คุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น

วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ. 2568

QUALITY DEVELOPMENT OF COLOR STRENGTH AND FASTNESS OF LEAF PRINTING ON COTTON FABRIC USING COLD PLASMA TECHNIQUE

WEERASAK SEELARAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN SCIENCE AND INNOVATION FOR DEVELOPMENT
GRADUATE SCHOOL
VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
UNDER THE ROYAL PATRONAGE
PATHUM THANI PROVINCE
2025

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	คุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น
ชื่อนักศึกษา	วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์
รหัสประจำตัว	65U74630102
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปุณยนุช นิลแสง)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุก)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรเมนทร์ พอใจ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน (ผู้ทรงคุณวุฒิ)
(รองศาสตราจารย์ ดร.สาคร ชลสาคร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัณณ์รภัส ถกลภักดี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิสา พักตร์วิไล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุก)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรเมนทร์ พอใจ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปุณยนุช นิลแสง)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่..... เดือน.....พ.ศ. .....

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์. (2568). คุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา. อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ปุณยนุช นิลแสง รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุก รองศาสตราจารย์ ดร.ปรเมนทร์ พอใจ

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การศึกษาการพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากใบไม้โดยใช้พลาสมาเย็น 2) การศึกษาประสิทธิภาพของพลาสมาเย็นต่อผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ และ 3) ผลการศึกษาผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการ โดยนำใบสัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ใบละหุ่ง (*Ricinus communis* L.) ใบสบู่เลือด (*Jatropha gossypifolia* L.) ใบเพกา (*Oroxylum indicum* L.) มาพิมพ์ลงบนผ้าฝ้าย และปรับสภาพผ้าด้วยพลาสมาแบบ Dielectric Barrier Discharge (DBD) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์ หาค่าศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการฉายพลาสมาเย็นลงผ้าฝ้ายตั้งแต่ 0 500 1000 1500 และ2000 โวลต์ และหาเวลาในการฉายพลาสมาเย็นลงบนผ้าฝ้าย 0 2 4 6 และ 8 วินาที นำผ้าที่ผ่านการทดลองไปทดลองความคงทนของสีตามมาตรฐาน ISO

ผลการวิจัยพบว่า 1) กระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากใบไม้โดยใช้พลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากใบไม้ พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนพิมพ์จะให้ค่าความเข้มของสีใบไม้ทั้ง 4 ชนิดดีกว่าการฉายพลาสมาหลังการพิมพ์ ใบสักฉายก่อนพิมพ์ (K/S) 32.32±5.78 ใบละหุ่งก่อนพิมพ์ (K/S) 10.4±1.43 ใบสบู่เลือดก่อนพิมพ์ (K/S) 18.72±0.07 ใบเพกาก่อนพิมพ์ (K/S) 12.21±2.51 ในขณะที่ฉายหลังพิมพ์ พบว่า ใบสักฉายก่อนพิมพ์ (K/S) 12.27±1.39 ใบละหุ่งก่อนพิมพ์ (K/S) 2.47±0.39 ใบสบู่เลือดก่อนพิมพ์ (K/S) 6.74±3.57 ใบเพกาก่อนพิมพ์ (K/S) 5.04±2.42 พลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ 500-1000 โวลต์ มีค่าความเข้มของสีใบไม้ทั้ง 4 ชนิดดี เมื่อเปรียบกับผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา และระยะเวลาในการฉายที่ดีที่สุดลงบนผ้า คือ 4 วินาที ประสิทธิภาพของการฉายพลาสมาเย็นต่อผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ที่ดีที่สุด 2) การศึกษาประสิทธิภาพของพลาสมาเย็นต่อผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ พบว่า ความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอารก มีการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่อยู่ในระดับ 1 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 1 และผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแห้ง อยู่ในระดับ 2-3 สภาพเปียกอยู่ในระดับ 1-2 และมีค่าความต้านทานแรงดึงของเส้นด้ายยืนและพุ่งเท่ากับ 500 N และ 360 N ตามลำดับ และค่าการยืดตัวอยู่ที่ 15.4% และ 17.6% ตามลำดับ และ 3) ผลการศึกษาผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการ พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังการอบรมสูงกว่าคะแนนสอบก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการทดสอบความพึงพอใจในการอบรมเชิงปฏิบัติการ พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจในการอบรมมากที่สุด (4.89±0.60)

องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ คือ ได้นวัตกรรมที่นำเอาพลาสมาเย็นมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการพิมพ์ผ้าลายใบไม้สีจากธรรมชาติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพิมพ์ผ้าให้มีความเข้มของสีใบไม้และมีลวดลายที่คมชัดมากยิ่งขึ้น และยังสามารถนำเอากระบวนการมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการพิมพ์อื่น ๆ ได้ซึ่งสามารถพัฒนาต่อยอดไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ: พลาสมาเย็น ผ้าพิมพ์ลายใบไม้ การติดสี ผ้าฝ้าย ความคงทน

Weerasak Seelarat. (2025). Quality Development of Color Strength and Fastness of Leaf Printing on Cotton Fabric Using Cold Plasma Technique . Doctor of Philosophy (Science and Innovation for Development). Advisors: Associate Professor Dr. Poonyanuch Nilsang, Associate Professor Dr. Sasem Phasuk, Associate Professor Dr. Porramain Porjai

ABSTRACT

This experimental research aimed to 1) investigate the development of a fabric printing process using leaf-based natural dyes in combination with cold plasma treatment, 2) examine the effectiveness of cold plasma on the quality of leaf-printed cotton fabric, and 3) evaluate the impact of knowledge and technology transfer to local entrepreneurs. Teak leaves (*Tectona grandis* Linn.f.), castor bean leaves (*Ricinus communis* L.), bellyache bush leaves (*Jatropha gossypifolia* L.), and Indian trumpet flower leaves (*Oroxylum indicum* L.) were used as natural dye sources for printing on cotton fabric. The fabric was pretreated using dielectric barrier discharge (DBD) cold plasma, both before and after the leaf printing process. The optimal electrical potential for plasma treatment was investigated at 0, 500, 1000, 1500, and 2000 volts, along with varying exposure durations of 0, 2, 4, 6, and 8 seconds. The treated samples were then evaluated for color fastness properties according to ISO standards.

The findings of the study were as follows: 1) During the development of the leaf-based fabric printing process using cold plasma treatment, it was found that cotton fabric treated with cold plasma prior to leaf printing exhibited significantly higher color strength (K/S values) for all 4 types of leaves compared to post-printing plasma treatment. Specifically, pre-printing treatment yielded the following K/S values: teak leaves (32.32 ± 5.78), castor bean leaves (10.4 ± 1.43), bellyache bush leaves (18.72 ± 0.07), and Indian trumpet flower leaves (12.21 ± 2.51). In contrast, post-printing plasma treatment resulted in lower K/S values: teak (12.27 ± 1.39), castor bean (2.47 ± 0.39), bellyache bush (6.74 ± 3.57), and Indian trumpet flower (5.04 ± 2.42). Cold plasma treatment at an electric potential between 500 – 1,000 volts resulted in better color intensity compared to untreated fabric, with 4 seconds identified as the optimal exposure time for maximum color transfer effectiveness; 2) Regarding the effectiveness of cold plasma treatment on the properties of leaf-printed fabric, the results indicated that color fastness to xenon arc light showed a rating of level 1, indicating noticeable color change. Wash fastness results also indicated a level 1 rating for color change. In terms of rub fastness, dry rubbing achieved a rating of 2–3, while wet rubbing showed lower ratings between 1–2. The tensile strength of the warp and weft yarns was measured at 500 N and 360 N, respectively, with elongation values of 15.4% and 17.6%, reflecting a balance of strength and flexibility in the treated fabric; and 3) In terms of knowledge and technology transfer to entrepreneurs, the post-training test scores were significantly higher than the pre-training scores at the .05 significance level. In addition, participant satisfaction with the workshop was rated at the highest level, with a mean score of (4.89±0.60).

The knowledge gained from this research has led to the development of an innovative approach in which cold plasma technology is applied to the natural leaf-printing process on fabric. This application enhances the printing performance by increasing the color intensity of the leaf pigments and producing sharper, more defined patterns. Furthermore, the process can be adapted to other fabric printing techniques and demonstrates strong potential for commercial development and value-added textile production.

Keywords: Cold Plasma, leaf-Printed Fabric, Color Adhesion, Cotton, Durability

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณยนุช นิลแสง ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ศศมล ผาสุข และรองศาสตราจารย์ ดร. ปรเมนทร์ พอใจ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ความคิดเห็น ตลอดจนชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สาคร ชลสาคร รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย รองศาสตราจารย์ ดร.นิสา พักตร์วิไล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัณณ์รภัส ถกลภักดี ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบเอกสารงานวิจัยและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำศูนย์ภาษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ที่ให้ความช่วยเหลือตรวจทานบทคัดย่อภาษาอังกฤษให้เป็นไปตามหลักการเขียนที่ถูกต้องของงานวิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่าน ที่เอื้ออำนวยความสะดวก เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ในการใช้ห้องปฏิบัติการหลักสูตรคหกรรมศาสตร์ อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี และห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัว รวมทั้งเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ คุณูปการจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบคุณความดีทั้งหลาย เพื่อตอบแทนแด่บิดา มารดา ครู อาจารย์ ทุกท่านที่ให้ความเมตตา สั่งสอน และให้ความรู้เพื่อเป็นผลให้มีกำลังใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 3
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย 4
1.6 ขอบเขตการวิจัย 4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 การพิมพ์สิ่งทอ 6
2.2 ใบไม้ที่ให้สี 15
2.3 สารช่วยย้อม หรือสารช่วยติดสี 22
2.4 พลาสมาเย็น 25
2.5 การทดสอบคุณสมบัติของการพิมพ์ผ้า 28
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42
3.1 วัสดุอุปกรณ์ 42
3.2 เครื่องมือทดลอง 42
3.3 สถานที่ดำเนินการวิจัย 43
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย 43
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 55

4.1 ผลของการพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากธรรมชาติร่วมกับการฉายพลาสมาเย็น 55
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น 78
4.3 ผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการ 81
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 83
5.1 สรุปผลการทดลอง 83
5.2 อภิปรายผล 86
5.3 ข้อเสนอแนะ 92
ภาคผนวก 101
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ 102
ภาคผนวก ข การถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลงานวิจัยสู่ชุมชน 118
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบประสิทธิภาพตามมาตราฐาน International Organization for Standardization (ISO) 134
ประวัติผู้วิจัย 148

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY ในพระบรมราชูปถัมภ์

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสัก 55
ตารางที่ 2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบละหุ่ง 56
ตารางที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสบู่เลือด 58
ตารางที่ 4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบเพกา 59
ตารางที่ 5 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสัก 63
ตารางที่ 6 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบละหุ่ง 64
ตารางที่ 7 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสบู่เลือด 66
ตารางที่ 8 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบเพกา 68
ตารางที่ 9 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นต่างกันบนผ้าพิมพ์ลายใบสัก 71
ตารางที่ 10 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นบนผ้าพิมพ์ลายใบละหุ่ง 72
ตารางที่ 11 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นบนผ้าพิมพ์ลายใบสบู่เลือด 74
ตารางที่ 12 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นบนผ้าพิมพ์ลายใบเพกา 75
ตารางที่ 13 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อแสงซีนอนอารก .. 78
ตารางที่ 14 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อการซักล้าง 79
ตารางที่ 15 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อการขัดถู 80
ตารางที่ 16 การทดสอบแรงดึงของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 80
ตารางที่ 17 ผลการทดสอบความรู้ก่อน หลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ 82

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ก. แป้งที่ใช้ในการพิมพ์สกรีน ข. แป้งสำหรับสกรีนแบบสำเร็จ ค. วิธีการพิมพ์แบบสกรีน. 8
ภาพที่ 2 การพิมพ์ผ้าแบบถ่ายโอนสี (Eco printing) 10
ภาพที่ 3 ต้นสัก 18
ภาพที่ 4 ต้นเพกา 20
ภาพที่ 5 ต้นละหุ่ง 21
ภาพที่ 6 ต้นสบู่แดง 22
ภาพที่ 7 วิธีดิสชาร์จเหนือผิวของเหลวของอนุมูลพลาสมา 26
ภาพที่ 8 เครื่องฉายพลาสมาเย็น (DBD) 27
ภาพที่ 9 ระบบสี CIELAB 29
ภาพที่ 10 เครื่องขัดถูแบบหมุน 38
ภาพที่ 11 เครื่องฉายพลาสมาเย็น (DBD) 44
ภาพที่ 12 การทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์สีจากใบไม้ 46
ภาพที่ 13 การทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสเย็นหาความต่างศักย์ไฟฟ้าของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ 47
ภาพที่ 14 การทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นที่แตกต่างกันของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ 48
ภาพที่ 15 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสัก 56
ภาพที่ 16 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบละหุ่ง .. 57
ภาพที่ 17 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสบู่เลือด 59
ภาพที่ 18 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบเพกา... 60
ภาพที่ 19 ผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น 61
ภาพที่ 20 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM micrographs กำลังขยาย 1000 เท่า ของเส้นใยฝ้าย 62
ภาพที่ 21 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสัก 64
ภาพที่ 22 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบละหุ่ง 65
ภาพที่ 23 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสบู่เลือด 67

ภาพที่ 24 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบเพกา 69
ภาพที่ 25 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM micrographs กำลังขยาย 1000 เท่า ของเส้นผ้าฝ้ายฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกัน 70
ภาพที่ 26 ผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบไม้ฉายพลาสมาเย็นที่ความความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน 70
ภาพที่ 27 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบสัก 72
ภาพที่ 28 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบละหุ่ง 73
ภาพที่ 29 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบสบู่เลือด 75
ภาพที่ 30 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบเพกา 76
ภาพที่ 31 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM micrographs กำลังขยาย 1000 เท่า ของเส้นใยฝ้ายที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นที่แตกต่างกัน 78

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การใช้สีธรรมชาติได้มีมานานโดยเฉพาะการย้อมผ้าที่เป็นเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยไหมและเส้นใยฝ้ายซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมา (Griffiths, 2005) สีธรรมชาติมีคุณสมบัติที่โดดเด่น สีสวย สีไม่ฉูดฉาด และสีมีการเปลี่ยนแปลง ซีดง่าย ซึ่งต่างจากสีสังเคราะห์ ดังนั้นช่างย้อมจึงได้หันมาใช้สีสังเคราะห์กันมากขึ้น เพราะมีการลดขั้นตอนในการย้อม แต่พบว่าสีสังเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายทำให้เกิดการแพ้และเป็นสารก่อมะเร็งจากสารเคมี (Watters & Cantero, 1964, Puntener & Cambell., 2003) ปัจจุบันช่างบางกลุ่มได้กลับมาสนใจสีจากธรรมชาติอีกครั้ง สีธรรมชาติมีความหลากหลายสามารถจัดแบ่งตามโครงสร้างทางเคมี แบ่งได้หลัก ๆ 7 กลุ่ม คือ คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) ควิโนนอยด์ (Quinonoids) อินดิกอยด์ (Indigoids) และ บีตาเลน (Betalains) (Zeb & Mehmood, 2004) และการพิมพ์ลวดลายลงบนผ้าเป็นหนึ่งในเทคนิคการตกแต่งผ้าแบบดั้งเดิมและศิลปะสร้างสรรค์ตลอดหลายศตวรรษ เป็นกระบวนการหนึ่งของอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำสูงมาก การพิมพ์ผ้าสีที่ไม่คงทนซึ่งถูกล้างลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิดความมลพิษของสารเคมีในสีสังเคราะห์ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้มีการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการพิมพ์ผ้าด้วยสีธรรมชาติที่ยั่งยืน และสนับสนุนการผลิตเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Vastrad & Sangannavar, 2018) ทำให้งานศิลปะการพิมพ์บนผืนผ้ามีสีสันมากขึ้นและการพิมพ์เป็นการใช้สีในรูปแบบของการออกแบบที่สามารถทำได้ด้วยมือหรือเครื่องจักร (Boruah & Baishya, 2015) ผ้าพิมพ์ที่ใช้สีจากธรรมชาติจะมีแนวโน้มที่ใช้กันเพิ่มมากขึ้น และมีคุณสมบัติทนต่อการขัดถู ความแข็งของผ้า และผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจะเป็นสินค้าลำดับต้น ๆ ของอุตสาหกรรมการพิมพ์และได้ปรับเปลี่ยนกับสินค้าชนิดใหม่ ๆ ที่ตอบโจทย์แฟชั่นแนวโน้มการใช้สินค้าจากธรรมชาติ (Bhuyan, 2003)

การพิมพ์ผ้าต้องมีสารช่วยยึดเกาะระหว่างสีกับเส้นใยผ้าที่เรียกกันว่า มอร์แดนท์ (Mordant) เป็นสารประกอบที่ถูกใช้มากในการย้อมหรือพิมพ์ผ้าสีธรรมชาติเพื่อช่วยให้การยึดเกาะระหว่างตัวสีกับเส้นใยได้ดีขึ้นและการใช้มอร์แดนท์ต่างชนิดให้สีธรรมชาติที่ได้จะแตกต่างกัน และเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติ ประโยชน์ของมอร์แดนท์หรือสารช่วยยึดเกาะสีที่มีหน้าที่ให้ใยผ้าซึมซับสีจากธรรมชาติ (ณัฐธิดา ภู่จีบ, 2566) และทำให้สีมีความคงทนต่อการซักและทนต่อแสงได้ดีขึ้น โดยที่มอร์แดนท์จะรวมตัวกับสีและรวมตัวกับโครงสร้างของเส้นใยและยึดติดกันด้วยพันธะโควาเลนท์และพันธะโคออร์ดิเนต (ปณิธาณ สุระยศ, 2552) นอกจากนี้ยังพบว่า โมเลกุลของสีย้อมในธรรมชาตินั้นไม่ได้ถูกสร้างมาเพื่อการเกาะยึดบนเส้นใยผ้า สภาวะที่เหมาะสมในการทำให้สีเกาะติดนั้น ทำให้เกิดสารสูญเสียคุณสมบัติที่ดีของเส้นใยไป สีที่ย้อมได้ยังมีข้อด้อยเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์ในเรื่องความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักล้าง นอกจากนี้สีย้อมธรรมชาติยังมีเฉดสีที่จำกัด มอร์แดนท์ซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดก็ไม่สามารถให้เฉดสีมากเท่าสีสังเคราะห์ (วิชาญ วันโพนทอง, 2548)

เทคโนโลยีพลาสมา (Plasma Technology) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความน่าสนใจมากขึ้นในอุตสาหกรรมเสื้อผ้า สามารถลดการปล่อยสารเคมีที่เป็นอันตรายได้ ทำให้เทคโนโลยีนี้เป็นกระบวนการที่ยั่งยืน การใช้เทคโนโลยีพลาสมาคือสามารถเพิ่มคุณสมบัติพิเศษบนพื้นผิวของสิ่งทอได้โดยเลือกใช้ในเวลาประมวลที่สั้นๆโดยไม่ทำให้คุณสมบัติหลักของวัสดุที่ได้รับการปรับปรุงเสียหายไป นอกจากนี้เทคโนโลยีพลาสมายังสามารถใช้ในการสร้างลักษณะพิเศษบนพื้นผิวได้ เหตุนี้ทำให้เทคโนโลยีพลาสมาสามารถมีส่วนสำคัญในการสนับสนุนการเจริญเติบโตด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ สร้างนวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ใหม่ การใช้กระบวนการที่ใช้พลาสมาในอุตสาหกรรมสิ่งทอยังคงน้อย เพราะมีอุปสรรคสำคัญที่มีทั้งในเทคโนโลยีพลาสมา ในด้านที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ และเนื่องจากอุปสรรคที่เกิดจากคุณสมบัติที่เฉพาะของวัสดุสิ่งทอต่าง ๆ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีพลาสมาเข้าสู่อุตสาหกรรมสิ่งทอจำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบถึงคุณสมบัติของผ้า เช่น โครงสร้างของผ้า ส่วนผสมของเส้นใยและความบริสุทธิ์ของพื้นผิวของเส้นใย รวมทั้งการเลือกประมวลผลของพลาสมาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เครื่องมือสำหรับการพัฒนา ด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องจากเป็นทางเลือกที่มีเสถียรภาพทางเศรษฐกิจและทางสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าเทคนิคการประมวลผลเคมีชนิดเดิม เทคโนโลยีพลาสมาเป็นกระบวนการที่เรียบง่าย ไม่ใช้สารละลาย ประหยัดเวลา และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีพลาสมายังให้ลักษณะพื้นผิวของเสื้อผ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติสำคัญของเสื้อผ้า การนำเทคโนโลยีพลาสมามาใช้กับวัสดุเสื้อผ้าชนิดต่าง ๆ ยังไม่ได้ถูกใช้เต็มที่ (Jelil, 2015) ซึ่งมีประโยชน์ในอุตสาหกรรม สามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงผิวผ้า การยึดเกาะ และการทำความสะอาดผิว และการทำให้เสื้อผ้ามีฟังก์ชันพิเศษโดยใช้เทคนิคการปรับปรุงด้วยเทคโนโลยีพลาสมา (Shanker, 2023) “พลาสมาเย็น” (Cold plasma) เป็นคำเฉพาะบ่งบอกฟิสิกส์สถานะหนึ่งของสสารซึ่ง ประกอบไปด้วยไอออน อิเล็กตรอน หรืออนุมูล สถานะพลาสมา จากสถานะของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ ส่วนคำว่า “เย็น” อธิบายถึงอุณหภูมิพลาสมามีค่าสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเพียงเล็กน้อย พลาสมาเย็นเป็นการใช้วิธีสนามไฟฟ้าดิสชาร์จตัวกลางซึ่งอาจเป็นก๊าซหรือไอของเหลว จนเกิดเป็นอนุภาค หรืออนุมูลอิสระ จากนั้นอนุมูลพลาสมาจะสามารถแพร่ซึมผ่านตัวกลางไปทำปฏิกิริยาเคมี เช่น การออกซิไดซ์ การรีดิวซ์ เป็นต้น และพลาสมาเย็นสามารถสร้างอนุมูลชนิดนี้ทดแทนการใช้สารเคมีแบบดั้งเดิมได้เป็นอย่างดี และเพื่อให้สะดวกในการผลิตและนำไปใช้งาน อนุมูลพลาสมาเย็นมักผลิตได้ 3 วิธีคือ ดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว ดิสชาร์จในของเหลว และดิสชาร์จไอของเหลว (ธีรวรรณ บุญญวรรณ และ หมุดตอเล็บ หนิสอ, 2562) (Dobrynin, 2009)

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผ้าพิมพ์สีจากธรรมชาติโดยใช้พลาสมาเย็นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความคงทนของสี ซึ่งในปัจจุบันมีการนิยมใช้ผ้าที่พิมพ์หรือย้อมสีจากธรรมชาติกันเป็นจำนวนมากทั้งในประเทศและต่างประเทศและปัญหาที่เกิดจากการใช้ผ้าพิมพ์สีจากธรรมชาตินั้นคือ ความคงทนของสี ดังนั้นจึงได้เลือกใช้วิธีการฉายพลาสมาเย็นมาประยุกต์ใช้ในการพิมพ์ผ้าสีจากธรรมชาติด้วยการถ่ายโอนสีด้วยความร้อน และการเพิ่มความคงทนของสีและลวดลายพิมพ์ให้มีความคมชัดคงทนกับเส้นใยและมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ผ้าพิมพ์สีธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปเป็นของตกแต่งบ้าน เสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย ทำให้เกิดการพัฒนาศักยภาพผ้าทอของคนในท้องถิ่นและการพัฒนาเศรษกิจชุมชนต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ทางการ

เกษตรให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์ เพื่อสร้างเอกลักษณ์ที่โดดเด่นให้กับผ้าไทยในการแข่งขันระดับโลก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากใบไม้โดยใช้พลาสมาเย็น

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพลาสมาเย็นต่อผ้าพิมพ์สีจากใบไม้

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นลงบนผ้าก่อนพิมพ์ผลต่อการติดสีและหลังพิมพ์มีผลต่อความคงทนของสี

1.3.2 การฉายพลาสมาเย็นช่วยในเรื่องของการติดสีและความคงทน

1.3.3 ผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ที่ฉายพลาสมาเย็นมีประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ISO

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1.4.1 พลาสมาเย็น (Cold plasma) หมายถึง สถานะของสสารที่มีลักษณะเป็นก๊าซที่มีพลังงานสูง อิเล็กตรอน หรืออนุมูล สถานะพลาสมา จากสถานะของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ ส่วนคำว่า “เย็น” อธิบายถึงอุณหภูมิพลาสมามีค่าสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเพียงเล็กน้อย พลาสมาเย็นเป็นการใช้วิธีสนามไฟฟ้าดิสชาร์จตัวกลางซึ่งอาจเป็นก๊าซหรือไอของเหลว จนเกิดเป็นอนุภาค หรืออนุมูลอิสระ จากนั้นอนุมูลพลาสมาจะสามารถแพร่ซึมผ่านตัวกลางไปทำปฏิกิริยาเคมี เช่น การออกซิไดซ์ การรีดิวซ์ เป็นต้น

1.4.2 ผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ (Eco printing) หมายถึง เป็นการทำให้เกิดลวดลายหรือสีสันจากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยกระบวนการถ่ายโอนสีด้วยความร้อน

1.4.3 ผ้าเส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber fabric) หมายถึง ผ้าจากใยเซลลูโลสที่ได้มาจากดอกของฝ้าย ที่ทอด้วยมือจากกระบวนการทอแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น ได้แก่ ผ้าฝ้าย เป็นต้น

1.4.4 สารช่วยติดสี (Mordant) หมายถึง สารกระตุ้นเม็ดสีเป็นสารที่ช่วยให้สีติดทนกับผ้าที่นำไปพิมพ์ได้ดีขึ้น และเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม มีทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติ

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



1.6 ขอบเขตการวิจัย

1.6.1 พลาสมาเย็นที่ใช้ในการศึกษา คือ การคายประจุแบบไดอิเล็กตริกบาร์เรียร์ (Dielectric Barrier Discharge) การคายประจุไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดสองขั้วที่คั่นด้วยไดอิเล็กตริกบาร์เรียร์ที่เป็นฉนวน

1.6.2 สารช่วยติดสี (Mordant) ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 1. สารส้ม (Ammonium Aluminium Sulfate $(NH_4)Al(SO_4)_2.12H_2O$,) 2. น้ำส้มสายชู (Acetic acid (CH_3COOH))3. ผงเหล็ก (Ferrous Sulfate ($FeSO_4$))

1.6.3 ผ้าทอเส้นใยจากธรรมชาติจากใยเซลลูโลสที่ได้มาจากดอกของฝ้าย ได้แก่ ผ้าฝ้ายที่เข็นมือทั้งเส้นพุ่งและเส้นยืนจากหมู่บ้านผักคำภู ตำบลนาใน อำเภอพรรณนานิคม จังหวัดสกลนคร

1.6.4 การพิมพ์ผ้าใช้เทคนิคการถ่ายโอนสีโดยใช้ความร้อนด้วยการนึ่งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที และใบไม้ที่ใช้ในการพิมพ์ผ้า ได้แก่ ใบสักใช้ใบอ่อนปลายสุดของยอดที่มีลักษณะใบสีน้ำตาลแดง ขนาดความกว้าง ไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 10

เซนติเมตร ใบเพกาเลือกใช้ใบแก่จัดที่มีสีเขียวเข้ม ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ใบละหุ่งใช้ใบแก่จัดมีลักษณะสีเขียวเข้มมี 8 แฉก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร และใบสบู่เลือดใช้ใบยอดอ่อนของลำต้น ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร

1.6.5 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง เป็นชุมชนที่มีการผลิตหรือจัดจำหน่ายผ้าพิมพ์ลายใบไม้อยู่แล้ว โดยต้องเป็นกลุ่มผู้ประกอบการหรือชุมชนที่มีเครือข่ายจำนวนไม่น้อยกว่า 30 คน และความสนใจในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ผ้าพิมพ์ลายใบไม้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ผลิตภัณฑ์ผ้าพิมพ์สีจากใบไม้โดยเทคนิคการฉายพลาสมาเย็น

1.7.2 ทำให้เกิดการพัฒนาศักยภาพผ้าทอของคนในท้องถิ่นและการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน

1.7.3 ต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นและของวัตถุดิบทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.7.4 ลดรอยเปื้อนซึมและเพิ่มความคมชัดของลวดลายใบไม้

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบความคิดหลักในการดำเนินงานวิจัย ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 การพิมพ์สิ่งทอ
2.2 ใบไม้ที่ให้สี
2.3 สารช่วยติดสี
2.4 พลาสมาเย็น
2.5 การทดสอบคุณสมบัติของการพิมพ์ผ้าตามมาตรฐาน ISO
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพิมพ์สิ่งทอ

การพิมพ์สิ่งทอ คือ การทำให้ผ้าเกิดลวดลายสีสันในบริเวณที่ต้องการโดยมีสารข้น เป็นสารช่วยสำคัญชนิดการพิมพ์ที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรม คือ การพิมพ์โดยตรง เป็นการพิมพ์สีลงบนวัสดุสิ่งทอสีขาวโดยทั่วไป เพื่อให้ปรากฏเป็นลวดลายสีสันตามที่ต้องการ หรือการใช้วิธีการพิมพ์พื้นของลวดลาย เหลือช่องว่างให้เป็นสีขาว เป็นดอกหรือลวดลายต่าง ๆ การพิมพ์โดยตรงเป็นการพิมพ์สีลงบนวัสดุสิ่งทอสีขาวทั่ว ๆ ไปเพื่อให้ปรากฏเป็นลวดลายสีสันตามต้องการ หรือการใช้วิธีการพิมพ์พื้นของลวดลาย เหลือช่องว่างให้เป็นสีขาวเป็นดอกหรือลวดลายที่หลากหลาย มีวิธีตั้งแต่ง่ายที่สุดจนกระทั่งถึงยาก ผลที่ได้พิจารณาอย่างผิวเผินลักษณะคล้ายคลึงกันมากที่เห็นได้ชัด คือ สีสามารถติดทนนานไม่เท่ากัน ราคาแตกต่างกันโรงงานอุตสาหกรรมมักมีวิธีการเพื่อลดต้นทุนการผลิตที่แตกต่างกันและตัวสีที่ใช้ก็แตกต่างกัน การเตรียมสีพิมพ์ เป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างหนึ่ง ถ้าเตรียมไม่ถูกต้องสีจะไหลซึมไปตามเส้นด้าย หรือกระจายตัวตามขอบลาย ดูลวดลายสกปรก ไม่เป็นดอก ไม่เป็นลวดลายตามต้องการ นับว่าเป็นวิทยาศาสตร์เคมีสาขาหนึ่ง ต้องใช้เวลาทดลองให้เป็นผลเสียก่อนในสีพิมพ์มีสารเคมีหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ สารข้น สารสี (Colouring matter) สารช่วยติด สารประกอบเคมี (Chemical compounds) สารแต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกัน ปริมาณต้องครบตามกำหนด วิธีผสมก่อนหลังต้องครบตามเวลา จึงทำให้สีพิมพ์มีคุณภาพดี เครื่องชั่ง เครื่องตวง อุปกรณ์ผสมสี จำต้องรักษาให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์อยู่เสมอ ถ้าผิดส่วนจะทำให้สีไม่ติดผ้า สีลอก ในเวลาซักบางทีใช้สารเคมีมากเกินไปก็ทำให้สีตกตะกอนและไม่ติดผ้าเหมือนกัน (รจนา อินทจักร์ และวารุณี สาลียงพวง, 2551)

2.1.1 ผ้าพิมพ์ (Printer fabric)

สินค้าผ้าพิมพ์ที่จำหน่ายในปัจจุบัน พบว่า เป็นการพิมพ์ผ้าโดยวิธีใดตาม ผลผลิตที่ได้มี ลักษณะแตกต่างกันเพียง 2 ชนิด ดังนี้

2.1.1.1 ผ้าพิมพ์ลาย (Direct printing) คือ การพิมพ์ลายโดยตรงลงบนผืนผ้าไม่กำหนดว่าจะเป็นแบบใด ผ้าจะย้อมสีหรือไม่ก็ได้

2.1.1.2 ผ้าพิมพ์ (Reverse printing) คือการพิมพ์ผืนผ้าให้มีสีต่าง ๆ โดยมีแม่พิมพ์ส่วนลวดลายนั้นเป็นไปตามแบบที่กำหนดไว้ สีเดิมของผ้าหรืออาจพิมพ์ลวดลายซ้ำอีกครั้ง สามารถทำสีตามต้องการ การพิมพ์นั้นทำได้ง่าย นิยมทำกันแพร่หลาย พื้นที่ของลวดลายมีขอบเขตจำกัด เวลาพิมพ์ มักจะไม่มีปัญหา สีติดลวดลายได้ดี สม่ำเสมอ (รจนา อินทจักร์ และวารุณี สาลียงพวง, 2551)

2.1.2 ประวัติการพิมพ์สิ่งทอ การเขียนหรืออัดลายสีต่าง ๆ บนผืนผ้าเพื่อตกแต่งให้สวยงานนั้น นับว่าสูญหายไม่มี หลักฐานตามระยะเวลาอันยาวนานของประวัติศาสตร์ ส่วนใหญ่มีความเห็นว่าการเขียนหรืออัดลายผ้า มีกำเนิดในทางตะวันออกกลางก่อนเช่น ประเทศอินเดียและจีน รู้จักพิมพ์สิ่งทอด้วยแม่พิมพ์ไม้ในหลุมฝังศพของขาวอียิปต์มีชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผ้าซึ่งแสดงศิลปะการตกแต่งด้วยสีที่นอกเหนือไปจากการย้อม เป็นการแสดงให้เห็นว่า อียิปต์เป็นชาติหนึ่งที่รู้จักทำลวดลายผ้ามาก่อน หลักฐานที่พอจะเชื่อถือได้และ เท่าที่ค้นพบมีบันทึกดังนี้ ชิ้นงานฝ้ายค้นพบในหลุมฝังศพของโมเฮนโจดาโรท ในประเทศอินเดีย อายุโดยประมาณ 4,970 ปี

ปัจจุบันประเทศไทยมีอุตสาหกรรมสิ่งทอหลายประเภท ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ลวดลายผ้ามีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้มีการใช้อุปกรณ์ทันสมัยหลายชนิด ทำให้ได้ผ้าพิมพ์ที่มีลวดลายสวยงานแตกต่างกันตามสมัยนิยม ประเทศไทยมีโรงงานพิมพ์ลายผ้าจำนวนมากแต่เทคนิคการพิมพ์ผ้า นั้นยังไม่ก้าวหน้าโรงงานขนาดเล็กผลิตเพียงเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ โรงงานขนาดใหญ่ยังคงต้องใช้ช่างเทคนิคจากต่างประเทศ และบรรดาผ้าพิมพ์ที่ผลิตออกจำหน่ายนั้นแบ่งออกได้เป็นหลายระดับตั้งแต่ราคาถูกมาก ลวดลายหยาบเรียกว่าไม่มีศิลปะ วิธีการพิมพ์ได้ง่ายดูเป็นรูปร่างขึ้นมาเท่านั้น บางทีเมื่อใช้หรือซักสีจะตกหรือลอกออกมาสกปรกจนกระทั่งถึงผ้าที่มีลวดลายละเอียดอ่อนประณีต จังหวะของลายดูกลมกลืนกันโดยตลอด การพิมพ์ด้วยมือมีศิลปะมากกว่าพิมพ์ด้วยเครื่องจักรแต่ใช้ เวลานาน จำนวนการผลิตจำกัด ดังนั้น เมื่อต้องการปริมาณมากจำนวนพิมพ์ด้วยเครื่องจักร ศิลปินบางท่านมีความเห็นขัดแย้งเป็นเชิงห้ามมิให้พิมพ์ลวดลายหลายประเภท เช่น ลวดลายซึ่งเหมือนผ้าทอหรือ ผ้าปัก ปัจจุบันความเห็นนี้ค่อยลืมเลือนกันไปเป็นส่วนมาก ผ้าพิมพ์มีลวดลายแปลกและสวยงามมาก ยิ่งขึ้น ช่างพิมพ์ผ้าใช้เทคนิคกำหนดลวดลายที่สามารถใช้พิมพ์สิ่งทอได้ ควรต้องประกอบด้วย เป็นลวดลาย ที่ดัดแปลงให้ง่าย เน้นให้เห็นเด่นชัดปรือขยายรูปลักษณะตามธรรมชาติจนกระทั่งสามารถ ใช้เป็นลวดลายตกแต่งได้ (อัจฉราพร ไศละสูต, 2524)

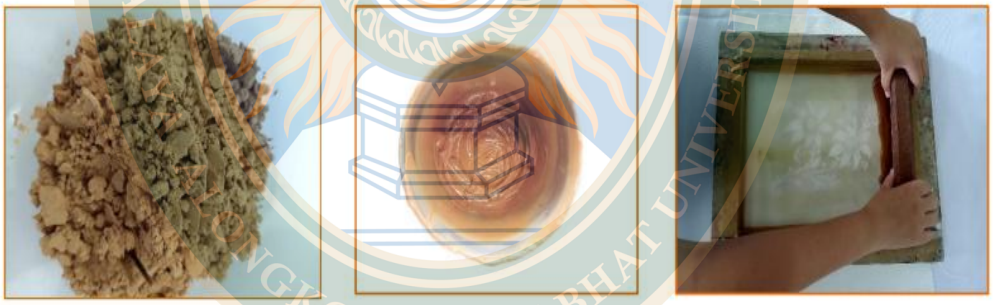
2.1.3 ระบบการพิมพ์สกรีน งามจิตร ถวัลยวิชจิต (2566) กล่าวว่า การพิมพ์สกรีนในสมัยก่อนจะใช้แรงงานคนทั้งหมดทุกขั้นตอนตั้งแต่การผลิตแม่พิมพ์ สกรีนจนกระทั่งเสร็จสิ้นขั้นตอนการพิมพ์ซึ่งเป็นการพิมพ์ด้วยมือ ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องจักรกล มาใช้ในการพิมพ์สกรีนเนื่องจากความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานการพิมพ์ที่ดี การพิมพ์สกรีน สามารถแบ่งได้ตามระบบการพิมพ์เป็น 3 แบบ คือ ระบบการพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือ (manual) ระบบ การพิมพ์แบบกึ่งอัตโนมัติ (semi-automatic) และ ระบบการพิมพ์แบบอัตโนมัติ (automatic)

2.1.3.1 ระบบการพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือ เป็นระบบการพิมพ์ที่ใช้มือในการสกรีนกลไกในการทำงานของเครื่องมือมีความซับซ้อนน้อยที่สุด โดยเครื่องมือจะมีส่วนประกอบเพียงส่วนเดียว คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการพิมพ์ ขั้นตอนการใช้งานของเครื่องเริ่มต้นจาการติดตั้งแม่พิมพ์สกรีน จากนั้น นำชิ้นงานที่ต้องการพิมพ์วางบนตำแหน่งที่ทำฉากไว้และเริ่มพิมพ์ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดจะเป็น

ต้องให้ผู้พิมพ์ เป็นผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด ระบบการพิมพ์แบบนี้จะมีราคาไม่สูงมาก และส่วนใหญ่จะใช้สำหรับพิมพ์วัสดุที่ เป็นแผ่นเรียบเท่านั้น

2.1.3.2 ระบบการพิมพ์แบบกึ่งอัตโนมัติระบบการพิมพ์แบบนี้บางส่วนจะเป็นกลไกอัตโนมัติและใช้มือ โดยเฉพาะในส่วนของการพิมพ์ที่เครื่องจะพิมพ์ชิ้นงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องอาจติดตั้งส่วนรับการพิมพ์แบบอัตโนมัติหรือไม่มีก็ได้ แต่ในส่วนของการป้อนชิ้นงานยังอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก เครื่องพิมพ์แบบนี้สามารถพิมพ์ได้ทั้งวัสดุที่มีรูปทรงแบนราบและรูปทรงอื่น ๆ และเนื่องจากขั้นตอนในการพิมพ์เป็นแบบอัตโนมัติซึ่งมีการตั้งค่าการพิมพ์ที่คงที่ ทำให้คุณภาพการพิมพ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันมากกว่าเครื่องพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือ

2.1.3.3 ระบบการพิมพ์แบบอัตโนมัติ การพิมพ์สกรีนแบบนี้จะมีกลไกการทำงานของเครื่องพิมพ์ทุกขั้นตอนเป็นแบบอัตโนมัติตั้งแต่การป้อนชิ้นงานพิมพ์และรับชิ้นงานทำให้สามารถพิมพ์ชิ้นงานได้เร็วกว่าเครื่องพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือและกึ่งอัตโนมัติ ส่วนที่แตกต่างจากเครื่องพิมพ์อีกสองประเภท คือ ส่วนป้อนการพิมพ์ที่เป็นแบบอัตโนมัติ ดังนั้นการพิมพ์จะอาศัยแรงงานคนเฉพาะในการตรวจสอบผลงานพิมพ์ ตรวจสอบเครื่องเมื่อมีปัญหาและดูแลรักษาเท่านั้น ความสามารถของเครื่องพิมพ์อัตโนมัติ สามารถพิมพ์ได้ทั้งวัสดุแผ่นเรียบและวัสดุที่มีรูปทรงต่าง ๆ ด้วย เช่น ทรงกระบอก ทรงรีและทรงโค้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามเครื่องพิมพ์แบบอัตโนมัติส่วนใหญ่จะผลิตมาใช้สำหรับชิ้นงานที่เป็นแผ่นเรียบที่มีความหนาไม่มากนักเนื่องจากข้อจำกัดในส่วนการป้อนชิ้นงาน



ก ข ค

ภาพที่ 1 ก. แป้งที่ใช้ในการพิมพ์สกรีน ข. แป้งสำหรับสกรีนแบบสำเร็จ ค. วิธีการพิมพ์แบบสกรีน
ที่มา: จาก *การพิมพ์สกรีนผ้าฝ้ายด้วยสีผงธรรมชาติจากใบลำไยผสมผสานศิลปะล้านนา* (น.50-57) โดย เยาวมาลย์ สมประสงค์ และคณะ, 2566, การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 17 สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์.

2.1.3.4 การพิมพ์ตรง (Direct printing) คือ การพิมพ์ลวดลายด้วยสีพิมพ์ลงบนผ้าขาวโดยตรง เป็น การทำให้สีติดบนสิ่งทอโดยตรงในบริเวณที่ออกแบบไว้ซึ่งจะใช้แป้งพิมพ์ที่ผสมกับหมึกพิมพ์ตามประเภทที่ เหมาะสมกับเนื้อผ้าและผสมกับสารเคมีอื่นๆ เพื่อช่วยเพิ่มความคมชัดของลายและความเข้มข้นของสีแล้วจึงทำการพิมพ์โดยตรงลงไปบนเนื้อผ้า สีแต่ละสีจะซ้อนทับกัน ซึ่งจะขึ้นกับทักษะของพิมพ์และความหนืดของ แป้งพิมพ์การพิมพ์แบบสกรีนประกอบด้วย กรอบสกรีนที่ขึงด้วยผ้าใยสังเคราะห์หรือแผ่นโลหะตาข่าย บางส่วนของแผ่นตาข่ายนี้ถูกปิดไว้ไม่ให้สีผ่านได้แป้งพิมพ์หรือหมึกพิมพ์จะถูกด้วยแรงปาดลงไปติดบนสิ่งทอ ในบริเวณที่ต้องการ แป้งพิมพ์หรือหมึกพิมพ์อาจมีสีติดอยู่ หรือเป็นวัสดุที่ไม่มีสีก็ได้

2.1.3.5 การพิมพ์แบบดิสชาร์สและแบบรีซิส (Discharge and resist printing) การพิมพ์แบบนี้เป็นการผสมรูปแบบการพิมพ์และการย้อมเข้าด้วยกัน การพิมพ์แบบดิสชาร์ส หรือเรียกว่า การลอกสีพื้น จะเริ่มจากการย้อมผ้าเป็นสีพื้นก่อน เมื่อย้อมและทำให้แห้งเสร็จแล้ว จะผ่านเข้าสู่การพิมพ์ทับด้วยแป้งพิมพ์ที่ ประกอบด้วยสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการทำลายหรือลอกสีพื้นที่ย้อมไว้แล้วออก ดังนั้นในบริเวณที่มีลายพิมพ์ จะเห็นเป็นลวดลายสีขาว หรือสามารถทำเป็นลวดลายสีโดยการผสมสีที่ทนต่อการสารลอกสีเช่น สีวัต เป็นต้น ลงในแป้งพิมพ์ดังนั้นสีพื้นจะถูกลอกออกไปและสีใหม่จะติดแทนที่ในลายพิมพ์ที่ต้องการ การพิมพ์แบบรีซิสจะเริ่มด้วยการพิมพ์ก่อน ส่วนสีพื้นอาจใช้วิธีการย้อมหรือการพิมพ์ทับอีกครั้งในภายหลังหลักการ คือ ในแป้งพิมพ์จะประกอบด้วยสารต้านสีไม่ให้สีติดในบริเวณที่พิมพ์ลาย หรืออาจ 3 ใช้แวกซ์เป็นวัสดุในการต้านสีติด จากนั้นนำผ้าไปย้อมหรือพิมพ์บริเวณที่สสารต้านสีอยู่สีจะไม่ติดสีย้อม จึงกลายเป็นลวดลายสีขาว หรือทำเป็นลวดลายสีได้ รูปแบบการพิมพ์แบบนี้จะมีต้นทุนการผลิตสูง เพราะการทำงานลำบาก ต้องใช้ผู้มีประสบการณ์แต่ผลงานพิมพ์มีคุณภาพและประณีตสวยงามกว่าการพิมพ์ตรงทำให้สินค้ามีราคาสูง (วัฒนชัย ตรุศบรรจง, 2566)

2.1.3.6 การพิมพ์แบบถ่ายโอนสี (Eco printing) คือ การพิมพ์ลายผ้าด้วยวิธีธรรมชาติ โดยการนำวัสดุจากธรรมชาติ เช่น ใบไม้ ดอกไม้ หรือส่วนต่าง ๆ ของพืช มาวางบนผ้าแล้วผ่านกระบวนการทำให้เกิดลวดลายและสีสันบนผืนผ้า กระบวนการนี้ไม่ใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้ ทำให้ได้ผ้าที่มีลวดลายเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวและเป็นมิตรต่อธรรมชาติ หลักการต้องอาศัยการถ่ายโอนสีและโครงสร้างของวัสดุธรรมชาติลงบนผ้า โดยทั่วไปจะใช้วิธีการวางวัสดุธรรมชาติบนผ้า ม้วนผ้าแล้วนำไปต้มหรือนึ่ง เพื่อให้สีและลวดลายจากพืชติดบนผ้า โดยพืชแต่ละชนิดมีสารประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น แทนนิน, ฟลาโวนอยด์, และรงควัตถุ ซึ่งมีคุณสมบัติในการให้สีที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2 การพิมพ์ผ้าแบบถ่ายโอนสี (Eco printing)

2.1.4 สีที่ใช้ในการพิมพ์ ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ และคณะ (2558) กล่าวว่า สีพิมพ์ (Based Ink) เป็นส่วนสำคัญที่สุดในการพิมพ์ในทุกระบบ สำหรับสีที่ใช้พิมพ์ แบบสกรีนนั้น จะมีความเข้มข้นและความละเอียดสูงเป็นพิเศษ และมีอยู่หลายชนิดเพื่อให้สามารถเหมาะสม กับการพิมพ์ได้กับวัสดุต่าง ๆ เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า โลหะ พลาสติก กระจก หรือแผ่นวงจรไฟฟ้า เป็นต้น การเตรียมสีพิมพ์ ได้แก่ สารข้น ตัวสี สารช่วยติด สารประกอบเคมี ดังนั้นผู้พิมพ์ต้องเลือกใช้สีพิมพ์ให้ถูกต้อง และเหมาะสมกับชนิดหรือประเภทของวัสดุของชิ้นงาน ปัจจุบันสีพิมพ์สกรีนมีให้เลือกทั้งแบบเคมีและแบบธรรมชาติ

2.1.4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับวัสดุที่ให้สีธรรมชาติ

วัสดุการให้สีธรรมชาติส่วนใหญ่จะได้จากพรรณไม้นานาชนิด ซึ่งได้จากส่วนต่าง ๆ ของพรรณไม้ บางสีได้จากเปลือก บางสีได้จากแก่น บางสี่ได้จากใบ บางสีได้จากรากที่อยู่ในดิน ถึงแม้ว่าจะเก็บมาจากต้นเดียวกัน บางครั้งก็ให้สีที่แตกต่างกัน หากเก็บคนละเวลา คนละเดือน คนละฤดู ก็อาจจะให้สีที่แตกต่างกันออกไป การนำพรรณไม้ที่ให้สีพิมพ์ธรรมชาติมาใช้นั้น ต้องอาศัยความชำนาญบวกกับการสังเกต เพราะการพิมพ์สีธรรมชาติในอดีตมีสีไม่มากนัก พืชบางชนิดให้สีโดยตรง บางชนิดไม่ได้ให้สี แต่เป็นส่วนประกอบสำคัญ สามารถนำมาผสมผสานร่วมกับพรรณไม้ที่ให้สีโดยตรงได้ ทำให้การพิมพ์ที่มีสีสันที่สวยสดงดงามจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการพิมพ์สีธรรมชาติบ้านคีรีวง ได้กล่าวถึงสีธรรมชาติโดยสรุปได้ว่า กว่าจะได้สีธรรมชาติที่สวยงามได้ ต้องผ่านการทดลองมานับไม่ถ้วน ต้องสังเกต และจดจำบางครั้งยังข้องเกี่ยวกับการเก็บสะสมพรรณไม้ที่จะใช้ สีบางสีต้องมีการรองพื้น เสียก่อนแล้วนำมาพิมพ์ทับอีกทีจึงจะได้สีที่ต้องการ หรืออาจจะต้องพิมพ์ทับหลาย ๆ ครั้ง และยังต้องคำนึงถึงว่าต้องพิมพ์สีใดก่อนหลังอีกด้วย เพราะผ้าที่พิมพ์แล้วจะให้สีที่แตกต่างกัน การ

ย้อมซ้ำกันหลายๆครั้ง เมื่อผ้าผ่านการซักรีดนานไปสีก็จะซีดจางลงและจะทำให้สีรองนั้นแย้มขึ้นมาแทนเพราะผ่านการย้อมทับนั่นเอง (อารี ขุนทน, 2554)

การพิมพ์สีธรรมชาติจากวัสดุต่าง ๆ ก็จะได้สีที่ออกมาแตกต่างกันไป ตามภูมิปัญญาของผู้พิมพ์ผ้าในอดีตซึ่งมีความชาญเป็นอย่างยิ่งในการคิดค้นเอาสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและใกล้ตัวมาทำการทดลอง จากการช่างสังเกต ช่างคิดและจดจำ จึงทำให้บรรพชนในรุ่นต่อ ๆ มาต่างยึดถือเอาวิธีการดังกล่าวมาใช้ อันเป็นผลให้เกิดประโยชน์อย่างมากมายแก่อนุชนรุ่นหลังและต่อ ๆ ไปการพิมพ์สีธรรมชาติมีแหล่งที่มาของสี 3 แหล่ง ได้แก่ สีที่ได้จากสัตว์ เช่น ครั่ง แหล่งสีที่ได้จากแร่ธาตุ เช่น ดินแดง ดินลูกรัง ดินโคลน และสุดท้ายคือแหล่งสีที่ได้จากพืช เป็นสีที่ได้จากส่วนต่าง ๆ เช่น ราก ใบ ลำต้น เป็นต้น ภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมาผนวกกับความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ ทำให้การพิมพ์สีธรรมชาติ ใช้วัสดุที่มีอยู่ในชุมชน เช่น เปลือกมังคุด เปลือกสะตอ เปลือกลูกเนียง เปลือกเงาะ ใบหูกวาง เป็นต้น เป็นสีพิมพ์ธรรมชาติและให้สีสันตามธรรมชาติ นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกประเภทต่าง ๆ เช่น กระเป๋า เสื้อผ้า ผ้าพันคอ ผ้าเช็ดหน้า เป็นต้น สามารถช่วยสร้าง รายได้ให้กับชุมชน (อารี ขุนทน, 2554)

2.1.4.2 สีธรรมชาติ

สีธรรมชาติคือสีที่สกัดได้จากวัตถุดิบจากแหล่งธรรมชาติเช่น พืช สัตว์ และแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งเกิดขึ้นมาจากกระบวนการตามธรรมชาติ สีธรรมชาติมีบทบาทเกี่ยวข้องกับวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์มายาวนานนับตั้งแต่สมัยโบราณ มนุษย์ได้เรียนรู้ที่จะนำสีจากวัสดุธรรมชาติมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ทาสีตามร่างกาย สีของภาชนะเครื่องปั้นดินเผา ย้อมสิ่งทอ เครื่องใช้ เครื่องนุ่งห่ม ภาพวาดฝาผนัง และเป็นส่วนประกอบในพิธีกรรมต่าง ๆ ตามความเชื่อของแต่ละท้องถิ่น สีธรรมชาติที่มีการใช้ในอดีตนั้นมักจะได้มาจาก พืช สัตว์ และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยมีพัฒนา การสืบทอดกันมาจนถึงปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น การใช้สีในการประกอบอาหาร และขนม การย้อมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม การย้อมเครื่องมือ เครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น เครื่องมือดักจับสัตว์น้ำ การใช้เขม่าหรือควันไฟรมเครื่องจักสานให้เกิดสีและเสริมความทนทาน และการใช้ทำภาพเขียนในปัจจุบันมีการให้ความสนใจใช้สีจากวัสดุธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. กระแสความต้องการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่สืบทอดกันมาจากอดีตให้คงอยู่ในสังคมสืบไป การย้อมสีธรรมชาติซึ่งเป็นหนึ่งในภูมิปัญหาท้องถิ่นจึงได้รับการสนับสนุนมากขึ้นจากทั้งภาค รัฐ ภาคเอกชน และประชาชนทั่วไป

2. ปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากใช้สีสังเคราะห์และสารเคมีอันตรายในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ สารเคมีที่ตกค้างและปนเปื้อนในน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการฟอกย้อมทำให้เกิดการเน่า-เสียของแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ

3. ปัญหาความไม่ปลอดภัย และผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานฟอกย้อม ซึ่งเกิดจากการสัมผัสกับสารเคมี และสีสังเคราะห์ โดยเฉพาะสีสังเคราะห์บางประเภทที่เป็นสารก่อมะเร็ง

4. การให้ความสนใจต่อความปลอดภัยและอันตรายของสารเคมีตกค้างบนผลิตภัณฑ์สิ่งทอของประชาชนทำให้มีการกำหนดชนิดสีสังเคราะห์ที่จะใช้กับสิ่งทอแต่ละประเภท

ทำให้เกิดความระมัดระวังในการใช้สิ่งทอย้อมสีสังเคราะห์และหันมาใช้สิ่งทอที่ได้มาจากการย้อมสีธรรมชาติเพิ่มขึ้น

5. การตื่นตัวด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและ ระบบนิเวศ ทำให้เกิดค่านิยมต่อต้านสินค้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการอุปโภคบริโภค การใช้สินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมหรือผลิตภัณฑ์ฉลากเขียวเพิ่มมากขึ้น โดยสินค้าที่ดีจะต้องเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีผลกระทบต่อผู้บริโภค และสินค้าใช้แล้วเมื่อเป็นขยะต้องไม่ก่อมลพิษต่อไป ค่านิยมดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการผลักดัน ให้มีการหันกลับมาใช้สิ่งทอย้อมสีย้อมธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

2.1.4.3 วัตถุดิบสีจากธรรมชาติ

ด้วยภูมิปัญญาของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการเรียนรู้ที่จะใช้ประโยชน์จากสี ซึ่งสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ โดยการนำมาพิมพ์กับเส้นใยและผืนผ้า เพื่อใช้เป็นเครื่องนุ่งห่มและใช้สอยในชีวิตประจำวัน สีธรรมชาตินั้นสามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

1) สีธรรมชาติจากแร่ธาตุ (Mineral dyes) สีธรรมชาติประเภทนี้เป็นสีที่เกิดจากสารประกอบของโลหะ จำพวก เหล็ก โครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิล ซึ่งในอดีตเป็นกลุ่มสีที่มีความสำคัญมากแต่ในปัจจุบันไม่ปรากฏแหล่งผลิตและการใช้สีกลุ่มดังกล่าว สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน ยังมีการใช้สีธรรมชาติจากแร่ธาตุในการพิมพ์สีสิ่งทอ คือ สีจากโคลนและดินแดง ซึ่งเป็นวัสดุที่มีสารประกอบพวกอะลูมิโนซิลิเกต และสารประกอบโลหะอยู่

2) สีธรรมชาติจากสัตว์ (Animal dyes) สีธรรมชาติจากสัตว์ คือ สารสีที่ได้จากสารที่ขับออกจาก ตัวสัตว์ หรือตัวสัตว์เอง สำหรับประเทศไทยมีการใช้สีจากแมลง คือ ครั่ง โดยตัวครั่งจะดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้แล้วขับสารสีแดงที่เรียกว่า ยางครั่ง ออกมาหุ้มรอบตัวเป็นรัง สารสีแดงที่ถูกขับออกมาจากตัวครั่งดังกล่าวมานี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ ทั้งในการย้อมสิ่งทอ ผสมในอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท สำหรับเส้นใยที่ย้อมด้วยครั่ง คือ ไหม ขนสัตว์ และฝ้าย เชื่อกันว่าคุณภาพของสีที่ได้จากครั่งจะขึ้นกับชนิดของต้นไม้ที่ใช้เลี้ยงครั่ง

3) สีธรรมชาติจากพืช (Vegetable dyes) สีที่ได้จากพืชจัดเป็นกลุ่มสารสีหลักของสีธรรมชาติ โดยเป็นสีที่ได้จากทุกส่วนของพืชทั้ง ราก เปลือก ลำต้น เนื้อไม้ ใบ ดอก ผลและเมล็ด ซึ่งสีกลุ่มนี้มีความหลากหลาย สามารถแบ่งโดยใช้กรรมวิธีการเป็นเกณฑ์ได้ 2 กลุ่ม คือ

4) การสกัดแบบเย็น หรือการสกัดแบบหมัก เป็นสีที่ได้จากพืช เช่น ผลมะเกลือ ห้อม และคราม เป็นการย้อมสีจากพืชที่มีกรรมวิธีการโดยไม่ใช้ความร้อน แต่อาศัยคุณสมบัติธรรม ชาติของสารสี และปฏิกิริยาเคมีทางธรรมชาติช่วยให้สารสีติดกับเส้นใย โดยจะหมักเส้นใยไว้ในน้ำย้อมที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีรายละเอียดวิธีการที่แตกต่างกันตามชนิดของสารสีที่ได้จากพืช

5) การสกัดแบบร้อน สีธรรมชาติที่ใช้การสกัดแบบร้อน จะเป็นสีย้อมที่ได้จากพืชทั่วไปและครั่ง โดยจะนำวัตถุดิบสีมาสับให้ละเอียดแล้วต้มให้เดือดเพื่อสกัดสารสีออกจากพืชจากนั้นจึงทำการใช้ย้อมหรือพิมพ์กับเส้นใย จะมีการใช้ความร้อนและสารช่วยย้อมช่วยให้สารสีติดกับเส้นใย (นิตยา ชะนะญาติ, 2544) ตัวอย่างของสีธรรมชาติที่ได้จากพืชและสัตว์และการแบ่งกลุ่มสีธรรมชาติจากลักษณะโทนสามารถแบ่งได้ ดังนี้

โทนสีแดง ได้จาก ครั่ง รากยอป่า มะไฟ แก่น เมล็ดคำแสด แก่นฝาง เปลือกสมอ ไม้เหมือด เม็ดสะตี ใบสัก เปลือกสะเดา ดอกมะสิวัลย์ แก่นกะหล่ำ แก่นประดู่ เปลือกส้มเสี้ยว

โทนสีเหลือง ได้จาก หัวขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย แก่นไม้พุด ดอกกรรณิการ์ รากฝาง ใบมะขาม ผลดิบมะตูม เปลือกมะขามป้อม เปลือกผลมังคุด ดอกผกากรอง เปลือกประโหด แก่นเข ใบเสนียด แก่นแค แก่นฝรั่ง หัวไพร แก่นสุพรรณิการ์ แกนต้นปีบ ต้นมหากาฬ ใบขี้เหล็ก แก่นขนุน ลูกมะตอย ต้นสะตือ ใบเทียนกิ่ง

โทนสีน้ำตาล ได้จาก เปลือกไม้โกงกาง เปลือกสีเสียด เปลือกพยอม เปลือกผลทับทิม เปลือกคาง เปลือกโป่งขาว เปลือกสนทะเล เปลือกแสมดำ เปลือกนนทรี เปลือกฝาดแดง เปลือกมะหาด เปลือกเคี่ยม เปลือกติ้วขน ผลอาราง แก่นคูณ

โทนสีน้ำเงิน ได้จาก ใบบวบ ใบหูกวาง เปลือกเพกา เปลือกตันมะริด เปลือกสมอ เปลือกกระหูต ใบเสี่ยน เปลือกสมอภิเภก ใบตะขบ

โทนสีดำ ได้จาก ผลมะเกลือ ผลสมอภิเภก ใขกระเม็ง ผลมะกอกเลื่อม เปลือกรกฟ้า ผลตับเต่า เปลือกมะเขือเทศ

ถึงแม้ว่าสีย้อมธรรมชาติจะมีส่วนดีในเรื่องของการเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่สีย้อมธรรมชาติเองก็มีข้อจำกัดในหลาย ๆ ด้านที่ส่งผลให้การใช้งานถูกจำกัดลง คือ

1) ข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณสารให้สีในวัตถุดิบ จากธรรมชาติซึ่งมีน้อย ทำให้ย้อมสีได้ไม่เข้มหรือถ้าต้องการสีที่มีความเข้มมากจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบธรรมชาติจำนวนมากขึ้น อีกทั้งยังไม่สามารถผลิตได้คราวละมาก ๆ และไม่สามารถผลิตสีได้คงที่ตามที่ตลาดต้องการ และวัตถุดิบตามธรรมชาติบางชนิดจะมีเป็นบางฤดูกาลเท่านั้น

2) การควบคุมคุณภาพการย้อมทำได้ยาก เพราะฉะนั้นการย้อมสีในแต่ละครั้งให้ได้ความเข้มสีเหมือนเดิมทุกครั้งจึงเป็นเรื่องยาก เพราะไม่สามารถควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบที่ให้สีได้

3) ความคงทนของสีย้อมธรรมชาติโดยส่วนใหญ่มักไม่สูงนัก สามารถซีดจางได้ทั้งจากการซักหรือโดนแสงแดด ซึ่งเป็นผลมาจากสมบัติของตัวสีเอง การปรับปรุงหรือแก้ไขจึงเป็นไปได้ยาก

4) ขั้นตอนการใช้งานยุ่งยากกว่าสีสังเคราะห์ เนื่องจากต้องเสียเวลาในการสกัดสีย้อมธรรมชาติจากวัตถุดิบ และสีที่สกัดได้ส่วนใหญ่ไม่สามารถแปรรูปจากสีน้ำเป็นสีผงได้ด้วยกระบวนการทั่วไป ทำให้การเก็บรักษาทำได้ยาก (ประภากร สุคนธมณี, 2560)

2.1.4.4 วัสดุย้อมสีสังเคราะห์

สีที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีคือสีที่ผลิตโดยการนำสารเคมีต่าง ๆ มาทำปฏิกิริยาหรือผสมกันในห้องปฏิบัติการหรือโรงงาน สีเหล่านี้มีความเข้มข้นของเนื้อสีสูง ทำให้ได้สีที่สดใสและติดทนทานเมื่อนำไปย้อม และยังใช้งานง่ายเนื่องจากใช้ในปริมาณน้อยได้ อย่างไรก็ตาม การผลิตสีเหล่านี้มักมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดมลพิษทางน้ำและดิน รวมถึงสารเคมีบางชนิดในสีอาจเป็นพิษต่อผิวหนังเมื่อสลายตัว นอกจากนี้ สีสังเคราะห์ส่วนใหญ่ต้องซื้อจากแหล่งผลิตภายนอกเนื่องจากไม่ได้ผลิตในประเทศ สีสังเคราะห์มีให้เลือกหลากหลายเฉดสีและราคาแตกต่างกันไปตาม

คุณภาพของสี ปัจจุบันพบว่า สีเคมีบางตัวอันตรายต่อทั้งผู้ใช้และผู้ย้อม (วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี, 2549)

การจำแนกสีย้อมที่นิยมกันมากที่สุด คือ การจำแนกสีย้อมตามการนำไปใช้ เพราะจะต้องมีความคงทนการซัก มีความคงทนต่อแสงและยังต้องมีความคงทนต่อความร้อน ซึ่งในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมได้จำแนกสีย้อมตามวิธีใช้ออกเป็น 11 ประเภท คือ Acid dyes (สีเอซิด), Direct dyes (สีไดเร็กท์), Basic dyes (สีเบสิค), Disperse dyes (สีดิสเพอร์ส), Reactive dyes (สีรีแอกทีฟ), Azoic dyes (สีอะโซอิค), Vat dyes (สีแว็ต), Mordant dyes (สีมอร์แดนท์), Ingrain dyes (สีอินเกรน), Oxidation dyes (สีออกซิเดชัน), และ Sulfur dyes (สีซัลเฟอร์) โดยที่สีย้อมแต่ละประเภทจะมีสูตรโครงสร้างทางเคมีสมบัติของสีย้อม ตลอดจนวิธีใช้ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกใช้สีย้อมจึงมีความสำคัญอย่างมากในการย้อมสีเพราะวัตถุที่ต้องการย้อมอาจสามารถย้อมด้วยสีย้อมเพียงชนิดเดียวหรือย้อมด้วยสีย้อมหลายชนิดที่ต่างชนิดกันได้เช่น เส้นใยเซลลูโลสส่วนใหญ่จะย้อมด้วยสีไดเร็กท์เป็นต้น

1) สีเอซิด (Acid dye) สีชนิดนี้เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ มีประจุลบ ละลายน้ำได้ดีส่วนใหญ่เป็นเกลือของกรดกำมะถัน กลไกในการติดสีเกิดเป็นพันธะไอออนิก ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนในน้ำย้อมที่มีสภาพเป็นกรดเจือจาง สีเอซิดบางตัวสามารถนำไปใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์ได้ เช่น ปอ ป่าน ไนลอน ใยขนแกะ ไหม และอะคลิริก ได้ดีวิธีการใช้จะนำสีย้อมที่เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ไปละลายน้ำย้อมที่เป็นกรดหรือเป็นกลาง สีเอซิดไม่ทนการซัก ไม่ทนเหงื่อ

2) สีไดเร็กท์ (Direct dye) หรืออาจเรียกว่าสีย้อมฝ้าย ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบ อะโซที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิคที่ทำให้ตัวสีสามารถละลายน้ำได้ มีประจุลบ นิยมใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส สีจะติดเส้นใยได้โดยโมเลกุลของสีจะจัดเรียงตัวแทรกอยู่ในระหว่างโมเลกุล เส้นใยและยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน สีไม่ทนต่อการซักน้ำ ตกง่าย ทนแสง

3) สีเบสิก (Basic or cationic dye) สีย้อมชนิดนี้เป็นเกลือของเบสอินทรีย์ (organic base) ให้ประจุลบ ละลายน้ำได้นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอนและใยอะคริลิกได้ดีในขณะย้อมโมเลกุลของสีส่วนที่มีประจุลบจะยึดจับกับโมเลกุลของเส้นใย เป็นสีที่ติดทน ไม่ควรใช้ย้อมเส้นใยธรรมชาติเพราะจะไม่ทนการซักและแสง

4) สีดิสเพอร์ส (Disperse dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำแต่มีสมบัติกระจายได้ดีสามารถย้อมเส้นใย อะซิเตท เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และอะคริลิกได้ดีการย้อมจะใช้สารพา(Carrier) เพื่อช่วยเร่งอัตราการดูดซึมของสีเข้าไปในเส้นใย หรือย้อมโดยใช้อุณหภูมิ และความดันสูง สีดิสเพอร์สเป็นสีที่ทนแสงและการซักฟอกค่อนข้างดีแต่สีจะซีดถ้าถูกควันหรือแก๊สบางชนิด เช่น แก๊สไนตรัสออกไซด์ สีดิสเพอร์สแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยพิจารณากลุ่มเคมีในตัวสีย้อม ได้แก่ สีย้อมอะโซ (Azo dyes) และสีย้อมแอมมิโนแอนทราคิวโนน (Amino antraquinone) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มประกอบด้วยอนุพันธ์ของเอทราโนลามีน (ethanolamine; $NH_2CH_2CH_2CH$) หรืออนุพันธ์ที่คล้ายคลึงกัน

5) สีรีแอกทีฟ (Reactive dye) เป็นสีที่ละลายน้ำได้ มีประจุลบ เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสมบัติเป็นด่าง สีย้อมชนิดนี้เหมาะกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลสมากที่สุด โมเลกุลของสีจะยึดจับกับหมู่ไฮดรอกไซด์ (OH-) ของเซลลูโลสและเชื่อมโยงติดกันด้วยพันธะโควาเลนท์ในสภาวะที่เป็นด่างกลายเป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่กับเซลลูโลส สีรีแอกทีฟมี2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ย้อมติดที่ อุณหภูมิสูง

70-75 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิปกติสีรีแอกทีฟให้สีที่สดใส ทุกสีติดทนในทุกสภาวะ

6) สีอะโซอิค (Azoic dye) สีย้อมชนิดนี้ไม่สามารถละลายน้ำได้การที่สีจะก่อรูปเป็นเส้นใยได้ต้องย้อมด้วยสารประกอบฟีนอล ซึ่งละลายน้ำได้ก่อน ซึ่งเป็นกระบวนการทำให้รวมตัวเป็นสี (coupling) แล้วย้อมทับด้วยสารไดอะโซคอมโพแนนท์ จึงจะเกิดเป็นสีได้ สีอะโซอิคใช้ย้อมเส้นใยได้ทั้งเซลลูโลส ไนลอน หรือ อะซิเตท สีอะโซอิคเป็นสีที่ทนต่อการซัก แต่ไม่ทนต่อการขัดถู

7) สีแว็ต (Vat dye) เป็นสีที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เมื่อทำการย้อมต้องเตรียมน้ำย้อมให้ สีแว็ต ละลายน้ำโดยให้ทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ สีแว็ตจะถูกรีดิวส์ให้กลายเป็นเกลือจึงซึมเข้าไปในเส้นใยได้เมื่อนำผ้าไปผึ่งในอากาศสีในเส้นใยจะถูกออกซิไดส์เป็นสีแว็ต สีย้อมชนิดนี้มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ สีอินดิโก (Indigoid) และ สีแอนทราควินอยด์ (Antraquinoide)

8) สีมอร์แดนท์ หรือโครม (Mordant or chrome dye) สีย้อมชนิดนี้ต้องใช้สารช่วยติดเข้าไปช่วยเพื่อให้เกิดการติดสีบนเส้นใย สารที่ช่วยติดที่ใช้คือ สารประกอบออกไซด์ของโลหะ เช่น โครเมียม ดีบุก เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น สีมอร์แดนท์ เป็นสีที่มีโมเลกุลใหญ่ซึ่งเกิดจากสีมอร์แดนท์หลายโมเลกุลจับกับโลหะแล้วละลายน้ำได้จึงทำให้ย้อมได้ง่าย ซึ่งใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนและเส้นใยพอลีเอไมด์ได้ดี

9) สีอินเกรน (Ingrain dyes) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยากับน้ำสีย้อมชนิดนี้ใช้สำหรับย้อมฝ้าย

10) สีออกซิเดชัน (Oxidation dye) เป็นสีที่มีละลายน้ำโดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยาในน้ำโดยสีจะติดแน่น อาศัยปฏิกิริยาการตกตะกอนผลึกภายในเส้นใยใช้สำหรับย้อมฝ้ายและขนสัตว์

11) สีซัลเฟอร์ (Sulfur dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมต้องรีดิวซ์สีเพื่อให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้แต่สีซัลเฟอร์บางชนิดที่ผลิตออกมาจำหน่ายในรูปที่ถูกรีดิวซ์ จะละลายน้ำได้ นิยมนำสีซัลเฟอร์มาย้อมฝ้าย สีจะติดทน และยังเป็นสีที่มีราคาถูก แต่สีที่อ่อนจะไม่ทนต่อการซัก (วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี, 2549)

2.2 ใบไม้ที่ให้สี

การเลือกใบไม้ การเก็บใบไม้ควรเลือกเก็บช่วงเช้า พระอาทิตย์ยังไม่ขึ้น ไม่ควรเก็บช่วงที่มีแสงแดดจะทำให้ใบไม้เหี่ยวเฉา ใบที่เก็บตั้งแต่ยอดอ่อนถึงใบแก่จัดขึ้นอยู่กับชนิดของใบไม้ที่นำมาใช้ ใบไม้ที่สามารถนำมาพิมพ์ได้คือใบไม้ที่มีรสฝาด เพราะมีเทนนินสูงและใบไม้แต่ละชนิดหรือสายพันธุ์จะให้สีที่แตกต่างกัน ได้แก่

1) ใบสัก ใบอ่อนให้สีแดงม่วง ใบแก่ให้สีเหลือง
2) ใบตะขบ ใช้ได้ทั้งก้าน ให้สีเหลือง
3) ใบยูคาลิปตัส ใบแก่ให้สีเขียว ใบอ่อนสีเหลือง
4) ใบปีบ ให้สีเขียวเหลือง
5) ใบเพกา ให้สีเหลือง

6) ใบระหุ่ง ให้สีเขียว

7) ใบดาวกระจาย ใบดาวเรือง ให้สีเขียว

8) ใบสบู่แดง ใบอ่อนสีเขียวเข้ม ใบแก่สีเขียวอ่อน (โครงการส่งเสริมการใช้ชีวิตตามแนวพระราชดำริเศรษกิจพอเพียง, 2566)

การศึกษาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็นใบไม้ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ใบสัก (*Tectona grandis Linn.f.,*) ใช้ใบอ่อนปลายสุดของยอดที่มีลักษณะใบสีน้ำตาลแดง ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ใบเพกา (*Oroxylum indicum* (L.)) เลือกใช้ใบแก่จัดที่มีสีเขียวเข้ม ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ใบละหุ่ง (*Ricinus communis* L.,) ใช้ใบแก่จัดมีลักษณะสีเขียวเข้มมี 8 แฉก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร และใบสบู่แดง (*Jatropha gossypifolia* L.,) ใช้ใบยอดอ่อนของลำต้น ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร

2.2.1. ต้นสัก สักมีชื่อการค้าเป็นภาษาอังกฤษว่า Teak เป็นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าผลัดใบเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดจำกัดอยู่เฉพาะในเอเชียตอนใต้แถบประเทศอินเดียตอนใต้ พม่า ไทยเฉพาะภาคเหนือ ลาวและอินโดนีเซียที่พวกฮินดูนำไปปลูกเมื่อ 500-700 ปีมาแล้ว สำหรับในประเทศไทย มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในท้องที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ ตาก กำแพงเพชร นครสวรรค์และอุทัยธานี

สักเป็นไม้ที่มีชื่อเสียงรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลก เนื้อไม้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เนื่องจากมีคุณสมบัติของเนื้อไม้ละเอียด ตกแต่งได้ง่าย ลวดลายสวยงาม และมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ พบมากในพื้นที่เป็นดินร่วนปนทรายที่อุดมสมบูรณ์สักในประเทศไทยจะพบกระจายอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติทางภาคเหนือและมีคุณภาพดีเช่นเดียวกับสักจากประเทศพม่าซึ่งถือว่าเป็นสักที่มีคุณภาพดีที่สุดในโลก และเป็นที่ต้องการของตลาดโลกอย่างมาก สักมีลำต้นเปลาตรง ความสูงเมื่อโตเต็มที่ตั้งแต่ 20 เมตรขึ้นไป ปราศจากกิ่งก้านจนใกล้ถึงเรือนยอด โคนต้นเป็นพูพอนมีรอยหยักเว้า เรือนยอดเป็นพุ่มกว้าง ลำต้นสีน้ำตาลปนเทา เปลือกนอกหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร แตกเป็นร่องตื้นตามความยาวของลำต้น เปลือกในมีสีน้ำตาลและเขียวอ่อน กระพี้หนาสีขาว เนื้อไม้มีสีน้ำตาลทอง เห็นเส้นวงปีชัดเจนและลายเส้นวงปีนี้จะบอกถึงอายุของสัก โดยวงปี 1 วงจะใช้เวลา 1 ปีใบสักจะแตกออกตามกิ่งก้านและลำต้นในลักษณะเป็นคู่ตรงข้ามกัน เมื่อสักอายุยังน้อยใบสักมีขนาดใหญ่มากอาจมีความกว้างถึง 40 เซนติเมตรและยาว 80 เซนติเมตร เมื่อสักมีอายุมากขึ้น ขนาดของใบจะลดลง รูปของใบมีลักษณะโป่งตรงกลาง และเรียวแหลมทั้งโคนและปลายใบ ผิวของใบสากเพราะมีขนแข็งขนาดเล็ก หลังใบมีสีเขียวเข้ม เห็นลายเส้นเป็นร่างแหชัดเจนและมีต่อมสีดำเล็ก ๆ ท้องใบมีสีเขียวอ่อนเห็นลายเส้นนูน ใบอ่อนที่แตกใหม่มีสีน้ำตาลแดงและมีขนอ่อนนุ่ม เมื่อขยี้จะมีสีแดงคล้ายเลือด เนื่องจากมีสารแทรกในใบสักเป็นไม้ผลัดใบ ใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง น้ำตาลและแดง ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคมและจะทิ้งใบหมดทั้งต้นในช่วงเดือน มกราคม ถึง มีนาคม เมื่อเริ่มมีฝนตกในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมจะแตกใบอ่อนใหม่ ซึ่งจะเติบโตเต็มที่ในเดือน กรกฎาคม ช่อดอกสักจะเริ่มแทงออกมาเป็นดอกสักขนาดเล็กเริ่มทยอยบานไปเรื่อย ๆ ใช้เวลาประมาณ 3-4 สัปดาห์ ดอกสักจะบานในช่วงเดือนกันยายน ดอกสักช่อหนึ่ง ๆ ยาวประมาณ 40-60 เซนติเมตร แต่ละช่อดอกประกอบด้วยดอกเล็ก

สีขาว หรือสีขาวแกมม่วง มีจำนวน 750-3,000 ดอก ผลที่แก่จัดหรือแห้งมีสีน้ำตาลและร่วงหล่นตามธรรมชาติเมื่อมีพายุฝนแรกในกลางเดือน เมษายน ผลแก่จะขยายตัวพองกลม มีเปลือกนอกสีน้ำตาลเป็นแผ่นบางหุ้มซึ่งเปลี่ยนสภาพมาจากกลีบดอกหลังการผสมเกสร ลักษณะเปลือกในของผลกลมแข็ง มีสองชั้น ชั้นนอกเหนียวมีขนสีน้ำตาลและการจำแนกชนิดของสักที่ขึ้นอยู่ในแต่ละพื้นที่ได้ดังต่อไปนี้

1) สักทอง เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งชื้นไกลห้วย หรือแห้งแล้งแต่ใกล้ห้วยดิน ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์การแตกของเปลือกเช่นเดียวกับสักหยวก เรือนยอดสมบูรณ์ ใบมีขนาดปานกลาง เนื้อไม้จะเป็นเส้นตรงผ่าง่าย มีความแข็งแรงกว่าสักหยวก เป็นสีน้ำตาลเหลือง หรือที่เรียกกันว่าสีทอง สักหยวกและสักทองจะอยู่ในทำเลที่คล้ายกัน และมีลักษณะภายนอกคล้ายกันแต่อาจจะพิจารณาได้จากร่องของเปลือกที่แตกเป็นร่องตรงเหมือนกัน แต่สักหยวกมีขนาดร่องกว้างกว่าสักทอง

2) สักหยวก เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งชื้นริมห้วย ลำต้นตรง เปลือกแตกเป็นร่องตื้นและยาวตรง เรือนยอดสมบูรณ์ใบขนาดกลาง เนื้อไม้มีแก่นเป็นสีน้ำตาลอ่อน ตัดและถากได้ง่าย

3) สักไข เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งแล้ง มีการเติบโตช้า ร่องของเปลือกลึกและตัวเปลือกเป็นสันกว้างระหว่างร่อง ลำต้นตรงเปลา แต่มีลักษณะแคระแกร็น พุ่มของเรือนยอดบอบบางและจะทราบได้ว่าเป็นสันไข ก็ต่อเมื่อถึงมือช่างไม้ เพราะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้มปนเหลืองจะมีไขปนทำให้ขัดและทาแซลแลค หรือแลคเกอร์ยาก

4) สักหิน เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งแล้งระดับสูง การแตกของเปลือกเป็นร่องลึกและเรือนยอดไม่ค่อยแข็งแรง ใบมีขนาดเล็กกว่าปกติจะทราบได้แน่นอนเมื่อมีการโค่นล้ม หรือตกแต่งโดยช่างไม้เพราะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้มจะแข็งและเปราะกว่าสักทั่วไปองค์ความรู้ไม้สักไทย

5) สักขี้ควาย เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างแล้งในป่าผสมผลัดใบ มักจะพบอยู่ในพื้นที่รอยต่อ (Transition zone) ของป่าโปร่งผลัดใบและป่าแพะลักษณะของเรือนยอดมักไม่สมบูรณ์ลำต้นจะตายบ้างกิ่งหรือเรือนยอดแห้งตายไปบ้างกิ่งสองกิ่ง เปลือกแตกเป็นร่องไม่สม่ำเสมอเป็นตอนๆ และเป็นร่องลึกจะทราบแน่นอนว่าเป็นสักขี้ควาย ก็ต่อเมื่อโค่นลงมาเลื่อย จะเห็นได้ชัดว่าเนื้อไม้มีสีเขียวปนน้ำตาล น้ำตาลแก่ น้ำตาลอ่อน ปนคละกันอยู่ (กรมป่าไม้ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Tectona grandis* Linn.f.
ชื่อสามัญ : -
วงศ์ : Verbenaceae
ชื่อท้องถิ่น : เคาะเยียโอ, ปายี้, ปีฮี, ปีฮือ, เปูอยี, เส่บายี้



ภาพที่ 3 ต้นสัก
ที่มา : จาก *องคความรูไม้สัก*, โดย กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556

ไม้สักประกอบด้วยสารเคมีหลากหลายชนิด โดยเฉพาะสารในกลุ่มควิโนน (Quinones) เช่น เทคโทควิโนน (Tectoquinone), แอนทราควิโนน (anthraquinones) ได้แก่ 1-ไฮดรอกซี-2-เมทิลแอนทราควิโนน (1-hydroxy-2-methylanthraquinone) และพาคีบาซิน (Pachybacin), รวมถึงแนพโทควิโนน (Naphthoquinones) เช่น 1,4-แนพโทควิโนน (1,4-naphthoquinone), ลาพาชอล (Lapachol) และดีออกซีลาพาชอล (Deoxylapachol) นอกจากนี้ยังพบสาร 4',5'-ไดไฮดรอกซี-อิพิไอโซคาทาลพอล (4',5'-dihydroxy-epiisocatalpol), ลิกนิน (Lignins) และน้ำตาลหลายชนิด ได้แก่ กลูโคส (Glucose), ไซโลส (Xylose), แมนโนส (Mannose), อะราบิโนส (Arabinose) และกาแลคโตส (Galactose) ไม้สักยังมีสารประกอบอื่น เช่น กรดบีทูลินิก (Betulinic acid), กรดเฟอลิก (Ferulic acid), กรดแกลลิค (Gallic acid) และกรดคาเฟอิก (Caffeic acid) โดยเฉพาะในใบสักอ่อนพบว่าสารในกลุ่มควิโนนส์ ให้สีตั้งแต่เหลืองถึงแดง เมื่อสกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ พบสารให้สีหลัก 3 ชนิด ได้แก่ Tectoleafquinone (1,4,5,8-tetrahydroxy-2-isopentadienylanthraquinone) ให้สีเหลือง Tectograndone ให้สีแดง 9,10-dimethoxy-3-hydroxy-2-isopentenylanthra-1,4-dione ให้สีแดง quinone like compound (ดารณี ขันเพ็ชร, 2556)

2.2.2. ต้นเพกา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ไม้ยืนต้นกิ่งผลัดใบหรือไม่ผลัดใบ สูง 5-12 เมตร เรือนยอดเล็ก กิ่งเปราะหักง่าย แตกกิ่งก้านน้อย ต้นที่มีอายุน้อยมีกิ่งใหญ่ตรงกลางกิ่งเดียว เปลือกเรียบ มีใบเป็นกลุ่มตรงกลาง คล้ายกับต้นปาล์ม ภายหลังจากออกดอก ลำต้นจะแยกเป็นกิ่งระเกะระกะ เปลือกต้น สีน้ำตาลครีมอ่อน หรือเทาอ่อน แตกเป็นสะเก็ดสี่เหลี่ยม และแผลของใบยาวถึง 150 เซนติเมตร เกิดจากใบที่ร่วงไปแล้ว ลำต้นและกิ่งก้านมีรูระบายอากาศ กระจายอยู่ทั่วไป เปลือกลำต้นเรียบสีเทา มีรอยแผลเป็น จากการหลุดร่วงของใบ ใบประกอบแบบขนนก 3 ชั้น ปลายคี่ ใบขนาด

ใหญ่ ยาว 60-200 เซนติเมตร เรียงตรงข้ามกันอยู่บริเวณปลายกิ่ง ใบย่อยรูปไข่ หรือรูปไข่แกมวงรี กว้าง 4-8 เซนติเมตร ยาว 6-12 เซนติเมตร ปลายยาว ขอบใบเรียบ ฐานใบสอบแคบ ใบเกลี้ยง หรือมีขนสีขาวสั้น ๆ ด้านล่าง ท้องใบนวล ก้านใบบนสุดแยกออก 1 ครั้ง ก้านใบกลางแยก 2 ครั้ง และก้านใบล่างแยก 3 ครั้ง ทำให้เห็นใบทั้งหมดเป็นรูปสามเหลี่ยม ก้านใบย่อยยาว 5-8 มิลลิเมตร ก้านใบข้าง และก้านใบร่วมโค้งพองออกที่ฐานและที่ข้อ ก้านใบยาว 0.5-2 เมตร ดอกช่อขนาดใหญ่แบบกระจะ ออกที่ปลายยอดเป็นกระจุก มีดอกย่อย 20-35 ดอก จะบานพร้อมกันคราวละ 2-3 ดอก ก้านช่อดอกยาว 60-180 เซนติเมตร ยื่นออกมานอกทรงพุ่มของยอด ดอกย่อยขนาดใหญ่ 8-12 เซนติเมตร กลีบดอกสีนวลแกมเขียวโคนกลีบเป็นหลอดสีม่วงแดง หรือม่วงด้านนอก หลอดกลีบดอกยาว 2-4 เซนติเมตร รูปแตร กลีบดอกหนา ขอบย่น ไม่มีพู หรือพูไม่เท่ากัน มีต่อมกระจายอยู่ด้านนอก ด้านในมีขนหนาแน่น ดอกบานตอนกลางคืน มีกลิ่นสาบฉุน และร่วงตอนเช้า มักจะมีดอกและผลในกิ่งเดียวกัน เกสรตัวผู้ 5 อัน ติดกับหลอดดอก โคนก้านมีขน เกสรตัวเมียมี 1 อัน กลีบเลี้ยงยาว 2-4 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ เชื่อมติดกันเป็นรูปทรงกระบอก ปลายไม่แยกเป็นกลีบอย่างเด่นชัด เมื่อเป็นผล กลีบเลี้ยงนี้จะเจริญเป็นเนื้อแข็งมาก ผลเป็นฝัก แบน โค้งเล็กน้อยที่ฐาน มีสันเล็ก ๆ ที่ด้านข้าง คล้ายรูปลิ้น ห้อยอยู่เหนือเรือนยอด กว้าง 6-10 เซนติเมตร ยาว 30-120 เซนติเมตร สีน้ำตาลเข้ม สีแดง ติดฝักยาก ฝักเป็นรูปดาบ เมื่อแก่จะแตกเป็น 2 ซีก เมล็ดแบนสีขาว ขนาด 4-8 เซนติเมตร มีปีกบางโปร่งแสง พบบริเวณป่าเต็งรัง ป่าทุ่ง ป่าผสมผลัดใบ บริเวณ ไร่ สวน ออกดอกช่วงเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม ยอดอ่อนรสชาติขม และดอก นำมาลวกกินเป็นผัก ฝักแก่ที่ยังไม่แข็งจะมีรสขมใช้ประกอบอาหารได้ แต่ต้องทำให้รสขมหมดไปโดยการเผาไฟให้ผิวไหม้เกรียม แล้วขูดผิวที่ไฟไหม้ออก นำมาหั่นเป็นฝอย แล้วคั้นน้ำหลาย ๆ หน แล้วจึงนำมาปรุงอาหารได้ เช่น ผัด แกง เป็นผักจิ้มน้ำพริก (ฐานข้อมูลสมุนไพร เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2565)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Oroxylum indicum* (L.) Kurz
ชื่อสามัญ : Broken Bones Tree, Damocles tree, Indian trumpet flower
วงศ์ : Bignoniaceae
ชื่อท้องถิ่น : เพกา (ภาคกลางและทั่วไป) ลิ้นฟ้า หมากลิ้นฟ้า (ภาคอีสาน) มะลิ้นไม้ ลิดไม้หมากลิ้นก้าง หมากลิ้นช้าง ดอก๊ะ ด๊อกก๊ะ ดุแก (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)(ภาคเหนือ) เบโก (มาลายู-นราธิวาส)



ภาพที่ 4 ต้นเพกา
ที่มา: จาก *พืชสมุนไพร* โดย ฐานข้อมูลสมุนไพร เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2565

องค์ประกอบทางเคมีของใบเพกาพบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ chrysin, baicalein, baicalein-7-O-glucoside, baicalein-7-O-diglucoside, chrysin-7- O-glucuronide, baicalein-7-O-glucuronide, chrysin-diglucoside ให้กลุ่มโทนสีเหลือง (จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร, 2559)

สารสำคัญในต้นเพกา (*Cassia fistula*) ได้แก่ *anthraquinones* ที่ประกอบด้วยสาร *Emodin* และ *Aloe emodin* ซึ่งเป็นสารในกลุ่มแอนทราควิโนน (Anthraquinones) ที่มีคุณสมบัติหลากหลาย เช่น Emodin สารในกลุ่มแอนทราควิโนนที่มีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ, ต้านอนุมูลอิสระ, และมีฤทธิ์ในการกระตุ้นการขับถ่าย ทำให้มีการใช้ในยาระบายบางชนิด Aloe emodin มีลักษณะคล้ายกับ *Emodin* และมักพบในพืชในกลุ่ม *Aloe* และ *Cassia*. สารนี้มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลชีพ, ต้านการอักเสบ และต้านมะเร็ง (Dawood, 2021)

2.2.3. ต้นละหุ่ง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก สูงได้ถึง 6 เมตร ละหุ่งขาว ลำต้นและก้านใบจะเป็นสีเขียว ละหุ่งแดงลำต้นและก้านใบจะเป็นสีแดง ยอดอ่อนและช่อดอกเป็นนวลขาว ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ ใบกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร รูปฝ่ามือ มี 6-11 แฉก ปลายแฉกแหลม ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ขนาดไม่เท่ากัน ปลายจักเป็นต่อม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-20 เซนติเมตร โคนใบแบบก้นปิด เส้นแขนงใบเรียงจรดปลายจักที่มีขนาดใหญ่ ก้านใบยาว 10-30 เซนติเมตร มีต่อมที่ปลายก้าน หูใบเชื่อมติดกันรูปสามเหลี่ยม ยาวได้ประมาณ 1.5 เซนติเมตร ติดตรงข้ามใบ โอบรอบกิ่ง ร่วงง่าย ดอกออกเป็นช่อ ที่ปลายกิ่งหรือที่ปลายยอดแบบช่อกระจะ บางครั้งแยกแขนง มีทั้งดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน ดอกเพศผู้อยู่ช่วงบน ดอกเพศเมียอยู่ช่วงล่าง ก้านดอกยาวกว่าดอกเพศผู้ กลีบเลี้ยง 5 กลีบ ในดอกเพศเมียเรียวแคบกว่า เกสรเพศผู้จำนวนมาก เชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม ๆ แตกแขนง รังไข่ 3 ช่อง แต่ละช่องมีออวุล 1 เม็ด มีเกล็ดคล้ายหนามปกคลุม ก้านเกสร 3 อัน ยาวเท่า ๆ กลีบเลี้ยงบางแยกเป็น 3-5 แฉก ติดทน ไม่มีกลีบดอก

ก้านดอกยาว ไม่มีจานฐานดอก กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกัน ปลายเป็น 5 หยัก รูปสามเหลี่ยม ยาวได้ประมาณ 1 เซนติเมตร ร่วงง่าย ผลเป็นผลแห้งแบบแคปซูล ทรงรี ยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร มี 3 พู รูปไข่ สีเขียว ยาว 1-1.5 เซนติเมตร ผิวมีขนคล้ายหนามอ่อน ทั้งผล คล้ายผลเงาะ เมล็ดทรงรี เปลือกเมล็ดสีน้ำตาลแดงประขาว คล้ายตัวเห็บ เนื้อในสีขาว เมล็ดมีพิษ มีน้ำมัน

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Ricinus communis* L.
ชื่อสามัญ : Castor Bean
ชื่อวงศ์ : Euphorbiaceae
ชื่อท้องถิ่น : ละหุ่งแดง (ภาคกลาง) มะโห่ง มะโห่งหิน (ภาคเหนือ) มะละหุ่ง



ภาพที่ 5 ต้นละหุ่ง
ที่มา: จาก *พืชสมุนไพร* โดย ฐานข้อมูลสมุนไพร เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2565

ใบละหุ่ง (Castor plant leaves) มีองค์ประกอบทางเคมีที่หลากหลาย ซึ่งบางส่วนมีประโยชน์ทางเภสัชวิทยาและอุตสาหกรรม องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่พบในใบละหุ่ง

แอลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นสารที่มีฤทธิ์ทางยาหลายอย่าง มักพบในพืชหลายชนิดมีฤทธิ์ในการลดการอักเสบและต้านเชื้อจุลินทรีย์

ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ช่วยลดการอักเสบและป้องกันความเสียหายของเซลล์

กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบช่วยเสริมสร้างสุขภาพผิวและลดความเสี่ยงของโรคบางชนิด

แทนนิน (Tannins) มีฤทธิ์ฝาดสมาน (astringent) ใช้ในการรักษาแผลและลดการอักเสบ

ไตรเทอร์พีนอยด์ (Triterpenoids) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบและต้านเชื้อจุลินทรีย์ส่งเสริมการรักษาแผลและป้องกันการติดเชื้อ

โปรตีน (Proteins) ใบละหุ่งมีโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการ

น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ใบละหุ่งอาจมีน้ำมันหอมระเหยที่มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาหลายประการ

2.2.4. ต้นสบู่แดง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ไม้พุ่มยืนต้นขนาดเล็ก สูง 3–5เมตร ทุกส่วนมีน้ำยางใส ยอด ก้านและใบอ่อนมีสีแดงเข้ม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ ขอบใบหยักลึก 3– 5 แฉก ปลายแฉกแหลม ขอบใบมีขน ที่ปลายขนมีต่อมกลม ๆ ขนาดเล็ก มียางหรือสารเหนียว เส้นใบออกจากโคนใบ ใบอ่อนสีแดงอมม่วงเมื่อแก่เป็นสีเขียวอมแดง ก้านใบสีแดง ดอกสีแดงเข้ม ออกเป็นช่อที่ยอด ผลอ่อนกลม มีสีเขียวอ่อน ผิวมัน ผลแห้งแตกสีน้ำตาลเมื่อแก่ มี 3 พู แต่ละพูมี1 เมล็ด องค์ประกอบทางเคมี ทั้งต้นโดยเฉพาะเมล็ด รวมทั้งน้ำยาง พบสาร Curcine (โปรตีนที่เป็นพิษ), phytosterols และ resin ใบและเปลือกต้น พบสาร steroidal saponin เป็นต้น โดยสารสีหลักที่พบในพืช ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี) แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน คลอโรฟิลล์เป็นสารสีเขียว สารแอนทราควิโนน (Anthraquinones) สารกลุ่มนี้พบในใบของต้นสบู่แดง โดยมีฤทธิ์ต้านการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจมีบทบาทในการให้สีในใบของพืชชนิดนี้ สารอัลลีโลพาที (Allelopathic Compounds) สารสกัดจากใบสบู่แดงมีฤทธิ์ยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชอื่น ๆ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสารเคมีที่มีอยู่ในใบของพืชชนิดนี้ (ศุภชาติ ธรรมนิติเวทย์, 2562)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Jatropha gossypifolia* L.
ชื่อสามัญ : Bellyache Bush, Cotton Leafed Jatropha
ชื่อวงศ์ : Bellyache Bush
ชื่อท้องถิ่น : สบู่แดง (ภาคกลาง); สบู่เลือด, สลอดแดง, สีลอด, หงษ์เทศ (ปัตตานี)



ภาพที่ 6 ต้นสบู่แดง
ที่มา: จาก *พืชสมุนไพร* โดย ฐานข้อมูลสมุนไพร เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2565

2.3 สารช่วยย้อม หรือสารช่วยติดสี

อิทธิพลของสารช่วยย้อม เนื่องจากน้ำย้อมสามารถซึมเข้าไปภายในเส้นใยได้แต่ค่อนข้างช้า ใช้เวลานาน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีเพิ่มลงไปในน้ำย้อมเพื่อเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น

และทำให้สีติด ทนทานสม่ำเสมอ สารจำพวกนี้เรียกว่า สารช่วยย้อม (Dye auxiliaries) สารช่วยย้อมที่สำคัญ และนิยมใช้กันมากกับน้ำย้อมสีธรรมชาติ ได้แก่ เกลือ ซึ่งหาได้ง่าย มีราคาถูก โซเดียม อิออนของเกลือจะทำหน้าที่ลดประจุลบของเส้นใยทำให้แอนอิออนของสีสามารถซึมเข้าไปใกล้ เส้นใยจนกระทั่งเกิดแรงแวนเดอวาลส์ มีประสิทธิภาพทำให้เกิดการติดสีบนเส้นใยได้ พืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมใช้เส้นใยธรรมชาติมีการติดสีและคงทนต่อการขัดถูหรือแสง ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้ สารประกอบต่าง ๆ มาเป็นตัวช่วยในการทำให้เส้นใยดูดซับสีให้สีเกาะเส้นใยได้แน่นขึ้น มีความทนทานต่อแสง และการขัดถูเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่า สารช่วยย้อมและสารช่วยให้สีติด สารเหล่านี้ นอกจากจะเป็นตัวจับยึดสีและเพิ่มการติดสีในเส้นใยแล้ว ยังช่วยเปลี่ยนเฉดสีให้เข้มจาง หรือ สดใส สว่างขึ้น มีรายละเอียดดังนี้ สารช่วยย้อม หรือ สารกระตุ้นสี เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายดีขึ้น และเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม ในสมัยโบราณจะใช้การเติมมูลหรือ ปัสสาวะสัตว์ลงไปในถังย้อม ปัจจุบันมีการใช้สารที่ได้จากทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติดังนี้

2.3.1 สารช่วยย้อมเคมี (มอร์แดนท์) หมายถึง วัตถุธาตุที่ใช้ผสมสีเพื่อให้ สีติดแน่นกับผ้าที่ย้อม ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก โครเมียม สำหรับมอร์แดนท์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็น สารเคมีเกรดการค้าซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงาน มีวิธีการใช้งานที่สะดวกโดย การชั่ง ตวง วัดพื้นฐาน แล้วนำไปละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการและหาซื้อได้ง่ายจากร้านค้า สารเคมีทางวิทยาศาสตร์หรือทางการแพทย์ทั่วไป สารมอร์แดนท์ที่ใช้กันทั่วไปคือ

1) สารส้ม (มอร์แดนท์อลูมิเนียม) จะช่วยจับยึดสีกับเส้นด้ายและ ช่วยให้สีสดสว่างขึ้น มักใช้กับการย้อมสีน้ำตาล-เหลือง-เขียว

2) จุนสี (มอร์แดนท์ทองแดง) ช่วยให้สีติดและเข้มขึ้น ใช้กับการย้อม สีเขียว น้ำตาลข้อแนะนำสำหรับการใช้มอร์แดนท์ทองแดง คือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะ จะทำให้เกิดการตกค้างของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการย้อมได้

3) เฟอรัสซัลเฟต (มอร์แดนท์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดเส้นด้ายและช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทน เทา–ดำ ซึ่งมอร์แดนเหล็กมีข้อดี คือ สามารถ ควบคุมปริมาณการใช้ได้แต่มีข้อควรระวัง คือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหล็กจะ ทำให้เส้นด้ายเปื่อย

2.3.2 สารช่วยย้อมธรรมชาติ (มอร์แดนท์ธรรมชาติ) หมายถึง สารประกอบน้ำหมักธรรมชาติ ที่ช่วยในการยึดสีและบางครั้งทำให้เฉดสีเปลี่ยน เช่น น้ำปูนใส น้ำด่าง น้ำโคลน และน้ำบาดาล

1) น้ำปูนใส ได้จากปูนขาวที่ใช้กินกับหมาก หรือทำจากปูนจากการเผาเปลือกหอยโดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้น้ำปูนใสมาใช้เป็นสารช่วย ย้อมต่อไป

2) น้ำด่าง หรือน้ำขี้เถ้า ได้จากขี้เถ้าพืช เช่น จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลนุ่น กากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังสดๆนำมาผึ่งแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 4 – 5 ชั่วโมง ขี้เถ้า

จะตกตะกอนนำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน เรียกว่า “น้ำด่างหรือ น้ำขี้เถ้า” อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็ก ๆ รองก้นด้วยปุยฝ้ายหรือใย มะพร้าวใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็ม กดให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมขี้เถ้าแขวนกระป๋องทิ้งไว้ รองเอาแต่น้ำด่างไปใช้งาน

3) กรด ได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อย น้ำมะขามเปียก

4) น้ำบาดาล หรือ น้ำสนิมเหล็ก จะใช้น้ำบ่อบาดาลที่เป็นสนิมหรือนำเหล็กไปเผาไฟให้แดงแล้วนำไปแช่ในน้ำทิ้งไว้ 3 วัน จึงนำน้ำสนิมมาใช้ได้น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มขึ้น ให้เฉดสีเทา-ดำ เหมือนมอร์แดนท์เหล็ก แต่ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน

5) น้ำโคลน เตรียมจากโคลนใต้สระ หรือบ่อที่มีน้ำขังตลอดปีใช้ดินโคลนมาละลายในน้ำเปล่าสัดส่วนน้ำ 1 ส่วนต่อดินโคลน 1 ส่วนจะช่วยให้ได้โทนสีเข้มขึ้น หรือโทนสีเทาดำเช่นเดียวกับน้ำสนิม

การใช้สารช่วยย้อมในการย้อมผ้ามี 3 วิธี คือ

1) การใช้ก่อนการย้อมสีซึ่งต้องนำเส้นด้ายไปชุบสารช่วยย้อมก่อนนำไปย้อม สีธรรมชาติ

2) การใช้พร้อมกับการย้อมสีเป็นการใส่สารช่วยย้อมไปในน้ำสีแล้วจึงนำเส้นด้ายลงย้อม

3) การใช้หลังย้อมสีนำเส้นด้ายไปย้อมสีก่อนแล้วจึงนำไปย้อมกับสารช่วยย้อมภายหลัง

2.3.3 สารช่วยให้สีติด ในการย้อมสีธรรมชาติมีการใช้สารช่วยให้สีติดเส้นด้าย โดยสารดังกล่าวจะใช้ย้อมเส้นด้ายก่อนการย้อมสี หรือใช้ผสมในน้ำสีย้อม

2.3.4 สารฝาด หรือแทนนิน สารแทนนินจะมีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชที่มี รสฝาดและขม เช่น ลูกหมาก เปลือกเพกา เปลือกสีเสียด เปลือกผลทับทิม เปลือกประดู่ ใบยูคาลิปตัส ใบเหมือดแอ เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายได้ดีขึ้น โดย การต้มสกัดน้ำฝาดหรือแทนนินจากพืชดังกล่าว แล้วนำเส้นด้ายต้มย้อมกับน้ำฝาดก่อนจากนั้น จึงนำเส้นด้ายไปย้อมกับน้ำสีย้อมอีกครั้ง

2.3.5 โปรตีนจากน้ำถั่วเหลือง ใช้ต้มกับเส้นด้ายก่อนการย้อมสีเพื่อช่วยในการเพิ่มโปรตีนบนเส้นด้ายทำให้สามารถย้อมสีติดได้ดีมากขึ้นทางญี่ปุ่นจะชุบฝ้ายไหมด้วย น้ำถั่วเหลืองก่อนเสมอ โดยแช่ไว้ 1 คืนยิ่งทำให้สีติดมากในญี่ปุ่นการสีธรรมชาติทั้งหมดแช่เส้น ใยด้วยน้ำถั่วเหลืองเสมอ

2.3.6 เกลือแกงจะใช้ผสมกับน้ำสีย้อมเพื่อช่วยให้สีติดเส้นด้ายได้ง่ายขึ้น

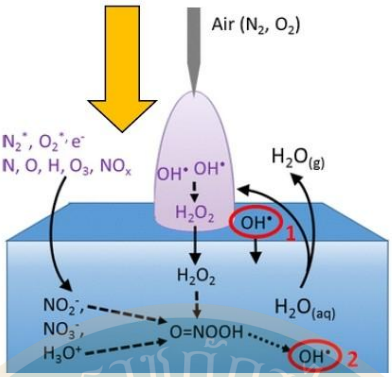
2.3.7 การพิมพ์ผ้าถ่ายโอนสีจากพืช (plant transfer printing หรือที่นิยมเรียกกันว่า eco-printing) เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนหรือไอน้ำเป็นตัวกระตุ้นให้รงควัตถุธรรมชาติ (natural pigments) จากใบไม้ ดอกไม้ เปลือกไม้ หรือส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึมเข้าไปในเส้นใยของผ้า กระบวนการและกลไกทางเคมี กระตุ้นการถ่ายโอนสีด้วยไอน้ำหรือความร้อน ไอน้ำที่อุณหภูมิสูง เช่น 90–100°C ทำหน้าที่เปิดโครงสร้างของเส้นใยผ้า โดยเฉพาะเส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย และกระตุ้นให้รงควัตถุจากพืชเคลื่อนที่จากใบไม้เข้าสู่ผิวผ้า โดยอาศัยแรงแพร่ (diffusion) และแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างรงควัตถุกับหมู่ฟังก์ชันในเส้นใย การใช้เกลือเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นสารช่วยติดสี (Mordant)

เกลือเหล็ก (เช่น $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) จะทำปฏิกิริยากับกลุ่มฟังก์ชันของรงควัตถุพืช (เช่น -OH, =O, -COOH ในฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน ฯลฯ) พร้อมกันนี้ยังสามารถทำพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิลหรือคาร์บอกซิลในเส้นใยฝ้ายส่งผลให้เกิด พันธะสามทาง (ligand complex): เส้นใย เหล็กและรงควัตถุพืช ซึ่งให้สีที่เข้มขึ้น (โทนเทา-ดำ-เขียวเข้ม) และกลไกการยึดเกาะของสีในระหว่างกระบวนการฟิกซ์ (fixation) ด้วยไอน้ำ จะมีการเกิดพันธะระหว่าง กลุ่มอิมิโน ($–NH_2$), คาร์บอนิล (C=O), หรือไฮดรอกซิล (–OH) ในเส้นใยผ้ากับ โลหะไอออน (Fe^{2+}) จาก mordant และกลุ่มฟังก์ชันในรงควัตถุพืชเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (metal-dye-fiber complex) (Sabaric, 2025)

2.4 พลาสมาเย็น

“พลาสมาเย็น” (Cold plasma) เป็นคำเฉพาะบ่งบอกฟิสิกส์สถานะหนึ่งของสสาร ซึ่งประกอบไปด้วยไอออน อิเล็กตรอน หรืออนุมูล สถานะพลาสมาเป็นลำดับต่อจากสถานะของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ ส่วนคำว่า “เย็น” อธิบายถึงอุณหภูมิพลาสมามีค่าสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเพียงเล็กน้อย ตัวอย่างหนึ่งของการเกิดสถานะพลาสมาในธรรมชาติคือ ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า พบว่าปรากฏการณ์นี้ให้ประโยชน์ต่อพืช โดยมีผลเชิงบวกต่อชีวโมเลกุลของเซลล์พืช ทั้งนี้สามารถอธิบายกลไกได้ว่าฟ้าผ่าเป็นสถานะพลาสมาของอากาศและไอน้ำเกิดอนุมูลออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) แล้วเมื่อรวมเข้ากับไอน้ำหรือความชื้นเป็นกรดไนตริก (HNO_3)อย่างอ่อน ก่อนจะตกสะสมในดินเป็นรูปไนเตรท ให้พืชสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ทันที พลาสมาเย็นเป็นการใช้วิธีสนามไฟฟ้าดิสชาร์จตัวกลางซึ่งอาจเป็นก๊าซหรือไอของเหลว จนเกิดเป็นอนุภาค หรืออนุมูลอิสระจากนั้นอนุมูลพลาสมาจะสามารถแพร่ซึมผ่านตัวกลางไปทำปฏิกิริยาเคมี เช่น การออกซิไดซ์การ รีดิวซ์ เป็นต้น เพราะหนึ่งในกระบวนการเคมีที่ใช้ในการย่อยสลาย (Decompose) มักใช้อนุมูลไฮดรอกซิล (•OH) เป็นหลัก และพลาสมาเย็นสามารถสร้างอนุมูลชนิดนี้ทดแทนการใช้สารเคมีแบบดั้งเดิมได้ เป็นอย่างดี และเพื่อให้สะดวกในการผลิตและนำไปใช้งาน อนุมูลพลาสมาเย็นมักผลิตได้ 3 วิธีคือ ดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว ดิสชาร์จในของเหลว และดิสชาร์จไอของเหลว เช่น สารละลายปุ๋ยไนเตรท หรือของแข็งที่มีของเหลวปรากฏอยู่บนผิว เช่น เมล็ดพืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ตัดแต่ง ความชื้นบน ผิวหนัง ฯลฯ (ธีรวรรณ บุญญวรรณ และหมุดตอเล็บ หนิสอ, 2562)

วิธีดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว อาจใช้วิธีเจ็ทพลาสมา ดิสชาร์จโคโรนา ไกลดิง อาร์ค และดิสชาร์จข้ามฉนวน (DBD) ในการผลิตอนุมูล อาทิ อะตอมออกซิเจน (O) ไฮดรอกซิล (OH) โอโซน (O_3) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ก่อนที่อนุมูลพลาสมาเหล่านี้จะแพร่ซึมสู่ผิวด้านบนของเหลว แล้วจึงละลายในเนื้อของเหลว ไฮดรอกซิลซึ่งมีอายุสั้นระดับนาโนวินาที เมื่ออนุมูลนี้แพร่ซึมห่างจาก บริเวณที่เป็นสถานะพลาสมา จะรวมกลับเป็นอนุภาคที่มีอายุยาว อาทิ อนุมูลไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นรูปโมเลกุลเสถียร ทว่าพร้อมที่จะทำการออกซิไดซ์ต่อสารอินทรีย์ได้ ตัวอย่างลำดับกลไกการเกิด อนุมูลอิสระก่อนแพร่ซึมเป็นสารละลายพลาสมาตามสมการที่ 1-3 และภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วิธีดิสชาร์จเหนือผิวของเหลวของอนุมูลพลาสมา
ที่มา: จาก *พลาสมาเย็น (ว่าที่) เทคโนโลยีเพื่อเกษตรสีเขียวและอาหารปลอดภัย* โดย สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2565)

อนุมูลไฮดรอกซิล (•OH) คือรูปที่เป็นกลาง (Neutral form) ของไฮดรอกไซด์ไอออน (OH-) โดยอนุมูลของไฮดรอกซิลมีความไวในการเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์สูงมาก (Oxidation potential) โดยมีฤทธิ์กร่อนรองจากฟลูออรีน (F2) จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การสลายสารประกอบอินทรีย์ การกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งของพืชและสัตว์ ประโยชน์ในทางชีววิทยาศาสตร์หลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การทำให้พื้นผิวไร้จุลินทรีย์ การสลายโมเลกุลสารอินทรีย์ปนเปื้อน ข้อดีของการใช้อนุมูลไฮดรอกซิล คือ หากทำปฏิกิริยากับสารพิษผลที่ได้จะเป็นโมเลกุลสารที่ไม่เป็นพิษ เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน หรือ ออกซิเจน (ธีรวรรณ บุญญวรรณ และ หมุดตอเล็บ หนิสอ, 2562)

หลักการทำงานของอุปกรณ์พลาสมาแบบฉนวน (DBD) เป็นเทคนิคการสร้างพลาสมาเย็นที่ความดันบรรยากาศ โดยใช้แรงดันไฟฟ้าสูงระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วที่ถูกคั่นด้วยวัสดุฉนวน (Dielectric barrier) เช่น แก้วหรือเซรามิก วัสดุฉนวนนี้ช่วยป้องกันการเกิดอาร์กไฟฟ้าและควบคุมการปล่อยประจุให้อยู่ในรูปแบบของไมโครดิสชาร์จ (microdischarges) ที่กระจายทั่วพื้นที่ และโครงสร้างหลักของอุปกรณ์ DBD ประกอบด้วย:

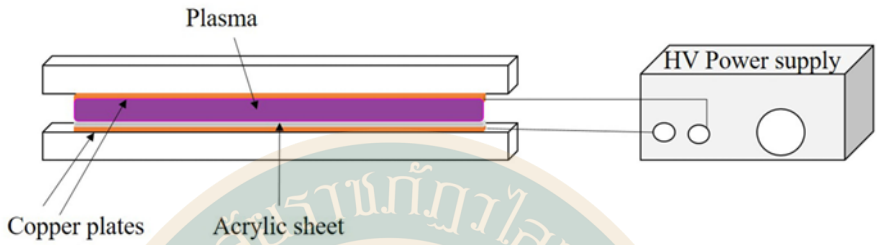
1) ขั้วไฟฟ้า (Electrodes): มีสองขั้ววางขนานกัน โดยอย่างน้อยหนึ่งขั้วถูกเคลือบด้วยวัสดุฉนวน

2) วัสดุฉนวน (Dielectric Material): เช่น แก้ว ควอตซ์ หรือเซรามิก ทำหน้าที่คั่นกลางระหว่างขั้วไฟฟ้า

3) แหล่งจ่ายไฟฟ้าความต่างศักย์สูง (High-Voltage Power Supply) มักเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่สูง

กระบวนการทำงานของ (DBD) เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงระหว่างขั้วไฟฟ้าจะเกิดสนามไฟฟ้าที่ทำให้ก๊าซระหว่างขั้วไฟฟ้าแตกตัวเป็นพลาสมา วัสดุฉนวนจะจำกัดกระแสไฟฟ้าป้องกันการเกิดอาร์กไฟฟ้าและทำให้เกิดการปล่อยประจุในรูปแบบของไมโครดิสชาร์จที่สม่ำเสมอ พลาสมาที่เกิดขึ้น

สามารถใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ ได้โดยไม่ทำให้วัสดุเสียหายจากความร้อน เนื่องจากเป็นพลาสมาเย็น แสดงดังภาพที่ 8 (ภาณุมาศ ฤทธิไชย และคณะ, 2563)



ภาพที่ 8 เครื่องฉายพลาสมาเย็น (DBD)

2.4.1 ประโยชน์ของพลาสมาเย็น

เทคโนโลยีพลาสมาเย็นมักถูกนำไปใช้ในหลายอุตสาหกรรม อาทิ การผลิตโอโซนฆ่าเชื้อในอากาศ อุตสาหกรรมอาหาร สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม การเคลือบวัสดุโลหะต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งใช้เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติของวัสดุนั้น

2.4.1.1 ลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ พลาสมามีผลต่อองค์ประกอบและการทำงานของเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารได้ โดยเฉพาะ *Escherichia coli, Listeria monocytogenes* และ *Salmonella sp.* โดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพลาสมาเย็นจะทำให้ไลโปโปรตีน (Lipoproteins) และเปบทิโดไกลแคน (Peptidoglycan) ของจุลินทรีย์แกรมลบเกิดความเสียหายจนทำให้ของเหลวภายในเซลล์รั่วไหล ในขณะที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับดีเอ็นเอของจุลินทรีย์แกรมบวก

2.4.1.2 เสริมคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เทคโนโลยีพลาสมาเย็นมีผลต่อสีเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของอาหาร โดยเม็ดสี (ธรรมชาติหรือสังเคราะห์) รวมถึงปฏิกิริยาทางเคมีของอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการพลาสมาเย็น โดยเฉพาะในน้ำผลไม้ เช่น การสูญเสียแคโรทีนอยด์ในน้ำมะเขือเทศ การเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองสว่างในน้ำแอปเปิล และการรักษาสีชมพูแดงในเนื้อโดยไม่ต้องเติมสารเคมี (รวีพร พลพืช, 2567)

2.4.1.3 ปริมาณพลาสมาเย็นเพื่อการฆ่าเชื้อและยับยั้งจุลินทรีย์สำหรับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์หรือการฆ่าเชื้อ ปริมาณพลาสมาเย็น ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 100 J/cm² ปริมาณพลาสมาเฉพาะที่จำเป็นเพื่อให้สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญนั้นอาจขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ ความต้านทานต่อการบำบัดด้วยพลาสมาของจุลินทรีย์ และปริมาณอัตราการลดลงของปริมาณจุลินทรีย์ (Thana, 2019)

2.4.1.4 ปริมาณพลาสมาเย็นเพื่อการบำบัดแผลในการบำบัดรักษาแผล ปริมาณพลาสมาเย็นโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 1 ถึง 10 J/cm² ปริมาณที่ลดลงนี้เพียงพอที่จะส่งเสริมและกระตุ้นกระบวนการหายของแผล เช่น ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนแผล กระตุ้นกระบวนการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์ (cell proliferation) กระตุ้นการสร้างเส้นเลือดใหม่ (Angiogenesis)

ทำให้แผลหายเร็วขึ้น โดยไม่ทำให้เนื้อเยื่อปกติบริเวณบาดแผลเกิดความเสียหายอย่างมีนัยสำคัญ (Poramapijitwat et al., 2023)

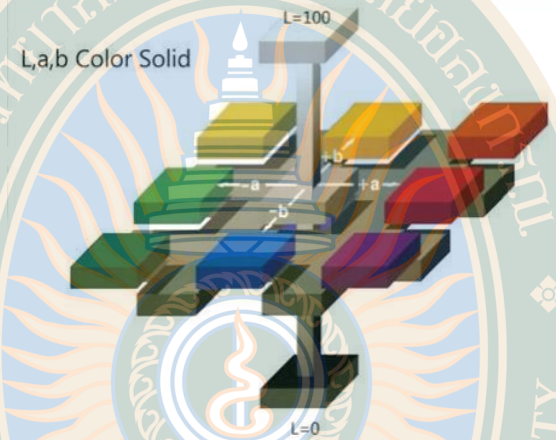
2.4.1.5 ปริมาณพลาสมาเย็นเพื่อการรักษาเนื้องอกหรือมะเร็ง พลาสมาเย็นมีศักยภาพในการรักษามะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเหนี่ยวนำให้เกิดการตาย (Apoptosis) ของเซลล์เนื้องอก ปริมาณพลาสมาเย็นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการรักษาเนื้องอกอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของมะเร็ง วิธีการรักษาด้วยพลาสมาที่เฉพาะเจาะจง และผลการรักษาที่คาดหวังไว้ ปริมาณอาจมีตั้งแต่ 10 ถึง 100 J/cm² หรือมากกว่านั้นและสิ่งสำคัญคือต้องสังเกตว่าช่วงของปริมาณพลาสมาเย็นเหล่านี้เป็นค่าโดยประมาณและอาจมีความแตกต่างกันไปตามอุปกรณ์พลาสมาเย็นที่ใช้ในแต่ละชนิด รวมทั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อการบำบัดเฉพาะ (เช่น องค์ประกอบของก๊าซ ระยะเวลาการบำบัด) และวัตถุประสงค์ของการนำไปประยุกต์ใช้งาน (Bennett, 2023)

2.4.1.6 ปรับปรุงผิวสิ่งทอได้ถูกพัฒนาคิดค้นเพื่อใช้ปรับปรุงพื้นผิวสิ่งทอให้มีสมบัติพิเศษ ทำให้สิ่งทอมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เช่น ทำให้ระบายอากาศหรือความชื้นได้ดีขึ้น กันน้ำกันเปื้อนได้ติดไฟช้า และไม่เปลี่ยนโครงสร้างภายในของวัสดุเป็นการปรับปรุงผิววัสดุแบบแห้งและไม่ใช้สารระลาย จึงไม่มีสารตกค้าง เป็นต้น มีหัวกำเนิดพลาสมาหลายรูจึงสามารถปรับปรุงพื้นผิวได้เป็นบริเวณกว้างเป็นต้น โดยเทคโนโลยีพลาสมานี้ใช้หัวกำเนิดพลาสมาเจ็ทที่ความดันบรรยากาศแบบหลายรู โดยเมื่อแก๊สไหลผ่านขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ โมเลกุลของแก๊สจะเกิดการชนกันภายใต้สนามไฟฟ้าสูง โมเลกุลของแก๊สจะแตกตัวเป็นพลาสมาในที่สุด โดยพลาสมาที่เกิดขึ้นเป็นพลาสมาแบบเย็น (Cold plasma) จึงสามารถปรับปรุงผิวสิ่งทอได้เป็นบริเวณกว้างโดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงโครงสร้างภายในของวัสดุ เนื่องจากวิธีนี้เป็นการปรับปรุงผิววัสดุแบบแห้ง (Dry surface modification) จึงไม่ต้องใช้สารละลาย ไม่มีสารตกค้าง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2565)

2.5 การทดสอบคุณสมบัติของการพิมพ์ผ้า

2.5.1 การทดสอบการวัดค่าสี เป็นสมบัติเชิงแสงที่นำมาใช้บรรยายลักษณะภายนอกของวัตถุได้ง่ายที่สุดแบบหนึ่ง ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ผลิตออกมาเพื่อการอุปโภค บริโภคต่างใช้สีเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว หรือเพื่อดึงดูด ความสนใจของผู้บริโภค การบรรยายลักษณะของสีหรือการวัดค่าสีจึงมีบทบาทสำคัญในงานควบคุม คุณภาพสินค้าในปัจจุบัน อย่างไรก็ดีมาตรฐานการบรรยายลักษณะของสีอาจแตกต่างกันไปตาม ประสบการณ์ของผู้บรรยาย หรือตามลักษณะของแสงตกกระทบ ฯลฯ ดังนั้นจึงมีการกำหนด มาตรฐานการวัดค่าสีขึ้นเป็นมาตรฐานสากลเพื่อสะดวกในการอ้างอิงสำหรับการบรรยายลักษณะของ สี เครื่องมือที่ใช้วัดสีเรียกว่าเครื่องวัดสีที่สามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งจะวัดปริมาณการ สะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับมาตราฐานอ้างอิงที่เป็น reflectance curve วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมี reflectance curve ต่างกัน วัตถุที่มีสีต่างกันเมื่อสะท้อนแสงของสีนั้น ออกมาก็จะมีความยาวคลื่น ต่างกันโดยที่ สีน้ำเงิน มีความยาวคลื่นที่ 430-460 นาโนเมตร สีเขียวมี ความยาวคลื่นที่ 500-580 นาโนเมตร และสีแดง มีความยาวคลื่นที่ 620-780 นาโนเมตร (วลัยกร นิตยพัฒน์, 2556)

การวิเคราะห์สีระบบ CIE L* a* b* (CIE LAB) ระบบ CIE L*a*b* เป็นวิธีการวัดสีที่ใช้ลักษณะของ color space โดยกำหนดให้ L* เป็นค่า ความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 แกน a* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง แกน a* ที่เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว แกน b* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง แกน b* ที่เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน และในการหาค่าความแตกต่างของสีที่เป็นตัวเลขนั้น เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 9 จะพบว่า จุด ๆ หนึ่งใน Space นั้น เป็น L1* a1* b1* และเมื่อสีมีการเปลี่ยนเฉดสีไปจะได้อีกจุดใน Space เป็น L2* a2* b2* ซึ่ง 2 จุดนี้จะมีระยะห่างกันใน Space เท่าไร ก็จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความแตกต่างของสี



ภาพที่ 9 ระบบสี CIELAB
ที่มา: จาก *CIELAB* โดย HunterLab, 2020.

2.5.2. การวัดสีและความเข้มสี การรับรู้สีเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนไม่ต่างจากการรับรู้เสียง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับหลายองค์ประกอบร่วมกัน การที่เรามองเห็นสีของวัตถุทึบแสงต่าง ๆ เกิดจากการที่วัตถุนั้นสะท้อนแสงที่ตกกระทบเข้าสู่ดวงตาของเรา การมองเห็นสีจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่ แสง วัตถุ และระบบประสาทตาของปัจจัยทั้งสามนี้มีความซับซ้อนในตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นธรรมชาติของแสงที่ส่องบนวัตถุ ความแตกต่างของระบบประสาทตาในแต่ละบุคคล หรือความสามารถในการรับรู้แสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ซึ่งมีระดับความเข้มหรือความสว่างแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังรวมถึงการตีความข้อมูลที่ตาได้รับโดยสมองของแต่ละคน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่สะสมมาแตกต่างกัน ดังนั้น จึงพบว่าคนสองคนอาจมองเห็นสีของวัตถุเดียวกันต่างกัน และในทำนองเดียวกันวัตถุหนึ่งชิ้นอาจดูมีสีต่างกันเมื่ออยู่ภายใต้แหล่งแสงที่แตกต่างกัน เช่น แสงแดดกลางแจ้งกับแสงจากหลอดไฟฟ้าหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ภายในอาคาร รวมถึงการมองวัตถุเดียวกันภายใต้แสงธรรมชาติต่างช่วงเวลากัน สีที่เห็นก็อาจแตกต่างกันได้เช่นกัน

โดยทั่วไป การพรรณนาและการสื่อสารสีที่มองเห็นให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ง่าย มักอาศัยองค์ประกอบหลัก 3 ประการร่วมกัน ได้แก่

1. เฉดสี (Hue) หมายถึง ชนิดของสีที่รู้จักกันทั่วไป เช่น สีแดง สีเขียว สีม่วง สีน้ำเงิน สีส้ม เป็นต้น

2. ความสว่าง (Value / Lightness / Brightness) ใช้ระบุระดับความสว่างหรือความมืดของสีหรือวัตถุนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับสีหรือวัตถุอื่น ๆ

3. ความอิ่มตัวของสี (Chroma / Saturation) เป็นตัวบ่งบอกระดับความสดหรือความบริสุทธิ์ของสี หากสีมีความอิ่มตัวต่ำ จะเรียกว่า “สีตุ่น” (Dull Color) ซึ่งดูหม่นหรือไม่สดใส ในด้านวิชาการ ได้มีการพัฒนาระบบการระบุสีในรูปแบบตัวเลข โดยองค์กรนานาชาติด้านแสงและสี คือ International Commission on Illumination (CIE) ซึ่งได้พัฒนาระบบที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย เช่น ระบบ Y x y (CIE 1931) อ้างอิงจากค่าพื้นฐาน 3 ค่า คือ x, y และ z ระบบ L* a* b* อิงตามทฤษฎีสีตรงข้าม (Opponent Color Theory) ที่อธิบายว่าระบบการมองเห็นของมนุษย์รับรู้สีผ่านคู่ตรงข้าม 3 คู่ ได้แก่

- สว่าง (light) - มืด (dark)
- แดง (red) - เขียว(green)
- เหลือง (yellow) - น้ำเงิน (blue)

ความเข้มของสีของวัสดุ (K/S) เครื่อง Spectrocolorimeter และเครื่อง Tristimulus Colorimeter เป็นเครื่อง มือวัด ความเข้มของสีของวัสดุ โดยวัดค่า R (Reflectance) ของวัสดุต่อแสงซึ่งถ้าสะท้อนออกหมดค่า R จะเท่ากับ 1 และถูกดูดกลืนหมดค่า R จะเท่ากับ 0 โดยที่ ความสัมพันธ์ของค่า R จะมีผลของความเข้มสีคือ ค่า K/S โดย ที่ค่า K เป็น Absorption Coefficient ของวัสดุ S เป็น Scattering Coefficient ของวัสดุซึ่งทั้ง K และ S เป็นค่า K/S (หรือเป็นค่าความเข้มของสีถ้าเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายค่า K/S ของวัสดุทึบ จะมีค่าคล้ายๆกับค่า Absorbance ของสารละลาย เช่นกัน ค่า K/S ของแต่ละความยาวคลื่นแสงไม่เท่ากัน ดังนั้นค่านี้ก็เป็นค่าเฉพาะแต่ละความยาวคลื่นด้วย โดยมากแล้วก็มักวัดกันที่ Lambda Max ของสีแต่ละสีโดยสีแต่ละสีจะมี Lambda Max ที่ตำแหน่งแตกต่างกันไป โดยที่ในทางวิทยาศาสตร์สีมักจะกำหนด Lambda Max ของแต่ละแม่สีไว้ดังนี้ Yellow ค่า Lambda Max ของ K/S จะ อยู่ที่ 420 นาโนเมตร Red ค่า Lambda Max จะอยู่ที่ 520 นาโนเมตร Blue ค่าอยู่ที่ 620 นาโนเมตร ซึ่งค่า K/S ทั้ง 3 ความยาวคลื่นนี้ สามารถที่จะนำมาทำนายอัตราส่วนของสีทั้ง 3 ที่ผสมออกมาเป็น Target ที่ ต้องการได้โดยการ Stimulus ดังนั้นเราจึงเรียกวิธีการนี้ว่า Tristimulus ดังนั้น ถ้าเรารู้ค่า K/S ของสีที่นำมาเป็นแม่สีที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว เราก็สามารถที่ จะคำนวณหาปริมาณของแต่ละสีที่ใช้เพื่อที่จะผสมได้เป็น Target ที่ต้องการดังสมการ f(R) = Ac(x)+BC (y)+ Cc(z) เมื่อค่า A, B, C เป็นค่าคงที่ที่เรียกว่า Calibration Factor ของสี x, y, z ตามลำดับที่มีความเข้มข้น c ผสมอยู่แต่สีที่นำมาเป็นแม่สีก็ไม่ได้มีความ บริสุทธิ์เชิงแสง ร้อยละ 100 ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ที่ Lambda Max มาตรฐานที่ 420, 520, 620 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังนั้นสมการข้างต้นจึงต้องหาที่ 420, 520, 620 นาโนเมตร ซึ่งจากสมการ 3 ตัวแปรนี้ถ้า เราใช้ค่าของแต่ละช่วงคลื่นก็ไม่สามารถที่จะใช้หาคำตอบ x, y, z ของสมการได้แต่ถ้าใช้ค่าของแต่ละ 3 ช่วง คลื่นนี้ก็จะทำให้ได้สมการออกมาเป็น 3 สมการได้

ทำให้สามารถหาคำตอบ x, y, z ของสมการได้ก็จะทำให้สามารถที่จะทราบปริมาณของสีแต่ละสีที่ใช้ผสมกัน เพื่อให้ได้ Target ที่ต้องการได้ (รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, 2549)

หลักการทำงานของเครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) เครื่องวัดค่าสีหรือ Spectrophotometer จะทำงานโดยการส่งแสงผ่านเลนส์และกรองผ่านชุดของความยาวคลื่นที่กำหนด แล้วตรวจวัดปริมาณแสงที่สะท้อนกลับมาจากพื้นผิวของผ้า ข้อมูลการสะท้อนแสง (Reflectance, R) จะถูกประมวลผลเพื่อคำนวณค่าความเข้มของสี (K/S) ตามสมการ Kubelka–Munk

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

เมื่อ K = ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (absorption coefficient)

S = ค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิง (scattering coefficient)

R = ค่าการสะท้อนแสงของผิวผ้าที่วัดได้ (Reflectance) ที่ความยาวคลื่นสูงสุดของการดูดกลืนแสง (มักประมาณ 400–700 นาโนเมตร)

2.5.3 การทดสอบคุณสมบัติของการพิมพ์ผ้าตามมาตรฐาน ISO หลักการทำงาน คือ การจำลองแสงแดด โดยใช้หลอดไฟซีนอนอาร์ก ปล่อยแสงที่ครอบคลุมช่วงรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ถึงอินฟราเรด (IR) ซึ่งใกล้เคียงกับสเปกตรัมของแสงแดดธรรมชาติ โดยการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องทดสอบจะมีการปรับอุณหภูมิและความชื้นให้สอดคล้องกับสภาวะการใช้งานจริง เพื่อให้ผลการทดสอบมีความแม่นยำและสอดคล้องกับการใช้งานในชีวิตประจำวัน และการเปรียบเทียบมาตรฐานตัวอย่างสิ่งทอที่ทดสอบจะถูกเปรียบเทียบกับมาตรฐานสี เช่น ผ้าขนแกะสีน้ำเงินมาตรฐาน เพื่อประเมินระดับการซีดจางของสี และมาตรฐานการยอมรับในระดับสากล มีดังนี้ ISO 105-B01: ความคงทนต่อแสง (แสงแดด) , ISO 105-B02 ความคงทนต่อแสงต่อแสงประดิษฐ์ (ซีนอนอาร์ค), ISO 105-B03 ความคงทนต่อแสงต่อสภาพดินฟ้าอากาศ (การเปิดรับแสงกลางแจ้ง), AATCC TM16 ความคงทนต่อแสงเหมาะสำหรับสิ่งทอในร่ม, AATCC TM169: ความทนทานต่อสภาพอากาศของเนื้อผ้า : Xenon Arc สิ่งนี้ใช้ได้กับสิ่งทอกลางแจ้ง, AATCC TM192 ทนต่อสภาพอากาศ: แสงแดดคาร์บอนอาร์ก

2.5.3.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอร์ก

ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 Textiles – Tests for Colour Fastness – Part B02: Colour Fastness to Artificial Light: Xenon Arc Fading Lamp Test วิธีทดสอบสิ่งทอความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอาร์ก โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

วิธีการทดสอบการควบคุมความชื้นในเครื่องอาบแสง

1) วางผ้าฝ้ายย้อมสีแอโซอีกสีแดงขนาดไม่น้อยกว่า (45 × 10) มิลลิเมตร และผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตราฐานบนแผ่นกระดาษแข็งใช้แผ่นทึบแสงปิดบนผ้าทั้งสอง วางแผ่นกระดาษบริเวณกึ่งกลางของอุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบ แล้วนำไปวางบนแผงตัวอย่าง (Specimen rack) ในแนวดิ่ง โดยยึดด้านบนและด้านล่างวางอุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบชิ้นอื่น ๆ ซึ่งมีแผ่นกระดาษแข็งสีขาววางอยู่ให้เต็มแผงตัวอย่าง

2) เดินเครื่องอาบแสงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดสอบ โดยอาบแสงผ้าทั้งสองพร้อม ๆ กันจนการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายย้อมสีแอโซอีกสีแดงส่วนที่อาบแสงและไม่อาบแสง แตกต่างกันเท่ากับเกรย์สเกล ระดับ 4

หมายเหตุ ถ้าจำเป็นสามารถเปลี่ยนหลอดไฟ หรือทำความสะอาดหลอดซีนอนอาร์ก หรือตัวกรองได้ระหว่างการทดสอบอาบแสง

3) ประเมินระดับความคงทนของผ้าฝ้ายย้อมสีแอโซอีกสีแดงระดับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตราฐานที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน ถ้าจำเป็นให้ปรับอุปกรณ์ของเครื่องอาบแสงเพื่อให้ได้ภาวะการอาบแสงที่ต้องการ ทำการตรวจสอบทุกวันและปรับการควบคุมเพื่อรักษาภาวะของอุณหภูมิของแบลก-พาเนล หรือ แบลก-สแตนดาร์ด และความชื่นไว้ตามที่กำหนดในข้อ 6

4) การอาบแสง ให้อาบแสงชิ้นทดสอบ (หลายชิ้น) ไปพร้อมกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน ภายใต้ภาวะและเวลาที่จำเป็นในการประเมินความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นโดยค่อย ๆ เพิ่มการปิดแผ่นทึบแสงบนชิ้นทดสอบและผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานเมื่อสิ้นสุดการทดสอบให้ประเมินความคงทนของสีต่อแสง

5) การประเมินผลการทดสอบ ประเมินความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบ จากระดับของผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานที่มีการเปลี่ยนแปลงสีเท่ากับชิ้นทดสอบให้ประเมินค่าความคงทนของสีต่อแสงเป็นระดับ 1 ถึง 8 หรือ L2 ถึง L9

6) ให้ใช้เกรย์สเกลตั้งแต่ระดับ 3 เป็นระดับที่ยอมรับ (Based on contras!) ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบระหว่างบริเวณที่ปิดไว้กับบริเวณที่อาบแสงกรณีชิ้นทดสอบสีขาว (ฟอกขาวหรือมีสารเรืองแสง (Bleached or optically brightened)) ให้ใช้เกรย์สเกล ระดับ 4 เป็นระดับที่ยอมรับในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบระหว่างบริเวณที่ปิดไว้กับบริเวณที่อาบแสง

7) ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบเทียบกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานอาจใช้กรอบกระดาษสีเทาปานกลางวางบนตัวอย่าง เพื่อทำให้สภาพแวดล้อมของชิ้นทดสอบกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานเหมือนกัน

8) นำแผ่นทึบแสงออก จะเห็นชิ้นทดสอบและผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานมีพื้นที่สอง หรือสามส่วน (ขึ้นกับวิธีอาบแสง) ที่มีปริมาณการอาบแสงต่างกันและมีบริเวณที่ไม่ถูกแสง

9) เปรียบเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบที่เท่ากับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของบริเวณที่อาบแสงและบริเวณที่ไม่ถูกแสง ความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบ คือระดับของผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน ที่มีการเปลี่ยนแปลงสีเท่ากันกับชิ้นทดสอบ กรณีที่จำเป็น สำหรับชิ้นทดสอบสีขาว (ฟอกขาวหรือมีสารเรืองแสง) ให้ใช้หลอดไฟที่ให้แสงแดดเทียม (Colour matching lamp)

10) ถ้าชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ระหว่างผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานสองระดับ ให้รายงานเป็นค่าระหว่างสองระดับนั้น เช่น ระดับ 3-4 หมายถึง ชิ้นทดสอบนี้มีความคงทนไม่ถึงระดับ 4 แต่มีความคงทนมากกว่าระดับ 3 หรือ ระดับ L2-L3 หมายถึง ชิ้นทดสอบนี้มีความคงทนไม่ถึงระดับ L3 แต่มีความคงทนมากกว่าระดับ L2

11) ประเมินที่ต่างกันได้ค่าระดับที่แตกต่าง ให้เฉยค่าระดับของการประเมินและเป็นค่าครึ่งระดับหรือระดับจำนวนเต็มที่ใกล้ที่สุด เมื่อมีการประเมินจากพื้นที่ 3 แห่งให้เฉลี่ยค่าความแตกต่างที่ใกล้กับเกรย์สเกล ระดับ 4 หรือ ระดับ 3 อย่างไรก็ตามควรให้ค่าครึ่งระดับหรือระดับจำนวนเต็มเท่านั้น เมื่อค่าเฉลี่ยมีค่าทศนิยม 0.25 ให้รายงานผลเป็นค่าครึ่งระดับ หรือ 0.75 ให้รายงานผลเป็นระดับจำนวนเต็ม ที่สูงขึ้นถัดไป

12) ถ้าชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่าผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานระดับ 1 หรือระดับ L2 ให้รายงานค่าระดับความคงทนของสีต่อแสงเท่ากับระดับ 1 หรือระดับ L2 ตามลำดับ ถ้าชิ้นทดสอบมีความคงทนของสีเท่ากับหรือสูงกว่าระดับ 4 หรือ L.3 การประเมินผลขั้นต้น โดยเทียบกับเกรย์สเกล ระดับ 4-5 ถือว่ามีความสำคัญ ถ้าในการประเมิน ผลการทดสอบขั้นต้นนี้ปรากฏว่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบเท่ากับ 3 หรือ ต่ำกว่า หรือ L2 ให้บันทึกค่าไว้ในวงเล็บด้วย เช่น ตัวอย่างมีความคงทนของสีเป็น 6 (3) หรือ L5 (L2) แสดงว่าชิ้นทดสอบเปลี่ยนแปลงสีไปน้อยมาก เมื่อผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน ระดับ 3 หรือ L2 เริ่มเปลี่ยนแปลงสี แต่เมื่ออาบแสงต่อไปสีจะค่อยจางไปเท่ากับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน 6 หรือ L5 ถ้าชิ้นทดสอบเกิดโฟโตโครมิซึม ให้ระบุอักษร P เพิ่มที่ระดับซึ่งได้จากการทดสอบโฟโตโครมิซึมไว้ในวงเล็บด้วย เช่น 6 (P3-4) (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

2.5.3.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักโดยมีหลักการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ตัวอย่างสิ่งทอจะถูกล้าง ล้าง และอบแห้งร่วมกับผ้าซับในที่กำหนดหรือการผสมผสานผ้าตัวอย่างจะถูกล้างภายใต้สภาวะอุณหภูมิ ความเป็นด่าง การฟอกสี และการเสียดสีที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลการทดสอบในระยะเวลาอันสั้น แรงเสียดทานทำได้โดยการใช้ลูกเหล็กในจำนวนที่เหมาะสมวางตัวอย่างไว้ในถ้วยทดสอบสแตนเลสสตีลแบบปิด โดยหลักการทำงานของการทดสอบนี้มีดังนี้

1) ตัวอย่าง: ใช้ตัวอย่างผ้าที่มีการย้อมสีหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

2) การเตรียมผ้า: ตัวอย่างผ้าจะต้องเตรียมและตัดให้มีขนาดที่เหมาะสมตามที่กำหนดในมาตรฐาน ISO เพื่อให้การทดสอบเป็นไปอย่างถูกต้อง

3) การเลือกสารซักฟอก: ใช้สารซักฟอกที่เหมาะสมตามมาตรฐานหรือที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการซักในชีวิตประจำวัน

4) การทดสอบซัก: ตัวอย่างผ้าจะถูกนำไปซักในเครื่องซักผ้าตามขั้นตอนที่กำหนดในมาตรฐาน ISO โดยการตั้งค่าอุณหภูมิ, เวลา, และความเร็วของการหมุน

5) การประเมินผล: หลังจากการซักเสร็จสิ้น ตัวอย่างผ้าจะถูกตรวจสอบความคงทนของสีโดยใช้มาตรฐานการประเมินการเปลี่ยนแปลงสี เช่น การใช้แผ่นมาตรฐานที่แสดงความเปลี่ยนแปลงสีตามเกณฑ์ที่กำหนด

6) การรายงานผล: ผลการทดสอบจะถูกบันทึกและแสดงระดับความคงทนของสีต่อการซัก โดยแบ่งออกเป็นระดับที่กำหนดในมาตรฐาน ISO เช่น 1 (แย่ที่สุด) ถึง 5 (ดีที่สุด)

การทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 Textiles Tests for Colour Fastness Part C10: Colour Fastness to Washing With Soap Or Soap and Soda ความคงทนของสีต่อการซัก โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1) หลักการทดสอบ นำตัวอย่างมาเย็บติดกับผ้าประกบ นำไปซักด้วยสารละลายสบู่ในเครื่องทดสอบการซักตามภาวะที่กำหนดจากนั้นล้างออก แล้วผึ่งตัวอย่างและผ้าประกบให้แห้ง ประเมินการเปลี่ยนสีของตัวอย่างและการเปื้อนสีของผ้าประกบ โดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (Grey scale) หรือใช้สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) หรือมาตรเทียบ (Colorimeter)

2) เครื่องมือและอุปกรณ์ เครื่องทดสอบการซัก (Laundering device) ประกอบด้วย อ่างน้ำ ที่ควบคุมอุณหภูมิได้คงที่โดยคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 องศาเซลเซียส มีแกนหมุน (Rotatable shaft) ซึ่งมีที่สำหรับยึดกระบอกซักในแนวรอบแกนหมุน (Radially) โดยด้านล่างของกระบอกซักห่างจากกึ่งกลางของแกนหมุน (45 ± 10) มิลลิเมตร แกนหมุนด้วยความเร็ว (40 + 2) รอบต่อนาที

3) กระบอกซัก ที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง (75+5) มิลลิเมตร สูง (125+10) มิลลิเมตร และมีความจุ (550 ± 50) มิลลิลิตร กระบอกซักจะต้องปิดได้สนิท หมายเหตุ หากใช้อุปกรณ์อื่นต้องได้ผลเทียบเท่ากับอุปกรณ์ทดสอบข้างต้น

4) เครื่องชั่ง ที่มีความแม่นของการวัด ± 0.01 กรัม

5) เครื่องคนสาร (Mechanical stirer) มีจำนวนรอบการหมุนอย่างน้อย 1000 รอบต่อนาที เพื่อทำให้สารกระจายอย่างทั่วถึงและไม่ตกตะกอน

6) ลูกเหล็กกลมทำด้วยเหล็กไม่เป็นสนิม (Non-corrodible (Stainless>) stce! balls) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 มิลลิเมตร

7) อุปกรณ์ให้ความร้อนแก่สารละลายสบู่ เช่น แผ่นร้อน (Hot plate)

8) ผ้าประกบ มี 2 ประเภทให้เลือก คือ ผ้าประกบประเภทเส้นใยหลายชนิดหรือผ้ามัลติไฟเบอร์ (Mulifiber) จำนวน 1 ชิ้น ผ้ามัลติไฟเบอร์ แบ่งเป็น 2 ชนิด ตามอุณหภูมิที่ใช้ซัก คือ ผ้ามัลติไฟเบอร์ชนิด DW เป็นผ้าประกบที่มีเส้นใยขนสัตว์ และ แอซีเทต (Acetate) (สำหรับการซักที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในกรณีทดสอบการซักที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ต้องระบุไว้ในรายงานผลการทดสอบ)

9) ผ้ามัลติไฟเบอร์ชนิด TV เป็นผ้าประกบที่ไม่มีเส้นใยขนสัตว์และแอซีเทต (สำหรับการซักที่อุณหภูมิ95 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในบางกรณี)

10) ผ้าประกบประเภทเส้นใยชนิดเดียว (Single-fiber) 3) จำนวน 2 ชิ้น ผ้าประกบชิ้นที่หนึ่งเป็นผ้าที่มีเส้นใยชนิดเดียวกับตัวอย่าง หากตัวอย่างเป็นเส้นใยผสม ให้ใช้ผ้าประกบที่มีเส้นใยชนิดเดียวกับเส้นใยที่เป็นส่วนผสมมากที่สุด ส่วนผ้าประกบชิ้นที่สอง อาจใช้เส้นใยตามตารางที่ 2 หรือเส้นใยที่เป็นส่วนผสมรองลงมา หรือเส้นใยอย่างอื่นตามที่ตกลงกัน

การเตรียมชิ้นทดสอบตัวอย่างที่เป็นผ้าให้เตรียมชิ้นทดสอบโดยใช้วิธี ดังนี้

1) ตัดตัวอย่างขนาด (40±2) มิลลิเมตร X (100±2) มิลลิเมตร แล้วประกบติดด้วยผ้ามัลติไฟเบอร์ ขนาด (40 ± 2) มิลลิเมตร X (100±2) มิลลิเมตร และเย็บติดที่ด้านสั้นเพียงด้านเดียวด้วยด้ายเย็บสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง กรณีที่ชิ้นทดสอยลุ่ยง่ายให้เย็บกันลุ่ย

2) วางตัวอย่างขนาด (40 : 2) มิลลิเมตร X (100±2) มิลลิเมตร ตรงกลางระหว่างผ้าประกบประเภทเส้นใยชนิดเดียวจำนวน 2 ชิ้น แต่ละชิ้นมีขนาด (40 ±2) มิลลิเมตร X (100±2) มิลลิเมตรและเย็บติดที่ด้านสั้นเพียงด้านเดียวด้วยด้ายเย็บสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง

3) ตัวอย่างที่เป็นเส้นด้ายหรือเส้นใย ให้ถักเส้นด้ายเป็นผืนหรือวางขนานตามความยาวบนผ้าประกบโดยที่เส้นด้ายหรือเส้นใยมีมวลประมาณครึ่งหนึ่งของมวลรวมของผ้าประกบที่ใช้ นำไปเตรียมเป็นชิ้นทดสอบด้วยวิธี ดังนี้

4) วางตัวอย่างตรงกลางระหว่างผ้ามัลติไฟเบอร์และผ้าประกบที่ย้อมสีไม่ได้แต่ละชิ้นมีขนาด (40 ± 2) มิลลิเมตร X (100± 2) มิลลิเมตร โดยให้ตัวอย่างกระจายบนผ้าประกบอย่างสม่ำเสมอแล้วเย็บประกบติดทั้ง 4 ด้าน ด้วยด้ายเย็บสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง

5) วางตัวอย่างตรงกลางระหว่างผ้าประกบประเภทเส้นใยชนิดเดียว 2 ชิ้น แต่ละชิ้นมีขนาด (40 ± 2) มิลลิเมตร X (100 ± 2) มิลลิเมตร โดยให้ตัวอย่างกระจายบนผ้าประกบอย่างสม่ำเสมอแล้วเย็บประกบติดทั้ง 4 ด้าน ด้วยด้ายเย็บสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง

ขั้นตอนการการทดสอบ

1) ชั่งชิ้นทดสอบ

2) เตรียมภาระการทดสอบ ตามวิธีทดสอบที่ต้องการใช้ที่กำหนดในหารางที่ 3 ดังนี้

3) สารละลายสบู่ ที่ทำให้มีอุณหภูมิตามวิธีทดสอบที่ต้องการ โดยคลาดเคลื่อนได้ ± 2 องศาเซลเซียส

4) การทดสอบ จำนวนลูกเหล็กกลม ตามวิธีทดสอบที่ต้องการใช้ลงในกระบอกซัก แล้วเติมสารละลายสบู่ให้มีอัตราส่วนของเหลวต่อวัสดุ 50 : 1

5) ปิดฝากระบอกซักทันทีด้วยเครื่องซักที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด ตามวิธีทดสอบที่ใช้

6) เมื่อซักเสร็จแล้วนำชิ้นทดสอบออกจากกระบอกซัก แล้วใส่ในบิกเกอร์ขนาด 4 ลิตร ที่ใส่น้ำกลั่นไว้ครึ่งหนึ่งที่อุณหภูมิห้อง คนเบา ๆ เป็นเวลา 1 นาที แล้ววางบิกเกอร์ให้น้ำไหลผ่านชิ้นทดสอบเป็นเวลา 1 นาที กรณีมีชิ้นทดสอบหลายชิ้นให้แยกล้างแต่ละบิกเกอร์

7) กำจัดน้ำส่วนเกินออก โดยการบีบชิ้นทดสอบด้วยมือ แล้วแยกชิ้นทดสอบและผ้าประกบออกจากกัน กรณีเป็นเส้นด้ายหรือเส้นใยให้ตัดด้ายเย็บออกโดยเหลือด้านสั้นไว้ 1 ด้าน

8) ทำให้แห้งโดยกดชิ้นทดสอบให้แบนราบระหว่างกระดาษกรองเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออก และผึ้งชิ้นทดสอบให้แห้งในอากาศที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส โดยกางชิ้นทดสอบและผ้าประกบออกจากกัน

9) ประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่าง และการเปื้อนสีของผ้าประกบโดยเทียบกับตัวอย่างและผ้าประกบก่อนการทดสอบ โดยใช้เกรย์สเกล หรือสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ หรือมาตรเทียบสี ตาม มอก.121 เล่ม 14 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

2.5.3.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Color Fastness to Rubbing) เป็นกระบวนการที่ประเมินความทนทานของสีบนผ้าต่อการเสียดสีหรือการถู ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการ

ประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ มาตรฐานสากลที่ใช้ในการทดสอบนี้ ได้แก่ ISO 105-X12, AATCC 8, และ JIS L0849 หลักการทำงานของการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูมีดังนี้

1) การเตรียมตัวอย่าง ตัดตัวอย่างผ้าที่มีการย้อมสีหรือพิมพ์ลาย ขนาดประมาณ 5 ซม. x 5 ซม. ปรับสภาพตัวอย่างในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ เพื่อให้ความชื้นคงที่

2) การเลือกผ้าถู (Crocking Cloth) ใช้ผ้าฝ้ายที่ฟอกขาวแล้ว ขนาด50 มม.x50 มม. ผ้าถูควรผ่านกระบวนการปรับสภาพเบื้องต้น เช่น การฟอกขาว และปราศจากสิ่งปนเปื้อน

3) การทดสอบการขัดถู ใช้เครื่องมือทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter) ซึ่งมีนิ้วขัดที่เคลื่อนที่ไปมาบนตัวอย่างผ้ากำหนดแรงกดและจำนวนรอบการถูตามมาตรฐานที่ใช้ เช่น ISO 105-X12 กำหนดให้ใช้แรงกด 9 นิวตัน และจำนวนรอบ 10 ครั้ง

4) การประเมินผลหลังการทดสอบ จะตรวจสอบว่ามีการถ่ายโอนสีจากตัวอย่างผ้าไปยังผ้าถูหรือไม่ ใช้แผ่นมาตรฐานสีเทา (Grey Scale) ในการประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงสี โดยคะแนนจะอยู่ในช่วง 1 ถึง 5

5) มาตรฐานการให้คะแนนความคงทนของสีต่อการขัดถู ระดับ 5 ระดับ

การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105 - X12 : 2001 Textiles – Tests for Colour Fastness Part X12: Colour Fastness to Rubbing ความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบดังนี้

1) นำตัวอย่างมาขัดถูด้วยผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานในสภาพแห้งและสภาพเปียก หัวขัดถูที่ใช้มี 2 ชนิด ชนิดหนึ่งสำหรับการทดสอบผ้าสีพื้นหรือที่มีลายพิมพ์ขนาดใหญ่ (Solid colour or large print) และอีกชนิดหนึ่งสำหรับผ้าขน ประเมินการเปื้อนสีบนผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (Grey scale) หรือใช้สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) หรือมาตรเทียบสี (Colorimeter)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องขัดถูสำหรับการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู เป็นเครื่องที่มีอุปกรณ์การขัดถูเคลื่อนที่ไปมาในแนวเส้นตรง และมีหัวขัดถู 2 แบบ ดังนี้

2) หัวขัดถูรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Clock block) ขอบบนมีขนาด (19 X 25.4) มิลลิเมตร สำหรับทดสอบผ้าที่มีขนรวมถึงสิ่งทอที่ใช้ปูพื้น โดยเคลื่อนที่หัวขัดถูในแนวเส้นตรงเป็นระยะ (104 ± 3) มิลลิเมตร และมีแรงกด (9 ± 0.2) นิวตัน

3) หัวขัดถูรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด (16±0.1) มิลลิเมตร สำหรับทดสอบสิ่งทออื่น ๆ โดยเคลื่อนที่หัวขัดถูในแนวเส้นตรงเป็นระยะ (104 : 3) มิลลิเมตร และมีแรงกด (9±0.2) นิวตัน

4) ผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน (Cotton rubbing cloth) ที่ผ่านการลอกแป้ง การฟอกขาว และไม่มีสารตกแต่งนำมาตัดให้มีขนาด ดังนี้ ขนาด (25 ± 2) มิลลิเมตร X (100 ± 2) มิลลิเมตร สำหรับหัวขัดถูรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด (50 ± 2) มิลลิเมตร X (50 ± 2) มิลลิเมตร สำหรับหัวขัดถูรูปทรงกระบอก

5) กระดาษทรายกันน้ำ (Soft-back waterproof abrasive paper) หรือตาข่าย (Grating) ที่ทำจากลวดโลหะไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร มีช่องตาข่ายกว้างประมาณ 20 มิลลิเมตร

การเตรียมชิ้นทดสอบ

1) ตัวอย่างที่เป็นผ้าผืนหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ใช้สำหรับปูพื้น ให้ตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาดไม่น้อยกว่า (50 X 140) มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น สำหรับการขัดถูแบบแห้งและจำนวน 2 ชิ้น สำหรับการขัดถูแบบเปียก โดยใช้วิธีตัดแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

2) ชิ้นทดสอบแต่ละคู่ ชิ้นที่หนึ่งตัดด้านยาวขนานกับแนวด้ายยืน (หรือแนวขนานเครื่องจักร) 1 ชิ้น ชิ้นที่สองตัดด้านยาวขนานกับแนวด้ายพุ่ง (หรือแนวขวางเครื่องจักร)

3) ตัดชิ้นทดสอบให้ด้านยาวอยู่ในแนวทแยงมุมกับแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง ถ้าตัวอย่างเป็นพรมปูพื้นและสามารถเห็นการเรียงขนของพรมอย่างชัดเจน ให้ตัดนทดสอบโดยให้ด้านยาวไปตามแนวยาวของการเรียงของขนพรม

4) ตัวอย่างที่เป็นเส้นด้าย ให้ถักเป็นผ้าเพื่อให้ได้ชิ้นทดสอบที่มีขนาดไม่น้อยกว่า (50 X 140) มิลลิเมตร หรือพันเส้นด้ายให้ขนานกันตามแนวยาวกับกระดาษการ์ดแข็งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดที่เหมาะสม

5) ปรับภาวะชิ้นทดสอบและผ้าฝ้ายขัดกูมาตรฐาน ที่อุณหภูมิ (20 ± 2) องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ (65 ± 4) อย่างน้อย 4 ชั่วโมง สำหรับเส้นใยฝ้ายให้ใช้เวลา 6 ชั่วโมง เส้นใยขนสัตว์ ให้ใช้เวลา 8 ชั่วโมง หรือจนชิ้นทดสอบอยู่ในภาวะสมดุลโดยวางชิ้นทดสอบและผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานแต่ละชิ้นแยกกันบนตะแกรงหรือชั้นที่เป็นรู

6) ควรดำเนินการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน สำหรับการทดสอบสิ่งทอคือ ที่อุณหภูมิ (20 ± 2) องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ (65 ± 4)

การทดสอบ

1) นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้มาวางที่ฐานของเครื่องทดสอบให้ด้านยาวของชิ้นทดสอบอยู่ในแนวขัดถูแล้วยึดให้แน่น โดยวางกระดาษทรายกันน้ำหรือตาข่าย ระหว่างฐานของเครื่องทดสอบและชิ้นทดสอบเพื่อป้องกันการหลุดเลื่อนของชิ้นทดสอบ

2) ทดสอบการขัดถูแบบแห้งและการขัดกูแบบเปียก ในกรณีที่ชิ้นทดสอบมีหลายสี ให้จัดวางชิ้นทดสอบให้ขัดถูครบทุกสี ถ้าแต่ละสีมีพื้นที่มากพออาจใช้ชิ้นทดสอบมากขึ้นและทดสอบแยกสี ถ้าชิ้นทดสอบมีพื้นที่ ที่มีสีขนาดเล็กและมีหลายสีปนกัน ควรใช้วิธีทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแบบหมุน (Rotary vertical crock meter)

3) การขัดถูแบบแห้ง นำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานที่ผ่านการปรับภาวะแล้ว มาหุ้มหัวขัดถูโดยให้แนวการทอขนานกับแนวการเคลื่อนที่ของหัวขัดถู และทำการขัดถูไปกลับในอัตรา 1 รอบต่อ 1 วินาที ในแนวเส้นตรงตามยาวบนชิ้นทดสอบแห้งเป็นระยะ (104 ± 3) มิลลิเมตร ด้วยแรงกด (9 ± 0.2) นิวตัน ให้ขัดไปกลับจำนวน 10 รอบ (ไป 10 ครั้ง กลับ 10 ครั้ง)

4) นำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานออกจากเครื่องและนำไปวางในห้องภาวะมาตรฐาน เพื่อปรับภาวะและกำจัดเส้นใยที่หลุดจากตัวอย่างขณะทำการทดสอบและติดอยู่ที่ผ้าขัดถูออกเพราะอาจมีผลต่อการประเมิน

5) การขัดกูแบบเปียก ชั่งผ้าฝ้ายขัดดูมาตรฐานที่ผ่านการปรับภาวะแล้ว นำมาทำให้เปียกทั่วทั้งผืนโดยจุ่มลงในน้ำกลั่นแล้วนำมาชั่งอีกครั้ง ให้ผ้าหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 95 ถึง 100 ทำการขัดถู

6) นำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานออกจากเครื่อง ผึ่งให้แห้งแล้วนำไปวางในห้องที่ควบคุมเพื่อปรับภาวะกำจัดเส้นใยที่หลุดจากตัวอย่างขณะทำการทดสอบและติดอยู่ที่ผ้าขัดถูออก เพราะอาจมีผลต่อการประเมิน



ภาพที่ 10 เครื่องขัดถูแบบหมุน
ที่มา: จาก *วิธีทดสอบสิ่งทอ มอก.121 เล่ม 25 ความคงทนของสีต่อน้ำ*. โดย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ และคณะ (2565) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพิมพ์สีธรรมชาติจากใบเพกาด้วยเทคนิคการถ่ายโอนสีสู่ผ้าฝ้าย โดยพบว่า การผสมสารเฟอร์รัสซัลเฟตในอัตราส่วน 0.2 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร และการนำไปใช้ระยะเวลา 45 นาที สามารถให้สีใบเพกามีความเหลืองเข้มและความคมชัดของลวดลายใบเพกาได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ นอกจากนี้ การประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับสูงต่อการวางลวดลายทั้งสามแบบ การใช้เทคนิคการพิมพ์สีธรรมชาติจากใบเพกานี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้สีของใบเพกาโดดเด่นขึ้น แต่ยังสามารถสร้างลวดลายที่ทันสมัยและคมชัด โดยสามารถนำไปต่อยอดในงานตัดเย็บเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย และของตกแต่งบ้าน รวมถึงส่งเสริมธุรกิจครัวเรือนและชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

เกชา ลาวงษา และคณะ (2565) ได้ศึกษาเรื่องการย้อมสีใบตะขบด้วยฝางเพื่อใช้ในการพิมพ์สีธรรมชาติด้วยเทคนิคการถ่ายโอนสีสู่ผ้าฝ้าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการย้อมสีใบตะขบด้วยฝางในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อหาสีธรรมชาติที่ดีที่สุดสำหรับการพิมพ์ การศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณผงฝางต่อน้ำ (10, 20, 30, 40, 50 กรัม) และระยะเวลาในการย้อม

(10, 20, 30 นาที) ผลการศึกษาพบว่า น้ำผสมผงฝางในอัตราส่วน 1 ลิตรต่อน้ำหนักผงฝาง 50 กรัม และระยะเวลาในการย้อม 30 นาทีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสให้ผลที่ดีที่สุด โดยได้สีที่เข้มที่สุดจากการย้อมใบตะขบ ผลการวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีจากใบตะขบย้อมสีด้วยฝาง พบว่ามีความสว่าง (ค่า L* เฉลี่ย 57.32) และมีค่า a* เฉลี่ย 16.42 ซึ่งบ่งชี้ถึงสีแดง โดยมีค่า a* สูงสุดถึง 23.68 การย้อมใบตะขบด้วยเทคนิคธรรมชาติสามารถให้สีชมพูเข้มและลวดลายที่มีความประณีต อีกทั้งสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เสื้อผ้า เครื่องแต่งกาย และของตกแต่งบ้าน รวมถึงสามารถส่งเสริมธุรกิจครัวเรือนและชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

พรเพ็ญ โชชัย และคณะ (2565) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีย้อมธรรมชาติ โดยใช้เปลือกมะพร้าวและเปลือกประดู่เป็นสีย้อมธรรมชาติจากชุมชนในตำบลนาบอ กำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบริบทกระบวนการการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีย้อมธรรมชาติในชุมชน รวมถึงการค้นหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกประดู่ การย้อมสีในระดับต้นแบบและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมสีสู่ชุมชนกระบวนการวิจัยประกอบด้วยการสอบถามและสัมภาษณ์หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้นำชุมชน รวมถึงการศึกษาจากกลุ่มผู้ผลิตผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของกระบวนการย้อมสีธรรมชาติ การวัดค่าความยาวคลื่นที่ดูดกลืนมากที่สุดของสีน้ำย้อม การทดลองย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายในห้องปฏิบัติการ และการวัดค่าเฉดสีในระบบ CIELAB รวมถึงการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อเฉดสีที่ย้อมได้ นอกจากนี้ยังทดสอบความคงทนของสีที่ได้ต่อการซักฟอกและแสง และได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติการสำหรับชุมชนเพื่อถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีย้อมธรรมชาติแก่ชุมชนในพื้นที่

Bruna & Isabel (2022) ได้ศึกษาเรื่องการพิมพ์ผ้าจากพืช โดยมุ่งเน้นการใช้เทคนิคการพิมพ์แบบ eco printing ด้วยการใช้เปลือกหอมและกะหล่ำปลีแดงในการสร้างลายบนผ้าลินินและ Tencel ซึ่งสารจากพืชเหล่านี้ เช่น แทนนินและโพแทสเซียมอลูมิเนียม ถูกใช้เป็นตัวช่วยในการซึมสีเข้าสู่เนื้อผ้า การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ผลกระทบของสีที่เกิดจากวัสดุพืชและตัวแปรกระบวนการต่าง ๆ เช่น ประเภทของใยวัสดุพืช, ตัวช่วยติดสี, กระบวนการพิมพ์, และการใช้ตัวช่วยติดสีในการซึมสีเข้าสู่ผ้า การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง, การซัก, และการขัดถูทั้งแบบแห้งและเปียกได้รับการดำเนินการโดยใช้ชุดตัวอย่างที่เตรียมไว้ ผลการทดสอบช่วยชี้ให้เห็นถึงความเหมาะสมของวัสดุและกระบวนการที่ใช้ในการประยุกต์ใช้ในผ้าแฟชั่น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาโมเดลเสื้อผ้าที่ใช้ชุดตัวแปรในการทดสอบความคงทนสี เพื่อสาธิตการประยุกต์ใช้ผ้าที่พิมพ์ในเสื้อผ้า งานวิจัยนี้ช่วยให้นักออกแบบเข้าใจถึงกระบวนการพิมพ์ด้วยเทคนิค eco printing และการผสมผสานวัสดุและตัวแปรกระบวนการที่มีผลต่อสีและลวดลายของผ้า ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของเทคนิคนี้ในการสร้างลายผ้าอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานออกแบบแฟชั่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ.

Chaeyeon & Younsook (2011) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาวิธีการพิมพ์ (Eco printing) โดยใช้สีธรรมชาติและไคโตซานเป็นสารช่วยติดสีจากธรรมชาติ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันสามประเภท เพื่อประเมินความเข้มข้นของไคโตซานและอัตราส่วนของสีและสารช่วยติดสี รวมถึงการทดสอบการดูดซึมสีและความคงทนของ

ผ้าที่พิมพ์ การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของไคโตซานในการผสมสีกับสารเชื่อมสังเคราะห์ดั้งเดิมและสารเจือปน พบว่า ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือกลางมีความเหมาะสมที่สุด โดยไคโตซานที่มีความเข้มข้น 1.7% สามารถใช้กับสีจากถ่านหินและคลอโรฟิล ส่วนไคโตซานที่มีความเข้มข้น 2.2% สามารถใช้กับสีจากดินเหนียวสีเหลือง, คราม, และโคชีนีล (แมลง) นอกจากนี้ยังพบว่าผ้าที่พิมพ์ด้วยสีแร่มีความคงทนที่ดีกว่าผ้าที่พิมพ์ด้วยสีจากพืชและสัตว์ อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราส่วนของสีและไคโตซานสูงขึ้นจะทำให้ความคงทนของการถูลดลง 1-3 เกรด สุดท้าย ผลการทดสอบพบว่าความคงทนของผ้าที่พิมพ์ด้วยสารเชื่อมจากไคโตซานเทียบเท่ากับการใช้สารเชื่อมสังเคราะห์ และสูงกว่าการใช้กัวกัม

Dragos et al. (2023) ได้ศึกษาเรื่องการปรับพื้นผิวผ้าฝ้ายและผิวหนังโดยใช้ความเย็นพลาสมาความดันบรรยากาศและการลด TiO_2-SiO_2 ผงนาโนกราฟีนออกไซด์ มุ่งเน้นที่การเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ผ่านการปรับเปลี่ยนพื้นผิวของวัสดุ โดยใช้วิธีการเตรียมผืนผ้าและหนังด้วยการฉายแก๊สพลาสมาที่แรงดันต่ำ (CAPP) และการเคลือบสารผสม TiO_2-SiO_2-reduced graphene oxide (TS/GR) ในรูปแบบการกระจายสาร การทดลองใช้วิธี Taguchi เพื่อประเมินผลกระทบจากพารามิเตอร์สำคัญสามตัว ได้แก่ การเตรียมด้วย CAPP, การเคลือบด้วยสารผสม และสารผสม TiO_2-SiO_2-reduced graphene oxide (TS/GR) ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติ โครงสร้าง และพื้นผิวของผ้าและหนังที่ได้รับการปรับ การประเมินลักษณะพื้นผิวใช้เทคนิคการสแกนอิเล็กตรอนผสม (SEM/EDX), การสะท้อนคลื่นลดลง – ฟูริเยร์ทรานส์ฟอร์ม (ATR-FTIR), สเปกโทรสโคปี UV-Vis, และเทคโนโลยีการสแกนแสงอินฟราเรด ผลการทดสอบการทำความสะอาดตนเองของผ้าและหนังที่ปรับพื้นผิวโดยการหดสีของน้ำสีผลไม้ภายใต้แสง UV เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่า TiO_2-SiO_2-reduced graphene oxide สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดตนเอง โดยไม่ทำลายโครงสร้างโคโลเจนของผ้าและหนัง และสามารถนำไปใช้ในการผลิตผ้าและหนังที่มีคุณสมบัติทำความสะอาดตนเองด้วยแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ.

Xuemei (2019) ได้ศึกษาเรื่องการประยุกต์พลาสมาบรรยากาศสำหรับการเดซิซินผ้าฝ้าย ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีและน้ำในการผลิตผ้าฝ้าย ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานและปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ร้ายแรง การศึกษาในครั้งนี้ได้นำเทคนิคพลาสมาแอตโมสเฟริก (APT) มาใช้ในการปรับปรุงผ้าฝ้าย เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนจากการใช้สารเจือปนในกระบวนการทอ การศึกษาทดสอบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของพลาสมา เช่น แรงดันพลาสมา เวลาที่พลาสมาทำงาน และอัตราการไหลของออกซิเจน เพื่อประเมินผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผ้า เช่น การลบสารปนเปื้อน ความขาว ความสามารถในการดูดซับ ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของผ้า ผลการศึกษาพบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้เทคนิค APT ด้วยออกซิเจน คือ แรงดันพลาสมา 320 โวลต์, เวลาทำงานพลาสมา 60% และอัตราการไหลของออกซิเจน 1000 ลิตรต่อชั่วโมง เทคนิค APT นี้สามารถกำจัดสารเจือปนได้ผลลัพธ์ที่เทียบเท่ากับเทคนิคการใช้เอนไซม์อะไมเลสในการกำจัดสารเจือปน โดยผลลัพธ์ได้รับการยืนยันเพิ่มเติมจากการใช้กล้องอิเล็กตรอนสแกนนิ่ง (SEM) และการสเปกโทรสโคปีด้วยรังสีอินฟราเรด (FTIR)

Inbakumar et al. (2009) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์ของผ้าฝ้ายที่ได้รับการบำบัดด้วยพลาสมาโดยใช้กระแสไฟฟ้า DC แรงดันต่ำ บทความนี้เน้นการปรับเปลี่ยน

ผ้าฝ้ายโดยใช้กระบวนการรักษาด้วยพลาสมาที่ได้รับจากอากาศ ซึ่งมีการศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น เวลาการรักษา พลังงานในการกระบวนการ และความดันการทำงานต่ำ ต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผ้าฝ้ายการวิเคราะห์ลักษณะผ้าฝ้ายหลังการบำบัดด้วยพลาสมาทำได้โดยการทดลองต่าง ๆ เช่น การดูดซับน้ำ, สเปกโตรสโฟโตอิเล็กตรอน (PES), กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM), และการวัดค่าสูญเสียน้ำหนัก พบว่า ผ้าที่ได้รับการบำบัดมีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลา, พลังงาน, และความดันการทำงานที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้กระบวนการพลาสมานี้ยังสามารถทำให้ผิวผ้าฝ้ายมีการเกิดกลุ่มออกซิเจนบนเส้นใย ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพของผ้า โดยไม่ต้องใช้น้ำหรือสารเคมีในการดำเนินการ.

Denis et al. (2011) ได้ศึกษาเรื่องผลกระทบของการประมวลผลพลาสมาแบบ DC Pulsed ที่มีแรงดันอากาศบรรยากาศต่อการเปิดผิวของพอลิเมอร์ โดยการศึกษาผลกระทบของระบบไฟฟ้าสัญญาณพัลส์ที่มีต่อการเปิดผิวของพอลิเมอร์จากการเปลี่ยนแปลงมุมการสัมผัสของน้ำหลังการฉายด้วยพลาสมา คุณสมบัติผิวของพอลิเมอร์ถูกตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือ AFM และการวัด XPS นอกจากนี้ ยังได้ทดสอบผลกระทบจากความร้อนของพลาสมาด้วยกล้องความร้อนอินฟราเรดและการวัดด้วยเทอร์โมคัปเปิล การวัดการจราจรของพลาสมาได้รับจากการใช้เทคนิค photo-diode และ optical emission spectroscopy ผลการศึกษาพบว่า ระดับการเปิดผิวของพอลิเมอร์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการใช้ไฟฟ้าสัญญาณพัลส์ (DC pulse) ซึ่งสัมพันธ์กับความหนาแน่นของพลาสมา โดยพลาสมาที่มีความหนาแน่นสูงจะทำให้การเปิดผิวของพอลิเมอร์สูงขึ้นจากการลดระยะเวลาการไฟฟ้าสัญญาณพัลส์ นอกจากนี้ระยะเวลาการไฟฟ้าสัญญาณพัลส์ยังพบว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญเฉพาะสำหรับแต่ละประเภทของพอลิเมอร์ และเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางอุณหภูมิของพอลิเมอร์นั้น ๆ รวมทั้งยังมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของพื้นผิวและก๊าซพลาสมาด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 ใบไม้ที่ใช้ในการทดลอง 4 ชนิด

3.1.1.1 ใบสัก *(Tectona grandis Linn.f.,)*

3.1.1.2 ใบละหุ่ง *(Ricinus communis L.,)*

3.1.1.3 ใบสบู่เลือด *(Jatropha gossypifolia L.,)*

3.1.1.4 ใบเพกา *(Oroxylum indicum (L.))*

3.1.2 ผ้าฝ้ายที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2.1 ผ้าทอเส้นใยธรรมชาติจากใยเซลลูโลสที่ได้มาจากดอกของฝ้าย ได้แก่ ผ้าฝ้ายที่เข็นมือทั้งเส้นพุ่งและเส้นยืนจากหมู่บ้านผักคำภู ตำบลนาใน อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร

3.1.3 อุปกรณ์การพิมพ์ผ้าสีจากธรรมชาติ

3.1.2.1 หม้อนึ่งไฟฟ้า รุ่น kompor Gas ขนาด 26 เซนติเมตร

3.1.2.2 เตาแม่เหล็กไฟฟ้า Lucky Flame รุ่น TS-T202P กำลังไฟ 2000 วัตต์

3.1.2.3 อ่างผสมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร

3.1.2.4 ตะกร้อตีแบบเกรียว ขนาด 16 นิ้ว

3.1.2.5 สายซิลิโคน ขนาด 6 × 10 เซนติเมตร

3.1.2.6 เซือกฟางขนาดหน้ากว้าง 5 นิ้ว ยี่ห้อ KT-N

3.1.2.7 แผ่นพลาสติก ขนาดกว้าง 1 เมตร ยี่ห้อ NASH

3.1.4 สารช่วยติด (Mordents)

3.1.3.1 สารส้ม (Ammonium Aluminium Sulfate) $(NH_4)Al(SO_4)$ บริษัท Extra Pools by Wee-rin chemical standard quality Chemicals

3.1.3.2 กรดอซิติก (acetic acid) (CH_3COOH) บริษัท lanagrow Chemicals

3.1.3.4 ผงเฟอรัสซัลเฟส (Ferrous Sulfate) $(FeSO_4)$ บริษัท world Chemicals

3.1.3.5 น้ำประปา (H_2O)

3.2 เครื่องมือทดลอง

3.2.1 เครื่องวัดค่าสี Spectrocolorimeter ยี่ห้อ Datacolor รุ่น 850 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อTanita รุ่น KD-200-200 ปริมาณ 2 kg ประเทศจีน

3.2.3 แหล่งจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงดันสูง 20 KV ระบบพลาสมาเย็นแบบ DBD รุ่น 200E, ประเทศจีน

3.2.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) ยี่ห้อ LEOL รุ่น JMS-IT510 ประเทศญี่ปุ่น

3.2.5 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการซัก ยี่ห้อ Martindale Abrasion Tester รุ่น YG(B)401T ประเทศจีน

3.2.6 เครื่องทดสอบความคงทนต่อแสง ยี่ห้อ Atlas Xenon Arc Weather-Ometer รุ่น YG(B)611-3C ประเทศจีน

3.2.7 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู ยี่ห้อ Taber Abraser รุ่น AT-L9001 ประเทศจีน

3.3 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.3.1 ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

3.3.2 ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

3.3.3 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

3.3.4 ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์สถานะของแข็งและพลาสมา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญญบุรี

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ศึกษากระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ นำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลด้านกระบวน วิธีการที่ดีที่สุดเพื่อนำไปพิมพ์ผ้าในกระบวนการถัดไป โดยมีวิธีการเลือกจากผลของงานวิจัยที่ดีที่สุด เช่น การติดสี ความคมของลวดลาย

3.4.2 ผ้าฝ้าย

ผ้าที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเส้นใยธรรมชาติจากใยเซลลูโลสที่ได้มาจากดอกของฝ้าย ได้แก่ ผ้าฝ้ายที่ทอด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นทั้งเส้นพุ่งและเส้นยืน จากชุมชนหมู่บ้านผักคำภู ตำบลนาใน อำเภอพรรณนานิคม จังหวัดสกลนคร ประเทศไทย ผ้าฝ้ายเส้นใยธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 50*50 เซนติเมตร ทั้งเส้นพุ่งและเส้นยืน นำมาซักทำความสะอาดด้วยน้ำยาซักผ้า ล้างออกด้วยน้ำเปล่าและนำไปต้มด้วยน้ำร้อนอุณภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จากนั้นบิดหมาดตากลมให้แห้ง

3.4.3 ใบไม้

ใบไม้ที่ใช้ในการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ ได้นำใบไม้ที่อยู่ภายในพื้นที่ ตำบลคลองหลวง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย ได้แก่ ใบสัก (*Tectona grandis* Linn.f.,) ใช้ใบอ่อนปลายสุดของยอดที่มีลักษณะใบสีน้ำตาลแดง ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ใบเพกา (*Oroxylum indicum* (L.)) เลือกใช้ใบแก่จัดที่มีสีเขียวเข้ม ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ใบละหุ่ง (*Ricinus communis* L.,) ใช้ใบแก่จัดมีลักษณะสีเขียวเข้มมี 8 แฉก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร

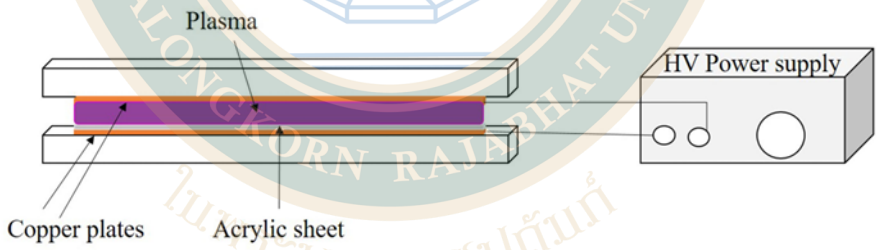
และใบสบู่เลือด (*Jatropha gossypifolia* L.,) ใช้ใบยอดอ่อนของลำต้น ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร

3.4.4 สารช่วยติดสี (Mordant)

สารช่วยติดสี (Mordant) ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 1. Ammonium Aluminium Sulfate $(NH_4)Al(SO_4)$ $2.12H_2O$, 2. Acetic acid (CH_3COOH), 3. Ferrous Sulfate ($FeSO_4$) การเตรียมผสมสารช่วยติดสี มีดังนี้ สารส้ม (Ammonium Aluminium Sulfate) 200 กรัม กรดอซิติก (acetic acid) (CH_3COOH) 1000 มิลลิลิตร ผงเฟอรัสซัลเฟส (Ferrous Sulfate) 1 กรัม น้ำประปา (H_2O) 500 มิลลิลิตร นำส่วนผสมทั้งหมดเทรวมกันกวนผสมจนส่วนผสมทั้งหมดละลายเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ตะกร้อมือ จากนั้นนำผ้าฝ้ายที่เตรียมไว้ นำมาขยำๆกับนำสารช่วยติดสีที่เตรียมไว้ให้เข้ากันนาน 5 นาที จากนั้นนำไปตากในที่ร่มจนผ้าแห้ง นำไปซักออกด้วยน้ำเปล่า แล้วนำไปพิมพ์ผ้าในขั้นตอนต่อไป

3.4.5 พลาสมาเย็น (Cold plasma)

ในการทดลองนี้ อุปกรณ์พลาสมาเย็นแบบ dielectric barrier discharge (DBD) plasma ที่พัฒนาขึ้นในห้องปฏิบัติการ พลาสมาเย็นถูกสร้างขึ้นในระหว่างขั้วไฟฟ้าถูกตั้งค่าให้มีระยะห่างประมาณ 5 มม. ระหว่างอิเล็กโทรดทองแดงสองขั้วที่มีขนาด 10 × 10 × 0.5 ซม. ประกอบด้วยแผ่นทองแดงสองแผ่นทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า โดยแต่ละแผ่นมีขนาด (10 × 1,200 × 0.2 ซม.^{3}) ขั้วไฟฟ้าด้านล่างได้รับการหุ้มฉนวนด้วยแผ่นอะคริลิกหนา 0.2 มม. พลาสมาถูกสร้างขึ้นภายในพื้นที่ระหว่างขั้วไฟฟ้าโดยการใช้แรงดันไฟฟ้าสูงจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (Electrostatic Ionization, รุ่น 200E, ประเทศจีน) โดยสามารถตั้งค่าแรงดันได้ตั้งแต่ 500-2,000 โวลต์ ผ้าฝ้ายถูกฉายด้วยพลาสมาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ โดยมีระยะเวลาการฉาย 0-8 วินาที



ภาพที่ 11 เครื่องฉายพลาสมาเย็น (DBD)

3.4.6 กระบวนการวิธีการทำผ้าผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ โดยผ้าที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผ้าฝ้ายแท้ 100 % มีวิธีการดังนี้

1) การเตรียมผ้าในการพิมพ์ผ้าสีจากธรรมชาติ

นำผ้าฝ้ายทอมือที่ใช้ในการทดลองขนาด 50*50 เซนติเมตร นำมาซักทำความสะอาดด้วยน้ำยาซักผ้า ล้างออกด้วยน้ำเปล่าและนำไปต้มด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จากนั้นบิดหมาดตากลมให้แห้ง และเตรียมใบไม้ที่จะใช้ในการทดลอง ตามข้อที่ 3.4.3

วิธีทำตามกระบวนการของ เกชา ลาวงษา (2565) ดังนี้

ก. การเตรียมสารมอร์แดนท์ กรดน้ำส้มสายชู 5% ปริมาณ 1000 มิลลิลิตร สารส้มแบบผงแป้งละเอียด 30 เมท 200 กรัม ผงเฟอร์รัสซัลเฟต 1 กรัม นำส่วนผสมทั้งหมดเทผสมกันจนส่วนผสมทั้งหมดละลายเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ตะกร้อมือจากนั้นน้าผ้าที่เตรียมไว้ นำมาแช่กับสารช่วยติดที่เตรียมไว้ให้เข้ากันนาน 5 นาที จากนั้นนำไปตากในที่ร่มจนผ้าแห้ง นำไปซักออกด้วยน้ำเปล่า แล้วนำไปพิมพ์ผ้าในขั้นตอนต่อไป

ข. นำผ้าฝ้ายที่เตรียมใน (ข้อที่ 1) ซักน้ำเปล่า บิดผ้าให้หมาดแล้วนำมาวางให้ตึง แล้วนำใบไม้มาวางลงบนผ้าอย่างละ 1 ใบ นำผ้าฝ้ายอีกผืนมาวางประกบแล้วนำแผ่นพลาสติกวางทับ จากนั้นนำแกนซิลิโคลนมาม้วนให้แน่น นำไปนึ่งด้วยความร้อน 70 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที

ค. จากนั้นแกะผ้าและนำใบไม้ออก ซักทำความสะอาดด้วยน้ำยาซักผ้า ผึ่งลมให้แห้ง

3.4.7 การพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากธรรมชาติร่วมกับการฉายพลาสมาเย็น

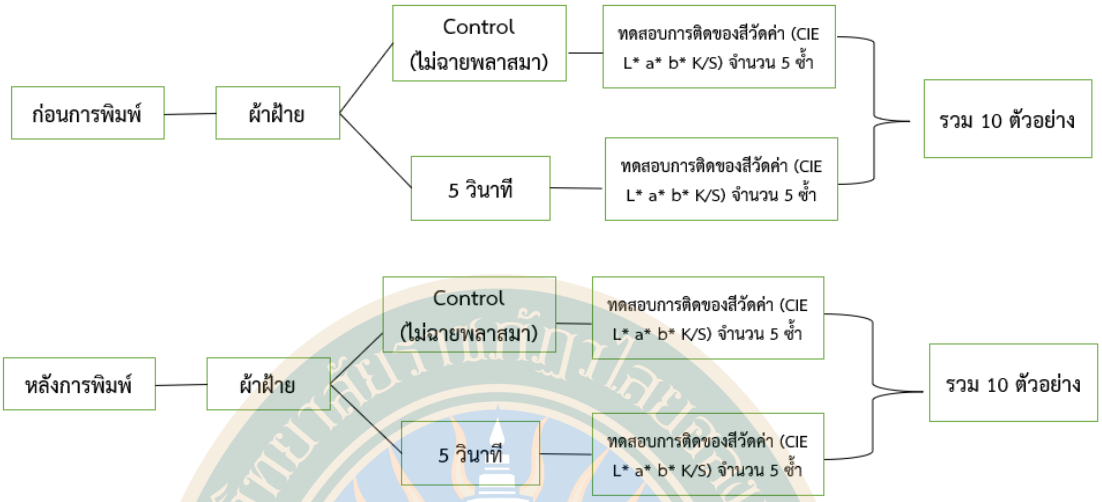
3.4.7.1 การศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์สีจากใบไม้

1) นำเอากระบวนการศึกษาวิธีการทำผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ ข้อที่ 3.4.6 ทำการวางแผนการทดลอง โดยเปรียบเทียบการฉายพลาสมาก่อนและหลัง โดยผ้าที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผ้าฝ้ายทอมือ กว้าง 50 เซนติเมตร × ยาว 50 เซนติเมตร ใบไม้ที่ใช้ประกอบด้วย ใบสัก ใบละหุ่ง สบู่เลือด และใบเพกา อย่างละ 1 ใบ เลือกใบไม้ตามข้อที่ 3.4.3

2) นำผ้าฝ้ายที่เตรียมไว้ในข้อที่ 3.4.2 ทำการฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์ จำนวน 10 ชิ้น ตามข้อที่ 3.4.5 และผ้าฝ้ายไม่ฉายพลาสมาจำนวน 10 ชิ้น นำมาขยำกับสารช่วยติดสี (Mordant) ตามข้อที่ 3.4.4 นำไปตากให้แห้ง จากนั้นนำไปทำการพิมพ์ผ้าตามกระบวนการที่ข้อที่ 3.4.6 จากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ยังไม่ฉายพลาสมาจำนวน 5 ชิ้น นำไปฉายพลาสมาหลังจากการพิมพ์ผ้าเรียบร้อย ตามข้อที่ 3.4.5 จะได้ผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ จำนวน 15 ตัวอย่าง

3) จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติการติดสีของผ้าฝ้ายด้วยวิธีวัดค่าสีมาใช้โดยเทคนิคสเป็คโทรโฟโตมิเตอร์ส (Spectrophotometers) เพื่อวัดคาสีในระบบ L* a* b* และวัดค่าความเข้มของสี (Color Strength; K/S) โดยใช้เครื่องในการวัดค่าสี Spectrophotometers รุ่น Datacolor 850 ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องเทียบเครื่องมือใช้แผ่นสอบเทียบสีขาว (White Calibration Tile) และแผ่นสอบเทียบสีดำ (Black Trap) ที่มาพร้อมกับเครื่องเพื่อสอบเทียบความถูกต้องของการวัด ทำการพับผ้าที่ใช้ในการทดลองจำนวน 4 ชั้น จากนั้นนำผ้าตัวอย่างวางบนแท่นวัดของเครื่อง โดยให้ตัวอย่างปิดคลุมรูรับแสงทั้งหมด เริ่มการวัดโดยการกดปุ่มวัดบนซอฟต์แวร์หรือบนเครื่อง บันทึกค่าสีที่ได้จากการวัด ซึ่งอาจรวมถึงค่า L* a* b* K/S ตามที่กำหนดในซอฟต์แวร์ดำเนินการวัดใบไม้แต่ละชนิด จำนวน 3 จุดบนใบไม้แต่ละผืน

4) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละการทดลองเพื่อไปวิเคราะห์ในกระบวนการถัดไป โดยกลุ่มตัวอย่างการทดลอง ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์สีจากใบไม้

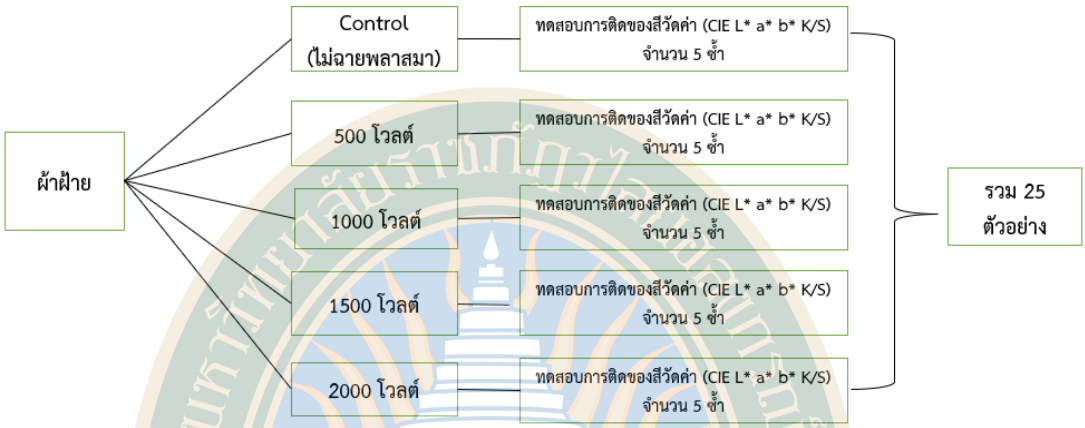
3.4.7.2 การศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสเย็นหาความต่างศักย์ไฟฟ้าของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้

1) นำเอาผลการศึกษาที่ดีที่สุดของ (ข้อที่ 3.4.7.1) ทำการวางแผนการทดลอง โดยเปรียบเทียบการฉายพลาสมาหาความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ดีที่สุดที่จะฉายลงบนผ้าที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าสูง 500, 1000, 1500, 2000 โวลต์

2) นำผ้าฝ้ายที่เตรียมไว้ในข้อที่ 3.4.2 ทำการฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์ จำนวน 25 ชิ้น ตามข้อที่ 3.4.5 แบ่งเป็น ไม่ฉายพลาสมา (Control) จำนวน 5 ชิ้น ฉายพลาสมาเย็นความต่างศักย์ไฟฟ้า 500 โวลต์ จำนวน 5 ชิ้น, 1000 โวลต์ จำนวน 5 ชิ้น, 1500 โวลต์ จำนวน 5 ชิ้น 2000 โวลต์ จำนวน 5 ชิ้น นำผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นมาขยำกับสารช่วยติดสี (Mordant) ตามข้อที่ 3.4.4 นำไปตากให้แห้ง จากนั้นนำไปทำการพิมพ์ผ้าตามกระบวนการที่ข้อที่ 3.4.6 จะได้ผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ จำนวน 25 ตัวอย่าง

3) จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติการติดสีของผ้าฝ้ายด้วยวิธีวัดค่าสีโดยเทคนิคสเป็คโทรโฟโตมิเตอร์ส (Spectrophotometers) เพื่อวัดคาสีในระบบ L* a* b* และวัดค่าความเข้มของสี (Color Strength; K/S) โดยใช้เครื่องในการวัดค่าสี Spectrophotometers รุ่น Datacolor 850 ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องเทียบเครื่องมือใช้แผ่นสอบเทียบสีขาว (White Calibration Tile) และแผ่นสอบเทียบสีดำ (Black Trap) ที่มาพร้อมกับเครื่องเพื่อสอบเทียบความถูกต้องของการวัด ทำการพับผ้าที่ใช้ในการทดลองจำนวน 4 ชั้น จากนั้นนำผ้าตัวอย่างวางบนแท่นวัดของเครื่อง โดยให้ตัวอย่างปิดคลุมรูรับแสงทั้งหมด เริ่มการวัดโดยการกดปุ่มวัดบนซอฟต์แวร์หรือบนเครื่อง บันทึกค่าสีที่ได้จากการวัด ซึ่งอาจรวมถึงค่า L*, a*, b*, k/S ตามที่กำหนดในซอฟต์แวร์ ทำเนินการวัดใบไม้แต่ละชนิด จำนวน 3 จุดบนใบไม้แต่ละผืน

4) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละการทดลองเพื่อไปวิเคราะห์ในกระบวนการถัดไป โดยกลุ่มตัวอย่างการทดลอง ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสเย็นหาความต่างศักย์ไฟฟ้าของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้

3.4.7.3 การศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นที่แตกต่างกันของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้

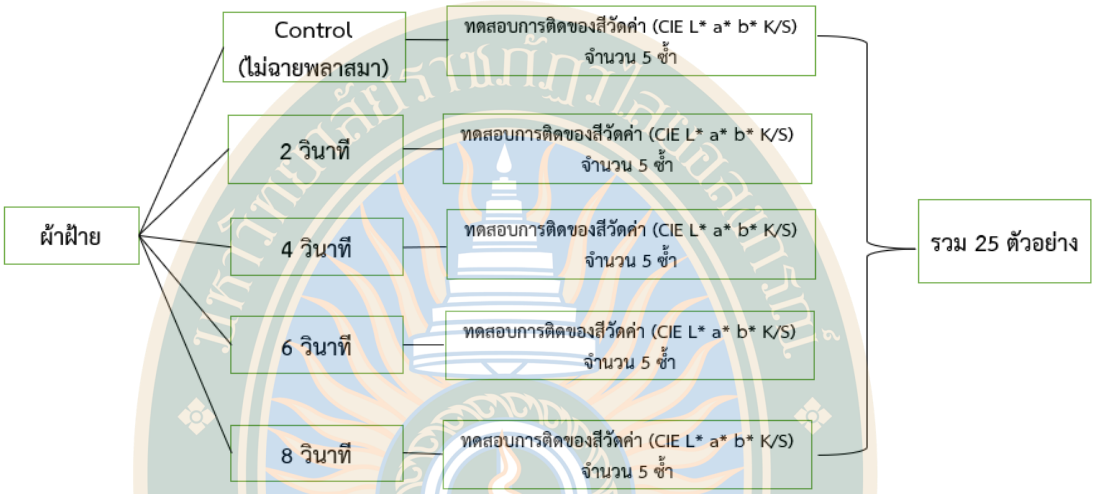
1) นำเอาผลการศึกษาที่ดีที่สุดของ (ข้อที่ 3.4.7.2) ทำการวางแผนการทดลองโดยเปรียบเทียบการฉายพลาสมาหาเวลาในการฉายที่ดีที่สุดลงบนผ้า เวลาที่ใช้ในการทดลอง 0, 2 4 6 8 วินาที

2) นำผ้าฝ้ายที่เตรียมไว้ในข้อที่ 3.4.2 ทำการฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์จำนวน 25 ชิ้น ตามข้อที่ 3.4.5 แบ่งเป็น ไม่ฉายพลาสมา (Control) จำนวน 5 ชิ้น ฉายพลาสมาเย็นระยะเวลา 2 วินาที จำนวน 5 ชิ้น, ระยะเวลา 4 วินาที จำนวน 5 ชิ้น, ระยะเวลา 6 วินาที จำนวน 5ชิ้น, ระยะเวลา 8 วินาที จำนวน 5 ชิ้น นำผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นมาแช่กับสารช่วยติดสี (Mordant) ตามข้อที่ 3.4.4 นำไปตากให้แห้ง จากนั้นนำไปทำการพิมพ์ผ้าตามกระบวนการที่ข้อที่ 3.4.6 จะได้ผ้าพิมพ์สีจากใบไม้จำนวน 25 ตัวอย่าง

3) จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติการติดสีของผ้าฝ้ายด้วยวิธีวัดค่าสีมาใช้ โดยเทคนิคสเป็คโทรโฟโตมิเตอร์ส (Spectrophotometers) เพื่อวัดคาสีในระบบ L* a* b* และวัดค่าความเข้มของสี (Color Strength; K/S) โดยใช้เครื่องในการวัดค่าสี Spectrophotometers รุ่น Datacolor 850 ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องเทียบเครื่องมือใช้แผ่นสอบเทียบสีขาว (White Calibration Tile) และแผ่นสอบเทียบสีดำ (Black Trap) ที่มาพร้อมกับเครื่องเพื่อสอบเทียบความถูกต้องของการวัด ทำการพับผ้าที่ใช้ในการทดลองจำนวน 4 ชั้น จากนั้นนำผ้าตัวอย่างวางบนแท่นวัดของเครื่อง โดยให้ตัวอย่างปิดคลุมรูรับแสงทั้งหมด เริ่มการวัดโดยการกดปุ่มวัดบนซอฟต์แวร์

หรือบนเครื่อง บันทึกค่าสีที่ได้จากการวัด ซึ่งอาจรวมถึงค่า L*, a*, b*, k/S ตามที่กำหนดในซอฟต์แวร์ ทำเนินการวัดใบไม้แต่ละชนิด จำนวน 3 จุดบนใบไม้แต่ละผืน

4) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละการทดลองเพื่อไปวิเคราะห์ในกระบวนการถัดไป โดยกลุ่มตัวอย่างการทดลอง ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 การทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นที่แตกต่างกันของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้

3.4.8 ศึกษาคุณสมบัติของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น

นำผ้าพิมพ์สีจากใบไม้บนผ้าฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมามาทำการทดสอบประสิทธิภาพตามมาตราฐาน International Organization for Standardization (ISO) ดังนี้

3.4.8.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอาร์ก

ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 Textiles – Tests for Colour Fastness – Part B02: Colour Fastness to Artificial Light: Xenon Arc Fading Lamp Test วิธีทดสอบสิ่งทอความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอารก โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1) วิธีการทดสอบ การควบคุมความชื้นในเครื่องอาบแสง วางผ้าฝ้ายย้อมสีแอโซอีกสีแดงขนาด 10 เซนติเมตร X 10 เซนติเมตร และผ้าขนสัตว์สีน้ำเงิน มาตราฐานบนแผ่นกระดาษแข็งใช่แผ่นทึบแสงปิดบนผ้าทั้งสอง วางแผ่นกระดาษบริเวณกึ่งกลางของอุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบ แล่วนำไปวางบนแผงตัวอย่าง (specimen rack) ในแนวดิ่ง โดยยึดด้านบนและด้านล่างวางอุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบชิ้นอื่น ๆ ซึ่งมีแผ่นกระดาษแข็งสีขาววางอยู่ให้เต็มแผงตัวอย่าง เดินเครื่องอาบแสงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดสอบ โดยอาบแสงผ้าทั้งสองพร่อม ๆ กันจนการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายย้อมสีแอโซอีกสีแดงส่วนที่อาบแสงและไม่อาบแสง โดยปกติจะใช้หลอดไฟซีนอนอาร์คในช่วงเวลาหนึ่ง 40-50 ชั่วโมง และที่ความเข้มและอุณหภูมิเฉพาะ ตามมาตรฐานการทดสอบที่เลือก

แตกต่างกันเท่ากับเกรย์สเกล ระดับ 4 การประเมินระดับความคงทนของผ้าฝ้ายย้อมสีแอโซอีกสีแดง ระดับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตราฐานที่มีคาการเปลี่ยนแปลงเทากัน

2) การอาบแสง ให้อาบแสงชิ้นทดสอบ (หลายชิ้น) ไปพร้อมกับผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน ภายใต้ภาวะและเวลาที่จำเป็นในการประเมินความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นโดยค่อย ๆ เพิ่มการปิดแผ่นทึบแสงบนชิ้นทดสอบและผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐาน ใช้วิธีการอาบแสงวิธีที่กำหนด เมื่อสิ้นสุดการทดสอบให้ประเมินความคงทนของสีต่อแสง

3) การประเมินผลการทดสอบ ประเมินความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบ จากระดับของผ้าขนสัตว์สีน้ำเงินมาตรฐานที่มีการเปลี่ยนแปลงสีเท่ากับชิ้นทดสอบ ให้ประเมินค่าความคงทนของสีต่อแสงเป็นระดับ 1 ถึง 8 ให้ใช้เกรย์สเกล ตั้งแต่ระดับ 3 เป็นระดับที่ยอมรับ (based on contras) ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

3.4.8.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 Textiles Tests for Colour Fastness Part C10: Colour Fastness to Washing With Soap or Soap and Soda ความคงทนของสีต่อการซัก โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1) การเตรียมชิ้นทดสอบตัวอย่างที่เป็นผ้าพิมพ์ใบไม้ให้เตรียมชิ้นทดสอบโดยใช้วิธีการตัดตัวอย่างขนาด 50 เซนติเมตร X 50 เซนติเมตร แล้วประกบติดด้วยผ้าเส้นใยต่าง ๆ เช่น อะซิเตท ฝ้าย ไนลอน พอลิเอสเทอร์ อะคริลิค ขนสัตว์ ขนาด 50 เซนติเมตร X 50 เซนติเมตร และเย็บติดเพียงด้านเดียวด้วยด้ายเย็บสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง

2) การทดสอบนำตัวอย่างมาเย็บติดประกบกับผ้าเส้นใยต่าง ๆ เช่น อะซิเตท ฝ้าย ไนลอน พอลิเอสเทอร์ อะคิริก ขนสัตว์ นำไปซักด้วยสารละลายสบู่ ที่ทำให้มีอุณหภูมิตามวิธีทดสอบที่ต้องการ โดยคลาดเคลื่อนได้ ± 2 องศาเซลเซียส ใส่ชิ้นทดสอบจำนวนลูกเหล็กกลมตามวิธีทดสอบที่ต้องการใช้ลงในกระบอกซัก แล้วเติมสารละลายสบู่ให้มีอัตราส่วนของเหลวต่อวัสดุ 50 : 1 แล้วปิดฝากระบอกซักทันทีด้วยเครื่องซักที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด ตามวิธีทดสอบ เมื่อซักเสร็จแล้วนำชิ้นทดสอบออกจากกระบอกซัก แล้วใส่ในบีกเกอร์ขนาด 4 ลิตร ที่ใส่น้ำกลั่นไว้ครึ่งหนึ่งที่อุณหภูมิห้อง คนเบาๆ เป็นเวลา 1 นาที แล้ววางบีกเกอร์ให้น้ำไหลผ่านชิ้นทดสอบเป็นเวลา 1 นาที กรณีมีชิ้นทดสอบหลายชิ้นให้แยกล้างแต่ละบีกเกอร์ กำจัดน้ำส่วนเกินออก โดยการบีบชิ้นทดสอบด้วยมือ แล้วแยกชิ้นทดสอบและผ้าประกบออกจากกัน และทำให้แห้งโดยกดชิ้นทดสอบให้แบนราบระหว่างกระดาษกรองเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออก และตากชิ้นทดสอบให้แห้งในอากาศที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส โดยกางชิ้นทดสอบและผ้าประกบออกจากกัน และประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่าง และการเปื้อนสีของผ้าประกบ โดยเทียบกับตัวอย่างและผ้าประกบก่อนการทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับ เกรย์สเกล (grey scale) (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

3.4.8.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู

1) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105 - X12 : 2001 Textiles – Tests for Colour Fastness Part X12: Colour Fastness to Rubbing ความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบดังนี้

2) หลักการทดสอบ นำตัวอย่างมาขัดถูด้วยผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน

ในสภาพแห้งและสภาพเปียก หัวขัดถูที่ใช้มี 2 ชนิด ชนิดหนึ่งสำหรับการทดสอบผ้าสีพื้นหรือที่มีลายพิมพ์ขนาดใหญ่ (Solid colour or large print) และอีกชนิดหนึ่งสำหรับผ้าขน ประเมินการเปื้อนสีบนผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบกับเกรย์สเกล (Grey scale) หรือใช้สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

3) การเตรียมชิ้นทดสอบ ตัวอย่างที่เป็นผ้าผืนหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ใช้สำหรับปูพื้นให้ตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาดไม่น้อยกว่า(50 X 140) มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น สำหรับการขัดถูแบบแห้ง และจำนวน 2 ชิ้น สำหรับการขัดถูแบบเปียก ชิ้นทดสอบแต่ละคู่ ชิ้นที่หนึ่งตัดด้านยาวขนานกับแนวด้ายยืน (หรือแนวขนานเครื่องจักร) 1 ชิ้น ชิ้นที่สองตัดด้านยาวขนานกับแนวด้ายพุ่ง (หรือแนวขวางเครื่องจักร) ตัดชิ้นทดสอบให้ด้านยาวอยู่ในแนวทแยงมุมกับแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง ปรับภาวะชิ้นทดสอบและผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน ที่อุณหภูมิ (20 ± 2) องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ (65 ± 4) อย่างน้อย 4 ชั่วโมง สำหรับเส้นใยฝ้ายให้ใช้เวลา 6 ชั่วโมง หรือจนชิ้นทดสอบอยู่ในสภาวะสมดุลโดยวางชิ้นทดสอบและผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานแต่ละชิ้นแยกกันบนตะแกรงหรือชั้นที่เป็นรู ควรดำเนินการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน สำหรับการทดสอบสิ่งทอ คือ ที่อุณหภูมิ (20 ± 2) องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ (65 ± 4)

4) การทดสอบ นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้มาวางที่ฐานของเครื่องทดสอบให้ด้านยาวของชิ้นทดสอบอยู่ในแนวขัดถูแล้วยึดให้แน่น โดยวางกระดาษทรายกันน้ำหรือตาข่ายระหว่างฐานของเครื่องทดสอบและชิ้นทดสอบเพื่อป้องกันการหลุดเลื่อนของชิ้นทดสอบ ทดสอบการขัดถูแบบแห้งและการขัดกูแบบเปียก ในกรณีที่ชิ้นทดสอบมีหลายสี ให้จัดวางชิ้นทดสอบให้ขัดถูครบทุกสี ถ้าแต่ละสีมีพื้นที่มากพออาจใช้ชิ้นทดสอบมากขึ้นและทดสอบแยกสี ถ้าชิ้นทดสอบมีพื้นที่ ที่มีสีขนาดเล็กและมีหลายสีปนกัน ควรใช้วิธีทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแบบหมุน (Rotary vertical crock meter) การขัดถูแบบแห้ง นำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานที่ผ่านการปรับภาวะแล้ว มาหุ้มหัวขัดถูโดยให้แนวการทอขนานกับแนวการเคลื่อนที่ของหัวขัดดู และทำการขัดถูไปกลับในอัตรา 1 รอบต่อ 1 วินาที ในแนวเส้นตรงตามยาวบนชิ้นทดสอบแห้งเป็นระยะ (104 ± 3) มิลลิเมตร ด้วยแรงกด (9 ± 0.2) นิวตัน ให้ขัดไปกลับจำนวน 10 รอบ (ไป 10 ครั้ง กลับ 10 ครั้ง) นำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานออกจากเครื่องและนำไปวางในห้องภาวะมาตรฐาน เพื่อปรับภาวะและกำจัดเส้นใยที่หลุดจากตัวอย่างขณะทำการทดสอบและติดอยู่ที่ผ้าขัดถูออกเพราะอาจมีผลต่อการประเมิน การขัดกูแบบเปียกชั่งผ้าฝ้ายขัดดูมาตรฐานที่ผ่านการปรับภาวะแล้ว นำมาทำให้เปียกทั่วทั้งผืนโดยจุ่มลงในน้ำกลั่นแล้วนำมาชั่งอีกครั้ง ให้ผ้าหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 95 ถึง 100 ทำการขัดถู นำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานออกจากเครื่องผึ่งให้แห้งแล้วนำไปวางในห้องที่ควบคุมเพื่อปรับภาวะกำจัดเส้นใยที่หลุดจากตัวอย่างขณะทำการทดสอบและติดอยู่ที่ผ้าขัดถูออกเพราะอาจมีผลต่อการประเมิน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

3.4.8.4 การทดสอบมาตรฐานการทดสอบแรงดึงของสิ่งทอ

1) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 13934-1:2013 มาตรฐานการทดสอบแรงดึงของสิ่งทอ โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบดังนี้

2) วิธีทดสอบแบบแถบเป็นการทดสอบความกว้างของผ้าในอุปกรณ์ทดสอบแรงดึง ใช้สำหรับทดสอบผ้าที่หลวมหรือเปียก อุปกรณ์จะยึดตัวอย่างไว้ในบริเวณที่มีแรงกดต่ำ ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างขาดในบริเวณตรงกลางที่แคบ ห่างจากขากรรไกร

3) การเตรียมตัวอย่าง ตัดตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น จากแต่ละตัวอย่างในทิศทางทั้งเส้นยืนและเส้นพุ่ง ชิ้นงานแต่ละชิ้นต้องมีความกว้าง 50±0.5 มิลลิเมตร ความยาวต้องเผื่อระยะทำเครื่องหมายไว้ที่ 200 มิลลิเมตร หรือ 100 มิลลิเมตร ความยาวของตัวอย่างจะต้องขนานกับเส้นยืนหรือเส้นพุ่งของผ้า ความกว้างจะต้องเท่ากับความกว้างของลูกไม้ ตัดเส้นด้ายออกจากทั้งสองด้านของตัวอย่างให้เท่ากันตลอดความยาว ความกว้างของตัวอย่างจะต้องเท่ากับ 50 ± 0.5 มิลลิเมตร ความกว้างของผ้าจะต้องไม่ทำให้เส้นด้ายหลุดออกจากชายผ้าระหว่างการทดสอบ

4) การทดสอบแรงดึง ใช้เครื่องทดสอบการยืดตัวคงที่ (CRE) โดยเครื่องทดสอบจะยืดตัวอย่างผ้าที่มีขนาดที่กำหนดด้วยอัตราคงที่จนกระทั่งผ้าขาด โดยจะบันทึกแรงสูงสุดและการยืดตัวที่แรงสูงสุด ให้บันทึกแรงและการยืดตัวที่แรงขาด ซึ่งรวมถึงการทดสอบสมดุลและสภาวะเปียกในบรรยากาศมาตรฐาน โดยวัดแรงสูงสุดและการยืดตัวโดยใช้วิธีแถบ ซึ่งใช้ได้กับผ้าทอ รวมถึงผ้าที่แข็งแรงขึ้นจากเส้นใยอีลาสโตเมอร์หรือสารปรับปรุงคุณภาพ นอกจากนี้ยังใช้ได้กับผ้าจากกระบวนการอื่นด้วย แต่ไม่ใช้กับผ้าใยสังเคราะห์ ผ้าไม่ทอ ผ้าเคลือบ หรือผ้าทอแก้ว นอกจากนี้ยังไม่ใช้กับผ้าที่ทำจากเส้นใยคาร์บอนหรือเส้นใยโพลีโอเลฟินแบบแบนอีกด้วย (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

3.4.8.5 ศึกษาโครงสร้างบนชั้นผิวของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น

โครงสร้างผิวของเส้นใยฝ้ายทั้งที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมาเย็นและที่ไม่ได้ฉายพลาสมาเย็น โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) รุ่น Quanta 400 จาก FEI ประเทศสหรัฐอเมริกา กล้องจุลทรรศน์นี้ถูกใช้เพื่อถ่ายโครงสร้างชั้นผิวของตัวอย่าง สำหรับการถ่ายภาพ SEM เส้นใยฝ้ายที่ใช้ที่มีลักษณะเป็นแผ่นมีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 1x1x1 เซนติเมตร ตัวอย่างจะถูกเตรียมโดยการตัดเส้นใยฝ้ายขนาด 0.2 ซม. ตัดแนวตั้งและแนวนอน เส้นใยตัวอย่างจะถูกดึงออกโดยใช้แหนบแล้วนำไปเคลือบด้วยทองเป็นเวลา 2 นาที จำนวนการเคลือบทอง 2 รอบ จากนั้นติดตั้งบนแผ่นเหล็กตามจำนวนรูที่ตั้งไว้ ซึ่งภาพถ่ายที่ได้จะมีลักษณะเป็นสามมิติที่มีระยะชัดลึกสูง ทำให้ระบุลักษณะของพื้นผิวของชิ้นงานอย่างชัดเจน ความละเอียดของผิว 1–2 นาโนเมตร โดยมีการขยายขนาดตั้งแต่ 100 ถึง 10,000 เท่า

3.4.9 การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ผู้ประกอบการโดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ไปถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการให้ผู้ประกอบการที่สนใจ จำนวน 30 คน ซึ่งเลือกจากกลุ่มชุมชนที่มีการทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้อยู่แล้วและมีเครือข่ายในชุมชนไม่น้อยกว่า 30 คน และมีความสนใจที่จะต่อยอดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าพิมพ์ลายใบไม้ โดยนำไปพัฒนาชุดฝึกอบรมปฏิบัติการ ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 เอกสารประกอบการอบรมที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาในเอกสารงานวิจัย เรื่องการพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น

ส่วนที่ 2 ภาคปฏิบัติการอบรม

ส่วนที่ 3 แบบทดสอบความรู้ และแบบประเมินความพึงพอใจหลังอบรม ทั้งนี้การพิจารณาเอกสารอบรมทั้งสามส่วน มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ประเมินดัชนีความสอดคล้องโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า .05 ขึ้นไป จึงนำไปจัดอบรมเพื่อเผยแพร่ความรู้ เรื่องการพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็นซึ่งมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

วิธีดำเนินการ

1. เสนอโครงการเพื่ออนุมัติโครงการ
2. จัดเตรียมเอกสารที่ใช้ในการอบรมเชิงปฏิบัติการ
3. ประชาสัมพันธ์โครงการและประสานงานทางชุมชนเพื่อถ่ายทอดนวัตกรรม
4. ดำเนินการอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้ชุดอบรมทั้ง 3 ส่วน
5. จัดอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 1 ครั้ง ใช้เวลาในการอบรม 1 วัน
6. จัดกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการ โดยดำเนินการทดสอบความรู้ก่อนและหลังอบรม มีการบรรยายเกี่ยวกับเรื่องผ้าพิมพ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และบรรยายผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น การทำปฏิบัติการทำการพัฒนาผ้าพิมพ์สีจากธรรมชาติด้วยรังสีพลาสมา การอภิปรายผล ซักถาม และจัดทำแบบประเมินความพึงพอใจในการอบรม
7. สรุปการดำเนินงานและประเมินผลการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการการสร้างเครื่องมือวัดผลการอบรม

1. แบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังการจัดอบรม

1.1 ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบทดสอบความรู้ที่ดีรวมถึงศึกษาวัตถุประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา เพื่อพิจารณาแบบทดสอบรายข้อกับวัตถุประสงค์ให้ครอบคลุม ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก (Multiple Choice) จำนวน 20 ข้อ

1.2 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบความรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องแบบทดสอบรายข้อกับวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำผลการพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ .6 ขึ้นไป (ราตรี นันทสุคนธ์, 2554) ซึ่งการวิเคราะห์ผล ควรมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.66 – 1.00 ซึ่งถือได้ว่าแบบทดสอบมีคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ โดยผู้วิจัยเลือกข้อสอบไว้จำนวน 20 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบความรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบต่อไป โดยแบบทดสอบมีเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อหาค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญกำหนดเป็น 3 ระดับ ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

1.3 วิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบความรู้ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ หาค่าความยากง่าย (P) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (R) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545) โดยผู้วิจัยจะคัดเลือกข้อสอบที่ได้เกณฑ์ตามมาตรฐานไว้จำนวนทั้งหมด 20 ข้อ วิเคราะห์ค่าความยากง่าย

เมื่อ P = ความยากง่ายของแบบทดสอบ

R = จำนวนผู้อบรมที่ตอบข้อค าถามข้อนั้นถูกต้อง

N = จำนวนผู้อบรมทั้งหมด

โดยขอบเขตค่าของความยากง่ายและความหมายมีดังนี้

0.81-1.00 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

0.61-0.80 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย

0.41-0.60 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ

0.21-0.40 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก

0.00-0.20 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ยากมาก

วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก

เมื่อ R = ค่าอำนาจจำแนก

RU = จำนวนผู้ที่อยู่ในกลุ่มสูงที่ทำแบบทดสอบนั้น ๆ ถูก

RL = จำนวนผู้ที่อยู่ในกลุ่มต่างที่ทำแบบทดสอบนั้น ๆ ถูก

N = จำนวนผู้อบรมทั้งหมด

ซึ่งระดับของอำนาจจำแนกสำหรับแบบทดสอบมีดังนี้

R > .40 หมายถึง ดีมาก

R .30 - .39 หมายถึง ดี

R .20 - .29 หมายถึง พอใช้ได้

R < .19 หมายถึง ไม่ดี

ดังนั้นค่าอำนาจจำแนกที่ยอมรับได้คือตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

1.4 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบความรู้ไปใช้กับกลุ่มทดลองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ คำนวณโดยใช้ KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson Reliability) (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป โดยที่คุณภาพของแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยได้นั้น ควรมีค่าความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า .60 หรือ 60% ขึ้นไป (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545)

1.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแบบทดสอบ ความรู้ก่อนอบรม และหลังอบรม ด้วยค่าทางสถิติ t – test (dependent sample) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลระหว่างคะแนนแบบทดสอบความรู้ก่อนอบรมและหลังอบรม (ธีรศักดิ์ อุ่นอารมย์เลิศ, 2549)

3.4.10 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในงานวิจัยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Block Design, CBD) ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ศึกษาด้วย t – test (dependent sample) ที่ระดับระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาจากการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนความพึงพอใจในการอบรม ให้คะแนนด้วยวิธี Rating Scale สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ความถี่ และค่าเฉลี่ย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลของการพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากธรรมชาติร่วมกับการฉายพลาสมาเย็น

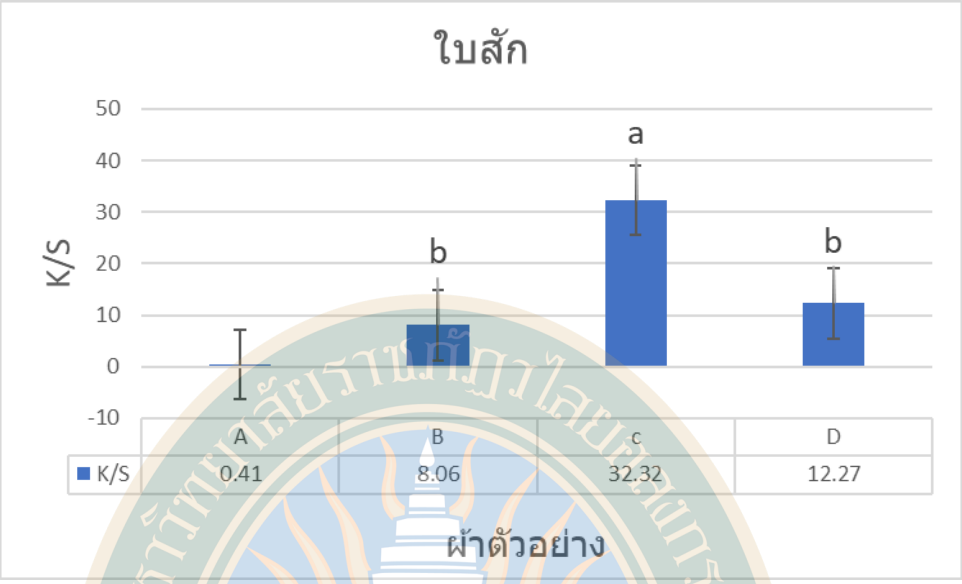
4.1.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์สีจากใบไม้ จากกระบวนการศึกษาวิธีการทำผ้าพิมพ์สีจากใบไม้และทำการฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์จำนวน 5 ชิ้น และผ้าฝ้ายไม่ฉายพลาสมา (Control) จำนวน 10 ชิ้น และผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นหลังพิมพ์ จำนวน 5 ชิ้น โดยเปรียบเทียบการฉายพลาสมาก่อนและหลัง จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติการติดสีของผ้าฝ้ายด้วยวิธีวัดค่าสีมาใช้ โดยเทคนิคสเป็คโทรโฟโตมิเตอร์ส (Spectrophotometers) เพื่อวัดค่าสีในระบบ L* a* b* และ วัดค่าความเข้มของสี (Color Strength; K/S) ดำเนินการวัดใบไม้แต่ละชนิด จำนวน 3 จุดบนใบไม้แต่ละผืน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละการทดลองของใบไม้แต่ละชนิด แสดงดังตารางผลที่ 1 – 4

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสัก

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*(ns)	b*(ns)	
ใบสัก	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	42.31 ± 0.9[b]	18.74 ± 1.00	12.54 ± 1.18	
	C	31.21 ± 5.47[c]	16.75 ± 2.34	13.27 ± 5.39	
	D	51.47 ± 1.14[b]	14.44 ± 2.72	16.76 ±10.71	

หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=20) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$

จากตารางที่ 1 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสักก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสักก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์มีค่าสี L* น้อยที่สุด (L*=31.21 ± 5.47) รองลงมาคือผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์ (L*=51.47 ± 1.14) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ฉายพลาสมาก่อนพิมพ์มีค่าสี L* มากกว่า ฉายพลาสมาหลังพิมพ์ (L*=51.47 ± 1.14) ค่าสี a* และค่าสี b* ไม่มีความตากต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$



หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์

ภาพที่ 15 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสัก

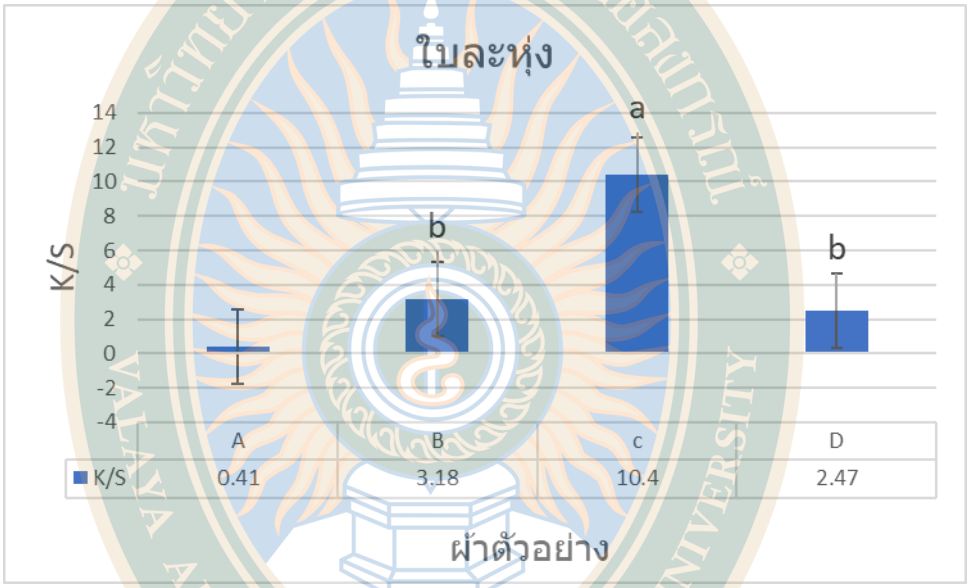
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนพิมพ์จะให้ค่าการติดสีดีผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์ที่ค่า K/S= 32.32± 5.78 และ 8.06±0.50 ตามลำดับและเมื่อเทียบกับ ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย ลักษณะปรากฏพบว่า ผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์และผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์ มีผลการติดสีที่ดีกว่าผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบละหุ่ง

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*(ns)	
ใบละหุ่ง	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	69.63 ± 0.64 [b]	0.33 ± 0.10 [a]	31.66 ± 0.65	
	C	75.23 ± 2.54 [a]	-1.00 ± 0.13[b]	34.62 ± 5.73	
	D	72.63 ± 1.72[ab]	0.46 ± 0.29 [a]	27.92± 2.96	

หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=20) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$

จากตารางที่ 2 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบละหุ่งก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบละหุ่งก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์มีค่าสี ฉายก่อนพิมพ์ (L*=75.23 ± 2.54) ฉายหลังพิมพ์มีค่าสี (L*=72.63 ± 1.72) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์และหลังการพิมพ์ไม่มีความแตกต่างกันมีค่าสี a* ฉายหลังการพิมพ์มีค่าสีมากกว่า (a*=0.46 ± 0.29) ฉายก่อนการพิมพ์มีค่าสี (a*= -1.00 ± 0.13) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์และหลังการพิมพ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสี b* ไม่มีความตากต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05*



หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์

ภาพที่ 16 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบละหุ่ง

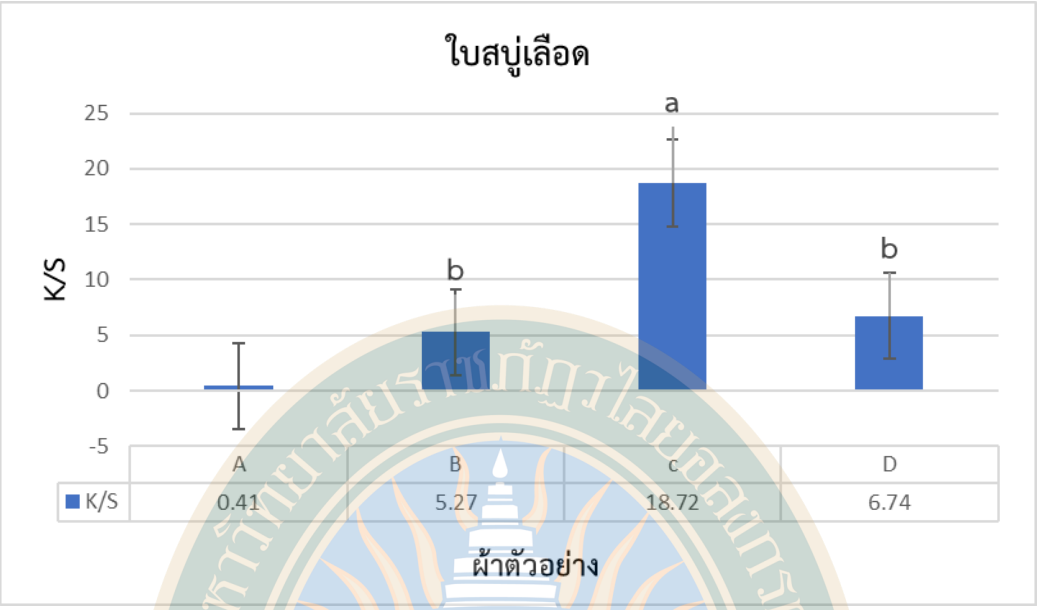
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนพิมพ์จะให้ค่าการติดสีดีที่สุด (K/S= 10.4 ± 1.43) และผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์จะให้ค่าการติดสีต่ำ (K/S = 2.47 ± 0.39) และเมื่อเทียบกับ ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย ลักษณะปรากฏพบว่า ผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์ มีผลการติดสีที่ดีกว่าผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสบู่เลือด

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*(ns)	
ใบสบู่เลือด	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	72.73 ± 0.60 [a]	-0.83 ± 0.05[a]	40.59 ± 0.71	
	C	54.31 ± 0.05 [b]	-2.38 ± 0.82[b]	43.07 ± 2.68	
	D	69.43 ± 6.53 [a]	-1.71 ± 0.42[ab]	38.70 ± 5.20	

หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=20) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05*

จากตารางที่ 3 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสบู่เลือดก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสบู่เลือดก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์มีค่า ฉายก่อนพิมพ์ (L*=69.43 ± 6.53) ฉายก่อนพิมพ์มีค่าสี (L*=54.31 ± 0.05) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์และหลังการพิมพ์มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับ Control พบว่า ฉายหลังพิมพ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกับฉายหลังพิมพ์ มีค่า a* ฉายพลาสมาก่อนและหลังการพิมพ์ไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าการฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์ (a*=-2.38 ± 0.82) การฉายพลาสมาหลังการพิมพ์มีค่าสี (a*= -1.71 ± 0.42) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์และหลังการพิมพ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสี b* ไม่มีความตากต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05*



หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์

ภาพที่ 17 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบสบู่เลือด

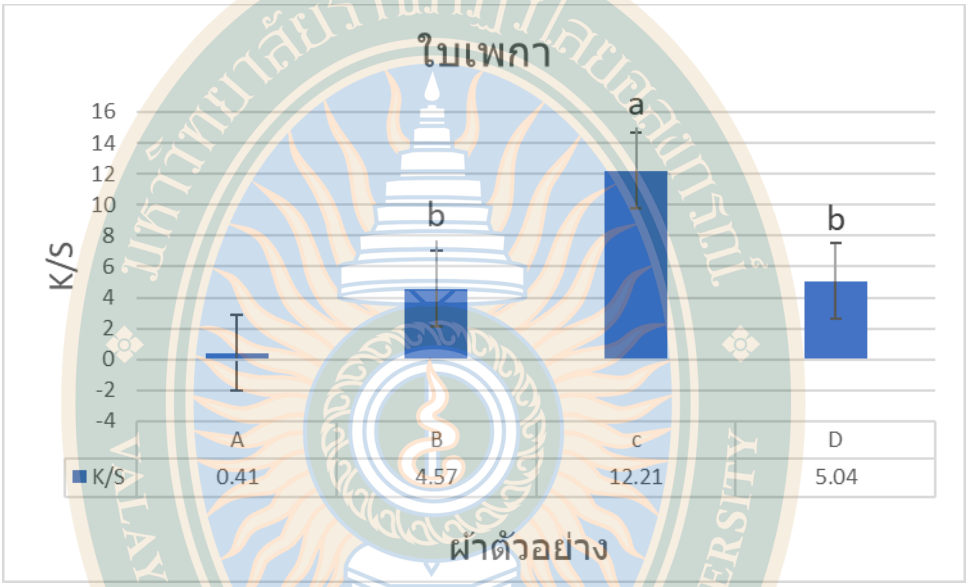
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนพิมพ์จะให้ค่าการติดสีดีที่สุด (K/S= 18.72 ± 0.07) และผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์จะให้ค่าการติดสีต่ำ (K/S = 6.74 ± 3.57) และเมื่อเทียบกับ ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย ลักษณะปรากฏพบว่า ผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์ มีผลการติดสีที่ดีกว่าผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบเพกา

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*(ns)	b*(ns)	
ใบเพกา	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	70.49 ± 0.72 [a]	4.57 ± 0.66	32.26 ± 0.90	
	C	61.58 ± 1.28 [b]	5.71 ± 1.81	40.40 ± 3.39	
	D	71.27 ± 5.27 [a]	3.95 ± 1.77	35.44 ± 5.89	

หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=20) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$

จากตารางที่ 4 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบเพกาก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสักก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น โดยในลักษณะค่า L* พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์มีค่าสี L* มากที่สุด (L*=71.27 ± 5.27) รองลงมาคือผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์ (L*= 61.58 ± 1.28) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ฉายพลาสมาหลังการพิมพ์มีค่าสี L* มากกว่า ฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสี a* และค่าสี b* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$



หมายเหตุ A = ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=ผ้าฉายก่อนพิมพ์, D =ผ้าฉายหลังพิมพ์

ภาพที่ 18 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์บนผ้าสีจากใบเพกา

ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนพิมพ์จะให้ค่าการติดสีดีที่สุด (K/S= 12.21 ± 2.51) และผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นหลังการพิมพ์จะให้ค่าการติดสีต่ำ (K/S = 5.04 ± 2.42) และเมื่อเทียบกับ ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย ลักษณะปรากฏพบว่า ผ้าที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์ มีผลการติดสีที่ดีกว่าผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา

ดังนั้นจากการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์สีจากใบไม้พบว่า การฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์ผ้าลายใบไม้จะช่วยให้สีของใบไม้ที่ใช้ในการทดลอง เช่น ใบสัก ใบเพกา ใบละหุ่ง ใบสบู่เลือด มีความเข้มของสีที่ดีที่สุด และค่าความสว่างที่น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการฉายพลาสมาหลังจากการพิมพ์และผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างดังนั้นจึงเลือกเอาวิธีการทดลองการฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์เพื่อนำไปทดลองขั้นตอนต่อไป และรูปตัวอย่างการทดลอง แสดงดังภาพที่ 19

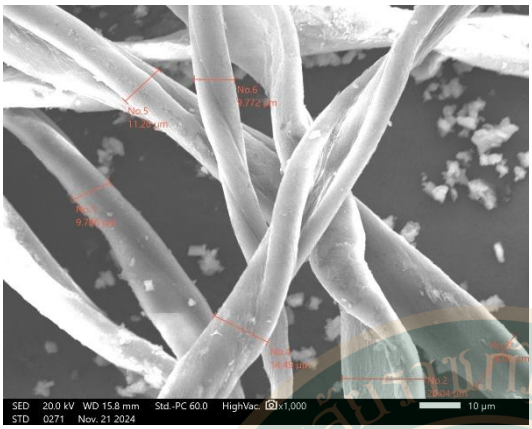


ผ้าฝ้าย ผ้าไม่ฉายพลาสมา ฉายก่อนการพิมพ์ ฉายหลังการพิมพ์

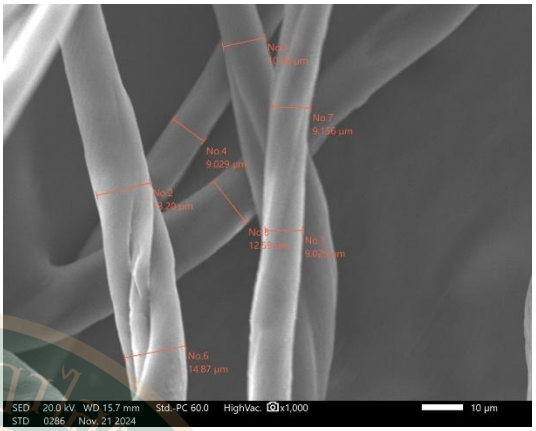
ภาพที่ 19 ผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาเย็น

4.1.2 ศึกษาโครงสร้างบนชั้นผิวของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น

จากการทดลองพบว่าภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้าย Original มีพื้นผิวที่เรียบ มีการบิดเล็กน้อย มีรูปร่างกลม ดังแสดงในภาพ 19 A สำหรับเส้นใยฝ้ายที่ไม่ฉายพลาสมา ลักษณะเส้นใยจะแบนและมีคลื่นเล็กน้อย ลักษณะเส้นใยจะแบนแตก และมีรอยบิดเกลียวเล็กน้อย ดังแสดงดังภาพที่ 19 B เส้นใยฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์ พบว่า ลักษณะเส้นใยมีผิวที่ขรุขระ เส้นใยแบนและแตก ดังแสดงดังภาพที่ 19 C และเส้นใยฝ้ายฉายพลาสมาหลังการพิมพ์ พบว่าจะมีพื้นผิวแบน มีการเพิ่มพื้นผิวการยึดเกาะของสี มีรอยแตกของเส้นใย และมีผิวขรุขระ ดังแสดงให้เห็นดังภาพที่ 19 D เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า เส้นใยฝ้ายที่ฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์จะทำให้เส้นใยจะมีการแตกของพื้นผิว มีลักษณะแบนและมีการจับเกาะของเม็ดสีที่ติดอยู่กับเส้นใย



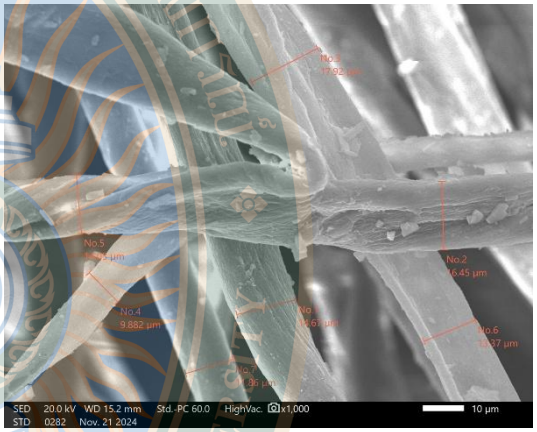
(A) เส้นใยฝ้าย Original



(B) เส้นใยฝ้ายที่ไม่ฉายพลาสมา



(C) เส้นใยฝ้ายฉายพลาสมาก่อนพิมพ์



(D) เส้นใยฝ้ายฉายพลาสมาหลังพิมพ์

ภาพที่ 20 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM micrographs กำลังขยาย 1000 เท่า ของเส้นใยฝ้าย

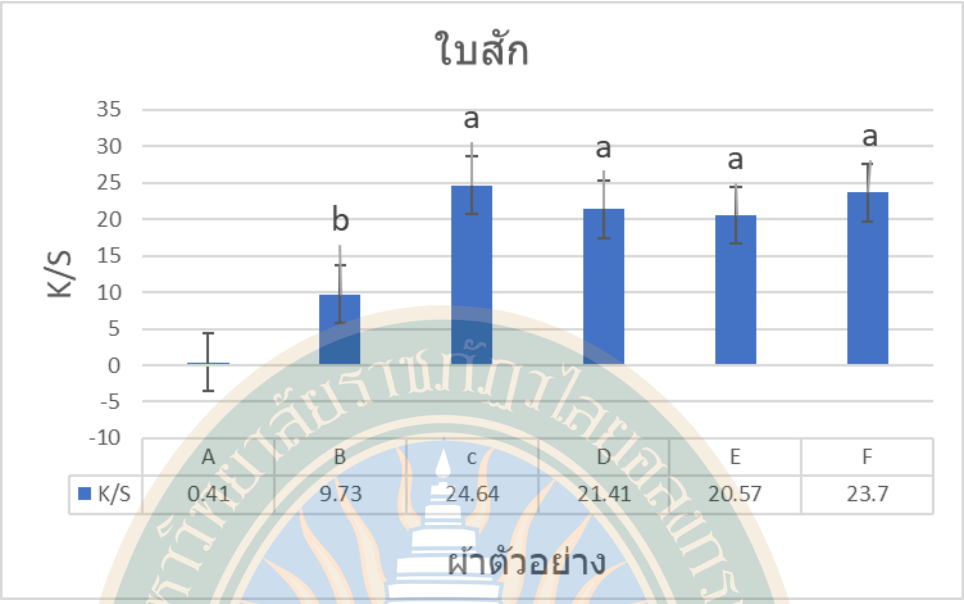
4.1.3 การศึกษาการทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ ผลการทดลองโดยเปรียบเทียบการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ดีที่สุดที่จะฉายลงบนผ้าที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าสูง 0 V, 500 V, 1000 V, 1500 V, 2000 V แสดงดังตารางผลที่ 5 – 8

ตารางที่ 5 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสัก

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*	
ใบสัก	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	35.13 ± 0.00[c]	18.33±0.00 [a]	12.54±0.00[b]	
	C	54.48 ± 6.75[a]	8.49±2.01 [b]	33.10±5.71[a]	
	D	55.02 ± 8.41[a]	6.03±5.64 [b]	32.05±7.25[a]	
	E	54.74 ± 4.01[a]	6.50±3.91 [b]	31.21±7.03[a]	
	F	46.39 ± 4.20[b]	11.29±5.22 [b]	29.92±8.52[a]	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V. ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05*

จากตารางที่ 5 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสักที่ความความต่างศักย์ไฟฟ้าในการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสัก โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 1000 v. มีค่าความสว่างมากที่สุด (L*=55.02 ± 8.41) รองลงมา คือการฉายพลาสมา 1500 V. (L*=54.74 ± 4.01), 500 V. (L*=54.48 ± 6.75), 2,000 V. (L*=46.39 ± 4.20) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า ประสิทธิภาพของการติดสี 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2000 V ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ *p>.05* สีที่ฉายพลาสมาเย็นมีค่าความเข้มที่เท่ากัน เมื่อพิจารณาค่าสี a* พลาสมาเย็นหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05* และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p≤.05* เมื่อพิจารณาค่า b* ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05*



หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V.

ภาพที่ 21 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสัก

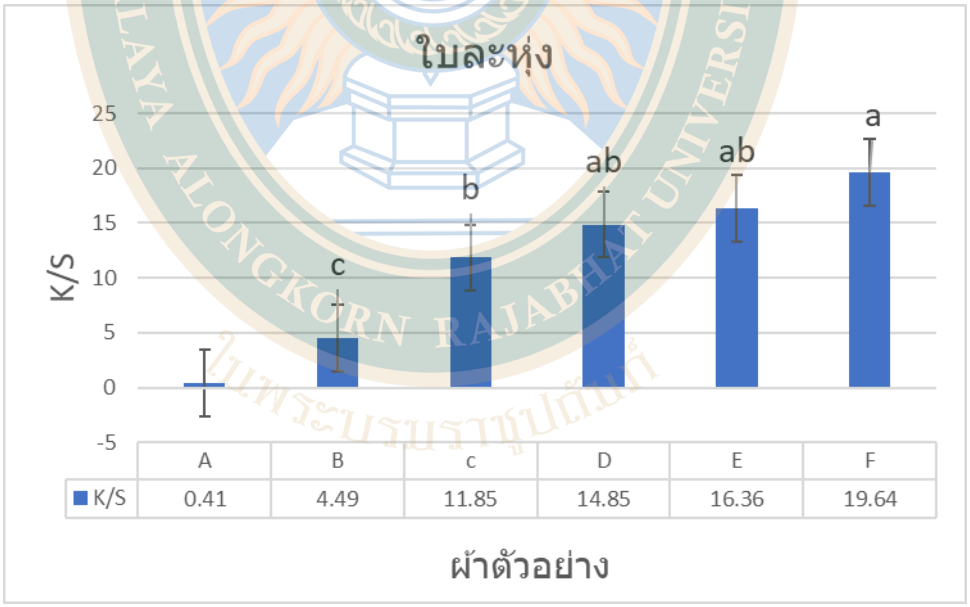
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นความต่างศักย์ไฟฟ้าจะให้ค่าการติดสีดีที่สุด 500 V. (K/S= 24.64±6.58) รองลงมาคือ 2,000 v. (K/S =23.70±4.03), 1,000 v. (K/S =21.41±2.65), 1,500 V. (K/S = 20.57±2.59) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p\leq.05$

ตารางที่ 6 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบละหุ่ง

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*(ns)	a*	b*	
ใบละหุ่ง	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	73.16±0.00	-0.89±0.00^{b}	43.51±0.00^{a}	
	C	66.56±6.07	0.39±1.28^{ab}	35.37±5.10^{c}	
	D	65.35±7.89	1.09±2.06^{a}	30.06±4.59^{d}	
	E	68.46±6.12	-0.59±0.90^{b}	38.45±1.95^{bc}	
	F	65.66±5.24	0.10±0.42^{ab}	41.56±2.71^{ab}	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V.
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$

จากตารางที่ 6 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบละหุ่งที่ความความต่างศักย์ไฟฟ้าในการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบละหุ่ง โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 1500 V. มีค่าความสว่างมากที่สุด (L*=68.46±6.12) รองลงมา คือการฉายพลาสมา 500 v. (L*=66.56±6.07), 2000 V. (L*=65.66±5.24), 1,000 V. (L*=65.35±7.89) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า ค่าความสว่าง Control , 500 V, 1,000 V, 1,500 V ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p>.05$ และมีค่าสี a* การฉายพลาสมาเย็นความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามาก 1000 V. (a*=1.09±2.06), รองลงมาคือ 2000 V. (a*=0.10±0.42), 500 V. (a*=0.39±1.28), 1,500 V. (a*=-0.59±0.90) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า 500 V, 1000 V, 2000 V มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ และค่าสี b* การฉายพลาสมาเย็นความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามาก 2000 V. (b*=41.56±2.71) รองลงมาคือ 1500 V. (b*=38.45±1.95), 500 V. (b*=35.37±5.10), 1,000 V. (b*=30.06±4.59) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า 500 V, 1000 V, 1500 V มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ และ Control กับ 2000 V. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$



หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V.

ภาพที่ 22 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบละหุ่ง

ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะให้ค่าการติดสีดีที่สุด 2000 V. (K/S=19.64±7.89) รองลงมาคือ 1,500 V. (K/S =16.36±1.60), 1,000 V. (K/S =14.85±2.03), 500 V. (K/S =11.85±2.03) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p\leq.05$

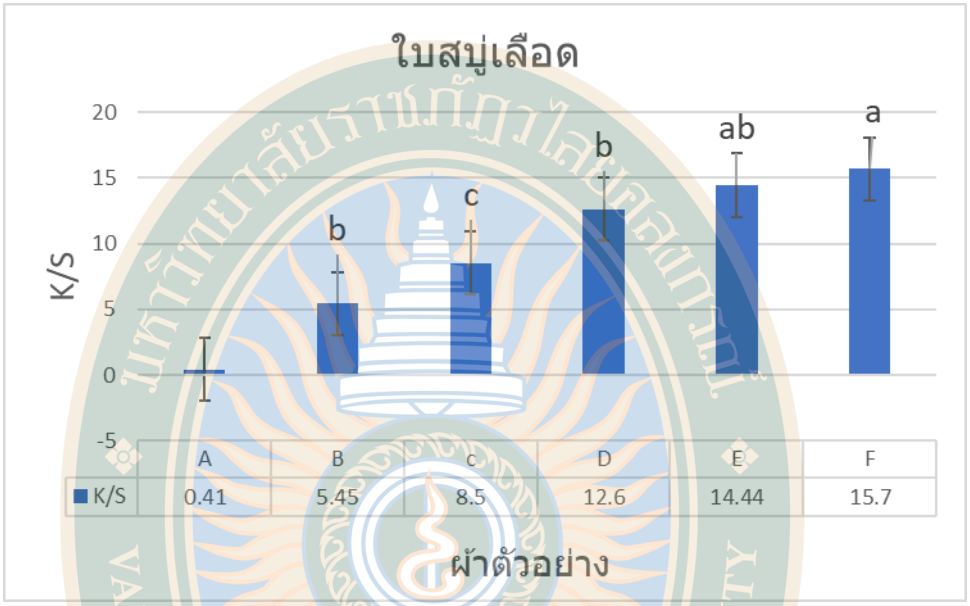
ตารางที่ 7 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสบู่เลือด

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*(ns)	a*(ns)	b*	
ใบสบู่เลือด	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	68.66±0.00	-3.55±0.00	33.61±0.00^{b}	
	C	68.48±6.29	-4.36±1.73	38.58±1.00^{a}	
	D	64.52±8.64	-4.33±3.32	34.50±3.71^{b}	
	E	66.11±9.17	-3.64±2.16	35.93±1.07^{ab}	
	F	69.63±7.04	-3.32±3.03	36.95±4.25^{ab}	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V. ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$

จากตารางที่ 7 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสบู่เลือดที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าในการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสบู่เลือด โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 2000 V. มีค่าความสว่างมากที่สุด (L*=69.63±7.04) รองลงมา คือการฉายพลาสมา 500 v. (L*=68.48±6.29), 1500 V. (L*=66.11±9.17), 1,000 V. (L*=64.52±8.64) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่าค่าความสว่าง Control , 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2000 V ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p>.05$ และมีค่าสี a* การฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกันมีค่ามาก 2000 V. (a*=-3.32±3.03), รองลงมาคือ 1500 V. (a*=-3.64±2.16), 1000 V. (a*=-4.33±3.32), 500 V. (a*=-4.36±1.73) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า 500 V, 1000 V, 2000 V ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และค่าสี b* การฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามาก 500 V. (b*=41.56±2.71) รองลงมาคือ 2000 V. (b*=36.95±4.25), 1500 V. (b*=35.93±1.07), 1,000 V. (b*=34.50±3.71) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ค่าความต่างศักย์

ไฟฟ้าที่ 500 V, แตกต่างกับ 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3.4.6 การพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากธรรมชาติร่วมกับการฉายพลาสมาเย็น และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า 500 V. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$ และ Control กับ 1000 V. 1500 V. 2000 V. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p > .05$



หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V.

ภาพที่ 23 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบสบู่เลือด

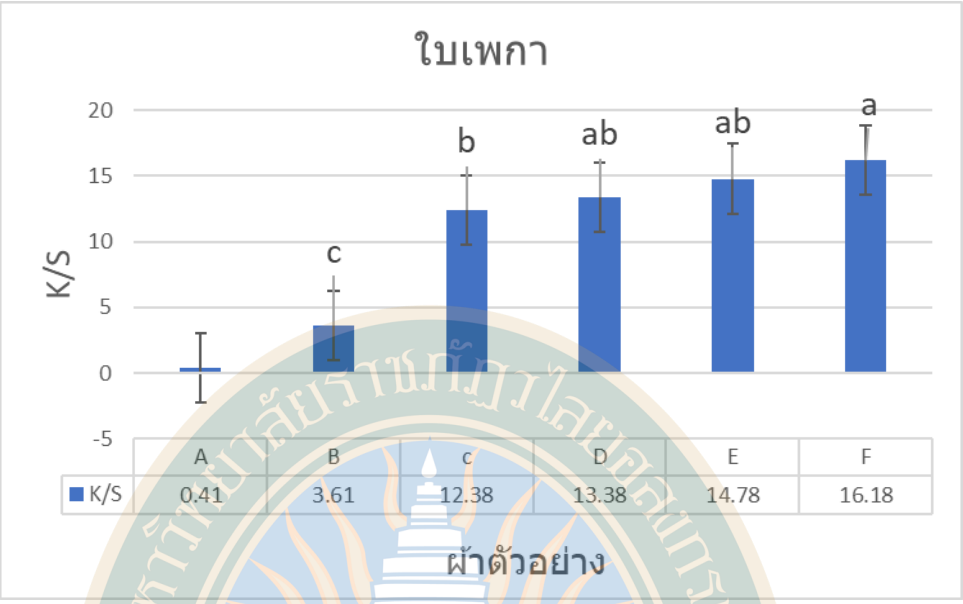
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะให้ค่าการติดสีดีที่สุด 2000 V. (K/S=15.70±2.06) รองลงมาคือ 1,500 V. (K/S =14.44±1.63), 1,000 V. (K/S =12.60±2.74), 500 V. (K/S =8.50±0.74) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$

ตารางที่ 8 การทดสอบเปรียบเทียบการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบเพกา

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*	
ใบเพกา	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	75.37±0.00[a]	0.13±0.00[b]	33.41±0.00[c]	
	C	62.96±5.99[b]	6.12±1.69[a]	40.85±2.55[b]	
	D	63.06±5.47[b]	5.72±1.60[a]	44.41±1.36[a]	
	E	61.66±5.78[b]	6.18±1.81[a]	41.23±2.71[b]	
	F	65.67±5.61[b]	5.75±2.62[a]	42.20±2.66[ab]	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V.
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05*

จากตารางที่ 8 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบเพกาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าในการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบเพกา โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 2000 v. มีค่าความสว่างมากที่สุด (L*=65.67±5.61) รองลงมา คือการฉายพลาสมา 1000 V. (L*=63.06±5.47), 500 V. (L*=62.96±5.99), 1500 V. (L*=61.66±5.78) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า ค่าความสว่าง 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2000 V ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ *p>.05* และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกับ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2000 V อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05* และมีค่าสี a* การฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามาก 1500 V. (a*=6.18±1.81), รองลงมาคือ 1000 V. (a*=63.06±5.47), 500 V. (a*=62.96±5.99), 1,500 V. (a*=61.66±5.78) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05* และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05* และค่าสี b* การฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามาก 1500 V. (b*=6.18±1.81) รองลงมาคือ 500 V. (b*=6.12±1.69), 2000 V. (b*=5.75±2.62), 1,000 V. (b*=5.72±1.60) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05* และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05*



หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V.

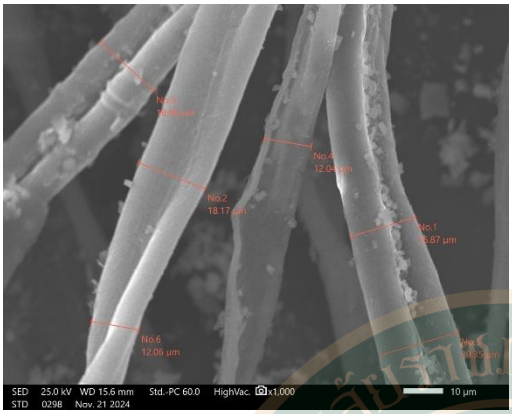
ภาพที่ 24 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกันบนผ้าพิมพ์ใบเพกา

ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$

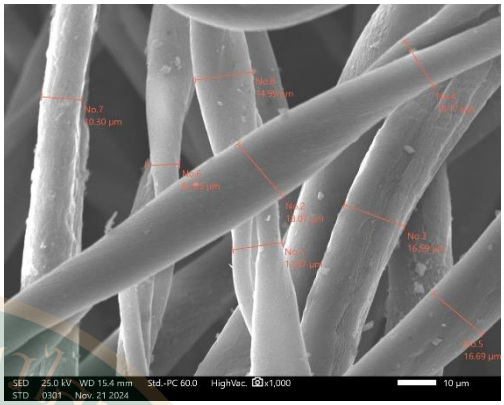
ดังนั้น จากการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นที่ความความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน พบว่าการฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ที่ 1000 V จะช่วยให้สีของใบไม้ที่ใช้ในการทดลอง เช่น ใบสัก ใบเพกา ใบละหุ่ง ใบสบู่เลือด มีความเข้มของสีที่ดี มีค่าความเป็นสีเขียวสีแดงของใบไม้ที่เข้ม ความเป็นสีเขียวน้ำเงินของใบไม้ เมื่อเปรียบเทียบกับการฉายพลาสมาเย็น ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 1000 V และผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างดังนั้นจึงเลือกเอาวิธีการทดลองการฉายพลาสมาความต่างศักย์ที่ 1000 V เพื่อนำไปทดลองขั้นตอนต่อไป

4.1.4 ศึกษาโครงสร้างบนชั้นผิวของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็นที่ความความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน

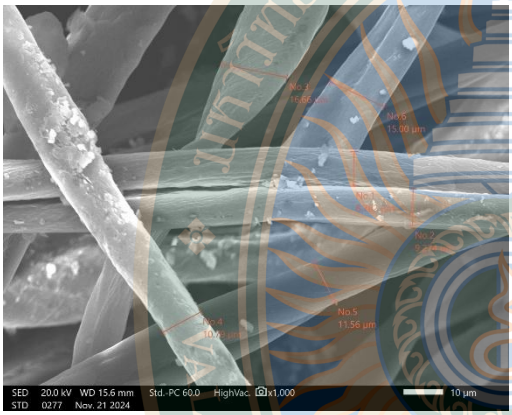
จากการทดลอง พบว่า ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 500, 1000, 1500, 2000 V จะเห็นได้ว่า ผ้าฝ้ายฉายพลาสมาลักษณะเส้นใยเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า พื้นผิวของเส้นใยทุกตัวอย่างจะมีรอยขรุขระ และเส้นใยจะแบน นั่นแสดงว่าเส้นใยมีการเพิ่มพื้นผิวการยึดเกาะของสี แสดงในภาพที่ 25 A-D



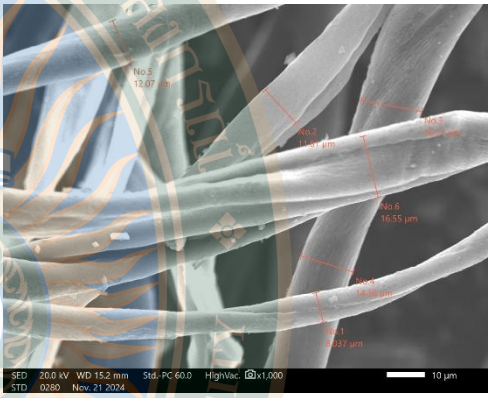
(A) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 500 V



(B) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 1000 V



(C) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 1500 V



(D) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 2000 V

ภาพที่ 25 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM micrographs กำลังขยาย 1000 เท่า ของเส้นผ้าฝ้ายฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกัน



ผ้าขาว 500 โวลต์ 1000 โวลต์ 1500 โวลต์ 2000 โวลต์

ภาพที่ 26 ผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบไม้ฉายพลาสมาเย็นที่ความความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน

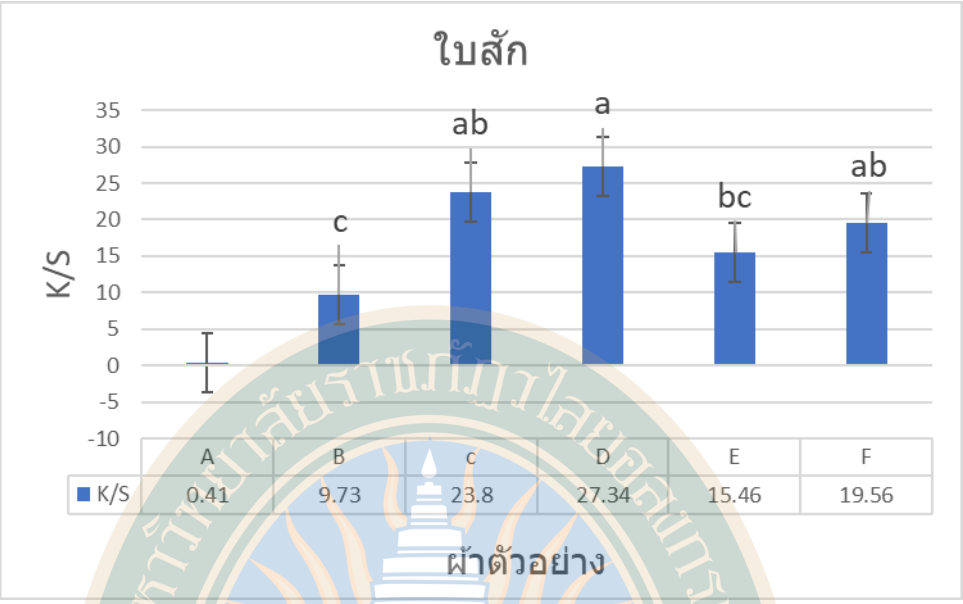
4.1.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นที่แตกต่างกันของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ เวลาที่ใช้ในการทดลอง 0, 2, 4, 6, 8 วินาที แสดงดังตารางผลที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นต่างกันบนผ้าพิมพ์ลายใบสัก

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*(ns)	
ใบสัก	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	35.13 ± 0.00[a]	18.33 ± 0.00[a]	12.54 ± 0.00	
	C	35.11 ± 6.56[a]	12.05 ± 6.17[b]	18.12 ± 1.07	
	D	26.98 ± 6.15[b]	16.93 ± 2.12[a]	13.56 ± 9.35	
	E	37.30 ± 2.47[a]	14.28 ± 1.81[ab]	9.74 ± 5.04	
	F	32.28 ± 4.84[ab]	15.23 ± 2.51[ab]	9.22 ± 4.91	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05*

จากตารางที่ 9 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสักหาระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นที่ต่างกัน ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสัก โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 6 วินาที มีค่าความสว่างมากที่สุด (L*=37.30 ± 2.47) รองลงมา คือการฉายพลาสมา 2 วินาที (L*=35.11 ± 6.56), 8 วินาที (L*=32.28 ± 4.84), 4 วินาที (L*=26.98 ± 6.15) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า ค่าความสว่าง 2, 6, 8 วินาทีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และ 4 วินาที แตกต่างกับ 2, 6 วินาที และเปรียบเทียบกับ Control พบว่าไม่มีความแตกต่างกับ 2, 6, 8 วินาที แต่แตกต่างกับ 4, 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าสี a* การฉายพลาสมาเย็น 4 วินาที มีค่า (16.93 ± 2.12), 8 วินาทีมีค่า (15.23 ± 2.51) 6 วินาที มีค่า (14.28 ± 1.81) 2 วินาที มีค่า(12.05 ± 6.17) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นฉายที่ระยะเวลา 4, 6, 8 วินาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05* และฉายพลาสมาที่เวลา 2 วินาที แตกต่างกันกับ 6, 8 วินาที และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05* และค่าสี b* การฉายพลาสมาเย็น 2 วินาที มีค่า (18.12 ± 1.07) 4 วินาที มีค่า(13.56 ± 9.35) 6 วินาที มีค่า(9.74 ± 5.04) 8 วินาที มีค่า (9.22 ± 4.91) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาระเวลาการฉายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05*



หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที

ภาพที่ 27 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบสัก

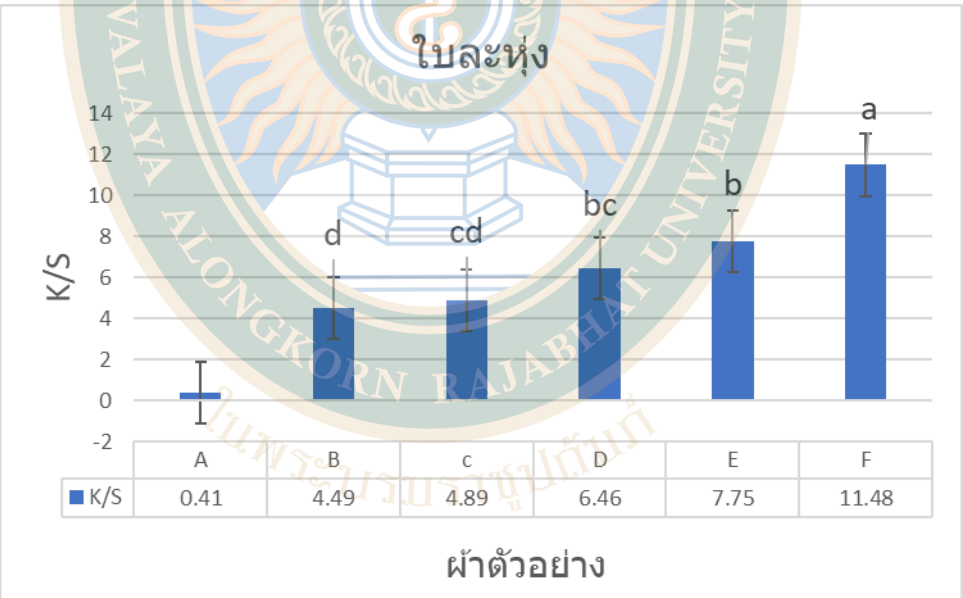
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นลงบนผ้าจะให้ค่าการติดสีดีที่สุด 4 วินาที (K/S= 27.34 ± 6.26) รองลงมาคือ 2 วินาที (K/S =23.80 ± 7.49), 8 วินาที (K/S =19.56 ± 8.78), 6 วินาที (K/S = 15.46 ± 8.77) เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่ฉายลงบนผ้า 2, 4, 6, 8 วินาที มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control ($p \leq .05$)

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นบนผ้าพิมพ์ลายใบละหุ่ง

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*	
ใบละหุ่ง	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	73.16 ± 0.00^{a}	-0.89 ± 0.00^{d}	43.51 ± 0.00a	
	C	64.93 ± 1.45^{b}	0.97 ± 0.34^{c}	29.91 ± 3.09^{c}	
	D	63.48 ± 4.90^{b}	1.80 ± 0.61^{b}	34.24 ± 4.88^{bc}	
	E	61.07 ± 2.38^{bc}	2.16 ± 0.29^{b}	36.26 ± 4.21^{b}	
	F	57.44 ± 3.43^{c}	2.98 ± 0.58^{a}	38.51 ± 3.95^{b}	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$

จากตารางที่ 10 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบละหุ่งที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นต่างกัน ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบละหุ่ง โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 2 วินาที มีค่าความสว่างมากที่สุด มีค่า (64.93 ± 1.45) 4 วินาที มีค่า (63.48 ± 4.90) 6 วินาที มีค่า (61.07 ± 2.38) 8 วินาที มีค่า (57.44 ± 3.43) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า ค่าความสว่าง 2, 4, 6 วินาทีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p>.05$ และ 8 วินาที แตกต่างกับ 2, 4 วินาที และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกับ 2, 4, 6, 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ ค่าสี a* การฉายพลาสมาเย็นความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามาก 8 วินาที มีค่า (2.98 ± 0.58) 6 วินาที มีค่า (2.16 ± 0.29) 4 วินาที มีค่า (1.80 ± 0.61) 2 วินาที มีค่า (0.97 ± 0.34) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นฉายที่ระยะเวลา 8 วินาที ความแตกต่าง กับ 4, 6 วินาที และ 2 วินาที แตกต่างกับ 4, 6, 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ และค่าสี b* การฉายพลาสมาเย็นความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามาก 8 วินาที มีค่า (38.51 ± 3.95) 6 วินาที มีค่า (36.26 ± 4.21) 4 วินาที มีค่า (34.24 ± 4.88) 2 วินาที มีค่า (29.91 ± 3.09) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่าการฉานระยะเวลาที่ 2 วินาที แตกต่างกับ 4, 6, 8 วินาที และ การฉาย 4, 6, 8 วินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$



หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที

ภาพที่ 28 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบละหุ่ง

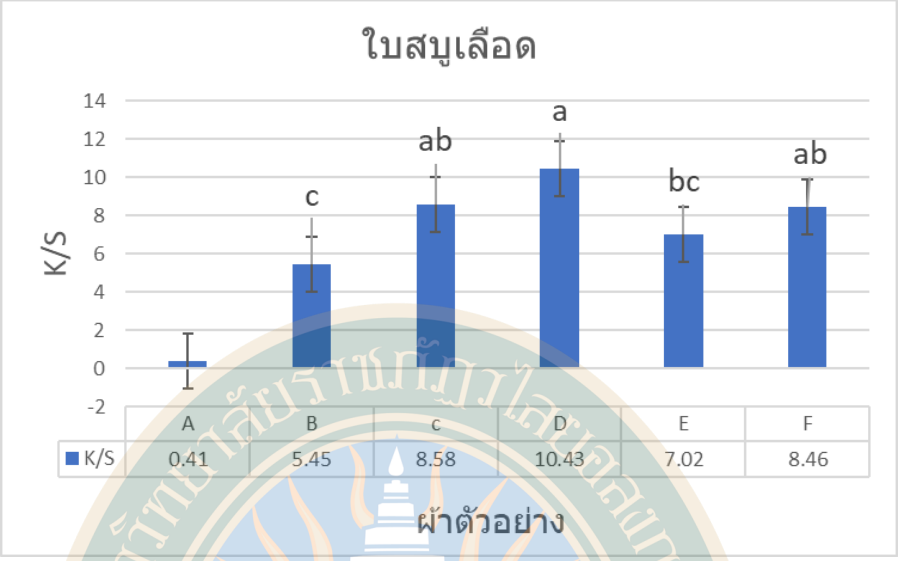
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นต่างกันลงบนผ้าจะให้ค่าการติดสีดีที่สุด 8 วินาที มีค่า (11.48 ± 2.30) 6 วินาที มีค่า (7.75 ± 0.91) 4 วินาที มีค่า (6.46 ± 1.80) 2 วินาที มีค่า (4.89 ± 0.86) เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าระยะเวลาที่ฉายลงบนผ้า 8 วินาที มีความแตกต่างกับ 2, 4, 6 วินาที และการฉาย 6 วินาที แตกต่างกับ 2, 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$

ตารางที่ 11 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นบนผ้าพิมพ์ลายใบสบู่เลือด

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*	
ใบสบู่เลือด	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	68.66 ± 0.00^{a}	-3.55 ± 0.00^{b}	33.61 ± 0.00^{ab}	
	C	55.66 ± 3.40^{b}	-1.80 ± 1.27^{b}	29.24 ± 2.28^{b}	
	D	56.31 ± 6.0^{7b}	0.08 ± 1.15^{a}	34.48 ± 4.45^{ab}	
	E	62.99 ± 6.27^{ab}	0.93 ± 1.48^{a}	35.34 ± 5.09^{a}	
	F	61.70 ± 7.06^{ab}	0.13 ± 1.95^{a}	36.50 ± 5.51^{a}	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$

จากตารางที่ 11 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสบู่เลือดหาระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสบู่เลือด โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 6 วินาที มีค่าความสว่างมากที่สุด (62.99 ± 6.27) 8 วินาที มีค่า (61.70 ± 7.06) 4 วินาที มีค่า (56.31 ± 6.0) 2 วินาที มีค่า (55.66 ± 3.40) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า ค่าความสว่าง 6, 8, วินาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<.05$ และ 2, 4 วินาที แตกต่างกับ 6, 8 วินาที และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกับ 2, 4, 6, 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ ค่าสี a* การฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลามีค่ามาก 6 วินาที มีค่า (0.93 ± 1.48) 8 วินาที มีค่า (0.13 ± 1.95) 4 วินาที มีค่า (0.08 ± 1.15) 2 วินาที มีค่า (-1.80 ± 1.27) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นฉายที่ระยะเวลา 2 วินาที ความแตกต่าง กับ 4, 6, 8 วินาที และ 4, 6, 8 วินาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกัน 2, 4, 6 วินาที และไม่แตกต่างกับ 2 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ ค่าสี b* การฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลา 8 วินาที มีค่า (36.50 ± 5.51) 6 วินาที มีค่า (35.34 ± 5.09) 4 วินาที มีค่า (34.48 ± 4.45) 2 วินาที มีค่า (29.24 ± 2.28) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่าการฉายระยะเวลาที่ 4, 6, 8 วินาที แตกต่างกับ 2 วินาที และ การฉาย 4, 6, 8 วินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$



หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที

ภาพที่ 29 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบสบู่เลือด

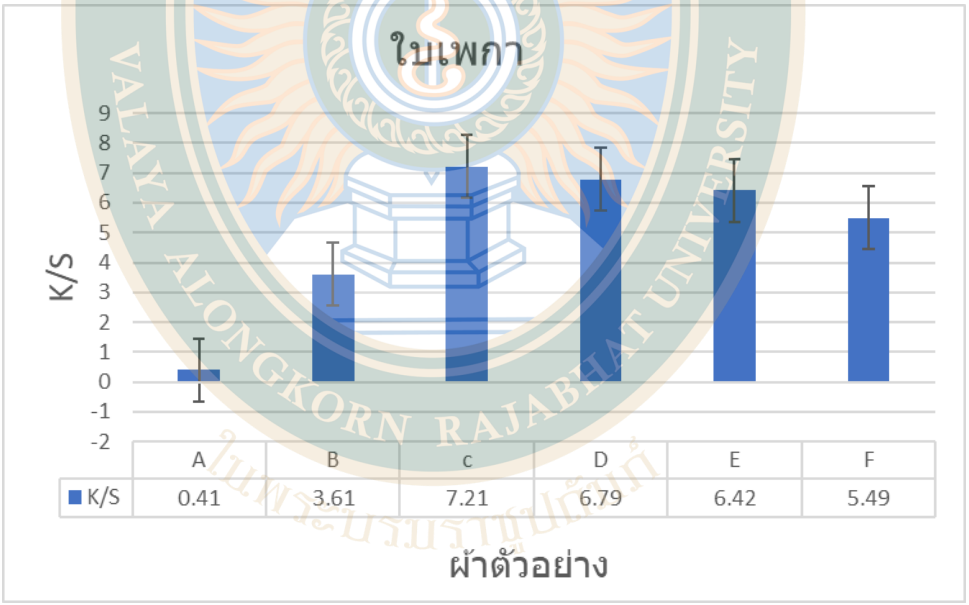
ค่าการติดสี (K/S) พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นลงบนผ้าจะให้ค่าการติดสีดีที่สุด 4 วินาที มีค่า (10.43 ± 2.37) 2 วินาที มีค่า(8.58 ± 1.05) 8 วินาที มีค่า (8.46 ± 2.08) 6 วินาที มีค่า (7.02 ± 2.02) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าระยะเวลาที่ฉายลงบนผ้า 6 วินาที มีความแตกต่างกับ 6 วินาที และการฉาย 2, 4, 8 วินาที แตกต่างกับ 6 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq .05$

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นบนผ้าพิมพ์ลายใบเพกา

ใบไม้ที่ใช้	ค่าสี				ลักษณะปรากฏ
	ผ้าตัวอย่าง	L*	a*	b*(ns)	
ใบเพกา	A	83.14 ± 0.54	1.08 ± 0.01	12.92 ± 0.51	
	B	75.37 ± 0.00[a]	0.13 ± 0.00[b]	33.41 ± 0.00	
	C	66.05 ± 7.17[b]	2.66 ± 0.95[a]	32.05 ± 5.13	
	D	66.02 ± 4.58[b]	2.98 ± 0.94[a]	33.19 ± 2.99	
	E	66.34 ± 4.73[b]	2.70 ± 0.79[a]	32.37 ± 4.15	
	F	68.29 ± 4.47[b]	2.29 ± 1.10[a]	31.66 ± 0.36	

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที
ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) ตัวอักษร a, b, c, d ที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$

จากตารางที่ 12 ผลการวัดค่าการติดสีผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสักหาระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็น ด้วยระบบซีไออีแลป (CIE L* a* b*) ผลวัดค่าการติดสีของผ้าที่พิมพ์ลวดลายใบสัก โดยในลักษณะค่าสี L* พบว่า การฉายพลาสมา 8 วินาที มีค่าความสว่างมากที่สุด มีค่า (68.29 ± 4.47) 6 วินาที มีค่า (66.34 ± 4.73) 2 วินาที มีค่า (66.05 ± 7.17) 4 วินาที มีค่า (66.02 ± 4.58) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า ค่าความสว่าง 2, 4, 6, 8 วินาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกับ 2, 4, 6, 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ ค่าสี a* การฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาการฉายพลาสมา 4 วินาที มีค่า (2.98 ± 0.94) 6 วินาที มีค่า (2.70 ± 0.79) 2 วินาที มีค่า (2.66 ± 0.95) 8 วินาที มีค่า (2.29 ± 1.10) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นฉายที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 วินาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า มีความแตกต่างกับ2, 4, 6, 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ และค่าสี b* การฉายพลาสมาเย็น 4 วินาที มีค่า (31.66 ± 0.36) 6 วินาที มีค่า (32.37 ± 4.15) 2 วินาที มีค่า(32.05 ± 5.13) 8 วินาที มีค่า (31.66 ± 0.36) ตามลำดับ เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาระเวลาการฉายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$



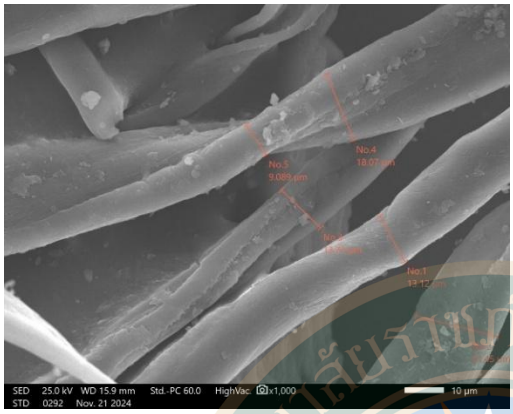
หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=2 วินาที, D=4 วินาที, E=6 วินาที, F=8 วินาที

ภาพที่ 30 ค่าการติดสี (K/S) โดยการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ใบเพกา

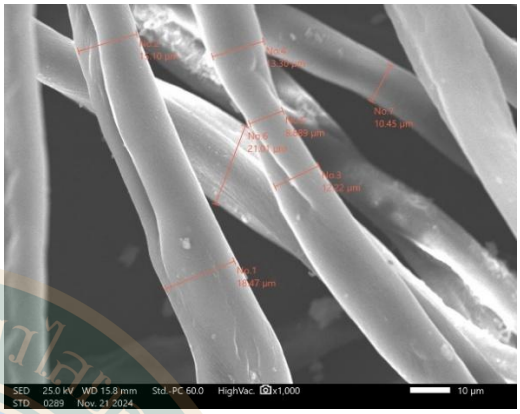
ค่าการติดสี (K/S) เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นต่างกันลงบนผ้าจะให้ค่าการติดสีดีที่สุด 2 วินาที มีค่า(7.21 ± 4.19) 4 วินาที มีค่า (6.79 ± 2.81) 6 วินาที มีค่า (6.42 ± 2.61) 8 วินาที มีค่า (5.49 ± 2.39) เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าระยะเวลาที่ฉายลงบนผ้า 2, 4, 6, 8 วินาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<.05$ และเปรียบเทียบกับ Control พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$

ดังนั้น จากการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นหาระยะเวลาการฉายพลาสมาลงบนผ้าฝ้ายมีความแตกต่าง พบว่าการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาที่ 4 วินาทีดีที่สุด จะช่วยให้สีของใบไม้ที่ใช้ในการทดลอง เช่น ใบสัก ใบเพกา ใบละหุ่ง ใบสบู่เลือด มีความเข้มของสีที่ดีที่สุด มีค่าความเป็นสีเขียวสีแดงของใบไม้ที่เข้ม ความเป็นสีเขียวน้ำเงินของใบไม้ เมื่อเปรียบเทียบกับการฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 วินาทีและผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างดังนั้นจึงเลือกเอาวิธีการทดลองการฉายพลาสมาที่เวลา 4 วินาที

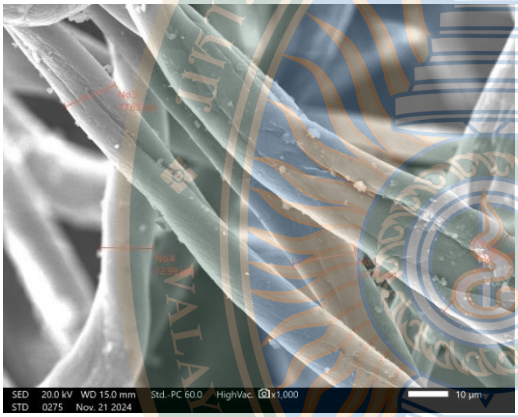
4.1.6 จากการทดลองพบว่าภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่การฉายพลาสมาในเวลาที่แตกต่าง 2, 4, 6, 8 วินาที จะเห็นได้ว่า ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา พบว่า เส้นใยจะมีผิวขรุขระ เส้นใยแตกและแบนกว่าเส้นใยที่ไม่ฉายและจะมีสียึดเกาะกับเส้นใย ซึ่งจากการฉายพลาสมาจะมีผลกับเส้นใยฝ้ายอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยฝ้ายที่ไม่ได้ฉายพลาสมาและเป็นหลักฐานการบ่งชี้ว่า เส้นใยแตกและแบน มีรอยคลื่นบนผิวเส้นใย และเส้นใยมีการเพิ่มพื้นผิวการยึดเกาะของสี แสดงให้เห็นในภาพที่ 30 A – D



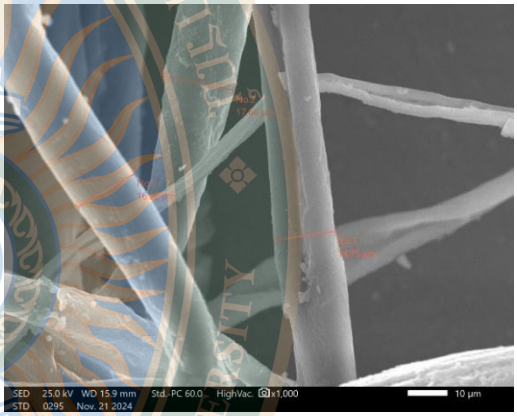
(A) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 2 วินาที



(B) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 4 วินาที



(C) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 6 วินาที



(D) ผ้าฝ้ายฉายพลาสมา 8 วินาที

ภาพที่ 31 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM micrographs กำลังขยาย 1000 เท่า ของเส้นใยฝ้ายที่ระยะเวลาการฉายพลาสมาเย็นที่แตกต่างกัน

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอารกของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้บนผ้าฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี แสดงผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อแสงซีนอนอารก

การฉายพลาสมา	ค่าการติดเปื้อนของสี
ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย	2-3
ผ้าฉายก่อนพิมพ์	3
ผ้าฉายหลังพิมพ์	1

หมายเหตุ แปลค่า ระดับ 8 ดีเลิศ ระดับ 7 ดีเยี่ยม ระดับ 6 ดีมาก ระดับ 5 ดี ระดับ 4 ดีพอใช้ ระดับ 3 พอใช้ ระดับ 2 ต่ำ ระดับ 1 ต่ำมาก จากคะแนนเต็ม 8

จากตารางที่ 13 แสดงผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอารก พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ไม่ฉายพลาสมา อยู่ในระดับ 2-3 (ต่ำ-พอใช้) การฉายพลาสมาก่อนพิมพ์ อยู่ในระดับ 3 พอใช้ และฉายพลาสมาหลังพิมพ์ อยู่ในระดับ 1 ต่ำมาก ทั้ง 3 ตัวอย่าง มีค่าความคงทนต่อแสงซีนอนอารกอยู่ในระดับที่พอใช้ เนื่องจากสีธรรมชาติมีโครงสร้างที่ไม่เสถียรต่อแสงโมเลกุลสีจากธรรมชาติโดยทั่วไปมักสลายตัวง่ายเมื่อได้รับแสง โดยเฉพาะรังสี UV จากหลอดซีนอนอาร์ก ซึ่งเลียนแบบแสงแดดธรรมชาติได้ค่อนข้างสมจริง พลาสมาไม่ได้เพิ่มความคงทนต่อแสงโดยตรง การฉายพลาสมาอาจช่วยเพิ่มพื้นผิวผ้าให้มีพื้นที่ในการยึดเหนี่ยว แต่ไม่ได้ช่วยป้องกันการสลายของโมเลกุลสีจากแสง UV การฉายพลาสมาหลังพิมพ์อาจทำให้สีบางส่วนถูกออกซิไดซ์หรือเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีจากพลังงานพลาสมา จึงยิ่งทำให้สีผ้าซีดเร็วขึ้น

4.2.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้บนผ้าฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมามาด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี แสดงผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อการซักล้าง

การฉายพลาสมา	ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี	ค่าการติดเปื้อนของสี					
		อะซิเตท	ฝ้าย	ไนลอน	พอลิเอสเทอร์	อคริลิก	ขนสัตว์
ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย	2-3	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5
ผ้าฉายก่อนพิมพ์	1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
ผ้าฉายหลังพิมพ์	1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

หมายเหตุ แปลค่า ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด จากคะแนนเต็ม 5

จากตารางที่ 14 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ไม่ฉายพลาสมา อยู่ในระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง และฉายพลาสมาก่อนพิมพ์ อยู่ในระดับ 1 แย่ที่สุด และฉายพลาสมาหลังพิมพ์ อยู่ในระดับ 1 แย่ที่สุด ค่าการติดเปื้อนสีในการทดลองทั้ง 3 วิธี พบว่ามีการปนเปื้อนน้อยมาก อยู่ในระดับ ดีถึงดีที่สุด ความคงทนต่อการซักต่ำ เนื่องจากสีธรรมชาติไม่ยึดติดเส้นใยได้ดี โดยเฉพาะเมื่อมีการฉายพลาสมา ซึ่งมีการเปลี่ยนสภาพพื้นผิวของผ้าให้สีเกาะติดได้แย่ลง เนื่องจากไม่มีการใช้สารช่วยติดสีส่วนการไม่เกิดการติดเปื้อนมาก แสดงว่าสีที่หลุดออกไปนั้นไม่ได้เคลื่อนย้ายไปเกาะผ้าทดสอบอื่น

4.2.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้บนผ้าฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมามาด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี แสดงผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อการขัดถู

การฉายพลาสมา	ค่าการติดเปื้อนของสี	
	แห้ง (5ระดับ)	เปียก (5 ระดับ)
ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย	3	1-2
ผ้าฉายก่อนพิมพ์	4	2-3
ผ้าฉายหลังพิมพ์	2-3	1-2

หมายเหตุ แปลค่า ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4 ดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2 แย่ ระดับ 1 แย่ที่สุด จากคะแนนเต็ม 5

จากตารางที่ 15 แสดงผลการทดลองความคงทนของสีต่อการขัดถู พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ไม่ฉายพลาสมาสภาพแห้ง อยู่ในระดับ 3 ปานกลาง สภาพเปียก อยู่ในระดับ 1-2 แย่ถึงแย่ที่สุด ฉายพลาสมาก่อนพิมพ์สภาพแห้ง อยู่ในระดับ 4 ดี สภาพเปียก อยู่ในระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง และฉายพลาสมาหลังพิมพ์สภาพแห้ง อยู่ในระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง สภาพเปียกอยู่ในระดับ 1-2 แย่ถึงแย่ที่สุด เนื่องจากการฉายพลาสมาก่อนพิมพ์ช่วยเพิ่มความคงทนต่อการขัดถูแบบแห้งได้ดีที่สุด เพราะช่วยปรับสภาพพื้นผิวผ้าให้ยึดจับสีได้ดีขึ้น ส่วนการขัดถูแบบเปียกให้ผลแย่ที่สุดในทุกกรณี เนื่องจากน้ำช่วยลดแรงยึดของสีธรรมชาติที่ไม่สามารถจับกับเส้นใยได้แน่นมากนักโดยธรรมชาติ

4.2.4 ผลการทดสอบแรงดึงของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี แสดงผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การทดสอบแรงดึงของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

การฉายพลาสมา	ด้ายยืน		ด้ายพุ่ง	
	แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	การยืดตัว (ร้อยละ)	แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	การยืดตัว (ร้อยละ)
A	270	14.4	430	20.3
B	520	20.8	380	19.5
C	450	17.3	310	15.1
D	500	15.4	360	17.6
E	450	15.1	290	15.5
F	450	18.1	290	14.8

หมายเหตุ A=ผ้าฝ้าย, B=ผ้าฝ้ายพิมพ์ลาย, C=500 V., D=1,000 V., E=1,500 V., F=2,000 V.

จากตารางที่ 16 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของแรงดึงสูงสุดและค่าการยืดตัวที่วัดได้ โดยในทิศทางเส้นด้ายยืนผ้าที่ยังไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น มีแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ 270 นิวตัน และยืด

ตัวได้ 14.4 % ตัวอย่างควบคุม (ผ้าผ่านกระบวนการความร้อนหรือแรงกลโดยไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น) มีแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเป็น 520 นิวตัน และยืดตัวได้ 20.8 % เมื่อนำผ้ามาฉายพลาสมาที่แรงดันไฟฟ้า 500–2,000 โวลต์ พบว่าแรงดึงลดลงเล็กน้อย (อยู่ในช่วง 450–500 นิวตัน) แต่ค่าการยืดตัวยังเพิ่มขึ้น โดยสูงสุดอยู่ที่ 18.1 % ที่แรงดัน 2,000 โวลต์ แนวโน้มนี้แสดงให้เห็นว่าแม้พลาสมาอาจทำให้โครงสร้างผ้าลดความแข็งแรงลงเล็กน้อย แต่ก็ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผ้า ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการปรับปรุงผิวของผ้ามีการแตกตัวของโซ่พอลิเมอร์ และการเพิ่มการเคลื่อนที่ของโมเลกุล และในทิศทางเส้นด้ายพุ่ง ผ้าเดิมมีแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ 430 นิวตัน แต่เมื่อแรงดันพลาสมาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงกลับลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยต่ำสุดอยู่ที่ 290 นิวตัน ที่แรงดัน 1,500 และ 2,000 โวลต์ค่าการยืดตัวยังลดลงจาก 20.3 % เหลือ 14.8 % ซึ่งบ่งบอกว่าพลาสมาเย็นแรงดันสูงอาจทำให้โครงสร้างผ้ากรอบและเปราะมากขึ้น ผลการทดลองนี้พบว่าพลาสมาเย็นแรงสูงสามารถกัดผิววัสดุและทำให้สมบัติเชิงกลเสื่อมลงได้ ที่น่าสนใจคือ ตัวอย่างที่ฉายพลาสมาที่ 1,000 โวลต์ให้ผลสมดุลที่สุด ทั้งด้านความแข็งแรงของเส้นด้ายยืน (500 นิวตัน), การยืดตัว (15.4%) และความแข็งแรงของด้ายพุ่ง (360 นิวตัน, ยืดตัว 17.6%) ซึ่งชี้ว่าแรงดัน 1,000 โวลต์อาจเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุดในการฉายพลาสมาเย็น เพื่อให้ได้สมดุลระหว่างการปรับผิวผ้าและการคงไว้ซึ่งความแข็งแรงของผ้า ลักษณะของความต้านทานแรงดึงและการยืดตัวของผ้าที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมาเย็น (DBD) ที่แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ

4.3 ผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการ

4.3.1 ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติโดยการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการพิมพ์ผ้าลายใบไม้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ไปถ่ายทอดความรู้ และอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ประกอบการ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างแบบชุดฝึกอบรมว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หรือตัวแปรของการวิจัยเรื่องนี้หรือไม่ แล้วนำผลมาหาหาค่าดัชนีความสอดคล้องซึ่ง พบว่า มีความสอดคล้องโดยประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC พบว่า ทุกข้อมีมากกว่า .5 (ภาคผนวก ก) และมีได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งฉบับจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาที่คำนวณได้มีค่า .80 แสดงว่าแบบสอบถามชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี (ภาคผนวก ก)

ผลการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติเรื่อง การพิมพ์ผ้าลายใบไม้ ให้กับชุมชนตำบลภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย จำนวน 30 คน อายุระหว่าง 25-70 ปี โดยวัดความรู้จากการอบรมด้วยแบบทดสอบที่ผ่านการเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องแบบทดสอบรายข้อกับวัตถุประสงค์ โดยพบว่าทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า .5 (ภาคผนวก ก) แสดงว่าสามารถนำมาใช้เป็นแบบทดสอบได้ จากนั้นวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบความรู้ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (R) โดยผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่ได้เกณฑ์ตามมาตรฐานไว้จำนวนทั้งหมด 20 ข้อ จาก 25 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .40 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .30 - .50 (ภาคผนวก ก) โดยค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบของแบบทดสอบโดยวิธี KR-20 ของคูเดอร์-ริชาดสัน (Kuder-

Richardson) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม มีค่าเท่ากับ .80 ซึ่งมากกว่า .6 ดังนั้น คุณภาพของแบบทดสอบมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ภาคผนวก ก)

ผลการทดสอบความรู้ก่อนและหลังการอบรม พบว่า ก่อนการอบรมผู้เข้าร่วมอบรมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.4 และค่าเฉลี่ยหลังการอบรมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.75 โดยค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังการอบรมสูงกว่าคะแนนสอบก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงว่าหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างได้เข้ารับการถ่ายทอดเกี่ยวกับการพิมพ์ผ้าลายใบไม้แล้ว กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น (ภาคผนวก ก) ผลการทดสอบความพึงพอใจในการอบรมเชิงปฏิบัติการ พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจในการอบรมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.89+0.60 (ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบความรู้ก่อน หลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ

การทดสอบ	จำนวนผู้ทดสอบ (N)	ค่าเฉลี่ย	*SD*	*df*	*t*	Sig 1 tailed
ก่อนอบรม	30	5.4	2.81	49.16	6.23*	0.000
หลังอบรม	30	14.53	7.16			

หมายเหตุ **p <0.05*

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ร่วมกับการฉายพลาสมาเย็น โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ และพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากธรรมชาติร่วมกับการฉายพลาสมาเย็น ได้แก่ ศึกษาการฉายพลาสมาลงบนผ้าฝ้ายก่อนและหลังการพิมพ์ จากนั้นนำผลที่ได้ไปศึกษาหาความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ฉายลงบนผ้าฝ้ายที่ดีที่สุด และหาเวลาที่ฉายลงบนผ้า จากนั้นนำผ้าพิมพ์สีจากธรรมชาติที่พัฒนาแล้วนำไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนของสีต่อแสง และความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตราฐาน International Organization for Standardization (ISO) และได้ทำการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้สู่ผู้ประกอบการและบุคคลทั่วไป โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการศึกษาการพัฒนากระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีจากใบไม้โดยใช้พลาสมาเย็น

5.1.1.1 ผลการเปรียบเทียบการฉายพลาสมาก่อนและหลัง โดยผ้าที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผ้าฝ้าย กว้าง 50 เซนติเมตร × ยาว 50 เซนติเมตร พลาสมาเย็นแบบมีปีกฉนวน (Dielectric Barrier Discharge - DBD) จากการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของการติดสีโดยการฉายพลาสมาเย็นก่อนและหลังการพิมพ์สีจากใบไม้พบว่า การฉายพลาสมาเย็นก่อนการพิมพ์ผ้าลายใบไม้จะช่วยให้สีของใบไม้ที่ใช้ในการทดลอง เช่น ใบสักค่าการติดสีดีที่สุด (K/S= 32.32± 5.78) ใบละหุ่งมีค่าการติดสีดีที่สุด (K/S= 10.4 ± 1.43) ใบสบู่เลือดมีค่าค่าการติดสีดีที่สุด (K/S= 18.72 ± 0.07) ใบเพกามีค่าค่าการติดสีดีที่สุด (K/S= 12.21 ± 2.51) และผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์จะมีความเข้มของสีที่ดีที่สุด และภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น พื้นผิวเส้นใยจะเรียบและกลม ส่วนเส้นใยที่ฉายพลาสมาก่อนและหลังการพิมพ์พื้นผิวของเส้นใยจะมีรอยขรุขระ และเส้นใยจะแบน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นใยมีการถูกทำลาย ซึ่งอาจจะทำให้สีของใบไม้ผ่านเข้าไปในเส้นใยได้เยอะกว่าปกติ ดังนั้นจึงเลือกเอาวิธีการทดลองการฉายพลาสมาก่อนการพิมพ์สีจากใบไม้ เพื่อนำไปทดลองขั้นตอนต่อไป

5.1.1.2 ผลการเปรียบเทียบการฉายพลาสมาหาความต่างศักย์ไฟฟ้าที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าสูง 500, 1000, 1500, 2000 พลาสมาเย็นแบบมีปีกฉนวน (Dielectric Barrier Discharge - DBD) ผลการทดลองพบว่า สีจากใบสักฉายพลาสมาเย็นที่มีค่าการติดสีดีที่สุด 500 V. (K/S= 24.64±6.58) รองลงมาคือ 2,000 v. (K/S =23.70±4.03), 1,000 v. (K/S =21.41±2.65), 1,500 V. (K/S = 20.57±2.59) เมื่อเทียบกันแล้วพบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p>.05$ สีจากใบละหุ่งฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกันมีค่าการติดสีดีที่สุด 2000 V. (K/S=19.64±7.89) รองลงมาคือ 1,500 V. (K/S =16.36±1.60), 1,000 V.

(K/S =14.85±2.03), 500 V. (K/S =11.85±2.03) เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p>.05* สีจากใบสบู่เลือดฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน มีค่าการติดสีดีที่สุด 2000 V. (K/S=15.70±2.06) รองลงมาคือ 1,500 V. (K/S =14.44±1.63), 1,000 V. (K/S =12.60±2.74), 500 V. (K/S =8.50±0.74) เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05* และสีจากใบเพกาฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน ให้ค่าการติดสีดีที่สุด 2000 v. (K/S= 16.18±2.30) รองลงมาคือ 1500 V. (K/S =14.78±3.04), 1,000 V. (K/S =13.38±1.18), 500 V. (K/S = 12.38±2.58) เมื่อเทียบกันแล้ว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ฉายพลาสมาเย็นหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 500 V, 1,000 V, 1,500 V, 2,000 V. มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *p<.05* และภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น พื้นผิวเส้นใยจะเรียบและกลม ส่วนเส้นใยที่ฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่มีระดับต่าง ๆ ก่อนการพิมพ์พื้นผิวของเส้นใยทุกตัวอย่างจะมีรอยขรุขระ และเส้นใยจะแบน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นใยมีการถูกทำลาย ซึ่งอาจจะทำให้สีของใบไม้ผ่านเข้าไปในเส้นใยได้เยอะกว่าปกติ ดังนั้น การฉายพลาสมาเย็นความต่างศักย์ที่ 500-2000 โวลต์ จะช่วยให้สีของใบไม้ที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มของสีที่ดีที่สุด

5.1.1.3 ผลเปรียบเทียบระยะเวลาการฉายพลาสมาบนผ้าพิมพ์ลายใบไม้ ผลการทดลอง พบว่า ลายใบสักที่ฉายพลาสมาเย็นที่เวลา 4 วินาที ให้ค่าการติดสีดีที่สุด (K/S = 27.34 ± 6.26) ลายใบละหุ่งที่ฉายพลาสมาเย็นที่เวลา 8 วินาที ให้ค่าการติดสีดีที่สุด (K/S) 11.48 ± 2.30 ลายใบสบู่เลือดที่ฉายพลาสมาเย็นที่เวลา 4 วินาที ให้ค่าการติดสีดีที่สุด (K/S) 10.43 ± 2.37 ลายใบเพกาที่ฉายพลาสมาเย็นที่เวลา 2 วินาที ให้ค่าการติดสีดีที่สุด (K/S) 7.21 ± 4.19 และภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น พื้นผิวเส้นใยจะเรียบและกลม ส่วนเส้นใยที่ฉายพลาสมาเย็นที่ระยะเวลาในการฉายในระดับต่าง ๆ ก่อนการพิมพ์พื้นผิวของเส้นใยทุกตัวอย่างจะมีรอยขรุขระ และเส้นใยจะแบน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นใยมีการถูกทำลาย ดังนั้น การฉายพลาสมาเย็นที่ช่วงเวลา 2-8 วินาที จะช่วยให้สีของใบไม้มีความเข้มขึ้น

5.1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้ที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น

5.1.2.1 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอารกของผ้าพิมพ์สีจากใบไม้บนผ้าฝ้ายที่ผ่านการฉายพลาสมาก่อนและหลังการพิมพ์ การทดสอบจะมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ 8 ระดับ คือระดับ 1 ต่ำมาก ถึง ระดับ 8 ดีเลิศ จากการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอารกต่อผ้าพิมพ์ก่อนและหลังการพิมพ์ พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ไม่ฉายพลาสมา อยู่ในระดับ 2-3 (ระดับต่ำถึงระดับพอใช้) ฉายพลาสมาก่อนพิมพ์อยู่ในระดับ 3 (พอใช้) และการฉายพลาสมาหลังพิมพ์ อยู่ในระดับ 1 (ต่ำมาก) เนื่องจากสีธรรมชาติมีโครงสร้างที่ไม่เสถียรต่อแสงโมเลกุลสีจากธรรมชาติโดยทั่วไปมักสลายตัวง่ายเมื่อได้รับแสง โดยเฉพาะรังสี UV จากหลอดซีนอนอาร์ก ซึ่งเลียนแบบแสงแดดธรรมชาติได้ค่อนข้างสมจริง พลาสมาไม่ได้เพิ่มความคงทนต่อแสงโดยตรง การฉายพลาสมาอาจช่วยเพิ่มพื้นผิวผ้าให้มีพื้นที่ในการยึดเหนี่ยว แต่ไม่ได้ช่วยป้องกันการสลายของโมเลกุลสีจากแสง UV การฉายพลาสมาหลังพิมพ์อาจทำให้สีบางส่วนถูกออกซิไดซ์หรือเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีจากพลังงานพลาสมาจึงยิ่งทำให้สีผ้าซีดเร็วขึ้น

5.1.2.2 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อการซักล้าง การทดสอบจะมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ 5 ระดับ คือระดับ 1 แย่ที่สุด ถึง ระดับ 5 ดีที่สุด ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ไม่ฉายพลาสมา อยู่ในระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง และฉายพลาสมาก่อนพิมพ์ อยู่ในระดับ 1 แย่ที่สุด และฉายพลาสมาหลังพิมพ์ อยู่ในระดับ 1 แย่ที่สุด ค่าการติดเปื้อนสีในการทดลองทั้ง 3 วิธี พบว่ามีการปนเปื้อนน้อยมาก อยู่ในระดับ ดีถึงดีที่สุด เนื่องจากสีธรรมชาติไม่ยึดติดเส้นใยได้ดี โดยเฉพาะเมื่อมีการฉายพลาสมา ซึ่งมีการเปลี่ยนสภาพพื้นผิวของผ้าให้สีเกาะติดได้แย่ลง เนื่องจากไม่มีการใช้สารช่วยติดสี ส่วนการไม่เกิดการติดเปื้อนมาก แสดงว่าสีที่หลุดออกไปนั้นไม่ได้เคลื่อนย้ายไปเกาะผ้าทดสอบอื่น

5.1.2.3 ความคงทนของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ก่อนและหลังการฉายพลาสมาต่อการขัดถู การทดสอบจะมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ 5 ระดับ คือระดับ 1 แย่ที่สุด ถึง ระดับ 5 ดีที่สุด และมีการวัดการปนเปื้อนของสีในสภาพเปียกและสภาพแห้ง ผลการทดลองความคงทนของสีต่อการขัดถู พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ไม่ฉายพลาสมาสภาพแห้ง อยู่ในระดับ 3 (ปานกลาง) สภาพเปียกอยู่ในระดับ 1-2 (แย่ถึงแย่ที่สุด) ฉายพลาสมาก่อนพิมพ์สภาพแห้ง อยู่ในระดับ 4 (ดี) สภาพเปียกอยู่ในระดับ 2-3 (แย่ถึงปานกลาง) และฉายพลาสมาหลังพิมพ์สภาพแห้งอยู่ในระดับ 2-3 (แย่ถึงปานกลาง) สภาพเปียกอยู่ในระดับ 1-2 (แย่ถึงแย่ที่สุด) เนื่องจากการฉายพลาสมาก่อนพิมพ์ช่วยเพิ่มความคงทนต่อการขัดถูแบบแห้งได้ดีที่สุด เพราะช่วยปรับสภาพพื้นผิวผ้าให้ยึดจับสีได้ดีขึ้น ส่วนการขัดถูแบบเปียกให้ผลแย่ที่สุดในทุกกรณี เนื่องจากน้ำช่วยลดแรงยึดของสีธรรมชาติที่ไม่สามารถจับกับเส้นใยได้แน่นมากนักโดยธรรมชาติ

5.1.2.4 ลักษณะของความต้านทานแรงดึงและการยืดตัวของผ้าที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมาเย็น (DBD) ที่แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของแรงดึงสูงสุดและค่าการยืดตัวที่วัดได้ โดยในทิศทางเส้นด้ายยืนผ้าที่ยังไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น มีแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ 270 นิวตัน และยืดตัวได้ 14.4 % ตัวอย่างควบคุม (ผ้าผ่านกระบวนการความร้อนหรือแรงกลโดยไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น) มีแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเป็น 520 นิวตัน และยืดตัวได้ 20.8 % เมื่อนำผ้ามาฉายพลาสมาที่แรงดันไฟฟ้า 500–2,000 โวลต์ พบว่าแรงดึงลดลงเล็กน้อย (อยู่ในช่วง 450–500 นิวตัน) แต่ค่าการยืดตัวยังเพิ่มขึ้น โดยสูงสุดอยู่ที่ 18.1 % ที่แรงดัน 2,000 โวลต์ แนวโน้มนี้แสดงให้เห็นว่า แม้พลาสมาอาจทำให้โครงสร้างผ้าลดความแข็งแรงลงเล็กน้อย แต่ก็ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผ้า ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการปรับปรุงผิวของผ้ามีการแตกตัวของโซ่พอลิเมอร์และการเพิ่มการเคลื่อนที่ของโมเลกุล และในทิศทางเส้นด้ายพุ่ง ผ้าเดิมมีแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ 430 นิวตัน แต่เมื่อแรงดันพลาสมาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงกลับลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยต่ำสุดอยู่ที่ 290 นิวตัน ที่แรงดัน 1,500 และ 2,000 โวลต์ค่าการยืดตัวยังลดลงจาก 20.3 % เหลือ 14.8 % ซึ่งบ่งบอกว่าพลาสมาเย็นแรงดันสูงอาจทำให้โครงสร้างผ้ากรอบและเปราะมากขึ้น ผลการทดลองนี้พบว่าพลาสมาเย็นแรงสูงสามารถกัดผิววัสดุและทำให้สมบัติเชิงกลเสื่อมลงได้ ที่น่าสนใจคือ ตัวอย่างที่ฉายพลาสมาที่ 1,000 โวลต์ให้ผลสมดุลที่สุด ทั้งด้านความแข็งแรงของเส้นด้ายยืน (500 นิวตัน), การยืดตัว (15.4%) และความแข็งแรงของด้ายพุ่ง (360 นิวตัน, ยืดตัว 17.6%) ซึ่งชี้ว่าแรงดัน 1,000 โวลต์อาจเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุดในการฉายพลาสมาเย็น เพื่อให้ได้สมดุลระหว่างการปรับผิวผ้าและการคงไว้ซึ่ง

ความแข็งแรงของผ้าลักษณะของความต้านทานแรงดึงและการยืดตัวของผ้าที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมาเย็น (DBD) ที่แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ

5.1.3 ผลการศึกษาผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการ

ผลการทดสอบความรู้ก่อนและหลังการอบรม พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังการอบรมสูงกว่าคะแนนสอบก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงว่าหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างได้เข้ารับการถ่ายทอดเกี่ยวกับกระบวนการทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้สีจากธรรมชาติ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น และผลการทดสอบความพึงพอใจในการอบรมเชิงปฏิบัติการ พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจในการอบรมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.89 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .60

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษากระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ โดยวิธีการที่ดีที่สุดของ การศึกษาของ เกชา ลาวงษา และคณะ (2565) เรื่อง "การศึกษาการย้อมสีใบตะขบด้วยฝางเพื่องานพิมพ์สีธรรมชาติด้วยเทคนิคการถ่ายโอนสีสู่ผ้าฝ้าย" ได้พัฒนาวิธีการพิมพ์ผ้าที่เข้าใจง่าย เหมาะสำหรับการนำไปต่อยอดในชุมชน และได้ลวดลายที่คมชัด การทดลองใช้ผ้าฝ้ายทอมือขนาด 50×50 เซนติเมตร เนื่องจากผ้าฝ้ายเป็นวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศ การใช้ผ้าฝ้ายในการพิมพ์สกรีนด้วยสีธรรมชาติได้รับความนิยมเนื่องจากผ้าฝ้ายมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เช่น การดูแลรักษาง่าย และราคาไม่แพง นอกจากนี้การใช้สีธรรมชาติยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยส่งเสริมอาชีพในชุมชน (เยาวมาลย์ สมประสงค์ และคณะ, 2566) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าพิมพ์สีธรรมชาติด้วยเทคนิคการถ่ายโอนสีจากพืชพรรณไม้สามารถสร้างอัตลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าฝ้ายทอมือ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้า Eco Print เพื่อสร้างอัตลักษณ์ของชุมชน (ณัฐพร จันทร์ฉาย และคณะ, 2567) ดังนั้น การใช้ผ้าฝ้ายทอมือร่วมกับเทคนิคการพิมพ์สีธรรมชาติจากใบไม้ ไม่เพียงแต่ช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม แต่ยังส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอของไทยและการใช้ใบไม้ที่มีสีทั้งด้านหน้าและด้านหลังในกระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Pahanthihage, 2022) ศึกษาการใช้ใบสักเป็นสียอมธรรมชาติและวัสดุสำหรับการพิมพ์ลายบนผ้าไหม ผลการศึกษา พบว่าใบสักสามารถสร้างลวดลายที่คมชัดและสีสันที่สวยงามบนผ้าไหมและการใช้ใบไม้ที่มีสีทั้งด้านหน้าและด้านหลังในกระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ จึงเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติและสามารถสร้างลวดลายที่คมชัดบนผืนผ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีธรรมชาติจากใบไม้นิยมใช้ใบไม้ที่ให้สีทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เช่น ใบสัก ใบสบู่เลือด ใบเพกา และใบละหุ่ง ใบไม้เหล่านี้สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและให้สีที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ใบไม้ยังต้องคำนึงถึงฤดูกาล อายุของใบ และสภาพอากาศ ซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณและความเข้มของสีที่ได้ (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดสงขลา, 2567) นอกจากนี้ใบไม้แต่ละชนิดให้สีที่แตกต่างกัน เช่น ใบสักให้สีชมพู สีแดงอมน้ำตาล สีเหลืองและสีส้ม ใบสบู่เลือดให้สีเขียวและเหลือง ใบละหุ่งให้สีเหลืองและเขียวเข้ม และใบเพกาให้สีเหลือง ส้ม และน้ำตาล (ไทยพีบีเอส, 2567) โดยสารให้สีที่อยู่ในใบไม้เหล่านี้มักอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และแอนโทไซยานิล (Anthocyanins) ซึ่งให้สี

ที่หลากหลาย เช่น สีเหลือง สีส้ม สีแดง และสีม่วง (วินัย อุดมทรัพย์, 2535) การใช้ใบไม้เหล่านี้ในการพิมพ์ผ้าด้วยสีธรรมชาติไม่เพียงแต่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังช่วยส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ในกระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ต้องใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนสีด้วยความร้อน โดยที่ต้องมีการใช้สารช่วยติดสีเพื่อให้เส้นใยกับสีของใบไม้สามารถถ่ายโอนสีเข้าหากันได้ เช่น กรดน้ำส้มสายชู สารส้มแบบผงแป้งละเอียด ผงเฟอร์รัสซัลเฟต ซึ่งสอดคล้องกับ (Samanta & Agarwal, 2009) ในกระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้ การใช้สารช่วยติดสี (mordant) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มความคงทนและความชัดเจนของสีที่ถ่ายโอนจากใบไม้สู่เส้นใยผ้า สารช่วยติดสีเหล่านี้ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมระหว่างโมเลกุลของสีและเส้นใยผ้าทำให้สีติดแน่นและทนทานมากขึ้น ตัวอย่างของสารช่วยติดสีที่ใช้ในกระบวนการนี้ ได้แก่ กรดอะซิติก (น้ำส้มสายชู) สารส้ม (อลูมิเนียมซัลเฟต) และเฟอร์รัสซัลเฟต (เกลือเหล็ก) การใช้สารเหล่านี้ช่วยให้สีจากใบไม้สามารถถ่ายโอนและติดบนเส้นใยผ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและจากการศึกษาของ (Samanta & Agarwal, 2009) ได้กล่าวถึงบทบาทของสารช่วยติดสีในการย้อมสีธรรมชาติ โดยระบุว่าสารช่วยติดสีมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความคงทนของสีและความสว่างของสีบนเส้นใยผ้าและการศึกษาของ Doaa et al. (2021) ได้สำรวจการใช้สารช่วยติดสีธรรมชาติและเคมีในการย้อมผ้าฝ้าย พบว่า การใช้สารช่วยติดสีช่วยเพิ่มความคงทนของสีและความสว่างของสีบนผ้า ดังนั้นการใช้สารช่วยติดสีในกระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของการถ่ายโอนสีและความคงทนของสีบนเส้นใยผ้าได้

กระบวนการวิธีพิมพ์สีจากใบไม้ที่ดีที่สุดนำมาทดลองควบคู่กับเครื่องฉายพลาสมาเย็นที่ใช้ดำเนินการเป็นอุปกรณ์พลาสมาแบบฉนวน (DBD) ซึ่งสอดคล้องกับ ภาณุมาศ ฤทธิไชย และคณะ (2563) ในการปรับปรุงคุณสมบัติของสิ่งทอได้รับการศึกษาทดลองในงานวิจัยด้านสิ่งทอ การใช้พลาสมาเย็นสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของผ้า เช่น การย้อมสี การกันน้ำ และการต้านเชื้อแบคทีเรีย (Marija et al., 2010) ได้ศึกษาผลของการใช้พลาสมาเย็นแบบ DBD ต่อผ้าฝ้าย พบว่า การใช้พลาสมาเย็นช่วยเพิ่มความสามารถในการย้อมสีของผ้าได้ดียิ่งขึ้นและยังได้ศึกษาผลของการใช้พลาสมาเย็นแบบ DBD ต่อคุณสมบัติของผ้า เช่น การปรับปรุงความสามารถในการดูดซับน้ำ และการเพิ่มความต้านทานต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย และการพัฒนาเครื่องฉายพลาสมาขึ้นและถูกนำมาใช้ในการทดลองโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพความเข้มของสีใบไม้ระหว่างฉายพลาสมาลงบนผ้าฝ้ายก่อนและหลังการพิมพ์ซึ่งผลที่ได้คือฉายลงบนผ้าฝ้ายก่อนการพิมพ์จะให้ค่าความเข้มของสีใบไม้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา การฉายพลาสมาเย็นลงบนผ้าฝ้ายสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวของเส้นใยฝ้ายได้เนื่องจากกระบวนการพลาสมาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของผ้า และทำลายพันธะเคมีในเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นใยฝ้าย พลาสมาจะมีอนุภาคที่มีพลังงานสูง เช่น อิเล็กตรอน, ไอออน, และอนุมูลอิสระ ซึ่งทำปฏิกิริยากับพื้นผิวของเส้นใยฝ้าย ทำให้เกิดการตัดสายพันธุ์ของโมเลกุลเซลลูโลส ซึ่งจะทำให้ผิวของเส้นใยฝ้ายมีโครงสร้างที่หยาบขึ้นและเพิ่มพื้นที่ผิว สามารถทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของกลุ่มฟังก์ชันที่สามารถเชื่อมโยงกับสารเคมีอื่น ๆ บนพื้นผิวของเส้นใยฝ้าย เช่น กลุ่ม -OH, -COOH, และ -NH2 ซึ่งทำให้เส้นใยฝ้ายสามารถจับกับสารเคมีหรือสีได้ดีขึ้น การเพิ่มจำนวนกลุ่มฟังก์ชันเหล่านี้ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นและมีความสามารถในการยึดเกาะสารต่าง ๆ ได้มากขึ้น ทำให้พื้นผิวของเส้นใยฝ้ายมีลักษณะ

ที่ไม่เรียบ (rougher) ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของพื้นผิวทำให้ผ้าเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะของสารเคมี เช่น สี หรือสารเคลือบต่าง ๆ เพิ่มประสิทธิภาพในการพิมพ์สีหรือการเคลือบผิว และยังสามารถช่วยลดการเกาะตัวของสิ่งสกปรกหรือสารเคมีที่ไม่ต้องการบนผิวของเส้นใยฝ้าย โดยการทำให้พื้นผิวของฝ้ายมีความสามารถในการรับสารเคมีได้ดีขึ้น ทำให้ผ้าฝ้ายมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานในหลายๆ ด้าน เช่น การย้อมสี การเคลือบ หรือการปรับปรุงความทนทาน ซึ่งสอดคล้องกับ Haji (2019) ได้ศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีธรรมชาติบนผ้าฝ้ายผ่านกระบวนการฉายด้วยพลาสมา พบว่าการใช้พลาสมาช่วยปรับปรุงกระบวนการย้อมสีของผ้าฝ้ายทั้งสีย้อมรีแอกทีฟและสีย้อมธรรมชาติ โดยผลการศึกษา พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมามีค่าความเข้มของสีสูงกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านกระบวน และกระบวนการทดลองในการย้อมยังมีสารช่วยติดสี อุณหภูมิการย้อม เวลาการย้อม จึงมีผลต่อความเข้มของสีของตัวอย่างผ้าฝ้ายที่นำมาศึกษาและเมื่อเส้นใยถูกกระตุ้นจากไฟฟ้า เส้นใยจะมีการการแตกหักและรับสีได้ในปริมาณที่มากกว่าปกติและจากการทดลองหาค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้าที่ฉายลงบนผ้า ผลการทดลองพบว่า แรงไฟฟ้าตั้งแต่ 500 - 2000 โวลต์ ให้ค่าการติดสีที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าที่ไม่ฉายพลาสมา ซึ่งสอดคล้องกับ Víctor et al. (2024) ได้กล่าวว่า การศึกษาการใช้พลาสมาออกซิเจนความดันต่ำเป็นการฉายผิวของผ้าฝ้ายเพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและการย้อมของผ้าฝ้าย การฉายพลาสมาได้ปรับเปลี่ยนผิวผ้าฝ้ายเพิ่มความสัมพันธ์กับสารละลายที่มีขั้วและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผิวถูกวิเคราะห์โดยใช้ XPS ในขณะที่ SEM ใช้เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางรูปร่าง ในตัวอย่างที่ผ่านการฉายพลาสมา 30 วินาที ซึ่งแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของความชุ่มน้ำอย่างมีนัยสำคัญ การทดสอบการดูดซึมน้ำแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงสุดที่ 119.6% สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมา ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการฉาย 65.7% ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงที่สำคัญในคุณสมบัติการชุ่มน้ำของผ้าฝ้าย ทำให้สามารถดูดซึมน้ำได้ดียิ่งขึ้น และเวลาที่ฉายลงบนผ้าตั้งแต่ 4-8 วินาที ทำให้สีของใบไม้เข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Ahmed et al. (2017) ได้ศึกษาการกระตุ้นพื้นผิวของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมโพลีเอสเตอร์ โดยใช้การปล่อยพลาสมาผ่านตัวฉนวน (DBD) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติใหม่ ๆ ให้กับพื้นผิวผ้าที่ถูกกระตุ้นเพื่อให้สามารถย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติ สำหรับผลของการใช้พลาสมาช่วยเพิ่มความเข้มของสีในผ้าฝ้ายและผ้าโพลีเอสเตอร์เมื่อเทียบกับผ้าทั้งสองชนิดที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมาชนิดอากาศ การเพิ่มระยะเวลาในการฉายพลาสมาจาก 3 วินาทีเป็น 10 วินาที และการเพิ่มกำลังไฟจาก 3 W เป็น 15 W ทำให้เวลาการเปียกซึมของผ้าที่ผ่านการฉายลดลง ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการเปียกซึม เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมาชนิดอากาศและออกซิเจน การฉายนี้ช่วยปรับปรุงการเปียกซึม สามารถใช้ในการย้อมและคุณสมบัติความคงทนของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้าย และระยะเวลาที่ผ้าฝ้ายโดนกระตุ้นจากไฟฟ้าจะทำให้โครงสร้างเส้นใยเปลี่ยนและทำให้สีใบไม้มีความเข้มขึ้นตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบจากการทดลองผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ฉายพลาสมาและทำให้ลวดลายชัดเจน ใบสักให้สีแดงน้ำตาล ใบสบู่เลือดให้สีโทนเขียว และใบละหุ่งกับใบเพกาจะให้สีโทนเหลือง จัดเป็นโทนสีเหลืองเช่นเดียวกับพืชกลุ่มหัว เช่น ขมิ้นชัน แก่นไม้พูด ผลดิบมะตูม ดอกผกากรอง ใบขี้เหล็กและแก่นขนุน โดยองค์ประกอบเคมีของดอกดาวเรืองมีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ทำให้เกิดสารสีเหลืองและสารสีอ่อน โดยใบละหุ่งกับใบเพกาจัดเป็นคลอโมพลาสต์เป็นพลาสติกสารต่าง ๆ และแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างเคมีของใบ

(ชินานาฏ วิทยาประภากร และคณะ, 2565) และมีสารที่เรียกว่า แคโรทีนอยด์ลูทีน เป็นเม็ดสีธรรมชาติของตระกูล แคโรทีนอยด์ พบมากในธรรมชาติ ลูทีนและไอโซเมอร์ซีแซนทีน หรือที่เรียกว่าออกซีแคโรทีนอยด์ คือแซนโทฟิลล์ หลักในดอกดาวเรืองและในผักใบ เช่น ผักโขมและคะน้า (Prasad & Williams, 1991) ใบสัก มีสารสีที่อยู่ในใบอ่อน เป็นสารในกลุ่ม Anthraquinones เช่น Emodin และ Aloe-emodin สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยฝ้าย (cotton fibers) ในกระบวนการพิมพ์ผ้าสีจากใบสักได้โดยการเชื่อมโยงกับส่วนประกอบเคมีในเส้นใยฝ้าย ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเซลลูโลส (cellulose) การทำปฏิกิริยาระหว่างสารเหล่านี้กับเซลลูโลสจะสร้างพันธะระหว่างสารสีและเส้นใย สาร *emodin* และ *aloe-emodin* ซึ่งมีโครงสร้างของ anthraquinones เป็นสารที่มีกลุ่มฟังก์ชัน เช่น hydroxyl (-OH) และ carbonyl (-C=O) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) ของเซลลูโลสในเส้นใยฝ้าย ซึ่งทำให้เกิดพันธะระหว่างสารสีและเส้นใย และนอกจากนั้นสารแทนนินที่อยู่ในใบไม้ที่ใช้ในการทดลอง การสร้างพันธะระหว่างแทนนินและเซลลูโลส เส้นใยฝ้ายประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มฟีนอลิก (-OH) ของแทนนินได้โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonds) หรือพันธะไอออนิก (ionic bonds) ซึ่งช่วยให้สีจากสารย้อมธรรมชาติติดทนนานกับเส้นใยฝ้าย

ศึกษาภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยพลาสมามีผิวเรียบ (มีเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 9–16 ไมโครเมตร) และมีลักษณะตัดขวางเป็นรูปทรงกลม ส่วนเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมา (มีเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 12–20 ไมโครเมตร) ผิวจะถูกทำให้แบนราบ และเส้นใยมีการเพิ่มพื้นผิวในการติดสี โดยแสดงให้เห็นการแตกหักและพื้นผิวที่หยาบ มีการเพิ่มพื้นผิวในการติดของสี การฉายด้วยพลาสมาที่แรงดันต่าง ๆ เช่น 500 - 2000 โวลต์ แสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนต่อเส้นใยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ผ่านการฉาย มีปฏิกิริยานี้ส่งผลดีต่อการยึดเกาะของสีย้อมและสารยึดเกาะ ภาพ SEM ของเส้นใยฝ้ายที่ไม่ผ่านการฉายและที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมาจะแสดงให้เห็นการรวมตัวของอนุภาคสารยึดเกาะและการเปลี่ยนแปลงในรูปทรงของเส้นใยจากความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการฉายด้วยพลาสมาผลจากการฉายด้วยพลาสมาเย็น (DBD) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เห็นได้ชัดเจนภายใต้การวิเคราะห์ SEM เนื่องจากการซึมผ่านของอนุภาคที่มีฤทธิ์ลงบนผิวฝ้าย (ตั้งแต่ 500 ถึง 2000 โวลต์) (Jelil, 2015) ผิวของฝ้ายที่ผ่านการฉายด้วยพลาสมา แสดงลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยมีสื่อเคลือบอินทรีย์กระจายไปทั่วผิวผ้า การรวมตัวของอนุภาคที่ใหญ่ที่สุดพบในผิวที่ผ่านการฉายพลาสมาเย็นที่ 500 - 2000 โวลต์ ซึ่งบ่งชี้ว่าอนุภาคไม่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในระดับนาโน ไม่พบผลพลาสมาที่เห็นได้ชัดเจนบนผิวผ้าฝ้าย การฉายด้วยพลาสมาจะทำให้เกิดผลการกัดกร่อนบนผิวฝ้าย และมีการเพิ่มพื้นผิวในการติดของสี ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงรูพรุนขนาดเล็ก มีรอยแตกร้าวของเส้นใยเว้นใยบิดและแบนช่วยเพิ่มการซึมผ่านหรือการยึดเกาะของสีที่พิมพ์ลงบนผ้า ดังนั้นรูพรุนขนาดเล็กเหล่านี้อาจถูกปกคลุมบางส่วนหรือทั้งหมด ดังนั้นการฉายพลาสมาช่วยปรับสภาพพื้นผิวฝ้ายให้เหมาะกับการยึดเกาะของสีใบไม้ที่ผ่านการเปลี่ยนสภาพพื้นผิวผ้าฝ้าย เพิ่มความพรุน และสร้างแรงยึดเหนี่ยวมากขึ้น ซึ่ง สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า การฉายพลาสมาก่อนพิมพ์ช่วยเพิ่มความคงทนของสีในบางสภาวะโดยเฉพาะการขัดถูแห้งและแสง แต่ความไม่สม่ำเสมอของอนุภาคและผลข้างเคียงจากพลาสมาหลังพิมพ์อาจลดคุณภาพสี เช่น ความคงทนต่อการซักและเปียก (Kaygusuz et al., 2018)

จากการทดสอบประสิทธิภาพตามมาตราฐาน International Organization for Standardization (ISO) การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอารก พบว่า ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพิมพ์ลายใบไม้ที่ไม่ฉายพลาสมา อยู่ในระดับต่ำถึงพอใช้ ฉายพลาสมาก่อนพิมพ์ อยู่ในระดับพอใช้ และฉายพลาสมาหลังพิมพ์ อยู่ในระดับต่ำมาก ซึ่งสอดคล้องกับ นรเทพ โปธิเป็ง และคณะ(2020) กล่าวว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดง ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี อยู่ในระดับดีพอใช้ (ระดับ 4) ซึ่งพบว่า สีธรรมชาติจากดินแดงค่อนข้างมีความคงทนของสีต่อแสงเนื่องจากมีเหล็กออกไซด์ผสมอยู่จึงมีความคงทนของสีต่อแสงมากกว่าสีธรรมชาติจากพืช และความคงทนต่อการซักและการขัดถูตามมาตราฐาน International Organization for Standardization (ISO) ของผ้าพิมพ์สีจากธรรชาติก่อนและหลังการฉายพลาสมาที่อยู่ในระดับ 1 (แย่ที่สุด) เพราะจากการพิมพ์ผ้าสีจากใบไม้เป็นการพิมพ์ผ้าที่เป็นการนำสีสามารถยึดติดและแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยของผ้าได้ไม่ดี จึงทำให้สีหลุดง่ายไม่ทนต่อการซัก ซึ่งสอดคล้องกับ (วิชชุดา ยิ่งนคร และคณะ, 2565) การใช้สารช่วยติดสี (mordant) มีผลต่อความคงทนของสี การใช้สารช่วยติดสีมีผลต่อความคงทนของสีต่อการซัก โดยสารช่วยติดสีธรรมชาติจากเปลือกผลทับทิมแห้งทำให้ผ้าไหมมีค่าความคงทนของสีต่อการซักสูงขึ้น ดังนั้นพบว่าการใช้สารช่วยติดสีมีผลต่อความคงทนของสีต่อการซัก และการฉายพลาสมาก่อนหรือหลังการพิมพ์อาจส่งผลต่อความคงทนของสี

ลักษณะของความต้านทานแรงดึงและการยืดตัวของผ้าที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมาเย็น (DBD) ที่แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ ให้ข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญเกี่ยวกับผลทางกลของการปรับปรุงพื้นผิวผ้าด้วยพลาสมา โดยในทั้งทิศทางเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่าแรงดึงสูงสุดและการยืดตัวที่ซึ่งสะท้อนถึงผลกระทบของพลาสมาต่อโครงสร้างและพื้นผิวของผ้าในทิศทางด้ายยืน ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับสภาพใด ๆ แสดงค่าความต้านทานแรงดึงที่ 270 นิวตัน และการยืดตัวที่ 14.4% ซึ่งอาจผ่านการปรับสภาพด้วยความร้อนหรือแรงกลโดยไม่ใช้พลาสมา แสดงค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเป็น 520 นิวตัน และการยืดตัวเป็น 20.8% การฉายด้วยพลาสมาเย็นที่แรงดัน 500–2,000 โวลต์ ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงลดลงโดยรวม (อยู่ในช่วง 450–500 นิวตัน) และการยืดตัวยังคงเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่ 18.1% ที่แรงดัน 2,000 โวลต์ แนวโน้มนี้ชี้ให้เห็นว่าการฉายด้วยพลาสมาเย็น อาจลดความแข็งแรงเชิงโครงสร้างของผ้าลงเล็กน้อย แต่กลับเพิ่มความยืดหยุ่น ซึ่งเป็นผลจากการปรับปรุงผิวการตัดขาดของสายโซ่พอลิเมอร์ และการเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่เพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์เหล่านี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shishoo (2007) และ Morshed et al. (2010) ซึ่งรายงานถึงผลกระทบทางกลที่คล้ายคลึงกันจากการประมวลผลผ้าด้วยพลาสมาในทางตรงกันข้ามทิศทางด้ายพุ่งแสดงค่าความต้านทานแรงดึงเริ่มต้นที่สูงกว่า (430 นิวตัน) ในตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมาเย็น แต่กลับแสดงการลดลงของค่าความต้านทานแรงดึงอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า โดยค่าต่ำสุดที่สังเกตได้ (290 นิวตัน) พบที่แรงดัน 1,500 และ 2,000 โวลต์ การยืดตัวที่สังเกตได้ก็ลดลงเช่นกัน จาก 20.3% เหลือเพียง 14.8% ในช่วงแรงดันดังกล่าว ซึ่งบ่งชี้ว่าการฉายด้วยพลาสมาแรงดันสูงทำให้เกิดความเปราะและการเสื่อมสภาพของโครงสร้างระดับจุลภาค ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับข้อสังเกตของ Morent et al. (2011) ที่พบว่าการฉายด้วยพลาสมาแรงดันสูงทำให้พื้นผิวถูกกัดกร่อนและสมบัติเชิงกลลดลงอย่างมีนัยสำคัญและที่น่าสนใจคือ ตัวอย่างที่ผ่านการฉายด้วยแรงดัน 1,000 โวลต์ยังคงแสดงสมบัติเชิงกลที่ดี โดยมีความแข็งแรงในทิศทางด้ายยืนค่อนข้างสูง (500 นิวตัน)

การยืดตัวปานกลาง (15.4%) และสมบัติเส้นด้ายพุ่งที่สมดุล (360 นิวตัน, 17.6%) ซึ่งบ่งชี้ว่าแรงดัน 1,000 โวลต์อาจเป็นเกณฑ์แรงดันที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพการกระตุ้นพื้นผิวกับการคงไว้ซึ่งความแข็งแรงของผ้า และผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กระบวนการพิมพ์ส่งผลต่อโครงสร้างเส้นใยของผ้าฝ้าย โดยทำให้ความต้านทานแรงดึงของเส้นด้ายพุ่งลดลง การฉายด้วยพลาสมาเย็นส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยสิ่งทอ เช่น เพิ่มความต้านทานแรงดึงของเส้นด้ายยืน และลดความต้านทานแรงดึงของเส้นด้ายพุ่ง กระบวนการนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีของพื้นผิวเส้นใย ส่งผลให้พื้นผิวผ้ามีความขรุขระมากขึ้น การทำให้พื้นผิวหยาบนี้เพิ่มพื้นที่ผิวของเส้นใย ซึ่งช่วยเสริมสร้างการจัดเรียงตัวของเส้นด้ายยืนให้แข็งแรงมากขึ้น ด้วยการเพิ่มการยึดเกาะระหว่างเส้นใย ส่งผลให้เส้นด้ายยืนมีความต้านทานแรงดึงที่สูงขึ้น ในทางกลับกัน เส้นด้ายพุ่งอาจได้รับผลกระทบในลักษณะต่างออกไป เนื่องจากการบำบัดด้วยพลาสมาอาจทำให้พื้นผิวของเส้นด้ายพุ่งหยาบขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ความยืดหยุ่นและความต้านทานแรงดึงลดลง นอกจากนี้การฉายด้วยพลาสมาเย็นยังส่งผลให้การยืดตัวที่สังเกตได้ลดลง เนื่องจากความขรุขระของผิวเส้นใยที่เพิ่มขึ้น ความต้านทานต่อการยืดตัวที่สูงขึ้น และการสร้างพันธะเคมีที่ดีขึ้นระหว่างเส้นใยกับหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลให้เส้นใยไม่สามารถยืดตัวได้มากนักเมื่อได้รับแรงดึง และแสดงให้เห็นว่าผ้ามีความสมดุลทั้งด้านความแข็งแรงและความยืดหยุ่น เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความทนทานแต่ไม่แข็งกระด้าง เช่น เสื้อผ้าใช้งานพิเศษ เฟอร์นิเจอร์หุ้มผ้า หรือสิ่งทออุตสาหกรรมอย่างไรก็ตามค่าความคงทนของสีที่วัดจากการถู แสง และการซัก อยู่ในระดับ ปานกลางถึงต่ำมาก แสดงว่าสีจากใบไม้อาจซีดจาง หลุด หรือถูกชะล้างได้ง่ายเมื่อใช้งานจริง จึงอาจส่งผลต่ออายุการใช้งานและคุณภาพของผ้าในระยะยาว โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับการเสียดสี แสงแดด หรือการซักบ่อยครั้งหากต้องการให้สีติดทนนานขึ้นในงานผ้าพิมพ์ลายใบไม้บนผ้าฝ้าย จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยเพิ่มเติม เช่น การเตรียมผ้าก่อนพิมพ์ การใช้สารช่วยติดสี (mordant) การฟิกซ์สี (fixation) และกระบวนการดูแลหลังพิมพ์ และการพิมพ์ผ้าด้วยสีธรรมชาติจากใบไม้ร่วมกับพลาสมาเย็น เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงในงานสิ่งทอยั่งยืน เพราะช่วยเพิ่มการดูดซึมและยึดติดของสีโดยไม่ใช้สารเคมีรุนแรงช่วยลดการใช้มอร์แดนท์ที่เป็นโลหะหนัก ประหยัดน้ำและลดของเสียจากสารเคมีเทคโนโลยีนี้จึงถือเป็นก้าวสำคัญในการพัฒนาสิ่งทอสีธรรมชาติให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และตอบโจทย์มาตรฐานสิ่งทอยั่งยืนในอนาคต

จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติโดยการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้นำไปถ่ายทอดความรู้ และอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้สนใจ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างแบบชุดฝึกอบรมว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หรือตัวแปรของการวิจัยเรื่องนี้หรือไม่ และให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างแบบสอบถามความพึงพอใจในการอบรมหลังการอบรมแล้วนำผลมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง หรือ Index of Item-Objective Congruence (IOC) ที่หมายถึงความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 ข้อคำถามที่มีความตรงตามเนื้อหาจะมีค่า IOC เข้าใกล้ 1.0 ถ้าข้อใดมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรจะปรับปรุงข้อคำถามใหม่ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ซึ่งแบบสอบถามความพึงพอใจในการอบรมหลังการอบรมได้ผ่านการวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นที่แสดงว่าแบบสอบถามชุดนี้มีความเชื่อมั่นสูง

สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ โดยหากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) มากว่า .7 ถือได้ว่าแบบสอบถามฉบับนี้มีความน่าเชื่อถือซึ่งการหาค่าความเชื่อมั่นจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาจะใช้กับแบบสอบถามชนิดประมาณค่า (Rating scale) (ศิริชัย กาญจนวาสี และคณะ, 2554) และการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบจะวิเคราะห์รายข้อเพื่อคัดเลือกข้อที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ โดยพิจารณาจากค่าความยาก (P) ที่หมายถึง ร้อยละของจำนวนผู้สอบที่สามารถทำข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องที่หาได้จากการนำจำนวนของผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกมาหารด้วยจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด เช่น ข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกร้อยละ 80 ของจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด หรือค่า P เท่ากับ .8 แสดงว่าข้อสอบนั้นง่ายเนื่องจากเป็นข้อที่มีผู้ตอบถูกมาก เป็นต้น นอกจากนั้นยังพิจารณาจากค่าอำนาจจำแนก (R) ที่หมายถึงข้อสอบข้อเดียวกันนำไปใช้สอบกับกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน ซึ่งกลุ่มเก่งควรจะทำข้อสอบนั้นถูกต้องมากกว่ากลุ่มอ่อน ยิ่งค่า R มีค่ามากจะบ่งบอกถึงอำนาจในการจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อนได้มาก กล่าวคือกลุ่มอ่อนตอบข้อนั้นผิดหมดทุกคน และกลุ่มเก่งตอบข้อนั้นถูกหมดทุกคน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นจำแนกได้ดี โดยข้อสอบที่ถือว่ามีคุณภาพคือข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป นอกจากนั้นได้ทำการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธี KR-20 ของคูเดอร์ - ริชาดสัน (Kuder-Richardson) ซึ่งเหมาะกับข้อสอบแบบเลือกตอบ (ประสพชัย พสุนนท์, 2557)

จากผลการทดสอบความรู้ก่อน และหลังการอบรมพบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังการอบรมสูงกว่าคะแนนสอบก่อนอบรม เนื่องจากผู้อบรมได้มีการปฏิบัติการอบรมด้วยตัวเองโดยมีผู้วิจัยได้ทำการอธิบายขั้นตอนโดยละเอียด และมีการตอบข้อซักถาม รวมถึงมีการอภิปรายเพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้อบรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความพึงพอใจในการอบรมเชิงปฏิบัติการที่พบว่าผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจในการอบรมมากที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ความมีการศึกษาสารช่วยติดสีที่เหมาะสมกับการใช้พลาสมาเย็น

5.3.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดสอบคุณภาพของเส้นใยด้านความแข็งแรง

5.3.3 ควรเพิ่มการทดสอบด้านการต้านแบคทีเรียของเส้นใยที่ฉายพลาสมาเย็น

5.3.4 ควรมีการประเมินความคุ้มทุนของการใช้เครื่องฉายพลาสมาเย็น

5.3.5 ควรเพิ่มวิธีการทดลองการฉายพลาสมาเย็นกับผ้าชนิดอื่น ๆ ให้มีความหลากหลายของเส้นใย


มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
ในพระบรมราชูปถัมภ์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เกชา ลาวงษา, สุจาริณี สังข์วรรณะ, และวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์. (2565). การศึกษาการย้อมสีใบตะขบ ด้วยฝางเพื่องานพิมพ์สีธรรมชาติด้วยเทคนิคการถ่ายโอนสีสู่ผ้าฝ้าย. *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *17*(3); 87-95.

กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2556). องค์ความรู้ไม้สักไทย. กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

โครงการส่งเสริมการใช้ชีวิตตามแนวพระราชดำริเศรษกิจพอเพียง. (2566). องค์การบริหารส่วนตำบลหนองหงส์ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช.

งามจิตร ถวัลยวิชจิต. (2566). ความรู้สิ่งทอเบื้องต้น, เอกสารประกอบการบรรยายเทคนิคการพิมพ์สิ่งทอ, สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, กรุงเทพมหานคร.

จิณห์นิภา ปาวะภินันท์. (2564). การประเมินอายุคราบเลือดจากการวัดค่าสีด้วย Spectrophotometer และด้วยเทคนิค ATR-FTIR. *วิทยานิพนธ์. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ระดับปริญญามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร*.

จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร. (2559). การสกัดสารพฤกษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากเพกา.http://digital_collect.lib.buu.ac.th/ dcms/files/57920925.

ชินานาฏ วิทยาประภากร, ธนวรรธน์ วัชรดำรงศักดิ์, ญาณิศา โกมลสิริโชค, รัชต์พงษ์ หอชัยรัตน์, และสุริยนต์ สูงคำ. (2565). การจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนากระบวนการผลิต ผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. รายงานกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม.https://explore.nrct.go.th/file_upload/submitter/file_upload/hjI2fRxPxdALvcG7kRM31b3110e.pdf?utm_source=chatgpt.com

ฐานข้อมูลสมุนไพร เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, (2565). พืชสมุนไพร. https://apps.phar.ubu.ac.th/phargarden/main.php

ณัฐธิดา ภู่จีบ. (2566). การศึกษาความแตกต่างของการติดสีสำหรับพืชแต่ละชนิด ผ่านการทดลองมอร์แดนท์ธรรมชาติด้วยเทคนิค Eco-printing. *วารสารศิลป์ พีระศรี*, *11*(1), 1-18.

ณัฐพร จันทร์ฉาย, นิติกาญจน์ นาคประสม, และเกศินี วีรศิลป์. (2567). แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าพิมพ์สีธรรมชาติ (Eco Print) เพื่อสร้างเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์และงานหัตถกรรมของกลุ่มธุรกิจชุมชนบ้านแม่ลานเหนือ จังหวัดแพร่. *RMUTL Journal of Socially Engaged Scholarship*, *8*(1). 77-86

ดารณี ขันเพ็ชร. (2556) อิทธิพลของสารมอร์แดนท์ต่อสมบัติการย้อมเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากใบสัก. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, 5*, 357–363.

ไทยพีบีเอส. (2567). Eco print รักษ์โลกบนผืนผ้า เน้นตลาด Digital สร้างรายได้ยุคโควิด. องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. https://www.thaipbs.or.th/news/content/322447

ธีรวรรณ บุญญวรรณ และหมุดตอเล็บ หนิสอ. (2562). พลาสมาเย็น(ว่าที่)เทคโนโลยีเพื่อเกษตรสีเขียวและอาหารปลอดภัย. http://www.thaiphysoc.org/article/166

ธีรศักดิ์ อุ่นอารมย์เลิศ. (2549). เครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา การสร้างและการพัฒนา. ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นิตยาพร ไชยขันธ์. (2550) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคอมพิวเตอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นิตยา ชะนะญาติ. (2544). การพัฒนาการสกัดอินดิโกจากครามและฮอมเพื่อใช้ในการย้อมสีธรรมชาติ. วิทยานพนธวิทยาศาสตรมหาบณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นรเทพ โปธิเป็ง, ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, และรัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์. (2563). สมบัติความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายที่พิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยสีดินแดง. *วารสารวิจัย TUK ราชมงคลกรุงเทพ*, *14*(2), 91-102.

ปณิธาน สุระยศ. (2552). ผลของมอร์แดนท์ต่อความคงทนของสีและการดูดซับสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากผลมะกายคัดบนเส้นด้ายฝ้าย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประภากร สุคนธมณี. 2560. สีสันจากพันธุ์พฤกษา. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย*, 183 – 201.

ประสพชัย พสุนนท์. (2557). ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ในการวิจัยเชิงปริมาณ. *วารสารปาริชาต มหาวิทยาลัยทักษิณ*, *27*(1), 145-163.

พรเพ็ญ โชชัย, ระมัด โชชัย, และเมทินี ทวีผล. (2565). การพัฒนาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีย้อมธรรมชาติ: กรณีศึกษาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกประดู่ของชุมชนในเขตตำบลนาบ่คำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร. *วารสารสักทอง*, *14*(2), 26-45.

ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ, สุภารัตน์ รักชลธี และวรา ชัยนิตย์. (2558). การพัฒนาสีพลาสติกซอลจาก EVA สำหรับงานพิมพ์สกรีน. คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

ภาณุมาศ ฤทธิไชย, เยาวพา จิระเกียรติกุล, และมณีรัตน์ สิงหวิบูลย์. (2563). ผลของพลาสมาแบบไดอิเล็กทริคแบริเออร์ดิสชาร์จต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารทุติยภูมิของต้นอ่อนผักกาดหอม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *28*(11), 200-2011.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2554). การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์. (พิมพ์ครั้งที่ 3). ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมม หาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552). วิธีทดสอบสิ่งทอ มอก.121 เล่ม 25 ความคงทนของสีต่อน้ำ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

เยาวมาลย์ สมประสงค์, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, และสาคร ชลสาคร. (2566). การพิมพ์สกรีนผ้าฝ้ายด้วยสีผงธรรมชาติจากใบลำไยผสมผสานศิลปะล้านนา. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 17 สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์. (น.50-57).

รจนา อินทจักร์ และวารุณี สาลียงพวง. (2551). การศึกษาการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีเสียด, โครงการในงานเคมีสิ่งทอระดับปริญญาตรี, คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร.

รวีพร พลพืช. (2567). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมาเย็นสำหรับกระบวนการแปรรูปอาหารและเครื่องดื่ม. Food focus Thailand. https://www.foodfocusthailand.com/eBook/212/mobile/index.html#p=40

ราตรี นันทสุคนธ์. (2554). การวิจัยในชั้นเรียนและการวิจัยพัฒนาการเรียนการสอน. จุดทอง.

รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์. (2549). วิธีการทดสอบความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี. (2549). ศึกษากระบวนการย้อมสีที่ได้จากธรรมชาติและสีสังเคราะห์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วลัยกร นิตยพัฒน์. (2556). วิทยาศาสตร์ของสี. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *คหกรรมศาสตร์ มศว*, *13*(1), 2-24.

วัฒนชัย ตรุศบรรจง. (2566). ความรู้สิ่งทอเบื้องต้น, เอกสารประกอบการบรรยายการพิมพ์เบื้องต้น, สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, กรุงเทพมหานคร.

วินัย อุดมทรัพย์. (2535). การใช้สีธรรมชาติจากพืชย้อมผ้า. *Asian Creative Architecture, Art and Design*, *2*(1), 73–82. https://so04.tci-thaijo.org/ index.php/ archkmitl/ article/view/4120

วิชาญ วันโพนทอง. (2548). การย้อมสีด้วยสีธรรมชาติ. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, 53(168), 35-37.

วิชชุดา ยิ่งนคร, พรทิพย์ ธูปถมพงศ์, บุษรา จงรวยทรัพย์, ชุติพร ณ ลำปาง, และกฤตไชย พลินทรนันท์. (2565). ผลของสารช่วยติดสีธรรมชาติต่อเฉดสีและความคงทนของสี ของเส้นไหมที่ย้อมสีจากฝาง. รายงานผลการวิจัยหม่อนไหม ประจำปี 2565. กรมหม่อนไหม

วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์, สุจาริณี สังข์วรรณะ, ภัทรภร พุฒพันธ์, ธิติรัตน์ วงษ์กาฬสินธุ์, ณรัช พรนิธิบุญ, และธนัง ชาญกิจชัญโญ. (2565). การพิมพ์สีธรรมชาติจากใบเพกาด้วยเทคนิคการถ่ายโอนสีสู่ผ้าฝ้าย. *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *17*(1), 45-55.

ศิริชัย กาญจนวาสี, ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์, และดิเรก ศรีสุโข. (2554). การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย. (พิมพ์ครั้งที่ 6). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชาติ ธรรมนิติเวทย์. (2562). การสกัดสารสีจากใบพืชสำหรับใช้ในการศึกษาทางสรีรวิทยาของพืช. *เกษตรนเรศวร*, *16*(1), 73-81.

สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2565). พลาสมาเย็น (ว่าที่) เทคโนโลยีเพื่อเกษตรสีเขียวและอาหารปลอดภัย. http://www.thaiphysoc.org/article/166/

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดสงขลา. (2567). Eco-print ผ้าย้อมสีใบไม้ ที่ถ่ายทอดสีสันจากธรรมชาติ สู่ความงามบนผืนผ้า ต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชนบ้านบาโหย อำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา. https://songkhla.prd.go.th/th/content/category/detail/id/33/iid/103421.

อัจฉราพร ไศละสูต. (2524). การออกแบบลายผ้าและเทคนิคการพิมพ์, ห้างหุ้นส่วน สหประชาพาณิชย์.

อารีย์ ขุนทน. (2554). สัมภาษณ์ประธานกลุ่มผ้ามัดย้อมสีธรรมชาติหมู่บ้านคีรีวง ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช.https://songkhla.cdd.go.th/2022/02/18/mudyom-bankiriwong

Aspland, J. R. (1997). Textile Dyeing and Coloration, American Association of Textile Chemicals and Colorists.

Ahmed, H. M., Shujahadeen, B. A., Omed, G h., & Abdullah A. M. H., (2017). From Insulating PMMA Polymer to Conjugated Double Bond Behavior: Green Chemistry as a Novel Approach to Fabricate Small Band Gap Polymers. *Polymers, 9*(626), 5-15.

Boruah, S., & Baishya, K. (2015). ECO-PRINTING OF ERI SILK WITH TURMERIC NATURAL DYE. *International Journal of Textile and Fashion Technology (IJTFT)*, *5*(4), 27-32.

Bhuyan, R. (2003). Extraction of natural colourants from roots of Morinda angustifolia Roxb., their identification and studies of dyeing characteristic on wool. *Indian J Chem Technol*, *10*(1), 131-136.

Bruna, F. & Isabel, C. (2022). Eco Printing of Linen and Tencel Substrates with Onion Skins and Red Cabbage. Materials Circular Economy, *4*(2), 2-12.

Bennett, C., Ngamrung, S., Ano, V., Sawangrat, C., & Boonyawan, D. (2023). Comparison of plasma technology for the study of herbicide degradation. *Royal Society of Chemistry Journals*, *13*(21), 14078–14088.

Chaeyeon, K., & Younsook, S. (2011). Eco-printing Using Chitosan and Natural Colorants (2). *Textile Coloration and Finishing*, *2*(3), 169-178.

Dawood Y.A, Al. Fadal S.A.M, Almousawi U.M.N, Al-Hejjaj M.Y. (2021). Antioxidant Activity and In-Silico Study of Anthraquinone Glycosides Extracted from Cassia Fistula Against the Main Protease (7 BUY) In SARS-COV2. Biomed *Pharmacol J*, *14*(3).

Doaa, M. Hamdya., Hanan, A., Othmana & Ahmed G., Hassabob. (2021). Various Natural Dyes Using Plant Palette in Coloration of Natural Fabrics. *National Information and Documentation Centre (NIDOC)*, *18*(2), 121-141.

Dobrynin, D., Kalghatgi, S., Fridman, G., Wu, A., Podolsky, E., Barbee, K., Brooks, A., Friedman, G., & Fridman, A. (2009). Toxicity of low temperature plasma treatment of living tissue Drexel IEEE Graduate Forum. *Technical Poster Symposium*, 1124-1128.

Dragos, C., Cristian T., Maria C., Crina S., Alexandra U., Alexandru T., Marcela C.u., Lucian B.T., & Ioana S., (2023). Modification of Cotton and Leather Surfaces Using Cold Atmospheric Pressure Plasma and TiO_2-SiO_2-Reduced Graphene Oxide Nanopowders. *Materials*, *16*(1397), 2-19.

Denis, P. D., Oneill F.T., Langlais. S.J., & Law, V.J., (2011). Influence of dc Pulsed Atmospheric Pressure Plasma Jet Processing Conditions on Polymer Activation. *Plasma Process Polym*, *8*(1), 718–727.

Griffiths, J. C. (2005). Coloring Food & Beverages. *Food technology*, *59*(5), 38-44.

Inbakumar, S., Inbakumar, S., Morent, R., Geyter, N,De., Desmet, T., Anukaliani, A., Dubruel, P., & Leys, P., (2009). Chemical and physical analysis of cotton fabrics plasma-treated with a low pressure DC glow discharge. *Cellulose*, *17*(1), 417–426.

Jelil, R. A. (2015). A review of Scrivener Publishing LLC: Beverly, MA, USAlow-temperature plasma treatment of textile materials. *Journal of Materials Science*, *50*(1), 5913–5943.

Kaygusuz, M,. Michael, M,. Frauke, J,. & Ahmet, A,. (2018). Modification of Leather Surface with Atmospheric Pressure Plasma and Nanofinishing, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, *57*(4), 260-268.

Max S., Nikita B., Kirill S., & George C., (2567). Desbordante: a Framework for Exploring Limits of Dependency Discovery Algorithms. Proceedings of the 29th Conference of Open Innovations Association FRUCT.

Misra, N.N., Pankaj, S.K., Segat, A., & Ishikawa, K. (2016). Cold plasma interactions with enzymes in foods and model systems. *Trends in Food Science & Technology*, *55*(2), 39-47.

Morshed M.M,. Ali S., & Shaikh A.J., (2010). Atmospheric plasma treatment on jute fabric: Study of surface morphology and mechanical properties. *Surface and Coatings Technology*, *204*(16–17), 2635–2641.

Marija G., Vili B., Marija G., & Miran M,. (2010). CF4 plasma and silver functionalized cotton. *Textile Research Journal*, *80*(20), 2204–2213.

Morent, R., De Geyter, N., Desmet, T., Dubruel, P., & Leys, C. (2011). Plasma surface modification of biodegradable polymers: A review. *Plasma processes and polymers*, *8*(3), 171-190.

Prasad P., & Williams D., (1991). Introduction to Nonlinear Optical Effects in Molecules and Polymers. Wiley.

Pan H., Wang G., Pan J., Ye G., Sun K., Zhang J., & Wang J,. (2015). Cold plasmainduced surface modification of heat-polymerized acrylic resin and prevention of early adherence of Candida albicans. *Dental Materials Journal*, *34*(4), 529-536.

Puntener, A., & Cambell, P. (2003). European Ban on Certain Azo Dyes. *Leather International*, 50-51.

Poramapijitwat, P., Thana, P., Sukum, P., & Boonyawan, D. (2023). Selective Cytotoxicity of Lung Cancer Cells-A549 and H1299-Induced by Ringer's Lactate Solution Activated by a Non-thermal Air Plasma Jet Device, Nightingale. *Plasma Chem Plasma Process*, 43, 805–830.

Pan, H., Wang, G., Pan, J., Ye, G., Sun, K., Zhang, J., & Wang, J. (2015). Cold plasmainduced surface modification of heat-polymerized acrylic resin and prevention of early adherence of Candida albicans. *Dental Materials Journal*, *34*(4), 529-536.

Pahanthihage, D, P,. (2022). Using Teak Leaves As Natural Dye And An Ecoprinting Material To Imprint Motifs On Silk Fabrics. *CORAK Jurnal Seni Kriya*, *7*(1), 9-22.

Shishoo. R,. (2007). Plasma technologies for textiles. Woodhead.

Shanker, M. A., Khanashyam, A.C., Pandiselvam, R., Kumar, M., & Kothakota, A., (2023). Implications of cold plasma and plasma activated water on food texture-a review. *Food Control*, *1*(1), 151-161.

Samanta, A,. k., & Agarwal, P,. (2009). I Application of natural dyes on textiles. *Indian Journal of Fibre & Textile Research, 34*, 384-399.

Sabaric, I,. (2025). Genetsko testiranje u zivotnom osiguranju: izazovi, prilike i buducnost. *Hrvatski casopis za OSIGURANJE, 12*, 143-154.

H. M. Ahmed., K. A. Ahmed, H. M. Mashaly, & A. A. El-Halwagy. (2017). Treatment of Cotton Fabric with Dielectric Barrier Discharge (DBD) Plasma and Printing with Cochineal Natural Dye. *Indian Journal of Science and Technology, 10*(10), 1-10.

Haji. A., (2019). Dyeing of Cotton Fabric with Natural Dyes Improved by Mordants and Plasma Treatment. Prog. *Color Colorants Coat, 12*, 191-201.

HunterLab, 2020, CIELAB. https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/

Thana, P., Wijaikhum, A., Poramapijitwat, P., Sarapirom, S., & Boonyawan, D. (2019). A compact pulse-modulation cold air plasma jet for the inactivation of chronic wound bacteria: development and characterization. *Heliyon Journal, 5*(9), 2-11.

Vastrad, J.V., & Sangannavar, V.V. (2018). Commercialization of cassia tora gums in eco-printing of textiles. *International Journal of Home Science, 13*(1), 345-351.

Víctor, M., Arlos, R.S., Carlota, H.F., Elena, B.G., Francisca, A.A., & Elena O.C. (2024). Improving Cotton Fabric Dyeability by Oxygen Plasma Surface Activation Carlos Ruzafa-Silvestre. *Surfaces, 7*(4), 1079-1095

Watters, C., & Cantero, A. (1964). Rat Liver Parenchymal Cell Function during Azo Dye Carcinogenesis. *Cancer Research, 25*. 67-71.

Xuemei, W., Zhao, H., Chen, F., Ning, X., Chen, S,. Guan, Q., Jiang, S., & Miao, D. (2019). The Application of Atmospheric Plasma for Cotton Fabric Desizing. *Fibers and Polymers, 20*(11), 2334-2341.

Yi J., Zhen C., Yimo H., P., Hui G., Saien X., Prafull P., Mark W., Tate., Jiwoong P., Sol M., Gruner., Veit E., & David A., M., (2018). Electron ptychography of 2D materials to deep sub-angstrom resolution. Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature. *All Science Journal Classification (ASJC) codes*. 559. 343-350.

Zeb, A,. & Mehmood, S., (2004). Carotenoids Contents from Various Sources and Their Potential Health Application. *Pakistan journal of Nutrition, 3*(3), 199–204.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY ในพระบรมราชูปถัมภ์



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ

และผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	ตำแหน่ง
อาจารย์ ดร.จุรีมาศ ดีอำมาตย์	อาจารย์ประจำหลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
รศ.ดร.เมษา นวลศรี	อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผศ.เอกชัย จงเสรีเจริญ	อาจารย์ประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อาจารย์ภัทรภร พุฒพันธ์	อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผศ.ดร นพมาศ ประทุมสูตร	อาจารย์ประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
ในพระบรมราชูปถัมภ์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๐ ๒๙๐๙ ๔๐๔๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/๑๙๔ **วันที่** ๑๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกชัย จงเสรีเจริญ

ด้วยนายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ รหัสนักศึกษา ๖๕๐๗๔๖๓๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง“การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณยนุช นิลแสง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๔-๙๒๔๖๖๑๖ จะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY

หมายเลขอ้างอิง 190115UBWV93381
URL https://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๐ ๒๙๐๙ ๔๐๔๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/๑๙๓ **วันที่** ๑๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมาศ ประทุมสูตร

ด้วยนายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ รหัสนักศึกษา ๖๕๑๗๔๖๓๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง"การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณยนุช นิลแสง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๔-๙๒๔๖๖๑๖ จะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
ในพระบรมราชูปถัมภ์

หมายเลขอ้างอิง 19011ICOKM44019
URL https://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๐ ๒๙๐๙ ๔๐๔๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/๑๙๒ **วันที่** ๑๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ภัทรภร พุฒพันธ์

ด้วยนายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ รหัสนักศึกษา ๖๕๗๔๖๓๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณยนุช นิลแสง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๔-๙๒๔๖๖๑๖ จะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
ในพระบรมราชูปถัมภ์

หมายเลขอ้างอิง 19011Y1GX949381
URL https://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๐ ๒๙๐๙ ๔๐๔๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/๑๙๑ **วันที่** ๑๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.เมษา นวลศรี

ด้วยนายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ รหัสนักศึกษา ๖๕U๗๔๖๓๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง“การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น”โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณยนุช นิลแสง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๔-๙๒๔๖๖๑๖ จะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
ในพระบรมราชูปถัมภ์

หมายเลขอ้างอิง 190112TK1C13182
URL https://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๐ ๒๙๐๙ ๔๐๔๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/๑๙๐ **วันที่** ๑๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.จุรีมาศ ดีอำมาตย์

ด้วยนายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ รหัสนักศึกษา ๖๕๗๔๖๓๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาคุณภาพการติดสีและความคงทนของสีพิมพ์จากใบไม้บนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคพลาสมาเย็น” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณยนุช นิลแสง เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๔-๙๒๔๖๖๑๖ จะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
ในพระบรมราชูปถัมภ์

หมายเลขอ้างอิง 19011HDO6O67130
URL https://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

แบบการประเมินข้อคำถามความพึงพอใจในการอบรม

การตรวจสอบข้อคำถามโดยผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และกรอกผลการพิจารณาดัชนีความสอดคล้อง (Index of tem- Objective Congruence; IOC) ระหว่างคำถามรายข้อกับวัตถุประสงค์ หรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยผู้เชี่ยวชาญต้องประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับคือ

+1 แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

0 ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

-1 แน่ใจว่าข้อคำถามของเครื่องมือนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ลำดับ	รายการ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	หมายเหตุ
ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้อบรม					
1	ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในการอบรม				
2	ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการอบรม				
3	ความเหมาะสมของกิจกรรมการอบรม				
4	ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม				
ด้านวิทยากรผู้ให้การอบรม					
5	ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร				
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก					
6	ความเหมาะสมของสถานที่ที่ใช้ในการอบรม				
7	ความเหมาะสมของอุปกรณ์และโสตทัศนูปกรณ์				
ด้านคุณภาพการบริการ					
8	ความรู้ และประโยชน์ในการเข้ารับการอบรม				
9	ความสามารถนำความรู้จากการอบรมไปใช้ได้จริง				
10	ความพึงพอใจต่อการอบรมโดยภาพรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง
แบบประเมินข้อคำถามที่มีต่อการทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้สีจากธรรมชาติ (ECO PRINTING)

ความพึงพอใจ	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลรวมของคะแนน	ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้อบรม								
1. ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในการอบรม	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
2. ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการอบรม	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3. ความเหมาะสมของกิจกรรมการอบรม	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านวิทยากรผู้ให้การอบรม								
5. ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก								
6.ความเหมาะสมของสถานที่ที่ใช้ในการอบรม	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7.ความเหมาะสมของอุปกรณ์และโสตทัศนูปกรณ์	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านคุณภาพการบริการ								
8.ความรู้ และประโยชน์ในการเข้ารับการอบรม	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
9.ความสามารถนำความรู้จากการอบรมไปใช้ได้จริง	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
10.ความพึงพอใจต่อการอบรมโดยภาพรวม	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

แบบประเมินความพึงพอใจในการผู้อบรม
โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่องการทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้สีจากธรรมชาติ (ECO PRINTING)
บรรยายโดย นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ ☐ 20-30 ☐ 31-40 ☐ 41-50 ☐ 51-60 ☐ 61-70 ☐ 70 ขึ้นไป

ตอนที่ 2 คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ลงในช่องว่างตามระดับความพึงพอใจที่ท่านได้รับ

1 หมายถึง น้อยที่สุด 4 หมายถึง มาก

2 หมายถึง น้อย 5 หมายถึง มากที่สุด

3 หมายถึง ปานกลาง

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการให้อบรม						
1	ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในการอบรม					
2	ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการอบรม					
3	ความเหมาะสมของกิจกรรมการอบรม					
4	ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกอบรม					
ด้านวิทยากรผู้ให้การอบรม						
5	ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร					
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก						
6	ความเหมาะสมของสถานที่ที่ใช้ในการอบรม					
7	ความเหมาะสมของอุปกรณ์และโสตทัศนูปกรณ์					
ด้านคุณภาพการบริการ						
8	ความรู้ และประโยชน์ในการเข้ารับการอบรม					
9	ความสามารถนำความรู้จากการอบรมไปใช้ได้จริง					
10	ความพึงพอใจต่อการอบรมโดยภาพรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง
แบบประเมินข้อคำถามที่มีต่อข้อสอบการทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้สีจากธรรมชาติ (ECO PRINTING)

ความพึงพอใจ	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลรวมของคะแนน	ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.เส้นใยที่เหมาะสมนำมาพิมพ์ผ้าลายใบไม้มากที่สุดคือเส้นใยอะไร ก. ไนลอน ข. ผ้าฝ้าย ค. ผ้าใยสังเคราะห์ ง. ผ้าโพลีเอสเตอร์	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
2. ข้อใดคือเส้นใยที่มาจากธรรมชาติ ก. ผ้าฝ้าย ข. ผ้าไหม ค. ผ้าลินิน ง. ถูกทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3. ข้อใดคือเส้นใยที่มาจากพืช ก. ผ้าไหม ข. ผ้าฝ้าย ค. ผ้าขนแกะ ง. ถูกข้อ	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
4. เส้นใยที่นิยมใช้กันในประเทศไทย คือ ก. เส้นใยไหม ข. เส้นใยฝ้าย ค. เส้นใยลินิน ง. ถูกทุกข้อ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5. ข้อใดคือผ้าใยสังเคราะห์ ก. ในลอน ข. ใยบัวผสมไหม ค. กล้วยผสมฝ้าย ง. ฝ้ายผสมไหม	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6. ใบไม้ในข้อใดที่ให้สีดีที่สุด ก. ใบสัก ข. ใบมันสำประหลัง ค. ใบบอนสี ง. ใบรัก	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง

ความพึงพอใจ	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลรวมของคะแนน	ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
7. ใบไม้กลุ่มใดให้โทนสีเหลือง ก. เพกา ปีบ ละหุ่ง ข. สัก ตะขบ คูณ ค. คูณ เพกา ปีบ ง. สบู่เลือด คูณ ปีบ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8. ใบไม้ชนิดใดที่บงบอกว่าเป็นราชินีแห่งผ้าพิมพ์ ก. ใบสัก ข. ใบปีบ ค. ละหุ่ง ง. เพกา	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
9. ใบไม้ควรเก็บตอนไหน ก. กลางคืน ข. กลางวัน ค. เย็น ง. เช้า	1	1	1	1	-1	3	1.00	สอดคล้อง
10. การเก็บรักษาใบไม้ควรเก็บแบบใด ก. ใส่ถุงแช่ช่องฟิต ข. เรียงใส่ถุง แช่ช่องผัก ค. แช่น้ำแข็ง ง. แช่น้ำเปล่า	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11. ข้อใดคือสารช่วยติดสีที่ใช้ในการทำผ้าพิมพ์สีจากธรรมชาติ ก. น้ำส้มสายชู สนิมเหล็ก ปูนขาว ข. น้ำปูนใส น้ำเปล่า เกลือ ค. สนิมเหล็ก เกลือ ปูนขาว ง. น้ำส้มสายชู ผงซักฟอก น้ำยาปรับผ้านุ่ม	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
12. ข้อใดมีคุณสมบัติเป็น กรด ก. ปูนขาว ข. น้ำส้มสายชู ค. ผงเหล็ก ง. สารส้ม	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง

ความพึงพอใจ	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลรวมของคะแนน	ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
13.ข้อใดมีคุณสมบัติเป็น ด่าง ก. ปูนขาว ข. น้ำส้มสายชู ค. ผงเหล็ก ง. สารส้ม	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
14.ข้อใดมีคุณสมบัติปรับสารช่วยติดให้เป็นกลาง ก. ปูนขาว ข. น้ำส้มสายชู ค. ผงเหล็ก ง. สารส้ม	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
15. หลักการของสารช่วยติดสีคืออะไร ก. ช่วยให้สีติดทนนาน ข. ช่วยให้สีหลุดง่าย ค. ช่วยให้สีสว่างขึ้น ง. ช่วยให้สีเข้มขึ้น	1	1	1	1	-1	3	0.60	สอดคล้อง
16. ผ้าพิมพ์ลายใบไม้ควรนึ่งผ้าอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส ก. 50 องศาเซลเซียส ข. 60 องศาเซลเซียสค. ค. 70 องศาเซลเซียส ง. 100 องศาเซลเซียส	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
17. ระยะเวลาการนึ่งควรนึ่งกี่นาทีดีที่สุด ก. 30 นาที ข. 60 นาที ค. 90 นาที ง. 120 นาที	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
18. วัสดุใดต่อไม่นี้เหมาะสมที่ จะใช้กับกระบวนการพิมพ์ผ้า	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง

ความพึงพอใจ	ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลรวมของคะแนน	ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ก. แผ่นพลาสติกใส ข. ถุงดำที่มีความหนา ค. แผ่นพลาสติกคลุมดิน ง. ถูกทุกข้อ								
19. วัสดุอุปกรณ์ใดที่จำเป็นในการพิมพ์ผ้ามากที่สุด ก. ลังถึง ข. แก๊ส ค. เชือกสำหรับมัด ง. จำเป็นทุกข้อ	1	1	1	1	-1	3	0.60	สอดคล้อง
20. ขั้นตอนใดที่ไม่สำคัญที่สุดในการพิมพ์ผ้า ก. การเตรียมและผสมสารช่วยติดสี ข. การนึ่ง ค. การม้วนผ้า ง. การวางใบไม้	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ค่า IOC ของแบบทดสอบความรู้ผู้เข้ารับการอบรม

ข้อที่	ความสอดคล้อง(IOC)	ผลการพิจารณา
1.	0.80	สอดคล้อง
2.	1.00	สอดคล้อง
3.	0.80	สอดคล้อง
4.	1.00	สอดคล้อง
5.	0.80	สอดคล้อง
6.	0.80	สอดคล้อง
7.	1.00	สอดคล้อง
8.	0.80	สอดคล้อง
9.	1.00	สอดคล้อง
10.	1.00	สอดคล้อง
11.	0.80	สอดคล้อง
12.	0.80	สอดคล้อง
13.	1.00	สอดคล้อง
14.	0.80	สอดคล้อง
15.	0.60	สอดคล้อง
16.	1.00	สอดคล้อง
17.	1.00	สอดคล้อง
18.	0.80	สอดคล้อง
19.	0.60	สอดคล้อง
20.	0.80	สอดคล้อง

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความรู้ผู้เข้าอบรม

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก(D)	ผลการพิจารณา
1.	0.53	0.00	เหมาะสมดี
2.	0.70	0.07	เหมาะสมดี
3.	0.77	0.47	เหมาะสมดี
4.	0.63	0.07	เหมาะสมดี
5.	0.77	0.27	เหมาะสมดี
6.	0.73	0.33	เหมาะสมดี
7.	0.63	0.13	เหมาะสมดี
8.	0.67	0.20	เหมาะสมดี
9.	0.63	0.07	เหมาะสมดี
10.	0.67	0.13	เหมาะสมดี
11.	0.63	0.27	เหมาะสมดี
12.	0.67	0.40	เหมาะสมดี
13.	0.57	0.27	เหมาะสมดี
14.	0.56	0.07	เหมาะสมดี
15.	0.77	0.20	เหมาะสมดี
16.	0.67	0.20	เหมาะสมดี
17.	0.77	0.07	เหมาะสมดี
18.	0.57	0.20	เหมาะสมดี
19.	0.57	0.07	เหมาะสมดี
20.	0.77	0.09	เหมาะสมดี



ภาคผนวก ข

การถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลงานวิจัยสู่ชุมชน

แบบทดสอบความเข้าใจก่อนและหลัง
การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้สีจากธรรมชาติ (ECO PRINTING)

ชื่อ.....นามสกุล.....

<u>คำชี้แจง</u> จง × ข้อที่ถูกเพียงข้อเดียว

1.เส้นใยที่เหมาะสมนำมาพิมพ์ผ้าลายใบไม้มากที่สุดคือเส้นใยอะไร

ก. ไนลอน ข. ผ้าฝ้าย
ค. ผ้าใยสังเคราะห์ ง. ผ้าโพลีเอสเตอร์

2. ข้อใดคือเส้นใยที่มาจากธรรมชาติ

ก. ผ้าฝ้าย ข. ผ้าไหม
ค. ผ้าลินิน ง. ถูกทุกข้อ

3. ข้อใดคือเส้นใยที่มาจากพืช

ก. ผ้าไหม ข. ผ้าฝ้าย
ค. ผ้าขนแกะ ง. ถูกข้อ

4. เส้นใยที่นิยมใช้กันในประเทศไทย คือ

ก. เส้นใยไหม ข. เส้นใยฝ้าย
ค. เส้นใยลินิน ง. ถูกทุกข้อ

5. ข้อใดคือผ้าใยสังเคราะห์

ก. ในลอน ข. ใยบัวผสมไหม
ค. กล้วยผสมฝ้าย ง. ฝ้ายผสมไหม

6. ใบไม้ในข้อใดที่ให้สีดีที่สุด

ก. ใบสัก ข. ใบมันสำประหลัง
ค. ใบบอนสี ง. ใบรัก

7. ใบไม้กลุ่มใดให้โทนสีเหลือง

ก. เพกา ปีบ ระหุ่ง ข. สัก ตะขบ คูณ
ค. คูณ เพกา ปีบ ง. สบู่เลือด คูณ ปีบ

8. ใบไม้ชนิดใดที่บงบอกว่าเป็นราชินีแห่งผ้าพิมพ์

ก. ใบสัก ข. ใบปีบ
ค. ระหุ่ง ง. เพกา

9. ใบไม้ควรเก็บตอนไหน

ก. กลางคืน ข. กลางวัน
ค. เย็น ง. เช้า

10. การเก็บรักษาใบไม้ควรเก็บแบบใด

ก. ใส่ถุงแช่ช่องฟิต ข. เรียงใส่ถุง แช่ช่องผัก

ค. แช่น้ำแข็ง ง. แช่น้ำเปล่า

11. ข้อใดคือสารช่วยติดสีที่ใช้ในการทำผ้าพิมพ์สีจากธรรมชาติ

ก. น้ำส้มสายชู สนิมเหล็ก ปูนขาว ข. น้ำปูนใส น้ำเปล่า เกลือ

ค. สนิมเหล็ก เกลือ ปูนขาว ง. น้ำส้มสายชู ผงซักฟอก น้ำยาปรับผ้านุ่ม

12. ข้อใดมีคุณสมบัติเป็น กรด

ก. ปูนขาว ข. น้ำส้มสายชู

ค. ผงเหล็ก ง. สารส้ม

13.ข้อใดมีคุณสมบัติเป็น ด่าง

ก. ปูนขาว ข. น้ำส้มสายชู

ค. ผงเหล็ก ง. สารส้ม

14.ข้อใดมีคุณสมบัติปรับสารช่วยติดให้เป็นกลาง

ก. ปูนขาว ข. น้ำส้มสายชู

ค. ผงเหล็ก ง. สารส้ม

15. หลักการของสารช่วยติดสีคืออะไร

ก. ช่วยให้สีติดทนนาน ข. ช่วยให้สีหลุดง่าย

ค. ช่วยให้สีสว่างขึ้น ง. ช่วยให้สีเข้มขึ้น

16. ผ้าพิมพ์ลายใบไม้ควรนึ่งผ้าอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส

ก. 50 องศาเซลเซียส ข. 60 องศาเซลเซียส

ค. 70 องศาเซลเซียส ง. 100 องศาเซลเซียส

17. ระยะเวลาการนึ่งควรนึ่งกี่นาทีดีที่สุด

ก. 30 นาที ข. 60 นาที

ค. 90 นาที ง. 120 นาที

18. วัสดุใดต่อไม่นี้เหมาะสมที่จะใช้กับกระบวนการพิมพ์ผ้า

ก. แผ่นพลาสติกใส ข. ถุงดำที่มีความหนา

ค. แผ่นพลาสติกคลุมดิน ง. ถูกทุกข้อ

19. วัสดุอุปกรณ์ใดที่จำเป็นในการพิมพ์ผ้ามากที่สุด

ก. ลังถึง ข. แก็ส

ค. เชือกสำหรับมัด ง. จำเป็นทุกข้อ

20. ขั้นตอนใดที่ไม่สำคัญที่สุดในการพิมพ์ผ้า

ก. การเตรียมและผสมสารช่วยติดสี ข. การนึ่ง

ค. การม้วนผ้า ง. การวางใบไม้

แบบเฉลย แบบทดสอบความเข้าใจก่อนและหลัง
การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้สีจากธรรมชาติ (ECO PRINTING)

1. ข
2. ง
3. ข
4. ข
5. ก
6. ก
7. ก
8. ก
9. ง
10. ข
11. ก
12. ข
13. ง
14. ก
15. ก
16. ค
17. ค
18. ง
19. ง
20. ก

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY ในพระบรมราชูปถัมภ์

คะแนนการทำแบบทดสอบก่อนและหลังอบรม

คนที่	คะแนนจากการทำแบบทดสอบ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		ผลต่าง	$(ผลต่าง)^2$
	คะแนนก่อนสอบ	คะแนนหลังสอบ		
1	6	13	7	49
2	5	12	7	49
3	8	15	7	49
4	4	16	12	144
5	3	16	13	169
6	8	14	6	36
7	6	15	9	81
8	5	15	10	100
9	7	14	7	49
10	6	16	10	100
11	5	13	8	64
12	4	14	10	100
13	6	15	9	81
14	4	15	11	121
15	5	16	11	121
16	6	17	11	121
17	4	17	13	169
18	6	15	9	81
19	6	13	7	49
20	4	14	10	100
21	3	12	11	121
22	7	13	6	36
23	9	13	4	16
24	6	15	9	81
25	7	17	10	100
26	7	15	8	64
27	4	14	10	100
28	4	14	10	100
29	3	13	10	100
30	4	15	9	81
รวม	**162**	**436**	**274**	**2551**
ค่าเฉลี่ย	**5.4**	**14.53**		

เอกสารประกอบการอบรม
กระบวนการพิมพ์สีจากใบไม้ธรรมชาติ (Eco printing)

วัสดุ อุปกรณ์

1. ผ้าฝ้าย ผ้าไหม หรือผ้าเส้นใยจากธรรมชาติ
2. ท่อซิลิโครน หรือ แกนม้วนจากไม้ไผ่
3. พลาสติกคลุมใส หรือถุงดำ
4. เชือกปอ เชือกฟาง เชือกผ้า หรือสายรัดแบบยืด
5. หม้อนึ่ง ลังถึง ตาแก๊ส หรือเตาถ่าน
6. กะละมังล้างผ้า
7. ตะกร้อตีไข่
8. ผ้าซับใน (สำหรับวิธีการห่ม)

วัสดุผสมสารช่วยติดผ้า

1. ผงเหล็ก
2. น้ำส้มสายชู 5 %
3. สารส้มแบบผงหรือแบบก้อน
4. ปูนขาว

1. สูตรวิธีการผสมสารช่วยติด สูตรสีเข้มของใบไม้ (สำหรับผ้ายาว 2 เมตร)

1. น้ำส้มสายชู 1 ลิตร
2. สารส้ม 80 กรัม
3. ผงเหล็ก 1 กรัม
4. ปูนขาว 35 กรัม

(การผสมสารช่วยติดให้เรียงไปตามลำดับของสูตรที่ชั่งตวงวัดเอาไป 1234 จากนั้นนำผ้าลงไปขยำ 10-15 นาที แล้วนำตากให้แห้ง)

วิธีการสกัดสีในการพิมพ์แบบห่มสี

1. สีชมพูจากฝางผง

วัตถุดิบที่ใช้ (อัตราส่วน 1:1) น้ำ 1 ลิตร ผงฝาง 1 ช้อนโต๊ะ

1. ฝางแบบผง ยี่ห้อ ท่าพระจันทร์ 5 ช้อนโต๊ะหรือช้อนที่แถมมากับผลิตภัณฑ์
2. น้ำเปล่า 5 ลิตร

วิธีการทำ

นำน้ำเปล่า 5 ลิตร เทลงหม้อต้ม เทผงฝางลงในหม้อคนให้ผงฝางละลาย นำตั้งไฟอ่อน-ปานกลาง เวลา 30 – 60 นาที (ยิ่งต้มนาสียิ่งเข้ม) จากนั้นนำพักไว้ให้เย็น

หมายเหตุ : การสกัดสีจากเปลือกไม้ ใบไม้ ที่ให้สีต่าง ๆ การสกัดสีต้องไฟอ่อน เวลา 30 นาทีขึ้นไป
คำเตือน : อย่าสกัดสีด้วยไฟแรง น้ำจะหายหมด ได้สีที่จะนำมาย้อมน้อย และห้ามใส่สารช่วยติดลงไปในน้ำต้มสีเด็ดขาด

พืชที่ให้สีจากธรรมชาติ

โทนสีเหลือง

- ขมิ้น ดาวเรือง ดอกจาน แก่นขนุน ใบเพกา

โทนเขียว

- ใบหูกวาง ใบมะม่วง ชาเขียว

โทนชมพู

- ฝาง ครั่ง(ออกชมพูไปทางแดง) เปลือกมะพร้าวอ่อน

โทนน้ำตาล

- ผลคูณ แก่นสะเดา เปลือกมะพร้าวแก่

โทนดำ

- มะเกลือสด

โทนเทา

-ผงมะเกลือ สมอ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา NAKHONSAWAN RAJABHAT UNIVERSITY ในพระบรมราชูปถัมภ์

1. การเลือกผ้า

จากการทดลองใช้ผ้าต่าง ๆ ได้แก่ ผ้าฝ้าย ผ้าสาลู ผ้ามัสลิน และผ้าลินิน จากการทดลองพบว่าผ้าฝ้ายจะพิมพ์สีธรรมชาติได้คมชัดดีกว่า ผ้าสาลูให้สีธรรมชาติแบบกระจาย ผ้ามัสลินจะรับสีจากน้อยกว่าผ้าฝ้ายแต่จะรับสีดอกไม้ได้หลายชนิดและได้ดีกว่าผ้าฝ้าย ผ้าลินินจะรับสีจากใบไม้ยากกว่าผ้าชนิดอื่นๆ ผ้าจากพืชจะนำมาพิมพ์สีธรรมชาติได้เป็นอย่างดี หากเป็นผ้าที่ทำมาจากใยสังเคราะห์ เช่น โพลีเอสเตอร์ จะติดสีธรรมชาติยาก และให้สีไม่ชัดเจน



ภาพที่ 1 การเลือกผ้า

2. การทำความสะอาดผ้า

แบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ การซักผ้า หรือการต้มผ้า การซักผ้าทำให้สารเคมีที่อาจจะติดมากับผ้าออกไป ซึ่งจะทำให้ไม่มีสารเคมีไปขัดขวางการติดสีของเมล็ดข้าว วิธีการซักสามารถซักด้วยน้ำยาซักผ้าหรือผงซักฟอก และตามด้วยน้ำสะอาด หรือสามารถเลือกวิธีการต้มผ้า ซึ่งใช้เวลา 1 ชั่วโมง และล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นตากผ้าให้แห้งสนิท เพื่อนำไปทำกระบวนการเตรียมผ้าต่อไป



ภาพที่ 2 การต้มผ้าทำความสะอาดผ้า

3. การทำผ้าให้มีความเป็นกรด-ด่าง

นำสารมอร์แดน (สารช่วยติด น้ำส้มสายชู สนิมเหล็ก ปูนขาว ตามสูตร) นำมาผสมกันให้ทุกอย่างละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำผ้าที่เตรียมไว้ไปขยำ 10-15 นาที นำตากให้แห้ง



ภาพที่ 3 การแช่ผ้าให้มีความเป็น กรด ด่าง

4. การสกัดสีจากธรรมชาติ

นำพืชที่จะใช้สกัดสี เช่น แก่นฝาง มาต้มไฟปานกลาง 40-50 องศาเซลเซียส เวลา 60-120 นาที ขึ้นอยู่กับพืชชนิดนั้นๆหรืออยากได้สีเข้มหรืออ่อน ยิ่งต้มนานจะได้สีย้อมที่เข้มขึ้น อัตราส่วนในการสกัดสี 1:5 เช่น พืชที่ให้สี 1 กิโลกรัม น้ำประมาณ 5 ลิตร ครบเวลา กรองด้วยผ้าขาวบางจะได้น้ำย้อมพร้อมทำผ้าพิมพ์





5 การเตรียมใบไม้

คัดเลือกใบไม้ เลือกใบไม้ที่จะนำมาพิมพ์ผ้า เช่น ใบสัก ใบเพกา ใบระหุ่ง ใบตะขบ ใบสบู่แดง จากนั้นนำใบไม้นำมาล้างเศษฝุ่นออกให้หมด จากนั้นนำมาผึ่งให้พอสะเด็ดน้ำ และนำมาจัดวางเป็นลวดลายลงบนผืนผ้า โดยสามารถผสมผสานกับใบไม้ได้ตามที่ต้องการ



ภาพที่ 4 ใบไม้ที่ใช้พิมพ์ผ้า

6 การวางลวดลาย

นำผ้าที่เตรียมเสร็จแล้ว มาวางในแนวราบดึงให้ตึง จากนั้นเริ่มนำใบไม้มาจัดวางลงบนผืนผ้าตามรูปแบบที่ต้องการ การออกแบบวางใบไม้จะเกิดเป็นทักษะเฉพาะตัว เมื่อมีประสบการณ์จากการปฏิบัติบ่อยครั้งจะค้นพบองค์ความรู้เกี่ยวกับการให้สีของใบไม้มากขึ้น การวางใบไม้มีหลายวิธีคือ วางใบไม้เต็มผืนผ้าจะได้ลายตามที่วาง หรือวางใบไม้ครึ่งหนึ่งของผ้า อีกครึ่งหนึ่งพับทับลงบนใบไม้ หรือพับขอบผ้าสองด้าน จะได้ลายเหมือนกันกับอีกด้านหนึ่งเป็นเสมือนเงา จากนั้นนำพลาสติกมาคลุมทับบนผ้าและใบไม้ ม้วนผ้าให้แน่นล็อคกับกระบอกซิลิโครน ม้วนผ้าให้แน่น และมัดด้วยเชือก



ภาพที่ 5 การวางลวดลาย ม้วน และมัด

7. การวางผ้า

นำเอาผ้ายืดที่เตรียมไว้มาชุปกับน้ำย้อมที่เราสกัดไว้ตามข้อที่ 5 มาขยำๆแล้วแช่ไว้ 3-5 นาที ให้ผ้าอิ่มน้ำย้อมและบิดหมาด นำมาวางทับกับใบไม้ที่วางไว้ข้อที่ 6 จากนั้นนำผ่านพลาสติกวางทับแล้วม้วนให้แน่น และมัดด้วยเชือกให้แน่น




8. การนึ่งผ้า

นึ่งผ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1.30 ชั่วโมง จากนั้นปิดไฟ และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เย็น หลังจากครบเวลาตามกำหนด แกะผ้าและนำใบไม้ออก นำไปผึ่งลมหรือแดดอ่อน เมื่อถูกอากาศที่มีออกซิเจนสีจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย หลังจากนั้นนำผ้าไปซักด้วยน้ำสะอาดเพื่อให้สีที่เกินและเศษใบไม้ออกจากผ้า แล้วจึงนำผ้าไปตากในที่ร่มและรีดเพื่อสวยงามตามต้องการ ข้อควรระวังควรใช้เตารีดไอน้ำและเลือกระดับความร้อนปานกลาง




ภาพที่ 6 การนึ่งผ้า

9. ผลงานที่สำเร็จ



ภาพที่ 7 ผลงานผ้าพิมพ์ลายด้วยเทคนิค Eco print

ใบไม้ที่ให้สีในงาน Eco print

1. ใบสัก



2. ใบเพกา



3. ใบระหุ่ง



4. ใบสบู่แดง




5. ใบยูคาลิปตัส




6. ใบตะขบ




7. ใบคูณ




บรรยากาศการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การทำผ้าพิมพ์ลายใบไม้สีจากธรรมชาติ (ECO PRINTING)
วันเสาร์ที่ 15 กุมภาพันธ์ 2568
ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบานาน่าแลนด์ อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย
วิทยากรอบรม นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์







ภาคผนวก ค
ผลการทดสอบประสิทธิภาพตามมาตราฐาน International Organization for Standardization (ISO)

F-017T Rev.19, 9 ส.ค.64, 1/1

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
Tel: (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

ผู้ขอรับบริการ :	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์	หมายเลขรายงานผล:	R68-0019
	1 หมู่ 20 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง	วันที่รับตัวอย่าง:	14/11/2567
	จ.ปทุมธานี 13180	วันที่ทดสอบ:	14/11/2567-20/11/2567
		วันที่ออกรายงานผล:	20/11/2567
		หน้า:	1/5

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อ/รายละเอียดตัวอย่าง (ตามที่ผู้ขอรับบริการระบุ)
R68-0019-01	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ A
R68-0019-02	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ B
R68-0019-03	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ C

สรุปผล:

-ความคงทนของสีต่อการซัก	-

ผู้อนุมัติ

(นางสาวสุรีย์รัตน์ เกษมศิริเพ็ญ)
ผู้จัดการห้องทดสอบเคมีวิเคราะห์

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

F-017T Rev.19, 9 ส.ค.64, 1/1

THTI
THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
Tel: (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล: R68-0019
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567-20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 2/5

	เกณฑ์กำหนด	R68-0019-01
ความคงทนของสีต่อการซัก: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C06 : 2010(E) วิธีที่ A2S (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 30 นาที)		
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	-	2-3
สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)		
- ACETATE	-	4-5
- COTTON	-	4
- NYLON	-	4-5
- POLYESTER	-	4-5
- ACRYLIC	-	4-5
- WOOL	-	4-5

	เกณฑ์กำหนด	R68-0019-02
ความคงทนของสีต่อการซัก: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C06 : 2010(E) วิธีที่ A2S (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 30 นาที)		
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	-	1
สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)		
- ACETATE	-	4-5
- COTTON	-	4-5
- NYLON	-	4-5
- POLYESTER	-	4-5
- ACRYLIC	-	4-5
- WOOL	-	4-5

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

F-017T Rev.19, 9 ส.ค.64, 1/1

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
Tel: (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล : R68-0019
วันที่รับตัวอย่าง : 14/11/2567
วันที่ทดสอบ : 14/11/2567-20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล : 20/11/2567
หน้า : 3/5

	เกณฑ์กำหนด	R68-0019-03
ความคงทนของสีต่อการซัก: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C06 : 2010(E) วิธีที่ A2S (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 30 นาที)		
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	-	1
สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)		
- ACETATE	-	4-5
- COTTON	-	4-5
- NYLON	-	4-5
- POLYESTER	-	4-5
- ACRYLIC	-	4-5
- WOOL	-	4-5

หมายเหตุ: - สารละลายที่ใช้ (150 มิลลิลิตร):
1993 AATCC STANDARD REFERENCE DETERGENT WOB 4 กรัม / ลิตร
โซเดียมเปอร์บอเรต ความเข้มข้น 1 กรัม / ลิตร
- ระดับ:
5 หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี /ไม่มีการตกติดของสี
4 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย/สีตกติดเล็กน้อย
3 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตได้/สีตกติดพอสังเกตได้
2 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก/สีตกติดค่อนข้างมาก
1 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงมาก/สีตกติดมาก

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

F-017T Rev.19, 9 ส.ค.64, 1/1

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
Tel: (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล :	R68-0019
วันที่รับตัวอย่าง :	14/11/2567
วันที่ทดสอบ :	14/11/2567-20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล :	20/11/2567
หน้า :	4/5



รูปที่ 1 : R68-0019-01



รูปที่ 2 : R68-0019-02

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/ goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

F-017T Rev.19, 9 ส.ค.64, 1/1

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
Tel: (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล :	R68-0019
วันที่รับตัวอย่าง :	14/11/2567
วันที่ทดสอบ :	14/11/2567-20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล :	20/11/2567
หน้า :	5/5



รูปที่ 3 : R68-0019-03

****

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1
NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

ผู้ขอรับบริการ: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
1 หมู่ 20 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
13180

หมายเลขรายงานผล: R68-0020
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 1/4

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อ/รายละเอียดตัวอย่าง (ตามที่ผู้ขอรับบริการระบุ)
R68-0020-01	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ A
R68-0020-02	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ B
R68-0020-03	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ C

สรุปผล: -ความคงทนของสีต่อแสง -

ผู้อนุมัติ

พรพิมล เงาแสงธรรม

(นางสาวพรพิมล เงาแสงธรรม)
ผู้จัดการห้องทดสอบสิ่งทอ

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods.
The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล: R68-0020
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 2/4

	เกณฑ์กำหนด	R68-0020-01
ความคงทนของสีต่อแสง: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02: 2014(E) EXPOSURE CYCLE A2		
ความคงทนของสีต่อแสง		
สีเปลี่ยน (ระดับ)	-	2-3

	เกณฑ์กำหนด	R68-0020-02
ความคงทนของสีต่อแสง: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02: 2014(E) EXPOSURE CYCLE A2		
ความคงทนของสีต่อแสง		
สีเปลี่ยน (ระดับ)	-	3

	เกณฑ์กำหนด	R68-0020-03
ความคงทนของสีต่อแสง: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02: 2014(E) EXPOSURE CYCLE A2		
ความคงทนของสีต่อแสง		
สีเปลี่ยน (ระดับ)	-	1

หมายเหตุ: - เครื่องทดสอบ : ATLAS XENON ARC WEATHER-OMETER MODEL Ci 3000+
- อัตราความคงทนของสีต่อแสงจะมีค่าจากระดับ 1 (มีความคงทนต่ำสุด) ถึง ระดับ 8 (มีความคงทนสูงสุด)

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods.
The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1

NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล: R68-0020
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 3/4



รูปที่ 1 : R68-0020-01



รูปที่ 2 : R68-0020-02

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods.
The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1

NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล: R68-0020
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 4/4



รูปที่ 3 : R68-0020-03

****

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods.
The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

ผู้ขอรับบริการ: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
1 หมู่ 20 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
13180

หมายเลขรายงานผล: R68-0021
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 1/4

หมายเลขตัวอย่าง	ชื่อ/รายละเอียดตัวอย่าง (ตามที่ผู้ขอรับบริการระบุ)
R68-0021-01	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ A
R68-0021-02	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ B
R68-0021-03	ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายใบไม้ C

สรุปผล: -ความคงทนของสีต่อการขัดถู -

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY

ผู้อนุมัติ

สุรีย์รัตน์ เกษมศิริเพ็ญ

(นางสาวสุรีย์รัตน์ เกษมศิริเพ็ญ)
ผู้จัดการห้องทดสอบเคมีวิเคราะห์

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods.
The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1
NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล: R68-0021
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 2/4

	เกณฑ์กำหนด	R68-0021-01
ความคงทนของสีต่อการขัดถู : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X12: 2016(E)		
สีตกติดผ้าขาวสภาพแห้ง (ระดับ)		
- เส้นด้ายยืน	-	3
- เส้นด้ายพุ่ง	-	3
สีตกติดผ้าขาวสภาพเปียก (ระดับ)		
- เส้นด้ายยืน	-	1-2
- เส้นด้ายพุ่ง	-	1-2

	เกณฑ์กำหนด	R68-0021-02
ความคงทนของสีต่อการขัดถู : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X12: 2016(E)		
สีตกติดผ้าขาวสภาพแห้ง (ระดับ)		
- เส้นด้ายยืน	-	4
- เส้นด้ายพุ่ง	-	4
สีตกติดผ้าขาวสภาพเปียก (ระดับ)		
- เส้นด้ายยืน	-	2-3
- เส้นด้ายพุ่ง	-	2-3

	เกณฑ์กำหนด	R68-0021-03
ความคงทนของสีต่อการขัดถู : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X12: 2016(E)		
สีตกติดผ้าขาวสภาพแห้ง (ระดับ)		
- เส้นด้ายยืน	-	2-3
- เส้นด้ายพุ่ง	-	2-3
สีตกติดผ้าขาวสภาพเปียก (ระดับ)		
- เส้นด้ายยืน	-	1-2
- เส้นด้ายพุ่ง	-	1-2

หมายเหตุ: - ระดับ:
5 หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี /ไม่มีการตกติดของสี
4 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย/สีตกติดเล็กน้อย
3 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตได้/สีตกติดพอสังเกตได้
2 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก/สีตกติดค่อนข้างมาก
1 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงมาก/สีตกติดมาก

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods.
The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1

NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล: R68-0021
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 3/4



รูปที่ 1 : R68-0021-01



รูปที่ 2 : R68-0021-02

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"
This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods.
The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

THAILAND TEXTILE INSTITUTE
สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakanong, Klong-toey, Bangkok 10110
Tel : (66) 2713 5492-9 www.thaitextile.org

F-017T Rev.19, 9 ส.ค. 64, 1/1

NSC – TISI – TIS 17025
TESTING 0110

รายงานผลการทดสอบ

หมายเลขรายงานผล: R68-0021
วันที่รับตัวอย่าง: 14/11/2567
วันที่ทดสอบ: 14/11/2567 - 20/11/2567
วันที่ออกรายงานผล: 20/11/2567
หน้า: 4/4



รูปที่ 3 : R68-0021-03

****

"การปลอมรายงานผลการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการปลอมทั้งฉบับหรือแต่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือใช้รายงานผลการทดสอบปลอม เป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา"

This test report refers to the submitted sample(s) for testing/examining/analyzing only. It is not certified for the advertisement or reference of the products/goods. The total or the part of this report may not be reproduced without the written approval from Textile Testing Center, Thailand Textile Institute.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายวีระศักดิ์ ศรีลารัตน์
วัน เดือน ปี เกิด	22 สิงหาคม 2533
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2555 ศิลปศาตรบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต พ.ศ. 2559 คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาออกแบบแฟชั่นผ้าและเครื่องแต่งกาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (วิทยาเขตชิเวช)
ที่อยู่ปัจจุบัน	149 หมู่ที่ 13 ตำบลบึงนคร อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

มหาวิทยาลัยราชภัฏอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY