25	6.89	

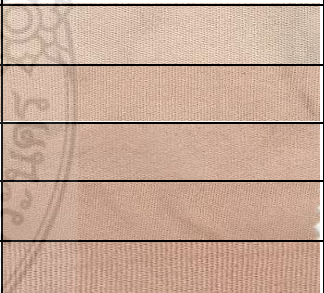


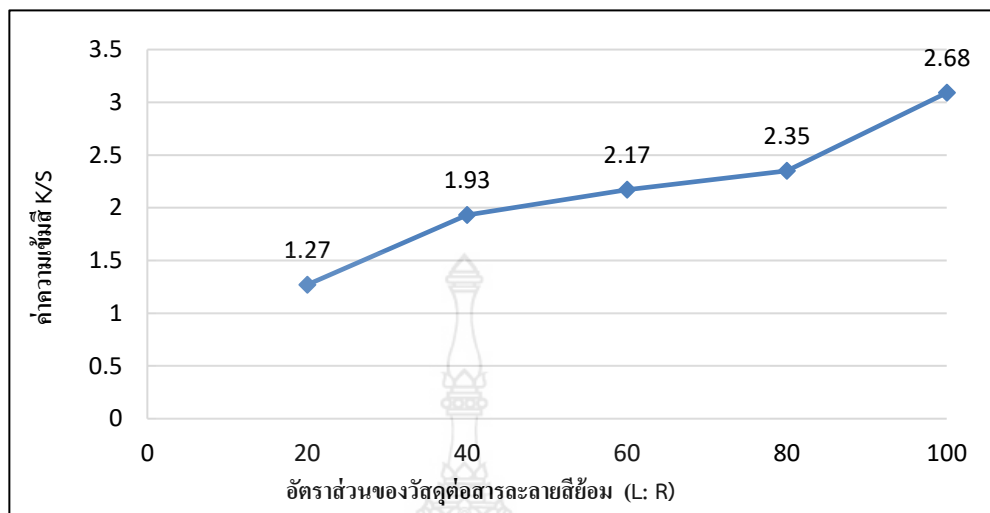
ภาพที่ 4.5 ค่าความเข้มสีของผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่า ณ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่างกัน

4.5 ผลการศึกษาอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม (L: R) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่า

ผลการศึกษาอัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม (L: R) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม ที่แตกต่างกัน 1:20, 1:40, 1:60, 1:80 และ 1:100 โดยกำหนดอุณหภูมิการย้อมสี ที่ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ค่า pH 3 และความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f.ปรากฏดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.6 จากการทดลองพบว่าผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อมสีด้วยเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่ายังคงให้เฉดสีน้ำตาลออกแดง และเมื่อใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อมที่ 1:20 สีที่ปรากฏบนผืนผ้ามีความไม่สม่ำเสมอเนื่องจากใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อมน้อยเกินไปจึงทำให้ผ้าสัมผัสกับน้ำย้อมได้น้อยส่งผลให้ผ้าไนลอนที่ย้อมออกมามีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อใช้อัตราส่วนของวัสดุต่อน้ำย้อมตั้งแต่ 1:40 – 1:100 ทำให้ทราบสีที่ปรากฏบนเนื้อผ้าไนลอนมีความสม่ำเสมอและค่าความเข้มของสีที่ปรากฏมีความเข้มสีที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำย้อม เนื่องจากการใช้อัตราส่วนของน้ำย้อมที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของสีที่ติดบนผ้าไนลอน

ตารางที่ 4.5 ค่าของสี (L*, a*, b*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกัล้วยน้ำว่าโดยใช้อัตราส่วน ระหว่างวัสดุต่อน้ำย้อมที่แตกต่างกัน 1:20, 1:40, 1:60, 1:80 และ 1:100

อัตราส่วน วัสดุต่อน้ำย้อม (L: R)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
	L*	a*	b*	
1:20	70.88	9.59	17.32	
1:40	65.60	11.70	19.31	
1:60	64.14	12.04	19.80	
1:80	62.76	12.59	20.07	
1:100	60.58	12.18	21.39	



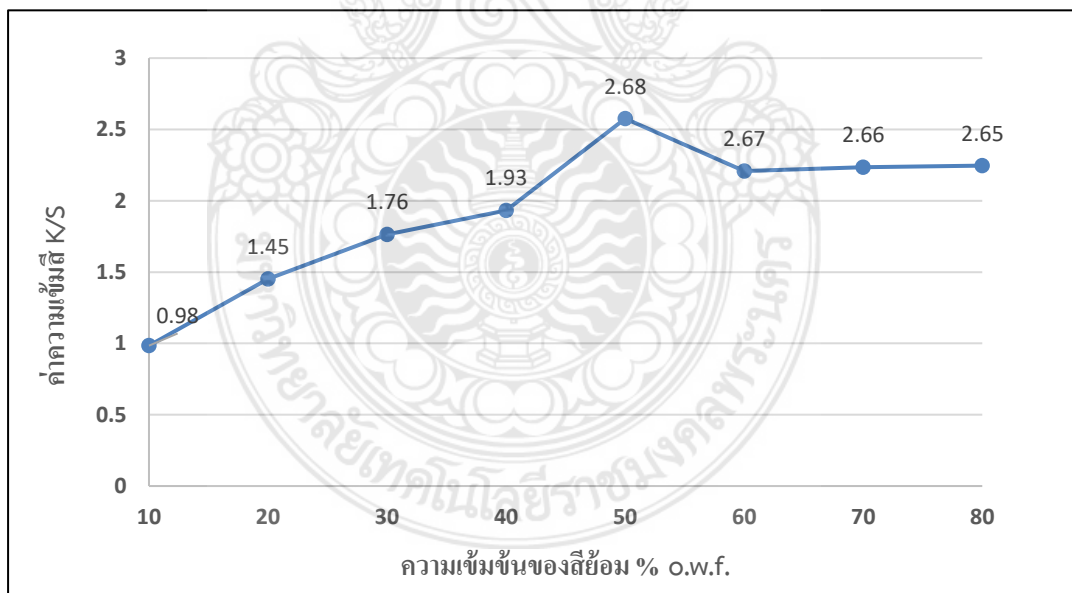
ภาพที่ 4.6 ค่าของความเข้มสี (K/S) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า ณ อัตราส่วน (L: R) ต่างกัน

4.6 ผลการศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของสีย้อม (% o.w.f) ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ผลการศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของสีย้อม (% o.w.f.) ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80% o.w.f. โดยใช้อุณหภูมิในการย้อมสี 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ค่า pH 3 และอัตราส่วนของวัสดุต่อน้ำย้อม 1:100 ปรากฏดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 จากผลการทดลองพบว่าค่าความเข้มของสี (K/S) บนผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าแปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม ดังกล่าวเมื่อความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมมีค่าความเข้มของสี (K/S) เพิ่มขึ้นความเข้มสีก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยซึ่งสังเกตได้จากค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่ 10 – 50% o.w.f. จากการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีย้อมไปยังเส้นใยไนลอนเพิ่มขึ้นและทำให้สีที่ได้มีความเข้มข้นมากกว่าเดิม [40] อย่างไรก็ตามที่ความเข้มของสารละลายสีย้อมตั้งแต่ 60 – 80% o.w.f. ค่าความเข้มของสี (K/S) บนผ้าไนลอนมีค่าใกล้เคียงกันทั้งนี้เนื่องจากการย้อมสีผ้าไนลอนถึงจุดอิ่มตัวเมื่อใช้ความเข้มข้นของสีที่ใช้ย้อมตั้งแต่ 50% o.w.f. ขึ้นไป สีที่ปรากฏบนผ้าไนลอนยังคงให้เฉดสีน้ำตาลออกแดง

ตารางที่ 4.6 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่ต่างกัน 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 % o.w.f.

ความเข้มข้นของสีย้อม (% o.w.f.)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
	L^*	a^*	b^*	
10	74.42	9.18	17.61	
20	70.56	10.93	20.55	
30	67.84	12.05	20.54	
40	66.57	12.77	20.84	
50	65.49	12.72	20.89	
60	65.05	13.1	21.49	
70	64.8	13.25	21.64	
80	64.68	13.21	22.43	



ภาพที่ 4.7 ค่าของความเข้มสี (K/S) สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่ต่างกัน

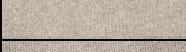
4.7 ผลการศึกษาการทำมอร์แดนท์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกัน สำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกัลวยน้ำว่า

การทดลองนี้ใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกัลวยเป็น 5, 10, 30 และ 50% o.w.f. โดยกำหนดตัวแปรคงที่ได้แก่ ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ 10 % o.w.f. อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อมเป็น 1:100 ค่า pH 3 อุณหภูมิที่ใช้ในการย้อม 90 องศาเซลเซียส และเวลา 60 นาที ผลการทดลองที่ได้มีดังนี้

4.7.1 ผลการศึกษาการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) โดยการใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารละลายสีย้อมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกัลวยน้ำว่า

ผลการศึกษาการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี โดยใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารละลายสีย้อมสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกัลวยน้ำว่า ปรากฏข้อมูลดังที่แสดงในตารางที่ 4.7 ทราบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกัลวยในการย้อมผ้าไนลอนที่เพิ่มทำให้ค่าความเข้มสี (K/S) เพิ่มขึ้น โดยค่าความเข้มสี (K/S) บนผ้าไนลอนที่ย้อมสีโดยการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี สามารถจัดเรียงลำดับจากมากสุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ สนิมเหล็ก > สแตนนัสคลอไรด์ > โซเดียมซัลเฟต > สารส้ม > จุนสี จากการทดลองยังทราบว่ากรณีไม่มีสารมอร์แดนท์และมีสารมอร์แดนท์ประเภทจุนสี ผ้าไนลอนจะมีเฉดสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลออกแดง กรณีใช้สารส้มและสแตนนัสคลอไรด์ร่วมกับสารละลายสีย้อมเข้มข้น 5 และ 10% o.w.f. ผ้าไนลอนจะมีเฉดสีครีมออกแดง อย่างไรก็ตามถ้าใช้มอร์แดนท์ประเภทสนิมเหล็กผ้าไนลอนจะมีเฉดสีน้ำตาลออกเทา สาเหตุที่ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมมากขึ้น เนื่องจากผ้าไนลอน 6 เกิดการดูดซึมน้ำมากขึ้น และจึงเป็นผลให้สีที่ได้มีความเข้มเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองพบว่า ค่า L^* ที่มีค่าสูงจะทำให้ค่าความเข้มสีต่ำ ขณะที่ค่า a^* และค่า b^* มีค่าเป็นบวกซึ่งบ่งบอกถึงความเป็นสีแดงและสีเหลือง ตามลำดับ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เฉดสีที่ได้เปลี่ยนไปตามการใช้มอร์แดนท์ในแต่ละประเภท

ตารางที่ 4.7 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) รวมถึงค่าความเข้มสี (K/S) ที่ได้จากผ้าไนลอนที่ถูกย้อมด้วยสีจากเปลือกกล้วยน้ำว้า ซึ่งมีความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมแตกต่างกันไป และมีการใช้ความเข้มข้นของมอร์แดนท์ที่ 10% o.w.f. โดยทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting)

สารมอร์แดนท์	ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f.)	การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting)				
		ค่าความเข้มสี (K/S)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
			L*	a*	b*	
ไม่ใส่มอร์แดนท์	5	1.37	67.85	6.14	11.38	
	10	1.44	66.32	6.93	13.15	
	30	1.50	65.55	7.90	14.75	
	50	1.67	63.16	9.88	17.48	
สารส้ม AlK (SO ₄) ₂ .12H ₂ O	5	1.24	68.85	5.16	12.66	
	10	1.32	67.19	6.14	11.81	
	30	1.44	66.67	8.01	14.81	
	50	1.52	62.15	8.61	15.75	
จุนสี CuSO ₄ .5H ₂ O	5	1.15	71.43	6.18	12.66	
	10	1.24	67.75	6.33	14.38	
	30	1.28	67.32	7.90	16.12	
	50	1.49	66.43	9.04	16.65	
สนิมเหล็ก FeSO ₄ .7H ₂ O	5	1.24	65.68	3.79	11.32	
	10	1.73	64.25	4.07	10	
	30	1.75	64.73	4.49	10.54	
	50	1.88	63.27	6.04	13.59	
สแตนนัสคลอไรด์ SnCl ₂ .5H ₂ O	5	0.50	79.90	1.51	10.62	
	10	0.63	72.44	5.41	12.8	
	30	1.65	68.48	9.49	14.43	
	50	1.78	56.42	9.67	15.24	

4.7.2 ผลการศึกษาการทำมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ผลการศึกษาของการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยใช้เทคนิคการทำมอร์แดนต์ร่วมกับการย้อมสี (meta-mordanting) ปรากฏข้อมูลดังตารางที่ 4.8 จากตารางที่ 4.8 พบว่าผ้าไนลอนที่ย้อมสีโดยไม่มีสารมอร์แดนต์จะให้เฉดสีน้ำตาลออกแดง ในขณะที่ทำการย้อมสีผ้าไนลอนที่สารละลายสีย้อมมีความเข้มข้น 5% o.w.f. และ 10% o.w.f. ร่วมกับการใช้สารส้ม จุนสี และสแตนนัสคลอไรด์ เป็นสารมอร์แดนต์ ซึ่งสีที่ปรากฏบนผ้ามีเฉดสีครีม แต่หากใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่เข้มข้น 30% o.w.f. ถึง 50% o.w.f. สีที่ปรากฏบนผ้ามีเฉดสีน้ำตาลออกแดง ยกเว้นเมื่อใช้สารสแตนนัสคลอไรด์ผ้าจะมีเฉดสีครีมออกแดง กรณีใช้มอร์แดนต์ประเภทสนิมเหล็กผ้าไนลอนจะมีเฉดสีน้ำตาลออกเทา

จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่าความเข้มของสีบนผ้าไนลอน (K/S) นั้นเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารละลายจากเปลือกกล้วยน้ำว้าด้วยความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยค่าความเข้มสี (K/S) จากการย้อมมอร์แดนต์สามารถจัดอันดับได้จากมากไปน้อยดังนี้ สนิมเหล็ก > จุนสี > ไม่ใส่สารมอร์แดนต์ > สารส้ม > สแตนนัสคลอไรด์ เมื่อใช้สารส้มและสแตนนัสคลอไรด์ร่วมกับสารละลายสีย้อม 5 และ 10% o.w.f. จะทำให้ผ้าไนลอนมีเฉดสีครีมอมแดง จากการทดลองพบว่าค่า L^* สูงขึ้นทำให้ความเข้มสีต่ำลง เป็นผลให้ค่า a^* และ b^* มีค่าบวก แสดงถึงสีแดงและสีเหลือง ด้วยเหตุนี้เฉดสีที่ได้จึงมีการเปลี่ยนแปลงตามประเภทของมอร์แดนต์ที่ใช้ในแต่ละกรณี

ตารางที่ 4.8 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) รวมถึงค่าความเข้มสี (K/S) จากผ้าไนลอนที่ถูกย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกของกล้วยน้ำว้าในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน และการใช้ความเข้มข้นของมอร์แดนท์ที่ 10% o.w.f. ที่ผ่านการทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting)

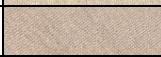
สารมอร์แดนท์	ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f)	การทำมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting)				
		ค่าความเข้มสี (K/S)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
			L*	a*	b*	
ไม้ใส่สารมอร์แดนท์	5	0.94	71.1	6.89	13	
	10	0.93	78.5	5.88	11.7	
	30	1.21	65.43	9.69	16.8	
	50	1.38	69.3	10.7	18.3	
สารส้ม AlK (SO ₄) ₂ .12H ₂ O	5	0.23	85.8	2.3	9.31	
	10	0.33	76.8	-0.95	6.76	
	30	0.67	76.5	4.39	12.8	
	50	0.93	73.4	6.55	14.7	
จุนสี CuSO ₄ .5H ₂ O	5	0.21	87.8	-0.31	7.73	
	10	0.53	79.9	3.79	11.7	
	30	0.93	74.3	7.55	16.1	
	50	1.39	67.62	8.24	15.55	
สนิมเหล็ก FeSO ₄ .7H ₂ O	5	1.35	69.1	4.35	12.4	
	10	1.62	65.2	4.93	12.72	
	30	2.11	57.6	5.65	18.1	
	50	2.22	57.62	8.24	15.55	
สแตนนัสคลอไรด์ SnCl ₂ .5H ₂ O	5	0.16	89.7	0.06	6.28	
	10	0.20	88.5	0.89	7.34	
	30	0.35	84.2	3.13	10.8	
	50	0.42	83.65	3.38	12.69	

4.7.3 ผลการศึกษาการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting) โดยการใช้ความเข้มข้นที่ต่างกันของสารละลายสีย้อมการย้อมผ้าในลอน 6 จากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

ผลการทดลองย้อมผ้าในลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยใช้เทคนิคการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting) ได้แสดงให้เห็นในข้อมูลที่มีอยู่ ดังตารางที่ 4.9 จากตารางนี้พบทราบว่าผ้าที่ถูกย้อมด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า ทั้งที่ไม่ใส่สารมอร์แดนต์และที่ใส่มอร์แดนต์ประเภทสารส้ม จุนสี และสแตนนัสคลอไรด์ ผ้าในลอนยังคงมีเฉดสีน้ำตาลออกแดง แต่เมื่อใช้สนิมเหล็กเป็นมอร์แดนต์ ผ้าในลอนที่ย้อมสีจะปรากฏสีที่เป็นน้ำตาลออกเทา จากตารางที่ 4.9 จะพบค่าความเข้มของสีบนผ้าในลอน (K/S) จะสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยค่าความเข้มสี (K/S) จากการย้อมผ้าในลอนด้วยเทคนิคทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสามารถจัดลำดับจากกรณีที่มีความเข้มค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุดได้ดังนี้ ไม่ใช้มอร์แดนต์ > สนิมเหล็ก > จุนสี > สารส้ม > สแตนนัสคลอไรด์



ตารางที่ 4.9 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนที่ถูกย้อมด้วยสารละลายจากเปลือกกล้วยน้ำว้า โดยมีความเข้มข้นของสารละลายย้อมที่แตกต่างกัน รวมทั้งใช้ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ที่ 10% o.w.f. โดยการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting)

สารมอร์แดนท์	ความเข้มข้นของ สารละลายสีย้อม (% o.w.f)	การทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting)				
		ค่าความเข้มสี (K/S)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
			L*	a*	b*	
ไม่ใส่สารมอร์แดนท์	5	0.65	77.1	5.73	12.5	
	10	0.72	76.3	6.47	13.9	
	30	1.25	69.1	7.94	15.5	
	50	1.62	67.9	9.36	16.8	
สารส้ม AlK (SO ₄) ₂ .12H ₂ O	5	0.84	73.9	6	14.3	
	10	1.23	69.5	6.73	14.0	
	30	1.30	68.1	8.15	15.8	
	50	1.54	67.1	8.99	16.61	
จุนสี CuSO ₄ .5H ₂ O	5	0.67	74.5	4.38	13.7	
	10	0.72	78.5	5.79	16.1	
	30	1.28	69.8	8.05	15.7	
	50	1.56	66.8	8.88	16.3	
สนิมเหล็ก FeSO ₄ .7H ₂ O	5	1.01	71.3	5.29	13.2	
	10	1.49	71.7	5.3	13.5	
	30	1.55	66.2	6.6	13.9	
	50	1.62	65.4	6.98	14.4	
สแตนนัสคลอไรด์ SnCl ₂ .5H ₂ O	5	0.75	75.0	6.07	13.2	
	10	0.76	76.1	7.18	14.7	
	30	1.33	70.1	10.0	17.8	
	50	1.46	69.7	10.9	19.63	

สีย้อมธรรมชาติโดยส่วนใหญ่มักมีเนื่องจากมีความสามารถในการย้อมติดกับเส้นใยสังเคราะห์ที่มีค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้มอร์แดนต์ (mordants) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมติด จากตารางที่ 4.7-4.9 จะเห็นได้ชัดว่าสีย้อมหลักช่วยเพิ่มความเข้มของสี ในขณะที่ยูนีลี สารส้ม และสแตนนัสคลอไรด์กลับลดค่าความเข้มของสี ในการที่ค่าความเข้มสี (K/S) เพิ่มขึ้นเพราะความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าช่วยเพิ่มให้ค่าความเข้มของสี (K/S) ในเส้นใยไนลอนที่ผ่านการย้อมสี และสามารถเกิดจากการไล่ระดับความเข้มข้นของสีย้อมหรือไล่ระดับเฉดสีบนเส้นใยไนลอนโดยกระบวนการดูดซับ [40] การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า จึงทำให้มีการเปลี่ยนถ่ายสีย้อมไปยังเส้นใยไนลอนสูงขึ้นและทำให้สีที่ได้จึงมีความเข้มมากยิ่งขึ้น [41] ในทุก ๆ การย้อมสี การใช้สารมอร์แดนต์ประเภทสีย้อมหลัก จะให้ค่าความเข้มสีสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมอร์แดนต์ประเภทยูนีลี และสีย้อมหลักได้รับการยอมรับในด้านความสามารถในการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนแบบโคออดิเนชัน (coordination complexes) และการจับตัวกับสีย้อมได้ง่าย เนื่องจากเลขแบบโคออดิเนชัน (coordination numbers) ของยูนีลีและสีย้อมหลัก คือ 4 และ 6 ตามลำดับ บางส่วนของโคออดิเนชันยังคงว่างอยู่เมื่อพวกมันทำปฏิกิริยากับเส้นใย กลุ่มฟังก์ชัน (function groups) เช่น อะมิโน (NH_2) และกรดคาร์บอกซิลิก (COO^-) ในเส้นใยไนลอนสามารถเข้าไปจับตำแหน่งเหล่านี้ได้ ดังนั้น โลหะจึงสามารถสร้างสารประกอบเชิงซ้อนแบบสามส่วน (ternary complex) ซึ่งตำแหน่งหนึ่งจับกับเส้นใยไนลอนและอีกตำแหน่งหนึ่งจับกับสีย้อม [41-42] สารมอร์แดนต์ประเภทสแตนนัสคลอไรด์และอะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟตหรือสารส้มสร้างสารประกอบเชิงซ้อนแบบโคออดิเนชันที่อ่อน (weak coordination complexes) กับสีย้อม โดยสารส้มและสแตนนัสคลอไรด์มีแนวโน้มที่จะสร้างพันธะที่ค่อนข้างแข็งแรงกับสีย้อมแต่ไม่สร้างพันธะกับเส้นใย จึงทำให้สีย้อมถูกกั้นและทำให้ปฏิกิริยาของสีย้อมกับเส้นใยเกิดได้น้อยลง [41]

เมื่อใช้สีย้อมหลัก หรือสีย้อมหลักซัลเฟต เฉดสีบนผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยปลีกกล้วยน้ำว้าจะมีสีน้ำตาลออกเทา ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสีย้อมซัลเฟตไปเป็นรูปของเฟอร์ริกโดยการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เหล็กในรูปเฟอร์รัสและเฟอร์ริกมีอยู่ร่วมกันบนเส้นใยและสเปกตรัมของพวกมันซ้อนทับกัน ส่งผลให้เกิดการเลื่อนของค่า λ_{max} และส่งผลให้สีเปลี่ยนไปเป็นเฉดสีที่เข้มขึ้น [42- 43] นอกจากนี้ แทนินในสารสกัดจากปลีกกล้วยน้ำว้า [31-44] ยังรวมตัวกับเกลือของเหล็ก (เฟอร์รัสซัลเฟต) เพื่อสร้างสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งทำให้ผ้ามีเฉดสีเทา และเข้มขึ้นเช่นกัน [43-45]

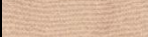
4.8 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์ต่อการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

การทดลองนี้ใช้ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์ที่ 1, 5, 10 และ 20% o.w.f. โดยกำหนดตัวแปรคงที่ดังต่อไปนี้ ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการย้อมสีจากเปลือกกล้วยอยู่ที่ 50% o.w.f. สัดส่วนของวัสดุต่อสารละลายย้อมสีคือ 1:100 ค่า pH อยู่ที่ 3 อุณหภูมิการย้อมสี 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 60 นาที ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ดังนี้

4.8.1 ผลจากการศึกษาขั้นตอนทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์ที่หลากหลายสำหรับย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้า

ผลการศึกษาเกี่ยวกับการทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสีแสดงให้เห็นข้อมูลตามตารางที่ 4.10 จากตารางจะเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของสารมอร์แดนต์ ค่าความเข้มสี (K/S) จะลดลงเล็กน้อย ผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนต์จะมีเฉดสีน้ำตาลอมแดง อย่างไรก็ตามเมื่อใช้สนิมเหล็กเป็นมอร์แดนต์ที่ความเข้มข้น 20% o.w.f. ผ้าไนลอนจะเปลี่ยนเฉดเป็นน้ำตาลอมเทา สาเหตุเกิดจากสารแทนนินในเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ทำปฏิกิริยากับสนิมเหล็กทำให้สีที่ได้เป็นสีดำ ค่าความเข้มสี (K/S) บนผ้าที่ทำการย้อมสีด้วยวิธีใส่มอร์แดนต์ก่อนการย้อมสีสามารถจัดลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ สนิมเหล็ก > จุนสี > สารส้ม > สแตนนัสคลอไรด์

ตารางที่ 4.10 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสี
ย้อมจากเปลือกปลั๊กกล้วยน้ำว้าโดยใช้ความเข้มข้นสารมอร์แดนต์ที่ต่างกัน และใช้ความ
เข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. โดยการต้มมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี
(pre-mordanting)

สารมอร์แดนท์	ความเข้มข้นของ สารมอร์แดนท์ (% o.w.f)	การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อม (pre-mordanting)				ตัวอย่างผ้า
		ค่าความเข้มสี (K/S)	ค่าของสี			
			L*	a*	b*	
ไม่ใช้มอร์แดนท์ (ความเข้มข้นสีย้อม 50% o.w.f)	-	1.61	65.16	9.88	17.48	
สารส้ม ALK (SO ₄) ₂ . 12H ₂ O	1	1.22	63.02	12.21	20.06	
	5	1.29	63.45	12.68	20.18	
	10	1.32	62.28	13.35	21.04	
	20	1.45	61.73	12.72	20.57	
จุนสี CuSO ₄ .5H ₂ O	1	1.30	64.02	12.72	20.57	
	5	1.33	64.29	12.71	20.88	
	10	1.45	63.73	12.81	20.72	
	20	1.69	65.28	13.04	21.07	
สนิมเหล็ก FeSO ₄ .7H ₂ O	1	1.54	62.98	13.07	21.02	
	5	1.69	62.85	12.62	20.38	
	10	1.78	57.54	10.02	16.09	
	20	1.83	59.03	8.83	15.42	
สแตนนัสคลอไรด์ SnCl ₂ .5H ₂ O	1	1.58	65.08	16.8	25.1	
	5	1.64	65.72	12.42	20.7	
	10	1.75	65.85	13.12	21.68	
	20	1.79	66.77	12.06	21.14	

4.8.2 ผลการศึกษาการทำมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสี (meta-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์ที่ต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า

จากผลการศึกษาอิทธิพลในความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์ความเข้มข้นที่ 1, 5, 10 และ 20% o.w.f. ต่อการย้อมสีบนผ้าไนลอน โดยใช้วิธีการใส่มอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสี ปรากฏดังตารางที่ 4.11 จากตาราง จึงทราบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์ที่เพิ่มขึ้น จะก่อให้เกิดค่าความเข้มของสี (K/S) ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อมสีแล้วจะมีเฉดสีน้ำตาลออกแดง ยกเว้นเมื่อใช้สนิมเหล็กเป็นสารมอร์แดนต์จะได้เฉดสีน้ำตาลออกเทา ค่าความเข้มสี (K/S) บนผ้าไนลอนที่ย้อมสีด้วยวิธีการทำมอร์แดนต์พร้อมกับการย้อมสี สามารถจัดลำดับจากมากที่สุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ จุนสี > สนิมเหล็ก > สารส้ม > สแตนนัสคลอไรด์ > ไม่ใช้มอร์แดนต์



ตารางที่ 4.11 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสี
ย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว่าโดยใช้ความเข้มข้นสารมอร์แดนท์ที่ต่างกัน และใช้
ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. โดยการทำมอร์แดนท์พร้อมการ
ย้อมสี (meta-mordanting)

สารมอร์แดนท์	ความเข้มข้น ของ สารมอร์แดนท์ (% o.w.f)	การทำมอร์แดนท์พร้อมกับการย้อม (meta-mordanting)				
		ค่าความเข้มสี (K/S)	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
			L*	a*	b*	
ไม่ใช้มอร์แดนท์(ความ เข้มข้นสีย้อม 50% o.w.f)	-	1.38	69.3	10.7	18.3	
สารส้ม AlK (SO ₄) ₂ .12H ₂ O	1	0.92	60.37	11.5	18.55	
	5	1.15	60.53	11.47	19.29	
	10	1.29	61.63	10.94	18.20	
	20	1.58	62.49	10.70	19.04	
จุนสี CuSO ₄ .5H ₂ O	1	1.29	60.56	11.93	18.90	
	5	1.38	58.31	12.12	18.85	
	10	1.45	56.65	11.23	17.91	
	20	1.58	55.75	11.64	18.39	
สนิมเหล็ก FeSO ₄ .7H ₂ O	1	2.28	61.04	11.58	20.33	
	5	2.39	57.38	6.55	15.07	
	10	2.45	59.27	8.90	15.33	
	20	2.65	55.24	7.25	14.15	
สแตนนัสคลอไรด์ SnCl ₂ .5H ₂ O	1	1.20	63.93	12.66	20.89	
	5	1.36	64.69	12.46	21.47	
	10	1.41	65.31	11.93	20.10	
	20	1.50	70.35	11.44	22.45	

4.8.3 ผลการศึกษาการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์ที่แตกต่างกันสำหรับการย้อมสีผ้าไนลอนด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้า

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการย้อมผ้าไนลอนด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้าด้วยการใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารมอร์แดนต์และเทคนิคการทำมอร์แดนต์แบบหลังการย้อมสี (post-mordanting) ที่ปรากฏดังตารางที่ 4.12 ตารางนั้นแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายมอร์แดนต์ ค่าความเข้มของสี (K/S) ก็จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผ้าไนลอนที่ผ่านกระบวนการย้อมนั้นยังคงมีเฉดสีน้ำตาลที่มีโทนแดง ยกเว้นกรณีที่ใช้สนิมเหล็กเป็นตัวมอร์แดนต์ ซึ่งจะส่งผลให้ได้เฉดสีน้ำตาลที่มีแนวโน้มเป็นสีเทา ค่าความเข้มสี (K/S) บนผ้าไนลอนที่ได้รับการย้อมด้วยเทคนิคมอร์แดนต์หลังการย้อมสามารถจัดลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ จูนิลี > สนิมเหล็ก > สแตนเลสคลอไรด์ > สารส้ม การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติความเข้มข้นของมอร์แดนต์ที่มีความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20% o.w.f. กับสารละลายสีย้อมที่มีความเข้มข้น 50% o.w.f. โดยใช้วิธีใส่มอร์แดนต์หลังการย้อม ทำให้ได้ข้อมูลตามที่ปรากฏดังตารางที่ 4.12 เห็นได้ชัดว่าผ้าไนลอนที่ย้อมจากเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยไม่ใส่สารมอร์แดนต์และเมื่อมีการเพิ่มสารมอร์แดนต์ประเภท สารส้ม และจูนิลี จะให้เฉดสีน้ำตาลอ่อนที่มีโทนแดง ขณะที่การใช้มอร์แดนต์แบบสแตนเลสคลอไรด์จะมีเฉดสีน้ำตาลอ่อนที่มีแนวโน้มเหลือง และกรณีที่ใช้มอร์แดนต์แบบสนิมเหล็กจะทำให้ผ้าไนลอนมีเฉดสีน้ำตาลเข้ม จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารมอร์แดนต์จะส่งผลให้ค่าความเข้มสี (K/S) สูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นและชนิดของสารมอร์แดนต์ที่แตกต่างกัน ส่งผลกระทบต่อความเข้มสีในลักษณะที่แตกต่างกัน ค่าความเข้มสีที่เกิดจากการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสามารถจัดลำดับจากค่ามากไปค่าน้อยได้ดังนี้ สแตนเลสคลอไรด์ > สนิมเหล็ก > จูนิลี > สารส้ม

ตารางที่ 4.12 ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และความเข้มสี (K/S) ของผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าโดยใช้ความเข้มข้นสารมอร์แดนต์ที่ต่างกัน และใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. โดยการทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting)

สารมอร์แดนต์	ความเข้มข้นของ สารมอร์แดนต์ (% o.w.f.)	การทำมอร์แดนต์หลังการย้อม (post-mordanting)				
		ค่าความเข้มสี K/S	ค่าของสี			ตัวอย่างผ้า
			L*	a*	b*	
ไม่ใช้มอร์แดนต์(ความ เข้มข้นสีย้อม 50% o.w.f.)	-	1.62	67.9	9.36	16.8	
สารส้ม AlK (SO ₄) ₂ .12H ₂ O	1	1.23	58.63	10.67	17.82	
	5	1.32	59.46	10.42	17.3	
	10	1.44	60.24	10.75	17.88	
	20	1.54	58.76	10.35	17.57	
จุนสี CuSO ₄ .5H ₂ O	1	1.28	61.41	11.35	18.41	
	5	1.39	60.55	10.51	17.39	
	10	1.48	60.25	10.59	17.19	
	20	1.52	59.68	10.89	17.98	
สนิมเหล็ก FeSO ₄ .7H ₂ O	1	1.43	69.83	10.2	16.99	
	5	1.59	65.45	10.37	16.92	
	10	1.65	63.75	10.18	17.11	
	20	1.70	61.54	9.35	17.29	
สแตนนัสคลอไรด์ SnCl ₂ .5H ₂ O	1	1.29	60.6	12.88	20.09	
	5	1.37	59.49	13.27	19.26	
	10	1.48	58.87	13.13	19.26	
	20	1.53	57.59	13.07	20.05	

4.9 ผลการศึกษาการป้องกันรังสียูวีบนผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

การวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของผ้าไนลอนได้รับการดำเนินการโดยการตรวจสอบระดับการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet protection factor: UPF) ของผ้าที่ถูกย้อมด้วยสารละลายที่มาจากเปลือกกล้วยน้ำว้าในความเข้มข้นที่หลากหลาย 5, 10, 30 และ 50% o.w.f. โดยมีกำหนดให้ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ที่ 10% o.w.f. ใช้วิธีการทำมอร์แดนท์หลังจากการย้อม และดำเนินการกระบวนการย้อมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที สัดส่วนระหว่างวัสดุและสารละลายที่ใช้ในการ ย้อมอยู่ที่ 1:100 pH 3 ผลลัพธ์จากการทดลองได้แสดงในตารางที่ 4.13

การศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันรังสียูวีได้แสดงให้เห็นว่า ผลการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติการป้องกันรังสียูวีของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ปรากฏในตารางที่ 4.14 จากการทดลองพบว่าค่า UPF จะมากขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของสีมากขึ้น ผ้าไนลอนสีขาวที่ไม่ได้รับการย้อมสีไม่สามารถป้องกันรังสียูวี โดยมีค่า UPF เท่ากับ 14.08 ส่วนตัวอย่างของผ้าไนลอนที่ย้อมสีโดยไม่ใช้มอร์แดนท์โลหะและใช้ค่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันนั้น ค่า UPF ที่สามารถวัดได้มีค่าตั้งแต่ 74.90 ถึง 87.34 ซึ่งถือว่าที่ระดับดีเยี่ยม เพราะค่า UPF สูงกว่า 40 จากการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสารโดยไม่มีการใช้มอร์แดนท์โลหะมีสมบัติในการป้องกันรังสียูวีอย่างมีคุณภาพ นอกจากนี้เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้ผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้าสามารถปกป้องจากรังสีได้ ก็คือมีสารละลายที่ได้จากการสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้า ซึ่งสามารถดูดซับรังสียูวีในช่วงคลื่นที่มีความยาวจาก 200 ถึง 400 นาโนเมตร ซึ่งสามารถสังเกตได้จากภาพที่ 4.1

จากข้อมูลค่าการป้องกันรังสียูวี (UPF) ในตารางที่ 4.13 สังเกตได้ว่ามอร์แดนท์โลหะทั้งหมดที่ได้รับจากการทดลองในงานนี้ทำให้ค่าการป้องกันรังสียูวีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไนลอนที่มีการย้อมสีโดยไม่ใช้มอร์แดนท์ การศึกษาายังแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างผ้าไนลอนที่ได้รับการย้อมด้วยความเข้มข้นของสีจากสารสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้าสูงกว่าจะมีค่าการป้องกันรังสียูวี (UPF) ที่สูงขึ้น เช่น ค่า UPF ของผ้าที่ย้อมด้วยสารสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้าและใช้มอร์แดนท์สารส้มที่มีความเข้มข้นของสีย้อม 5 กรัมต่อลิตร จะมีค่าเท่ากับ 72.60 และจะเพิ่มขึ้นเป็นมากกว่า 87.30 เมื่อความเข้มข้นของสีย้อมเพิ่มขึ้นเป็น 50 % o.w.f.

ค่าความเข้มของสี (K/S) ในผ้าไนลอนที่ได้รับการย้อม ซึ่งเป็นดัชนีวัดระดับสี ที่บอกค่าความเข้มสีที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า UPF สูงขึ้นเช่นกัน อย่างเช่น ในการศึกษาผ้าไนลอนที่ถูกย้อมด้วยสารสกัดจากเปลือกของกล้วยน้ำว้าโดยการใส่มอร์แดนท์จุนสี ค่าความเข้มสี (K/S) เพิ่มขึ้นจาก 0.62 เป็น 1.56 และค่า UPF เพิ่มขึ้นจาก 80.70 เป็น 88.10

ดังนั้นจึงสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าผลลัพธ์เหล่านี้แสดงความสอดคล้องกับข้อมูลที่รายงานก่อนหน้านี้โดย Sarkar ซึ่งได้ชี้ให้เห็นว่าผ้าฝ้ายในสีอ่อนนั้นมีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสี UV น้อยกว่า ผลการวิจัยของ Sarkar ยังระบุว่าการใช้สารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้นสูงจะมีค่า UPF สูงกว่าที่ได้จากสารละลายที่ความเข้มข้นต่ำ นอกจากนี้ ผลจากการศึกษานี้ตรงกับงานวิจัยของ Gies และคณะ [47] และ Wilson และคณะ [48] ซึ่งระบุว่าการย้อมผ้าในเฉดสีที่เข้มและสีที่มีดำนช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทำให้คุณสมบัติในการป้องกันรังสี UV ของผ้า ดังนั้น แม้ว่าการศึกษาของ Gies และคณะ [47] และ Wilson และคณะ [48] จะทำการทดลองด้วยสีย้อมสังเคราะห์ก็ตาม โดยข้อสรุปของ Gies และ Wilson มีความสอดคล้องกับการใช้สีย้อมจากธรรมชาติ จากนั้น ยังมีงานวิจัยของ Feng และคณะ [50] และ Mongkholrattanasit และคณะ [51] ที่แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติในการป้องกันรังสียูวีของผ้าที่ถูกย้อมสี ด้วยสีย้อมธรรมชาติและใช้มอร์แดนท์โลหะ มีความสามารถในการปกป้องผิวจากรังสียูวี จากดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ตารางที่ 4.13 ความสามารถในการป้องกันรังสียูวี (ultraviolet protection factor: UPF) และระดับการป้องกันรังสียูวี (UV protection class) ของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว่าที่ความเข้มข้นต่างกันด้วยวิธีทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสี

ความเข้มข้นของสีย้อม (% o.w.f.)	สารมอร์แดนท์ (ความเข้มข้น)	ค่า UPF	ระดับการป้องกัน รังสียูวี	ค่า K/S
ผ้าไม่ผ่านการย้อมสี	-	14.02	ไม่สามารถ ป้องกัน	0.05
5	ไม่ใส่สารมอร์แดนท์ (without mordant)	74.90	ดีเยี่ยม	0.65
10		84.10	ดีเยี่ยม	0.72
30		86.4	ดีเยี่ยม	1.25
50		87.3	ดีเยี่ยม	1.62
5	สารส้ม $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (10 กรัม/ลิตร)	72.60	ดีเยี่ยม	0.84
10		78.0	ดีเยี่ยม	1.23
30		82.30	ดีเยี่ยม	1.30
50		87.30	ดีเยี่ยม	1.54
5	จุนสี $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (10 กรัม/ลิตร)	80.70	ดีเยี่ยม	0.67
10		83.10	ดีเยี่ยม	0.72
30		85.10	ดีเยี่ยม	1.28
50		88.10	ดีเยี่ยม	1.56
5	สนิมเหล็ก $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (10 กรัม/ลิตร)	84.50	ดีเยี่ยม	1.01
10		85.90	ดีเยี่ยม	1.49
30		87.50	ดีเยี่ยม	1.55
50		90.40	ดีเยี่ยม	1.62
5	สแตนนัสคลอไรด์ $\text{SnCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (10 กรัม/ลิตร)	81.10	ดีเยี่ยม	0.75
10		83.70	ดีเยี่ยม	0.76
30		85.00	ดีเยี่ยม	1.33
50		86.90	ดีเยี่ยม	1.46

4.10 ทดสอบสมบัติความคงทนของสี (colour fastness)

การศึกษาความคงทนของสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกล้วย น้ำว่า ดำเนินการโดยนำผ้าในลอนมาย้อมสีที่ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม 50% o.w.f. และใช้ มอร์แดนต์ที่ความเข้มข้น 10% o.w.f. อุณหภูมิการย้อม 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH 3 ใช้ อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อมที่ 1:100 และใช้เทคนิคการทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting) และหลังการย้อมสี (post-mordanting) เป็นตัวแทนการทดสอบความคงทนของสีในเรื่องความคงทนของสีต่อการซักล้าง (colorfastness to washing) มาตรฐาน AATCC 61-2013 ความคงทนของสีต่อน้ำ (colorfastness to water) มาตรฐาน AATCC 107-2013 ความคงทนของสีต่อเหงื่อเทียม(สภาวะกรด) (colorfastness to perspiration) มาตรฐาน AATCC 15-2013 ความคงทนของสีต่อการขัดถู (colorfastness to crocking) มาตรฐาน AATCC 8-2016 และการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (colour fastness to artificial light: xenon arc fading lamp test) มาตรฐาน ISO 105-B02: 1994 ผลการศึกษามีดังนี้

4.10.1 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (colorfastness to washing) มาตรฐาน AATCC 61-2013

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที ปรากฏดังตารางที่ 4.14 จากตารางที่ 4.14 พบว่าผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าในลอนย้อมสีด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว่าโดยไม่ใช้มอร์แดนต์มีค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (Color change) อยู่ในระดับปานกลาง (3) และมีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี (Color staining) อยู่ในระดับดีมาก (5) ในขณะที่ผ้าในลอนย้อมสีที่ผ่านการทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อม (pre-mordanting) โดยใช้สารส้ม และจุลินทรีย์เป็นสารมอร์แดนต์ พบว่าค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี อยู่ในระดับปานกลางถึงดี (3-4) แต่ถ้าใช้สนิมเหล็กหรือสแตนนัสคลอไรด์เป็นสารมอร์แดนต์พบว่ามีค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี อยู่ในระดับ ดีถึงดีมาก (4-5) และมีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี อยู่ในระดับ ดีมาก (5)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าผ้าในลอนย้อมสีด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว่าและทำมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting) และทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting) ผ้าในลอน ค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (color change) อยู่ในระดับดี (4) และมีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี (color staining) อยู่ในระดับดีมาก (5)

4.10.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (colorfastness to water) มาตรฐาน AATCC 107-2013

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมง ปรากฏดังตารางที่ 4.15 จากตารางที่ 4.15 พบว่า ผ้าไนลอนย้อมสีโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ และใช้มอร์แดนต์ทั้งสามสภาวะ มีค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (color change) อยู่ในระดับดี ถึงดีมาก (4-5) และมีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี (color staining) อยู่ในระดับดีมาก (5)

4.10.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อเทียม (colorfastness to perspiration) มาตรฐาน AATCC 15-2013

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อเทียมในสภาวะกรด (pH 4.5) ที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ปรากฏดังตารางที่ 4.16 จากตารางที่ 4.16 พบว่าผ้า ไนลอนที่ย้อมสีจากเปลือกปลิกล้วยน้ำว่าโดยไม่ใช้มอร์แดนต์และใช้มอร์แดนต์ประเภทสารส้มและ จุนสีสำหรับการทำมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting) มีค่าความคงทนต่อการ เปลี่ยนแปลงสี (color change) อยู่ในระดับปานกลาง (3) และมีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีอยู่ ในระดับดีมาก (5) อย่างไรก็ตามผ้าไนลอนที่ย้อมสีและใช้มอร์แดนต์ชนิดสนิมเหล็ก และ สแตนเลสคลอไรด์สำหรับการทำมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting) ตลอดจนผ้าไนลอน ที่ย้อมสีและใช้มอร์แดนต์ในสภาวะการทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) และสภาวะ การทำมอร์แดนต์หลังการย้อมสี (post-mordanting) พบว่ามีค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของ สี (color change) อยู่ในระดับดี (4) และมีค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีอยู่ในระดับดีมาก (5)

4.10.4 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Colorfastness to crocking) มาตรฐาน AATCC 8-2016

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสารละลาย สีย้อมจากเปลือกปลิกล้วยน้ำว่าโดยใช้และไม่ใช้มอร์แดนต์ปรากฏตารางที่ 4.17 จากตารางที่ 4.17 พบว่าค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี (color staining) ทั้งในสภาวะแห้ง และเปียก มีค่าอยู่ใน ระดับดีถึงดีมาก (4-5)

4.10.5 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (colour fastness to artificial light: xenon arc fading and test) มาตรฐาน ISO 105-B20: 1994

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม บนผ้าไนลอนที่ย้อมด้วย สารละลายสีย้อมจากเปลือกปลิกล้วยน้ำว่าทั้งใช้และไม่ใช้มอร์แดนต์ปรากฏดังตารางที่ 4.17 จาก ตารางพบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (colour change) ต่อแสงของผ้าย้อมสีที่ไม่ใช้ มอร์แดนต์มีค่าอยู่ในระดับคุณภาพต่ำมาก (1)

ผ้าไนลอนที่ย้อมสีและผ่านการทำมอร์แดนต์ก่อนการย้อม (pre-mordanting) ด้วยสารส้ม และสนิมเหล็ก มีความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับพอใช้ (3) อย่างไรก็ตามถ้าใช้จุนสีและ สแตนเลสคลอไรด์ ผ้าไนลอนจะมีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ คุณภาพต่ำ (2) ผ้าไนลอนที่

ทำมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี (meta-mordanting) ด้วยสารส้ม และสแตนนัสคลอไรด์ มีค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับคุณภาพต่ำ (2) แต่ถ้าใช้ จุนสี และสนิมเหล็ก เป็นสารมอร์แดนท์ จะให้ค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับพอใช้ (3) ผ้าไนลอนที่ทำมอร์แดนท์หลังการย้อมสีด้วยสารส้ม จุนสี และสนิมเหล็ก มีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับพอใช้ (3) แต่ถ้าใช้สแตนนัสคลอไรด์เป็นสารมอร์แดนท์จะให้ค่า ความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับคุณภาพต่ำ (2)

จากผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมจะ ทราบว่า ผ้าไนลอนที่ผ่านการย้อมสีจากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ ทั้งก่อนการทำมอร์แดนท์ ทำมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี และทำมอร์แดนท์การย้อมสีหลังย้อม มีความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำถึงพอใช้ (2-3)

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (colorfastness to washing)
มาตรฐาน AATCC 61-2013

การทำมอร์แดนท์ และสารมอร์แดนท์	ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (color change)	ค่าความคงทนต่อการติดเบื่อนสี (color staining)					
		แอซิเตด	ฝ้าย	ไนลอน	ไหม	เรยอน	ขนสัตว์
ไม่ใช้มอร์แดนท์	3	5	5	5	5	5	5
ก่อนการย้อมสี							
สารส้ม	3-4	5	5	5	5	5	5
จุนสี	3-4	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4-5	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4-5	5	5	5	5	5	5
พร้อมการย้อมสี							
สารส้ม	4	5	5	5	5	5	5
จุนสี	4	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4-5	5	5	5	5	5	5
หลังการย้อมสี							
สารส้ม	4	5	5	5	5	5	5
จุนสี	4	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4	5	5	5	5	5	5
หมายเหตุ: อ่านค่า ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก ระดับ 2 = คุณภาพต่ำ ระดับ 3 = ปานกลาง ระดับ 4 = ดี ระดับ5 = ดีมาก							

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ (colorfastness to water) มาตรฐาน AATCC 107-2013

การทำมอร์แดนท์ และสารมอร์แดนท์	ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (color change)	ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี (color staining)					
		แอซิเตด	ฝ้าย	ไนลอน	ไหม	เรยอน	ขนสัตว์
ไม่ใช้มอร์แดนท์	4-5	5	5	5	5	5	5
ก่อนการย้อมสี							
สารส้ม	4-5	5	5	5	5	5	5
จุนสี	4-5	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4-5	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4-5	5	5	5	5	5	5
พร้อมการย้อมสี							
สารส้ม	4-5	5	5	5	5	5	5
จุนสี	4-5	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4-5	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4-5	5	5	5	5	5	5
หลังการย้อมสี							
สารส้ม	4-5	5	5	5	5	5	5
จุนสี	4-5	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4-5	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4-5	5	5	5	5	5	5
หมายเหตุ: อ่านค่า ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก ระดับ 2 = คุณภาพต่ำ ระดับ 3 = ปานกลาง ระดับ 4 = ดี ระดับ 5 = ดีมาก							

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อเทียม (colorfastness to perspiration)
มาตรฐาน AATCC 15-2013

การทำมอร์แดนท์ และสารมอร์แดนท์	ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (color change)	ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี (color staining)					
		แอซิเทต	ฝ้าย	ไนลอน	ไหม	เรยอน	ขนสัตว์
ไม่ใช้มอร์แดนท์	3	5	5	5	5	5	5
ก่อนการย้อมสี							
สารส้ม	4	5	5	5	5	5	5
จุนสี	4	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4	5	5	5	5	5	5
พร้อมการย้อมสี							
สารส้ม	3	5	5	5	5	5	5
จุนสี	3	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4	5	5	5	5	5	5
หลังการย้อมสี							
สารส้ม	4	5	5	5	5	5	5
จุนสี	4	5	5	5	5	5	5
สนิมเหล็ก	4	5	5	5	5	5	5
สแตนนัสคลอไรด์	4	5	5	5	5	5	5
หมายเหตุ : อ่านค่า ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก ระดับ 2 = คุณภาพต่ำ ระดับ 3 = ปานกลาง ระดับ 4 = ดี ระดับ 5 = ดีมาก							

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบความคงทนของสี ต่อการขัดถู (colorfastness to crocking)
 มาตรฐาน AATCC 8-2016 และ การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม
 (colour fastness to artificial light: xenon arc fading and test) มาตรฐาน
 ISO 105-B20:1994

การทำมอร์แดนท์และสารมอร์แดนท์	ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสี (color staining)*		ค่าความคงทนต่อการ เปลี่ยนแปลงของสี (color change)**
	สถานะเปียก	สถานะแห้ง	
ไม่ใช้มอร์แดนท์	4-5	4-5	1
ก่อนการย้อมสี			
สารส้ม	4-5	4-5	3
จุนสี	4-5	4-5	2
สนิมเหล็ก	4-5	4-5	3
สแตนนัสคลอไรด์	4-5	4-5	2
พร้อมการย้อมสี			
สารส้ม	4-5	4-5	2
จุนสี	4-5	4-5	3
สนิมเหล็ก	4-5	4-5	3
สแตนนัสคลอไรด์	4-5	4-5	2
หลังการย้อมสี			
สารส้ม	4-5	4-5	3
จุนสี	4-5	4-5	3
สนิมเหล็ก	4-5	4-5	3
หมายเหตุ: * อ่านค่า ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก ระดับ 2 = คุณภาพต่ำ ระดับ 3 = ปานกลาง ระดับ 4 = ดี ระดับ 5 = ดีมาก			
หมายเหตุ: ** อ่านค่า ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก 2 = คุณภาพต่ำ 3 = พอใช้ 4 = ดีพอใช้ 5 = ดี 6 = ดีมาก 7 = ดีเยี่ยม 8 = ดีเลิศ			

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติการย้อมสีและความคงทนของเจดสีบนผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อม ที่วิเคราะห์สภาวะที่มีส่งผลต่อกระบวนการย้อมสี และสมบัติของผ้าไนลอน 6 ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ค่า pH ค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม ค่าความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ คุณสมบัติในการป้องกันรังสียูวี และค่าการทดสอบความคงทนของสี พบว่าอุณหภูมิในการย้อมที่ดีที่สุดคือ 90 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความเข้มข้นของสี (K/S) บนผ้าไนลอนจะเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ โครงสร้างพอลิเมอร์ของไนลอน 6 เปื่อยมากขึ้น และทำให้ โมเลกุลของสีย้อมแตกตัวได้ดีขึ้น จึงทำให้การดูดซับสีย้อมเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ผ้าไนลอน 6 ที่ผ่านการย้อมในอุณหภูมินี้ให้เจดสีน้ำตาลออกแดงและค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุด การย้อมผ้าไนลอน 6 ที่อุณหภูมิต่ำกว่า เช่น 30-50 องศาเซลเซียส ให้เจดสีครีมออกแดงเป็นเจดที่อ่อนกว่าและความเข้มสีต่ำกว่า เวลาในการย้อมที่ใช้จึงมีผลต่อความเข้มสีและเจดสีของผ้าไนลอน 6 ที่ย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าอย่างชัดเจน โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาการย้อมจาก 10 นาทีเป็น 60 นาที จึงทราบว่าความเข้มสี (K/S) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยที่เวลา 60 นาที จึงทราบว่าความเข้มสี (K/S) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยที่เวลา 60 นาที เจดสีที่ได้จะเป็นสีน้ำตาลออกแดง แสดงให้เห็นว่า การดูดซับของสีย้อมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการย้อม และเข้าสู่สมดุลที่ 60 นาที ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่า การยืดเวลาการย้อมสามารถเพิ่มโอกาสให้โมเลกุลของสีย้อมซึมซับเข้าสู่เส้นใยไนลอน 6 ได้ดีขึ้น เมื่อเวลาในการย้อมเพิ่มขึ้น ค่า L^* (มีค่าความสว่างของสี) ลดลง จึงหมายถึง สีบนผ้ามีความเข้มขึ้น แต่การย้อมในช่วงเวลาที่สั้นกว่าอาจทำให้สีที่ได้มีความเข้มต่ำ ลง ค่า pH ของสารละลายสีย้อมจึงส่งผลต่อการย้อมสีผ้าไนลอน 6 โดยค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการย้อมคือ pH 3 ซึ่งอยู่ในสภาวะความเป็นกรด เจดสีที่ได้สีน้ำตาลออกแดง สีสามารถติดเส้นใยได้ดีและให้สีที่เข้มที่สุด ในขณะที่ค่า pH ต่ำ (ต่ำกว่า 5) หมู่เอมีน ($-NH_2$) ในสายโซ่พอลิเอไมด์ของไนลอนจะมี ประจุบวก ซึ่งสามารถ ดึงดูดโมเลกุลของสีย้อมที่เป็นประจุลบ ได้ดี ทำให้สีติดบนผ้าไนลอนได้มากขึ้น และเมื่อ pH สูง (pH 7-11) ทำให้เจดสีที่ได้สีอ่อนมาก หรือแทบจะไม่ติดสี เนื่องจากเส้นใยไนลอนจะมี ประจุลบ ซึ่งจะ ผลักโมเลกุลของสีย้อมที่มีประจุลบ ส่งผลให้ การยึดเกาะของสีย้อมลดลง อัตราส่วนวัสดุต่อสารละลายสีย้อม (L:R) ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าไนลอน 6 คือ 1:100 เจดที่ได้สีน้ำตาลออกแดง ค่าความเข้มของสี (K/S) เพิ่มขึ้น

ตามอัตราส่วนของน้ำย้อม พบว่าเมื่อใช้อัตราส่วน 1:20 สีที่ติดบนผ้ามีความ ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากปริมาณน้ำย้อมไม่เพียงพอ ทำให้บางส่วนของผ้าได้รับน้ำย้อมน้อย แต่เมื่อใช้อัตราส่วน 1:40 – 1:100 สีที่ติดบนผ้ามี ความสม่ำเสมอมากขึ้น เนื่องจากการใช้อัตราส่วนของสีที่ถูกต้องมีความสำคัญต่อคุณภาพของโทนสีที่ยึดกับผ้าในลอน ความเข้มข้นของสีย้อมมีอิทธิพลต่อค่าความเข้มของสี (K/S) เนื่องจากค่าความเข้มของสีนั้นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม เมื่อความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10 – 50% o.w.f. ค่าความเข้มของสี (K/S) จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะมีการดูดซึมของสีย้อมที่เพิ่มขึ้นเข้าสู่เส้นใยในลอน ในความเข้มข้นระหว่าง 60 – 80% o.w.f. ค่าความเข้มของสี (K/S) จะอยู่ใกล้เคียงกัน ซึ่งบ่งชี้ว่าการย้อมสีในลอน 6 จะถึงจุดอิ่มตัว เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมตั้งแต่ 50% o.w.f. ขึ้นไป สีที่ติดบนผ้าในลอนจะแสดงโทนสีน้ำตาลผสมแดง ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจึงส่งผลต่อค่าความเข้มของสี แต่จะเห็นผลชัดเจนในช่วง 10 – 50% o.w.f. ในความเข้มข้นที่สูงกว่า 60% o.w.f. สีที่ปรากฏบนผ้าในลอนไม่ได้เข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเส้นใยในลอน 6 มีการดูดซับสีย้อมจนถึงจุดอิ่มตัว ส่งผลให้ค่าความเข้มของสี (K/S) สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 50% o.w.f. สำหรับความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ที่ใช้ในกระบวนการย้อมพบว่าเมื่อเพิ่มค่าความเข้มของสีและความคงทนของสี การทำมอร์แดนท์ก่อนทำการย้อม มีผลต่อค่าความเข้มของสี (K/S) โดยสารสีย้อมที่ใช้ เช่น สนิมเหล็กและจุนสี จะให้ค่าความเข้มสี (K/S) สูงที่สุด ขณะที่สารส้มและสแตนนัสคลอไรด์ จะให้ค่าความเข้มสี (K/S) ต่ำ เนื่องจากสนิมเหล็กและจุนสีมีความสามารถในการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนกับสีย้อมและยึดในเส้นใยในลอนได้ดี ส่งผลให้ค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้น ในขณะที่สารส้มและสแตนนัสคลอไรด์มีแนวโน้มที่จะสร้างพันธะที่แน่นหนากับสีย้อม แต่ไม่สามารถยึดกับเส้นใยได้ ทำให้การปฏิกิริยาของสีย้อมกับเส้นใยน้อยลง ส่งผลให้ค่าความเข้มของสีลดน้อยลง คุณสมบัติในการป้องกันรังสียูวีของผ้าในลอน 6 ที่ถูกย้อมด้วยสารสกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้า แสดงให้เห็นว่าค่า UPF ของผ้าในลอนที่ไม่มีการย้อมสีอยู่ที่ 14.08 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสียูวีต่ำ ผ้าในลอน 6 ที่ย้อมด้วยสารสกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันรังสียูวีได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม โดยค่า UPF ที่วัดได้อยู่ในช่วง 74.90 – 87.34 ซึ่งอยู่ในระดับ "ดีเยี่ยม" (ค่า UPF สูงกว่า 40) เนื่องจากมอร์แดนท์ที่มีส่วนผสมของโลหะสามารถเพิ่มค่า UPF ได้บ้าง แต่การย้อมสีโดยไม่ใช้มอร์แดนท์ก็สามารถให้ค่า UPF ที่อยู่ในระดับสูง ส่วนค่าความเข้มสี (K/S) ก็มีความสัมพันธ์กับค่า UPF หมายความว่าผ้าที่มีสีเข้มมากกว่าจะสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีกว่า การทดสอบความทนทานของสีในด้านต่าง ๆ เช่น การซักล้าง น้ำ เหงื่อ การขัดถู และแสงแดด ผ้าในลอน 6 ที่ย้อมด้วยสารสกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้า มีความทนทานในระดับปานกลางถึงดี โดยเฉพาะกับวิธีการทำมอร์แดนท์หลังการย้อม สีที่ยึดอยู่มีความทนทานต่อการขัดจางและการติดเปื้อนในระดับดีถึงดีมาก

จากการทดลองทั้งหมด สรุปว่า สีที่ได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้ามีความสามารถในการพัฒนาสีธรรมชาติที่มีคุณภาพดี เหมาะสมสำหรับการใช้ในด้านที่ย้อมสีธรรมชาติ โดยมีคุณสมบัติในการปกป้องจากรังสี UV ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงถือเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับการสร้างเสื้อผ้าที่สามารถป้องกันแสงแดด และยังเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับคนที่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดปริมาณขยะและเพิ่มคุณค่าให้กับวัสดุทางการเกษตร นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาคุณสมบัติพิเศษของสี เช่น การสกัดสารจากเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้เป็นสารกันรังสี UV ในเนื้อผ้า รวมถึงการด้านเชื้อจุลินทรีย์ในผ้า เพื่อสนับสนุนความยั่งยืนและเพิ่มมูลค่าในมุมมองทางธุรกิจ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาการใช้สารมอร์แดนต์ที่มีโลหะหนัก ที่ทำให้กระบวนการย้อมมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

5.2.2 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงเทคนิคการย้อมเพื่อตอบสนองต่อการผลิตในปริมาณมาก โดยการลดระยะเวลาในการย้อมและปริมาณน้ำที่ใช้ย้อม ซึ่งจะส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีกว่าและลดค่าใช้จ่าย

5.2.3 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารมอร์แดนต์ที่เป็นธรรมชาติมากขึ้น

5.2.4 ต้องการการวิเคราะห์เกี่ยวกับต้นทุนและศักยภาพทางเศรษฐกิจในการใช้สีย้อมจากเปลือกกล้วยน้ำว้าในภาคการค้า

5.2.5 แม้ว่าวิธีการสกัดสีจากเปลือกกล้วยน้ำว้าจะสร้างสีที่มีความคงทนในระดับปานกลางถึงดี แต่ยังคงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาต่อไป เช่น การใช้สารเติมแต่งสำหรับการย้อมหรือเทคนิคการตกแต่งหลังการย้อม เช่น การเคลือบเพื่อเพิ่มความคงทนต่อการซักและแสงแดด

5.2.6 ควรมีการทดลองใช้สารสกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นส่วนประกอบในเนื้อผ้า เพื่อมีความสามารถในการป้องกันรังสียูวีได้โดยไม่ต้องใช้กระบวนการย้อม

5.2.7 ควรศึกษาแนวโน้มตลาดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอด้วยการใช้สีย้อมจากธรรมชาติให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจด้านสิ่งแวดล้อม

5.2.8 ควรใช้สารมอร์แดนต์จุนสีหรือสนิมเหล็กในปริมาณที่น้อยลง เพราะอาจมีการห้ามใช้สารในบางประเทศ

จากข้อเสนอต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึง สามารถนำไปสู่การพัฒนางานวิจัยเพื่อเสริมสร้างศักยภาพการใช้สีย้อมจากธรรมชาติในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ทั้งในด้านคุณภาพ ความคงทน และการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ พร้อมทั้งแนะนำการใช้วัสดุจากธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพในแง่ของสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนในอนาคตของอุตสาหกรรมสิ่งทอ

บรรณานุกรม

- [1] กรมส่งเสริมการเกษตร, (15 กรกฎาคม 2566). พื้นที่เพาะปลูกกล้วยน้ำว้า (ออนไลน์) , 2566, Available :www.doae.go.th.
- [2] จันทกานต์ นุชสุข. (2561). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่กล้วยน้ำว้า และ กล้วยหอม. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์, 10(12), 1-10.
- [3] ดวงพร อมรเลิศพิศาล รัตนภรณ์ จันทร์ทิพย์ และอุเทน จำใจ. (2559). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและ สารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากชาปลีกล้วย. ในรายงานการประชุมวิชาการวิจัยและ นวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 3. (น. 47-59). เชียงราย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา.
- [4] อายุวรรณ เวชศาสตร์. (2559). สืบค้นข้อมูล 18 กรกฎาคม 2566, ออนไลน์ <https://sukkaphap-d.com>
- [5] ขวัญฤทัย คำขาวและเตือนใจ สามห้วย. (2535). สีธรรมชาติจะก้าวไกลถ้าสรรใช้เทคโนโลยี. วารสารคหกรรมเศรษฐศาสตร์, 30, 106-115.
- [6] เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. (2534). เคมีของสีธรรมชาติและ การย้อม. วารสารวิทยาศาสตร์, 16, 155-161.
- [7] การย้อมสีธรรมชาติ. (ม.ป.ป.). วันที่สืบค้นข้อมูล 18 กรกฎาคม 2566, ออนไลน์ <http://www.pirun.ku.ac.th>
- [8] D. Green. (1972). *Fabric Printing and Dyeing*, Norwich: Fletcher & Son Ltd,
- [9] G. Foreday. (2003). *Natural Dyes*, The British Museum Press London,
- [10] วรณ ตอนชัย. (2548). *ความรู้เรื่องสีย้อมธรรมชาติ*. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีเชียงใหม่:มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [11] อัจฉราพร ไสละสุต. (2517). *คู่มือการย้อมสี*. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต.
- [12] H. Lub. (1972). *The Chemistry of Synthesis Dyes and Pigments*. Holt, New York: RinchartAnd Winston Inc.
- [13] V. Tyrone. (1994). *Textile Processing and Properties*, Netherlands: Elsevier.
- [14] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. (2542). *วิทยาศาสตร์เส้นใย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

- [15] Joseph, Marjory L. (1986). **Introductory textile science. (Polyamide fibers: Nylon Aramid)**
- [16] นวนแข ปาลิวนิช. (2536). **ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย**. (พิมพ์ครั้งที่ 3) .กรุงเทพฯ:ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี้พับบลิชซิง.
- [17] American Association of Textile Chemist and Colorists (AATCC). (2012). **Technical Manual: Volume 87**. North Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists.
- [18] รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์. (2567). **เอกสารคำสอน รหัสวิชา TF2022212 การวิเคราะห์และทดสอบสิ่งทอ**. คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [19] การวัดค่าของสี (L^* , a^* , b^*). (ม.ป.ป.). วันที่สืบค้นข้อมูล 25 กรกฎาคม 2566, ออนไลน์ <http://home.science.swu.ac.th/Portals/173/KM/KM25555/color.pdf>
- [20] สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. (2553). **การทดสอบสิ่งทอสมบัติพิเศษ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พรินท์ จำกัด.
- [21] รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์. (2549). **วิธีการทดสอบความคงทนของสีย้อมสิ่งทอตามมาตรฐาน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [22] สุภาพ ฐการ. (2545). **การย้อมไหมด้วยสีจากใบกล้วย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง).
- [23] ชัยวัฒน์ แก้วคล้ายจรศิริ, และประทับใจ สิกขา. (2012).การศึกษากระบวนการฝ้าย้อมครามโดยใช้ยาง กล้วยน้ำว้าดิบเป็นสารช่วยติด. วารสารวิชาการ AJNU ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 3(1) ,105-113.
- [24] รังสรรค์ จรอนันต์. (2558). **การย้อมผ้าไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ.**, (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- [25] ดร.ณิ สมมุติ. (2564). **การย้อมสีธรรมชาติจากเปลือกประดู่บนผ้าไหมวิธีสำหรับการป้องกันรังสียูวี**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- [26] อ้อยทิพย์ ผู้พัฒน์. (2552). **สิ่งทอกับการป้องกันรังสียูวีกรณีศึกษาในผ้าฝ้าย้อมคราม**, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก <http://www.resarch.mutt.ac.th>
- [27] Huseyin, B., & Bahtiyari, M. I. (2023). Providing UV protection features for woolen fabric using buckthorn dye. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2143978.

- [28] รสริน ตานานธรา. (2564). นวัตกรรมผ้าทอป้องกันรังสีวีโดยการประสานเส้นใยกล้วยกับเส้นใยเกล็ดปลาทะเล.,(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศิลป์,มหาวิทยาลัยศิลปากร) .
- [29] รัตนพล มงคลรัตนาสี. (2556). การย้อมสีจากสีย้อมธรรมชาติบนผ้าไหมเพื่อป้องกันรังสีวี. **Colourway**, 17(96), 22-25.
- [30] อัญชลี จันทน์ปรีชาชัย และ วิภาพรรณ จันทน์ปรีชาชัย. (2011). การศึกษาสมบัติการป้องกันรังสียูวีของสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากฝาง,แก่นขนุน,ขี้เหล็ก.โครงการระดับปริญญาตรี,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร)
- [31] Ramakrishna, S.& Yashwanth, M.B. (2022). Comprehensive review on Banana Bract. **International Journal of Novel Research and Development**, 7(9), 1017-1029.
- [32] Pazmiño-Durán, E. A., Giusti, M. M., Wrolstad, R. E., & Glória, M. B. A. (2001). Anthocyanins from banana bracts (*Musa X paradisiaca*) as potential food colorants. **Food chemistry**, 73(3), 327-332.
- [32] Begum, Y. A. & Deka, S. C. (2017). Stability of spray-dried microencapsulated anthocyanins extracted from culinary banana bract. **International Journal of Food Properties**, 20(12), 3135-3148.
- [33] Mongkhlorattanasit, R., Klaichoi, C., & Rungruangkitkrai, N. (2021). Reactive dye printing on cotton fabric using modified starch of wild taro corms as a new thickening agent. **Cellulose Chemistry and Technology**, 55(9-10), 1119-1129.
- [34] Mongkhlorattanasit, R., Klaichoi, C., & Rungruangkitkrai, N. (2022). Printing silk fabric with acid dye using a new thickening agent. **Journal of Natural Fibers**, 19(15), 10802-10812.
- [35] Mongkhlorattanasit, R., Klaichoi, C., Rungruangkitkrai, N., Vuthiganond, N., & Nakpathom, M. (2022). Eco-printing on cotton fabric with natural indigo dye using wild taro corms as a new thickening agent. **Journal of Natural Fibers**, 19(13), 5435-5450.
- [37] Ahmed, N.; Nassar, S.; El-Shishtawy, R.M. (2020). Novel green coloration of cotton fabric. Part I: Bio-mordanting and dyeing characteristics of cotton fabrics with madder, Alkanet, Rhubarb and Curcumin Natural Dyes. **Egyptian Journal of Chemistry**, 63(5), 1605-1617.

- [38] Mirnezhad, S.; Safapour, S.; Sadeghi-Kiakhani, M. (2017). Dual-mode adsorption of cochineal natural dye on wool fibers: Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies. **Fibers and Polymers**, **18**(6), 1134-1145.
- [39] Ghaheh, F. S.; Haji, A., & Daneshvar, E. (2023). Sustainable dyeing process for nylon 6 fabrics by rhubarb flower using different Bio-mordants. **Sustainability**, **15** (12), 9232.
- [40] Bukhari, M. N., Rather, L. J., Shabbir, M., Singh, U., Khan, M. A., & Mohammad, F. (2019). Dyeing of wool with anthraquinone based natural colorants from Cassia fistula fruit. **Journal of Natural Fibers**.**16** (1), 855-865.
- [41] Bhattacharya, S. D., & Shah, A. K. (2000). Metal ion effect on dyeing of wool fabric with catechu. **Coloration Technology**, **116**(1), 10-12.
- [42] Shin, Y. S., & Lee, S. H. (2006). Natural dyeing of hair using juglone. **Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles**, **30**(12), 1708-1713.
- [43] Mongkhlorattanasit, R., Kryštof, J., and Wiener, J. (2010). Dyeing and fastness properties of natural dye extracted from eucalyptus leaves using padding techniques. **Fibers and Polymers**. **11** (3), 346-350.
- [44] Falowo, T. T., Ejidike, I. P., Lajide, L., & Clayton, H. S. (2021). Polyphenolic content of Musa acuminata and Musa paradisiaca bracts: Chemical composition, antioxidant and antimicrobial potentials. **Biomedical and Pharmacology Journal**, **14**(4), 1767-1780.
- [45] Vankar, P.S. (2007). **Handbook on Natural Dyes for Industrial Applications**. Delhi, National Institute of Industrial Research.
- [46] Sarkar, A.K. (2004). An evaluation of UV protection imparted by cotton fabric dyed with natural colorants, **BMC Dermatology**, **4**(15), 1-8.
- [47] Gies, P.H., Roy, C.R., & Holmes, G. (2000). Ultraviolet radiation protection by clothing: Comparison of in vivo and in vitro measurements. **Radiation Protection Dosimetry**, **91**(1-3), 247-250
- [48] Wilson, C.A., Gies, P.H., Niven, B.E., McLennan, A., & Bevin, N.K. (2008). The relationship between UV transmittance and color visual description and instrumental measurement. **Textile Research Journal**, **78**(2), 128-137.

- [49] Feng, X.X., Zhang, L.L, Chen, J.Y., & Zhang, J.C. (2007). New insights into solar UV-protectives of natural dye. **Journal of Cleaner Production**, 15(4), 366–372.
- [50] Mongkholrattanasit, R., Kryštof, J., Wiener, J., & Víková, M. (2011). UV protection properties of silk fabric dyed with eucalyptus leaf extract. **The Journal of The Textile Institute**, 102(3), 272-279.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
เอกสารการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือระดับนานาชาติ





ฝ่ายวิชาการและวิจัย

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

เลขที่ 205 ม.10 ต.แร่ อ.พังโคน จ.สกลนคร

โทรศัพท์ 042771450, 042771460

<https://www.facebook.com/fnrsakon> https://natres.skcmu.ac.th/?page_id=2880



สารบัญ

2. กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ต่อ)

	หน้า
2ST-001PT Preparation of nanochitosan with silica composite its application in removing of methylene blue from aqueous solutions T. Makhin*, Y. Rattanathum, P. Armatpon, T. Upanan, N. Srikoen, A. Makhin and M. Thachalee*	388-397
2ST-002PT การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงจากเศษวัสดุชีวมวลในท้องถิ่นจังหวัดสกลนคร เอกพร ธรรมยศ* วุฒิชัย รสชาติ เทพกร สีสานต์ สันติ ผิวม่วง บุญเต็ม มณีรัตน์ นิรันดร์ สีสานต์ อมรัตน์ แห่งทอง ปรีชา มูลสิน และวิรัช พรหมารักษ์	398-399
2ST-003PT การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษเป่าจากผ้าในลอน 66 พิมพ์ด้วยสีผงจากเปลือกฝักสะตอ ธีรภัทร์ ปัญญาเพียร* รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์ และสมชาย อุดร	400-409
2ST-004PT การศึกษามลพิษการย่อยสลายเส้นใยผสมระหว่างกัญชงและฝ้ายด้วยสีจากผลคอกเคาเทห์ ธัญลักษณ์ พรหมเมณี* รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์ และสมชาย อุดร	410-417
2ST-005PT การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของผ้าทอที่ผ่านการตกแต่งด้วย สารหน่วงไฟสำหรับการผลิตเสื้อผ้านักเรียน วุฒิพงษ์ ฐิติไพฑูริ* รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์ และสมชาย อุดร	418-426
2ST-006PT สมบัติความคงทนของสีบนผ้าในลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า หทัยทิพย์ ศรีชมภู* รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์ และสมชาย อุดร	427-436
2ST-007PT ชนิดของไบโอชาร์และปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยชะลอการปลดปล่อยไนโตรเจนและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 กานต์พิชชา ทองคำ* และกัญญา กองเงิน	437-445
2ST-008PT การวิเคราะห์เชิงคุณภาพสารแอนโดรกราโฟไลต์ในตัวอย่างยาฟ้าทะลายโจรต้องสงสัยด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโคปี ณัฐนิช สดาศะเดียง อภิชาติ เพ็งคำ กอบัว ไชยศิริมงคล และอภิชัย พลชัย*	446-454
2ST-009PT ผลของแหล่งน้ำตลิ่งต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไวน์ผลหม่อน เพชรลดา พลัฒ์พลิง จุฬาลักษณ์ ศรีสุภากรวิฑู นัฐิศา ปัทมา นรินทร์ โพธิ์ดอกไม้ กรรณิการ์ สมบุญ วัชร ศรีสำราญ วิวัฒน์ ศรีวิชา หทัยรัตน์ หอมไกรลาศ และ พรประภา ขุนถนอม*	455-463
2ST-010PT การสกัดสารสำคัญทางชีวภาพโดยวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยใช้ กรดไขมันชนิดเอทิลเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันพืช อมรัตน์ แห่งทอง* วุฒิชัย รสชาติ รัชนิ เจริญชัย กฤตญาณิ รัศมีแก้ว และจาวรรณ ผาสุขี	464-465



ภาคบรรยาย
กลุ่มที่ 2

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สมบัติความคงทนของสีบนผ้าไนลอนย้อมด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า Color fastness properties on nylon fabric dyed with banana bract

หทัยทิพย์ ศรีชมภู^{1*}, รัตนพล มงคลรัตนาสิต¹ และสมชาย อุดร²
Hathaitip Srichompoo^{1*}, Rattanaphol Mongkhorrattanasit², and Somchai Udon²

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่มและแฟชั่น คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹ Division of Textile, Clothing and Fashion Technology, Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

³ Division of Textile Technology, Faculty of Textile Industry, Rajamangala University of Technology Krungthep
Corresponding author: hathaitip-sr@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกปลีกล้วยน้ำว้าเป็นแหล่งสีธรรมชาติสำหรับการย้อมผ้าไนลอน 6 โดยเน้นการพัฒนาคุณสมบัติความคงทนของสีเมื่อผ่านการทำมอร์แดนท์ การทดลองได้ใช้ผ้าไนลอน 6 เป็นวัสดุหลักในการทดสอบ และเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า จากจังหวัดนครปฐม เป็นแหล่งสกัดสี กระบวนการย้อมสีได้ทดสอบกับมอร์แดนท์ชนิดต่างๆ ได้แก่ สารส้ม จุนสี สนิมเหล็ก และสแตนนัสคลอไรด์ ในความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลต่อความเข้มสี (K/S) และค่าความคงทนของสีต่อการซักล้าง การขัดถู และแสงแดด ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมและชนิดของมอร์แดนท์มีผลต่อความเข้มสีและเกรดสีของผ้า รวมถึงความคงทนของสีที่ดีขึ้นเมื่อใช้สารมอร์แดนท์ โดยเฉพาะสนิมเหล็กและสารส้ม ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมสีของสีและเพิ่มความคงทนในระดับที่ดีเยี่ยม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าในฐานะวัสดุย้อมสีธรรมชาติที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้

คำสำคัญ: เปลือกปลีกล้วย, ไนลอน, สีธรรมชาติ, สารมอร์แดนท์, ความคงทนของสี

Abstract

This research investigates the feasibility of using banana bracts as a natural dye source for nylon 6 fabric, focusing on enhancing color fastness properties through mordanting. Nylon 6 fabric was used as the primary material, and banana bracts from Nakhon Pathom Province served as the dye source. The dyeing process involved testing various mordants, including alum, copper sulfate, ferrous sulfate, and stannous chloride, with different dye solution concentrations to examine their effects on color strength (K/S) and color fastness to washing, rubbing, and light exposure. The results indicated that the concentration of the dye solution and the type of mordant significantly influenced the fabric's color intensity, shade, and fastness. Notably, ferrous sulfate and alum were found to enhance dye adherence and improve color fastness to washing and rubbing, achieving levels rated as good to very good. This study highlights the potential of banana bracts as an eco-friendly natural dye source that can mitigate environmental impacts while adding value to agricultural waste.

Keywords: Banana bract, Nylon, Natural dye, Mordant, Colour fastness

1. บทนำ

ปัจจุบันจะพบเห็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยสังเคราะห์ โดยเฉพาะไนลอน 6 (nylon 6) หรือพอลิเอไมด์ 6 (polyamide 6) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ด้วยสมบัติเด่น เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความนุ่มนวล และการระบายอากาศที่ดี นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ชุดกีฬา ชุดนอน ถุงเท้า และชุดลำลอง ซึ่งมักใช้สีย้อมสังเคราะห์ เช่น สีย้อมซิดและสีย้อมทอลคอมเพล็กซ์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสารเคมีหรือโลหะหนักในกระบวนการย้อมและน้ำทิ้งจากการย้อมสี การย้อมสีไนลอน 6 มักใช้สีย้อมสังเคราะห์ เช่น สีย้อมซิด (acid dyes) และสีย้อมทอลคอมเพล็กซ์ (metal complex dyes) เนื่องจากโครงสร้างของไนลอน 6 มีหมู่อะมิโน (-NH₂ group) ซึ่งช่วยให้ติดสีได้ดี อย่างไรก็ตาม กระบวนการย้อมสีสังเคราะห์มีความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีสารเคมีและโลหะหนัก เช่น ปรีทและตะกั่ว รวมถึงไอระเหยจากสารเคมีและน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมที่อาจก่อมลพิษได้ในระยะยาว (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2566)

ปัจจุบันการใช้สิ่งทอที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากสีย้อมธรรมชาติมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เช่น สีสวย เย็นตา และไม่ดูดซับเหมือนสีย้อมสังเคราะห์ โดยทั่วไปมักใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย ลินิน และเรยอน หรือเส้นใยโปรตีน ซึ่งไนลอน 6 มีโครงสร้างคล้ายเส้นใยโปรตีน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดศึกษาเทคนิคการย้อมไนลอน 6 ด้วยสีย้อมธรรมชาติจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ปลีกกล้วยน้ำว้า เพื่อนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มและลดของเหลือทิ้งทางการเกษตร เพราะในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยประมาณ 481,639 ไร่ โดยปลูกกล้วยน้ำว้ามากที่สุด 328,456 ไร่ ตามด้วยกล้วยไข่ 63,233 ไร่ กล้วยหอม 62,525 ไร่ และกล้วยอื่น ๆ 27,425 ไร่ โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) เนื่องจากมีผลผลิตปลีกกล้วยน้ำว้าจำนวนมากที่ถูกตัดทิ้งหรือขายในราคาถูก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ ปลีกกล้วยน้ำว้า มาใช้ในการย้อมสีผ้าไนลอน 6 เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้ง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ได้แก่ ใช้ผ้าในลอน 6 ผลิตภัณฑ์พามาซซ์ โครงสร้างผ้าถัก (knitted fabric) น้ำหนักผ้า 169.14 กรัมต่อตารางเมตร และมีความหนาของผ้า 0.32 มิลลิเมตร ทดสอบความหนาของผ้า และน้ำหนักของผ้าตรงตามมาตรฐาน ASTM D3775-98, ISO 5084-1996 และ ISO 3801-1997 รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์ และณัฐณีย์ รุ่งเรืองกิจไกร (2559) วัสดุสำหรับสีกัดสีย้อม คือ เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า จาก จังหวัดนครปฐม สารเคมี ในการทำมอร์แดนท์ 4 ชนิด มีคุณภาพในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ สารส้ม ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), จุนสี (Cu_2SO_4), สนิมเหล็ก ($FeSO_4$) และสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) นอกจากนี้ ยังมีการใช้สารในการปรับค่า pH มีโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) และ กรดอะซิติก (Acetic acid) ใช้ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำย้อม และสารกันเชื้อรา (sodium azide) บริษัท สตราเทค เคมีคอล อินดัสเทรียล จำกัด (ประเทศไทย) เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการย้อม คือ เครื่องย้อมสีชนิดให้ความร้อนแบบอินฟราเรด STARLET DL-6000 (Starlet-3) สำหรับการย้อมสี ส่วนการวัดความเข้มของสารละลายสีย้อม เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น HALO DB-20 UV-VIS Double Beam Spectrophotometer) ส่วนการวัดความเข้มข้น (K/S) ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Colour XE, Hunter LAB.

2.2 การสีกัดสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า กระบวนการสีกัดสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า แกะเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าออกจากหัวปลี แล้วนำเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้ามาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำปกติ ทำการชั่งและคำนวณเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าเพื่อคำนวณอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ (L: R) เท่ากับ 1:5 (เปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร) แล้วต้มน้ำเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าให้เดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองเพื่อเอากากออก โดยใช้ผ้าสกรีนเบอร์ 150 T แล้วใส่สารกันเชื้อราโซเดียมเอไซด์ (sodium azide) ลงในสารสีกัดสีย้อม

2.3 การหาค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยการเตรียมผงสีจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และนำมาบดเพื่อเตรียมสารละลายสีย้อมที่มีความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตรโดยการชั่งผงสี 5 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร เพื่อเตรียมสารละลายในการวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงจะแสดงผลในลักษณะช่วงความยาวคลื่นแสง ทำการบันทึกค่าความยาวคลื่น ณ จุดที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด การเตรียมสารละลายสีย้อม 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำผงสีมาทำการชั่งและละลายในน้ำกลั่น จะเห็นสารละลายที่ค่อนข้างใส จากนั้นนำสารละลายสีย้อมมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ณ ช่วงที่มีความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มข้นและการดูดกลืนแสงที่จุดสูงสุดของการดูดกลืนแสง (สูงสุด) คำนวณจากกราฟมาตรฐานของความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมสารสีกัดเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่กล่าวถึง

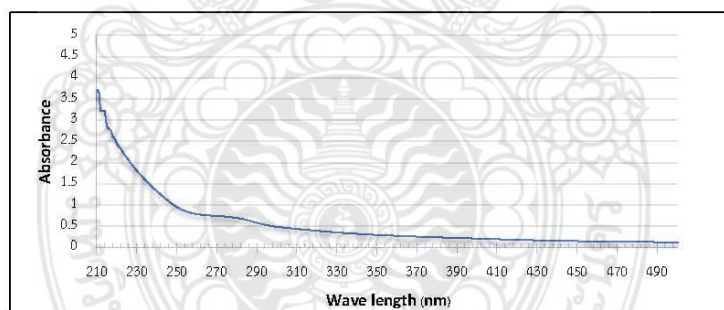
2.4 การศึกษาการย้อมสีบนผ้าในลอนด้วยสารละลายสีย้อมจากปลีกกล้วยน้ำว้า เพื่อศึกษาพฤติกรรมการทำมอร์แดนท์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่ต่างกัน สำหรับการย้อมสีผ้าในลอนด้วยเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า จากนั้นทำการศึกษามอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordant) โดยใช้สารมอร์แดนท์ 4 ชนิด ได้แก่ สารส้ม จุนสี สนิมเหล็ก และสแตนนัสคลอไรด์ (% o.w.f คือ ค่าความเข้มข้นของสารต่อวัสดุ) ในความเข้มข้นสารละลายสีย้อมที่ 5, 10, 30 และ 50 % o.w.f. และความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นคงที่ 10% o.w.f. สำหรับวิธีการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี นำผ้าในลอน 6 แขนในสารมอร์แดนท์แต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ก่อนการย้อมสี กระบวนการย้อมสีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาใน

การย้อม 60 นาที ค่า pH 3 น้ำย้อม และอัตราส่วน 1:100 หลังจากกระบวนการย้อมสีแล้วผ้าจะถูกล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ก่อนนำไปตากให้แห้งในอากาศ ผลที่ได้จากการย้อมสีนำมาประเมินความเข้มสี (K/S) และค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

2.5 การทดสอบความคงทนของสีผ้าในลอนย้อมด้วยสีย้อมจากเปลือกกล้วยน้ำว้า เพื่อประเมินประสิทธิภาพการย้อมสี และคุณภาพของกระบวนการทำออร์แกนิกก่อนการย้อมสีผ้าในลอน 6 โดยดำเนินการเลือกสภาวะการย้อมสีด้วยความเข้มข้นของสี 50% o.w.f. และใช้สารมอร์แดนท์ในปริมาณ 10% o.w.f. มาทำการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อการซักล้าง ตามมาตรฐาน มาตรฐาน AATCC 61 AS 2001:4.15 โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ความคงทนของสีต่อการซักดู ตามมาตรฐาน AATCC 82016 ซึ่งทดสอบการซักผ้าขาวกับชิ้นทดสอบทั้งในสภาวะแห้ง และเปียกโดยผู้ผ้าขาวลงบนชิ้นทดสอบ โดยดูไปมา 10 ครั้งภายใน 10 วินาที ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 105-B02: 1994 (รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ์, 2549)

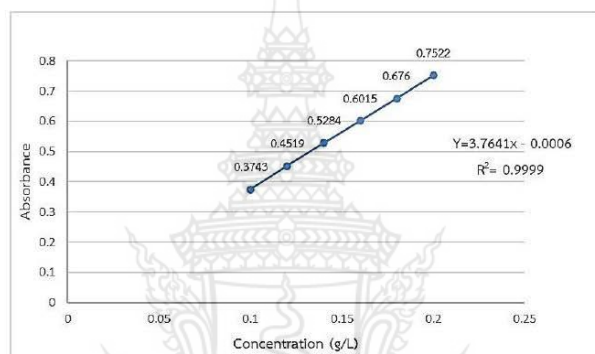
3. ผลการวิจัย

3.1 ผลของการหาค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกกล้วยน้ำว้าแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มข้น และค่าการดูดกลืนแสงที่จุดสูงสุด โดยพิจารณาจากสีที่เตรียมขึ้นมามีการดูดกลืนแสงอยู่ที่กิโลนาโนเมตร โดยดูจาก ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง ณ ความยาวคลื่นแสงสูงสุดที่ 270 นาโนเมตร ดังภาพที่ 3.1 จากภาพจะเห็นได้ว่ามีค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีธรรมชาติจากเปลือกกล้วยน้ำว้าอยู่ในช่วง 200 ถึง 750 นาโนเมตร ทั้งนี้จะเลือกค่าความคลื่นแสงที่ใกล้เคียงกับที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นได้



ภาพที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงกับช่วงความยาวคลื่นแสง (นาโนเมตร) ของสารละลายสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้า

จากผลของผลของการหาค่าการดูดกลืนแสงความเข้มข้นของสารละลายสีของสีจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าที่ได้จากการสกัด โดยค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารละลายสีย้อมทั้ง 6 ความเข้มข้น จากข้อมูลที่ได้แสดง ดังภาพที่ 3.2 สามารถนำข้อมูลมาสร้างกราฟ และใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยสร้างกราฟ โดยกำหนดให้แกน Y เป็นค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และส่วนแกน X เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายสี ย้อม เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณย้อนกลับจากสมการเชิงเส้นของกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน สารละลายสีย้อมมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.1362562 กรัมต่อลิตร เนื่องจากการทดลองทำการเจือจางสารละลายสี ย้อม 50 เท่า ($0.1362562 \times 50 = 4.90$) ดังนั้นน้ำสีที่สกัดจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้าจึงมีความเข้มข้นเท่ากับ 5 กรัมต่อลิตร หรือ $= (0.5 \%)$



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงต่อความเข้มข้นในสารละลายสีสกัดได้จากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า

3.2 ผลการศึกษาการย้อมสีผ้าในลอนด้วยสีจากเปลือกปลีกกล้วยน้ำว้า โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีที่แตกต่างกัน และใช้วิธีการต้มหรือแช่ก่อนการย้อม (pre-mordanting) ด้วยสารมอร์แดนท์ 4 ชนิด ได้แก่ สารส้ม จุนสี สนิมเหล็ก และสแตนนัสคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 10 % o.w.f ปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าของสีและค่าความเข้มสีผ้าไนลอนย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้าที่ความเข้มข้นของสีย้อมแตกต่างกัน โดย การทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordant)

Type of mordant	Dye concentration (%o.w.f)	Pre-mordant				
		Colour strength K/S	Colour values			Colour obtained
			L*	a*	b*	
Without mordant	5	0.472	67.19	6.14	11.83	
	10	0.946	71.77	6.93	13.15	
	30	1.315	67.55	7.90	14.75	
	50	1.502	68.16	9.88	17.48	
ALK (SO ₄) ₂ ·12H ₂ O (Al)	5	1.194	75.85	5.16	12.66	
	10	1.163	67.19	6.14	11.81	
	30	1.338	67.39	8.01	14.81	
	50	1.523	66.6	8.61	15.75	
CuSO ₄ ·5H ₂ O (Cu)	5	1.115	68.43	6.18	12.66	
	10	1.247	66.43	6.33	14.38	
	30	1.288	69.32	7.90	16.12	
	50	1.496	67.75	9.04	16.65	
FeSO ₄ ·7H ₂ O (Fe)	5	1.245	63.68	3.79	11.32	
	10	1.374	60.28	4.07	10	
	30	1.496	64.25	4.49	10.54	
	50	1.580	65.93	6.04	13.59	
SnCl ₂ ·5H ₂ O (Sn)	5	0.503	80.90	1.51	10.62	
	10	0.636	77.44	5.41	12.8	
	30	1.652	56.4	9.49	14.43	
	50	1.883	62.48	9.67	15.24	

หมายเหตุ: 10% o.w.f Mordant concentration

3.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าไนลอนย้อมสีด้วยเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า ผลการทดสอบความคงทนของสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลีกล้วยน้ำว้า ที่ความเข้มข้น 50 % o.w.f ย้อมด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที pH7 อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อมที่ 1:100 และทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อม โดยใช้สารมอร์แดนท์ความเข้มข้นที่ 50 % o.w.f โดยการแช่เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาทำการทดสอบ

3.3.1 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อการซักล้าง ปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อการซักล้าง

Mordanting agents	Colour Change	Colour staining					
		Acetate	Cotton	Nylon	Silk	Rayon	Wool
Without mordant	3	5	5	5	5	5	5
AlK (SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	3-4	5	5	5	5	5	5
CuSO ₄ · 5H ₂ O	3-4	5	5	5	5	5	5
FeSO ₄ · 7H ₂ O	4-5	5	5	5	5	5	5
SnCl ₂ · 5H ₂ O	4-5	5	5	5	5	5	5

หมายเหตุ: ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก ระดับ 2 = คุณภาพต่ำ ระดับ 3 = ปานกลาง ระดับ 4 = ดี ระดับ 5 = ดีมาก

3.3.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู และผลการทดสอบคุณสมบัติความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู และความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม

Mordanting agent	Colour fastness to rubbing*		Colour fastness to light **
	Colour staining		
	wet conditions	dry conditions	Colour change
Without mordant	4-5	4-5	1
AlK (SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	4-5	4-5	3
CuSO ₄ · 5H ₂ O	4-5	4-5	2
FeSO ₄ · 7H ₂ O	4-5	4-5	3
SnCl ₂ · 5H ₂ O	4-5	4-5	2

หมายเหตุ: * ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก ระดับ 2 = คุณภาพต่ำ ระดับ 3 = ปานกลาง ระดับ 4 = ดี ระดับ 5 = ดีมาก

** ระดับ 1 = คุณภาพต่ำมาก ระดับ 2 = คุณภาพต่ำ ระดับ 3 = พอใช้ ระดับ 4 = ดีพอใช้ ระดับ 5 = ดี ระดับ 6 = ดีมาก

ระดับ 7 = ดีเยี่ยม ระดับ 8 = ดีเลิศ

4. วิจารณ์ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 กระบวนการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (Pre-mordanting) ถูกนำมาใช้สำหรับการย้อมสีด้วยเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้า และสารมอร์แดนท์ที่นำมาใช้สำหรับการทดลองนี้ประกอบไปด้วย สารส้ม สนิมเหล็ก จุนสี และสแตนนัสคลอไรด์ ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม พบว่าค่าเมื่อความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเข้มสี (K/S) เพิ่มขึ้น โดยค่าความเข้มสีจากการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีสามารถเรียงลำดับจากมากสุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ สนิมเหล็ก > จุนสี > สารส้ม > สแตนนัสคลอไรด์ > ไม่ใส่สารมอร์แดนท์ การที่ค่าความเข้มสี (K/S) การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมจากเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้า จะช่วยเพิ่มความเข้มของสี (K/S) ในผ้าที่ผ่านการย้อมสี และสามารถเกิดการไล่ระดับเฉดสีบนผ้าได้จากการดูดซับสี โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมมากขึ้นจะทำให้เกิดการดูดซับสีมากขึ้น และทำให้สีที่ได้มีความเข้มมากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมมีผลต่อการย้อมและยังส่งผลต่อการทำมอร์แดนท์ (รังสรรค์ จรอนันต์, 2558) ซึ่งผลจากการทำมอร์แดนท์ ที่ดีที่สุดหรือมีค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุดที่ความเข้มข้นของสารมอร์แดนท์ 50% o.w.f. จากการทดลองพบว่า ค่า L^* ค่าสูง นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มสีจะต่ำ ลงเช่นกันสำหรับค่า a^* และค่า b^* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดงและสีเหลือง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เฉดสีที่ได้เปลี่ยนไปตามการใช้สารมอร์แดนท์ โดยการใช้ สนิมเหล็ก สีที่ได้จะได้เฉดสีน้ำตาลเข้มออกเทา จุนสี สีที่ได้จะได้เฉดน้ำตาลอมเขียวอ่อน เนื่องจากการใช้จุนสีเป็นสารมอร์แดนท์ อาจมีสีเขียวปนอยู่ สารส้ม สีที่ได้จะได้เฉดสีน้ำตาลอ่อน การใช้สารส้มเป็นสารมอร์แดนท์อาจได้สีเดิมของสีที่สว้างขึ้นหรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สแตนนัสคลอไรด์ ที่จะได้จะได้เฉดน้ำตาลอ่อน ใกล้เคียงกับการใช้สารส้มหรือถ้าใช้ความเข้มข้นของสารน้อยสีอาจจะอ่อน จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าที่ย้อมจากเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้าโดยการทำสารมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีและไม่ทำมอร์แดนท์ โดยใช้สารมอร์แดนท์ที่ต่างกัน ประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้เกรย์สเกล พบว่าชนิดของสารช่วยติดและความเข้มข้นของสีย้อม มีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักล้าง โดยสามารถเรียงลำดับได้ ดังนี้ สนิมเหล็กและสแตนนัสคลอไรด์ มีค่าความคงทนต่อการติดเบือนสี อยู่ในระดับดีมาก (5) และค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี อยู่ในระดับดีถึงดีมาก (4-5) สารส้มและจุนสี มีค่าความคงทนต่อการติดเบือนสี อยู่ในระดับดีมาก (5) และค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี อยู่ในระดับปานกลางถึงดี (3-4) และ ไม่ทำการทำมอร์แดนท์ มีค่าความคงทนต่อการติดเบือนสี อยู่ในระดับดีมาก (5) และค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี อยู่ในระดับปานกลาง (3) จะพบว่า ทุกสภาวะทั้งการทำมอร์แดนท์และไม่ทำมอร์แดนท์มีระดับค่าความคงทนต่อการติดเบือนสีความคงทนต่อการซักดี ไม่มีผลกระทบต่อการติดเบือน หมายถึงสีย้อมตกติดบนผ้าขาวชนิดต่าง ๆ น้อยมากถึงไม่มีติดเลย ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับที่ การย้อมสีธรรมชาติยอมรับได้ หมายถึงมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีหรือการซีดจางของสีน้อย (เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส, 2534) จากตารางที่ 3 จากการทดสอบความคงทนของสีต่อการขีดถู พบว่า ระดับค่าความคงทนของสีต่อการขีดถูที่สภาวะแห้งและสภาวะเปียกของผ้าที่ย้อมจากเปลือกปลิกกล้วยน้ำว้า โดยสภาวะการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีและไม่ทำมอร์แดนท์ โดยใช้สารมอร์แดนท์ที่ต่างกัน พบว่า ผ้าที่ย้อมโดยไม่ทำมอร์แดนท์ ผ้าที่ทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อม สารส้ม จุนสี สนิมเหล็ก และสแตนนัสคลอไรด์ มีระดับค่าความคงทนของสีต่อการขีดถูบนผ้าขาว มีค่าความคงทนของสีต่อการติดเบือนอยู่ในระดับ (4-5) ทั้งสภาวะแห้งและสภาวะเปียก แสดงว่าค่าความคงทนของสีอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ซึ่งหมายถึง สีจะหลุดไปปื้อนติดบนผ้าขาวเล็กน้อย และจากการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม โดยประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสีหลังการเข้าเครื่องทดสอบแสง สามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ อันดับ 1 ระดับ

คุณภาพปานกลาง ได้แก่ สารส้มและสนิมเหล็ก อันดับที่ 2 ระดับคุณภาพต่ำ ได้แก่ จุนสีและสแตนเลสโครโรด์ อันดับ
ที่ 3 ระดับคุณภาพต่ำมาก ได้แก่ ผ้าที่ไม่ผ่านการทำมอร์แดนท์ จะเห็นได้ว่า ผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์จะมีความ
คงทนของสีต่อแสงดีกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการทำมอร์แดนท์

5. สรุปผลการวิจัย

การทดลองการศึกษามอร์แดนท์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่แตกต่างกันสำหรับการ
ย้อมสีผ้าในลอนด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้า ในสภาวะการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อม พบว่าความเข้มข้นของสารละลาย
สีย้อมมีผลสำคัญต่อคุณภาพของสีและคุณสมบัติของสี จากการวิจัยสรุปได้ว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม
ที่มีความเข้มข้นต่างกันและการใช้สารมอร์แดนท์ชนิดต่างๆ ในสภาวะการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสีโดยสารส้ม และส
แตนเลสโครโรด์ให้เพิ่มเฉดสีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง ในขณะที่ใช้ จุนสี ช่วยให้สีน้ำตาลอ่อนติดเขียว สนิมเหล็กช่วย
ให้เพิ่มเฉดสีน้ำตาลเข้มออกเทา-ดำ ส่วนผ้าที่ไม่ผ่านการทำมอร์แดนท์สีใกล้เคียงกับการใช้สารส้ม ซึ่งการใช้สารมอร์
แดนท์เหล่านี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดของสีบนผ้า แต่ยังช่วยเพิ่มความคงทนของสีต่อการซักล้างและ
การขัดถูอย่างมีนัยสำคัญ โดยผ้าผ่านการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมด้วยสนิมเหล็กและสารส้ม มีความคงทนต่อการซัก
ล้างในระดับดีถึงดีมาก (4-5) ทั้งในด้านการเปลี่ยนแปลงของสีและการติดเปื้อนสี สนิมเหล็กยังแสดงความคงทนต่อ
การขัดถูดีมากในสภาวะแห้งและสภาวะเปียกดีถึงดีมาก (4-5) ทั้งนี้สารมอร์แดนท์ยังมีส่วนช่วยให้ความคงทนของสีต่อ
แสงดีขึ้นในระดับพอใช้ (3)

ดังนั้นผ้าที่ผ่านการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อมมีคุณสมบัติความคงทนของสีและความเข้มของสี ดีกว่าผ้าที่ไม่ทำ
ทำมอร์แดนท์ การทำมอร์แดนท์อาจมีผลต่อการติดสีของผ้าในหลายด้านอยู่ทั้งยังส่งผลถึงคุณภาพของผ้าต่อการใช้งาน
ในด้านต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาลิทธิ์ จากมหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และว่าที่พันตรี ดร.สมชาย อุดร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชม
งคลกรุงเทพ สำหรับการสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ รวมถึงการให้คำปรึกษา และแนะนำในการดำเนินการ
ทดสอบต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์บริการ, (13 กรกฎาคม 2566). ชนิด คุณสมบัติ และการใช้ประโยชน์ของเส้นใยสังเคราะห์
(ออนไลน์), 2566: [http://otop.dss.com/
กรมส่งเสริมการเกษตร, (15 กรกฎาคม 2566). พื้นที่เพาะปลูกกล้วยน้ำว้า (ออนไลน์), 2566, Available :
www.doae.go.th.
รัตนพล มงคลรัตนาลิทธิ์ และณัฐณีย์ รุ่งเรืองกิจไกร. (2559) การทดสอบน้ำหนักผ้า (Fabric Weight Testing).
Colourway. 21 (120) (September- October 2015). 24-26.

- รัตนพล มงคลรัตน์ลี. (2549). วิธีการทดสอบความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน (Standard Test Method for Colour Fastness Testing on textiles). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รังสรรค์ จรอนันต์. (2558). การย้อมผ้าไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ (Doctoral dissertation, สาขาวิชาเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. (2534). สีธรรมชาติกับการย้อม. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม, ปีที่ 10, นน, 1 - 8,
- The International Organization for Standardization. (2014) International Standard ISO 105-B02; Textiles-Tests for Colour Fastness - Part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test. Geneva: International Organization for Standardization. 2014. 1-36.





ฝ่ายวิชาการและวิจัย

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

เลขที่ 205 ม.10 ต.แร่ อ.พังโคน จ.สกลนคร

โทรศัพท์ 042771450, 042771460

<https://www.facebook.com/fnrsakon> https://natres.skci.rmuti.ac.th/?page_id=2880



ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน นางสาวหทัยทิพย์ ศรีชมภู
วัน เดือน ปีเกิด 19 เมษายน 2538
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ
 คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ประวัติการทำงาน ผู้ช่วยนักวิจัย
เบอร์โทรศัพท์ 094-5564157
อีเมลล์ hathaitip-sr@rmutp.ac.th

