

สมบัติความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายที่พิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยสีดินแดง

Color Fastness and Physical Properties of Cotton Fabric in Silk Screen Printing with Red Soil

นรเทพ โพธิ์เป้ง¹, ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม^{1*}, รัตนพล มงคลรัตนาสี²

Norathep Phothipeng¹, Srikanjana Jatuphatwarodom^{1*}, Rattanaphol Mongkholrattanasit²

¹คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thunyaburi, Thailand

²Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

*Corresponding Author. E-mail: srikanjana_j@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ หาสูตรแบ่งพิมพ์และภาวะที่เหมาะสมในการพิมพ์ซิลค์สกรีนบนผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากดินแดง โดยจัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3x2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด (Factorial 3x2 in CRD) ปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัยคือ อัตราส่วนระหว่างแบ่งพิมพ์สำเร็จรูปกับผงดินแดง 3 ระดับ (90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30) เวลาในการพ่นสี 2 ระดับ (5 และ 10 นาที) และอุณหภูมิในการพ่นสี 2 ระดับ (120 และ 150 องศาเซลเซียส) โดยการเปรียบเทียบ ความคงทนของสีต่อการซักล้าง ความคงทนของสีต่อน้ำ ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ความคงทนของสีต่อการขัดถู และความกระด้างของผ้า รวมถึงศึกษาผลของการใช้สารช่วยติด 3 ชนิดได้แก่ อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟต หรือ อะลัม เพอร์รัสซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ ผลการทดลองพบว่า ผ้าฝ้ายพิมพ์สูตร C2 ใช้อัตราส่วน แบ่งพิมพ์สำเร็จรูป 70 กรัม ผงดินแดง 30 กรัม เวลา 5 นาที อุณหภูมิพ่นสี 150 องศาเซลเซียส มีค่าความเข้มสี (K/S) 4.483 และ สารช่วยติดที่มีภาวะที่ดีที่สุด คือ เพอร์รัสซัลเฟต 10 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร มีค่าความเข้มสี (K/S) 4.436 ผลการทดสอบความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่ออยู่ในระดับ 3-4 (ปานกลาง-ดี) ค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมอยู่ในระดับ 4 (ปานกลาง) ค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูอยู่ในระดับ 1-2 -2-3 (ต่ำ) และความกระด้างของผ้า แนวเส้นด้ายยืน 2.64 เซนติเมตร แนวเส้นด้ายพุ่ง 1.82 เซนติเมตร

คำสำคัญ: ดินแดง การพิมพ์สกรีน พิมพ์ผ้าฝ้าย ความคงทนของสี

ABSTRACT

The purposes of the research were to investigate the appropriate condition and the formula of ready mixed printing powder for cotton fabric by using silk screen printing from natural color of

Received 27-04-2020
Revised 18-06-2020
Accepted 22-06-2020

red soil. The experimental method was performed in factorial 3X2 in CRD. There were 3 factors in the experiment. The ratio between ready mixed printing powder and red soil powder were 3 levels (90:10, 80:20 and 70:30). The adhesive time used was 2 levels (5 and 10 minutes). The temperature for adhesive was 2 levels (120 and 150 °C). The experiment was comparing color fastness to washing, color fastness to water, color fastness to perspiration, color fastness to artificial sun light, color fastness to rubbing and the fabric stiffness. There were 3 types of mordants: aluminum potassium sulphate or alum, ferrous sulphate and sodium chloride. The result of testing showed that the formula C2 of screen printing on cotton fabric using 70 grams of ready mixed printing powder and 30 grams of red soil powder at 5 minutes with 150 °C for adhesive which had the value of color intensity (K/S) 4.483. The best type of mordant with a good condition was ferrous sulphate at the ratio 10 grams per 1 liter of water that made the value of color intensity (K/S) 4.436. The result of the color fastness and the physical properties showed that the color fastness to washing, water, and sweat were at level 3 - 4 (moderate - good). The color fastness to artificial sunlight was at level 4 (moderate). The color fastness to rubbing was at level 1-2 -2-3 (low). The fabric stiffness for warp was 2.64 centimeters and weft was 1.82 centimeters.

Keyword: Red Soil, Screen Printing, Printing Cotton Fabric, Color Fastness

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการพิมพ์ซิลค์สกรีนในงานสิ่งทอ มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอเป็นอย่างมาก ในการพิมพ์ซิลค์สกรีนควรใช้สีพิมพ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้สีสังเคราะห์ในการพิมพ์ซิลค์สกรีนสิ่งทอในปัจจุบันนิยมใช้สี เช่น สีรีแอคทีฟ สีดิสเพิร์ส สีปักเมนต์ เป็นต้น ในการใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่มีสีสังเคราะห์ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมี การลดการใช้สีสังเคราะห์จึงเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนทางเศรษฐกิจปัญหามลพิษในการจัดการน้ำ อากาศ รวมถึงสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภค [1] ในการใช้สีสังเคราะห์ของการพิมพ์ซิลค์สกรีนในระยะยาวอาจทำให้เกิดการอักเสบและการระคายเคืองผิวหนัง

อีกทั้งยังมีผลต่อระบบประสาทและผลข้างเคียงก่อให้เกิดภูมิแพ้ ไปจนถึงสารก่อมะเร็ง [2]

สีในการพิมพ์ซิลค์สกรีนนั้นที่สามารถพิมพ์ลงบนพื้นผิวหรือสิ่งทอมาจากแหล่งธรรมชาติหรือสังเคราะห์ รวมถึงพืชสัตว์และแร่ธาตุ [3] ในการพิมพ์สีธรรมชาติส่วนมากได้จาก ต้นคราม ครั่ง ต้นแมคเดอร์อินเดีย ต้นเทียนกิ่ง เปลือกทับทิม ใบมะม่วง [4] แต่ปัจจุบันสีธรรมชาติเริ่มหายไปเนื่องจากมีสีสังเคราะห์เข้ามาแทนที่ การนำวัสดุท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ ดินแดง เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานสิ่งทอได้ เนื่องจากเป็นสีธรรมชาติที่มีแหล่งออกไซด์ผสมอยู่ในเนื้อดิน ดินแดงปริมาณ 1,000 กรัม จะได้สีจากเหล็กออกไซด์จำนวน 94.64 กรัม คิดเป็นร้อยละ 9.46

ของปริมาณดินแดง ในแต่ละพื้นที่ที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์ที่แตกต่างกัน ปัจจุบันการนำสีจากดินแดงมาใช้งานด้านสิ่งทอมีการนำมาเป็นสีย้อม สำหรับการพิมพ์ยังมีจำนวนน้อยมาก [5] การนำสีจากดินแดงมาใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอจะต้องใช้ผงสีจากดินแดงที่มีขนาดเล็ก [6] เหมาะสำหรับการติดสีบนผ้าฝ้าย ซึ่งผงสีจากดินแดงดังกล่าวมีการนำมาย้อม ตามกระบวนการย้อมสี ดินแดงจำเป็นต้องใช้สาร ช่วยติดจึงจะมีความคงทนของสีต่อการซัก ขัดถู แสงแดดและเหงื่อ ระดับความคงทนของสีขึ้นอยู่กับชนิดของผ้านำมาพิมพ์ [7] การพิมพ์ซิลค์สกรีนมีส่วนช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอเนื่องจากเป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มมูลค่า และดึงดูดความสนใจให้แก่ผู้บริโภค โดยเฉพาะการพิมพ์ซิลค์สกรีนจากสีธรรมชาติที่ให้ความรู้สึกสวยงามปลอดภัย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่สีธรรมชาติยังมีข้อเสียหลายประการ คือ มีปริมาณการติดสีต่ำและสีตกในระหว่างการใช้งาน จึงจำเป็นที่จะต้องใส่สารช่วยติดสี เช่น อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟต เพอร์รัสซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น [8] การพิมพ์ซิลค์สกรีนบนผืนผ้าเป็นเทคนิคการตกแต่งโดยวิธีการพิมพ์รูปภาพซึ่งปัจจุบันนิยมผลิตในระบบอุตสาหกรรมสิ่งทอที่สามารถผลิตได้จำนวนมาก [9] การพิมพ์ซิลค์สกรีนบนผืนผ้ายังสามารถนำไปถ่ายทอดแก่ชุมชนที่มีการใช้สีธรรมชาติในงานสิ่งทอได้อีกทางหนึ่ง [10] อย่างไรก็ตาม การพิมพ์สกรีนบนผืนผ้ายังจำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบความคงทนของสีบนผืนผ้าตามหลักวิธีการทดสอบสิ่งทอ เช่น การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างบนวัสดุสิ่งทอ การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ การทดสอบความคงทน

ของสีต่อการขัดถู การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมและการหาค่าความกระด้างของผ้า [11] เพื่อให้ผ้าที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนมีคุณภาพเหมาะสมต่อการใช้งาน

ผ้าฝ้าย จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศ ตั้งแต่ระดับชุมชนถึงระดับอุตสาหกรรม ทั้งยังมีราคาที่ไม่แพง สามารถใช้เป็นเครื่องนุ่งห่มใช้ทำเคหะสิ่งทอ ได้แก่ ชุดเครื่องนอน ผ้าปูโต๊ะ ผ้าปูโต๊ะ ชุดบนโต๊ะอาหาร และอื่น ๆ อีกมากมาย ผ้าฝ้ายมีสมบัติหลายประการ เช่น ติดสีง่าย สีไม่ตกทนต่อความร้อน ทนต่อต่าง ระบายอากาศได้ดี และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย เป็นต้น [12] ฝ้ายมีการปลูกเพื่อการค้ามากถึง 80 ประเทศ และมากกว่า 150 ประเทศที่ส่งออกผลิตภัณฑ์จากฝ้าย [13] ดังนั้น ผ้าฝ้ายจึงมีความสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยสีธรรมชาติจากดินแดงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ หาสูตรแบ่งพิมพ์และภาวะที่เหมาะสมในการพิมพ์ซิลค์สกรีนบนผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากดินแดง และสารช่วยติดที่เหมาะสม รวมถึงความคงทนของสีต่อการซักล้าง ความคงทนของสีต่อน้ำ ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม ความคงทนของสีต่อการขัดถู และความกระด้างของผ้า ผลการวิจัยทำให้ทราบสมบัติทางกายภาพ และความคงทนของสีดินแดงที่พิมพ์บนผ้าฝ้ายในสูตรต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาและถ่ายทอดให้กับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มย้อมผ้าสีธรรมชาติ เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายพิมพ์สกรีนธรรมชาติให้ได้มาตรฐาน ทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุท้องถิ่นอีกด้วย

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

ผ้าทอเส้นใยฝ้ายพอกขาว จากห้างหุ้นส่วน จำกัด เอส พี ลักซ์วี่ เทรดิง น้ำหนักผ้า 113 กรัม ต่อตารางเมตร ความหนาแน่นด้ายพุ่ง 118 เส้นต่อนิ้ว ด้ายยืน 188 เส้นต่อนิ้ว และมีความหนา 0.25 มิลลิเมตร ดินแดง จาก ตาบร่องวัวแดง อำเภอ สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ แป้งพิมพ์สำเร็จรูป บริษัท ไทยสกรีนสโตร์ จำกัด สบู่เทียม บริษัท บุญทวี เคมีภัณฑ์ จำกัด โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) บริษัท บุญทวีเคมีภัณฑ์ อะลูมิเนียม โพแทสเซียมซัลเฟต (Aluminum potassium sulfate) หรือ อะลูม (Alum) บริษัท Ajax Finechem Pty จำกัด เฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous sulphate) บริษัท Ajax Finechem Pty จำกัด โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) บริษัท ไทยสกรีนสโตร์ จำกัด

อุปกรณ์สำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีน ได้แก่ กรอบไม้ ยางปาด แก้วสแตนเลส ไม้ลูกกลิ้ง ผ้าไนลอน เบอร์ 150 เครื่องอบความร้อน (Oven) บริษัท Memmert GmbH+Co.KG ยี่ห้อ Memmert เครื่องวัด ค่าสี บริษัท Color Expert ยี่ห้อ Datacolor รุ่น 850

2.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

2.2.1 การเตรียมผงสีจากดินแดง คัดเลือก ดินแดงที่มีสีแดงสด ทำการบดด้วยไม้ลูกกลิ้ง และ ร่อนดินแดงผ่านผ้าไนลอน เบอร์ 150 ดังภาพที่ 1 เพื่อให้ได้ผงสีดินแดงดังภาพที่ 2

2.2.2 การเตรียมผ้าฝ้าย [14] นำผ้าฝ้าย มาทำความสะอาด โดยใช้น้ำสบู่เทียม 2 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ผสมกับโซเดียมคาร์บอเนต 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ล้างน้ำสะอาด อบด้วยเครื่องอบผ้า และตากให้แห้ง

2.2.3 การพิมพ์ซิลค์สกรีน โดยศึกษาสูตร ที่เหมาะสมในการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย โดยจัดสิ่งทดลองทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3x2 ในแผนการทดลอง แบบสุ่มโดยตลอด (Factorial 3x2 in CRD) ปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัยคือ อัตราส่วน ระหว่างแป้งพิมพ์กับดินแดง 3 ระดับ (90 : 10, 80 : 20 และ 70 : 30) เวลาในการผืนสี 2 ระดับ (5 และ 10 นาที) และอุณหภูมิในการอบในการผืนสี 2 ระดับ (120 และ 150 องศาเซลเซียส) ดังตารางที่ 1 ตัดผ้า 12 ผืน ขนาดของผ้ากว้าง 12 นิ้ว ยาว 20 นิ้วต่อผืน นำผงดินแดงผสมแป้งพิมพ์สำเร็จรูปให้เป็น เนื้อเดียวกัน ดังภาพที่ 3 จากนั้นนำไปพิมพ์ซิลค์สกรีน บนผ้าฝ้าย ดังภาพที่ 4 ตามสูตรอุณหภูมิในการผืนสี และเวลาในการผืนสี จะได้ผ้าฝ้ายพิมพ์ซิลค์สกรีนสี ดินแดง ดังภาพที่ 5 จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด ดังภาพที่ 6 และอบด้วยเครื่องอบผ้า ตากให้แห้ง จากนั้นนำไปวัดค่าสี และค่าความเข้มของสี

2.2.4 การวัดค่าความเข้มสี (K/S) ค่าของ สี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่อง Datacolor 850 การวัด ค่าความเข้มสี (Color strength หรือ (K/S) ใช้เทคนิค การวัดการสะท้อนของแสงและแสดงในรูปของ (K/S) ตามสมการของ Kubelka - Munk ค่า (K/S) มีความ สัมพันธ์กับค่าการสะท้อนแสง (R) ดังนี้ [15]

$$\text{สมการ} \quad K/S = (1-R)^2/2R \quad (1)$$

K คือ สัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนแสง (Coefficient of absorption)

S คือ สัมประสิทธิ์ของการกระจายแสง (Coefficient of scatter)

R คือ ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของร้อยละ



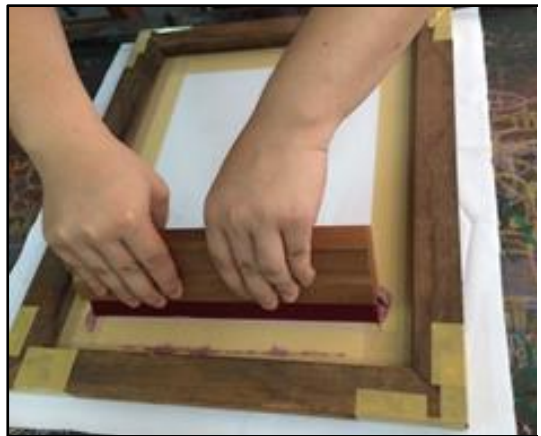
ภาพที่ 1 การร่อนดินแดง



ภาพที่ 2 ผงดินแดง



ภาพที่ 3 ผงดินแดงผสมแป้งพิมพ์สำเร็จรูป



ภาพที่ 4 การพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดง



ภาพที่ 5 ชิ้นงานพิมพ์สกรีนสีดินแดง



ภาพที่ 6 การล้างทำความสะอาด

ตารางที่ 1 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์
ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

สูตร	แป้งพิมพ์ (กรัม)	ดิน แดง (กรัม)	เวลา พ่นกสี (นาท)	อุณหภูมิ พ่นกสี (°C)
A1	90	10	5	120
A2	90	10	5	150
A3	90	10	10	120
A4	90	10	10	150
B1	80	20	5	120
B2	80	20	5	150
B3	80	20	10	120
B4	80	20	10	150
C1	70	30	5	120
C2	70	30	5	150
C3	70	30	10	120
C4	70	30	10	150

**2.3 การศึกษาสารช่วยติดสำหรับการพิมพ์
ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย**

นำผ้าที่พิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงที่ให้ผล
การพิมพ์ดีที่สุด มาแช่สารช่วยติดตามชนิดและ
ความเข้มข้นของสารช่วยติด ขนาดของผ้ากว้าง 12 นิ้ว
ยาว 20 นิ้วต่อผืน ชนิดของสารช่วยติด คือ
อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟต เพอร์รัสซัลเฟต และ
โซเดียม คลอไรด์ ความเข้มข้นของสารช่วยติด คือ 5
และ 10 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ดังกล่าว ในตารางที่ 2
เป็นเวลา 5 นาที นำไปอบด้วยเครื่องอบผ้าและตาก
ให้แห้ง นำผ้าทั้งหมดทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้
ค่าความเข้มสี (K/S) ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และ
ค่าความขาว โดยใช้เครื่อง Datacolor รุ่น 850

ตารางที่ 2 การศึกษาสารช่วยติดสำหรับการพิมพ์
ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

สิ่งทดลอง	สารช่วยติดสี	ความเข้มข้น (กรัม/ลิตร)
1	อะลูมิเนียม	5
2	อะลูมิเนียม	10
3	เพอร์รัสซัลเฟต	5
4	เพอร์รัสซัลเฟต	10
5	โซเดียมคลอไรด์	5
6	โซเดียมคลอไรด์	10

2.4 การทดสอบความคงทนของสีและ สมบัติทางกายภาพของสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

นำผ้าฝ้ายที่พิมพ์ซิลค์สกรีนที่ให้ผล
การพิมพ์ดีที่สุด และให้ผลการใช้สารช่วยติดที่มีภาวะ
ที่ดีที่สุด ทดสอบความคงทนของสีและสมบัติทาง
กายภาพในเรื่องดังต่อไปนี้

2.4.1. สมบัติความคงทนของสี

2.4.1.1 การทดสอบความคงทนของสี
ต่อการซักล้าง (Color fastness to washing) มาตรฐาน
การทดสอบ ISO 105-C06 (A1S): 2010

2.4.1.2 การทดสอบความคงทนของสี
ต่อน้ำ (Color fastness to water) มาตรฐาน
การทดสอบ ISO 105-E01: 2010

2.4.1.3 การทดสอบความคงทนของสี
ต่อเหงื่อ (Color fastness to perspiration) มาตรฐาน
การทดสอบ ISO 105-E04: 2013

2.4.1.4 การทดสอบความคงทนของสี
ต่อแสงแดดเทียม (Color fastness to Light) มาตรฐาน
การทดสอบ ISO 105-B02: 1994

2.4.1.5 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Color fastness to rubbing) มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-X12: 2001

2.4.2 สมบัติทางกายภาพ

2.4.2.1 การทดสอบความกระด้างของผ้า (Stiffness test) มาตรฐานการทดสอบ ASTM D1388-96 (Reapproved 2002)

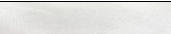
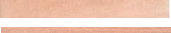
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์สูตรที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

การวิเคราะห์ค่าความเข้มสี (K/S) ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ในการศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้ายในตารางที่ 3 ทั้งหมด พบว่า สูตรพิมพ์สกรีนดินแดง C2 และ C4 มี

ค่าความเข้มสี (K/S) มากที่สุด ค่า L^* มีความสว่างน้อย ค่า a^* มีค่าสีแดงมากที่สุด ค่า b^* มีค่าสีเหลืองมากที่สุด จากผลการทดสอบดังกล่าวสูตร A และ B มีค่าความเข้มสี (K/S) น้อยและไม่มีมีความคมชัดของลวดลาย ดังภาพที่ 7 จึงได้เลือกสูตร C2 ใช้อัตราส่วนแป้งพิมพ์สำเร็จรูป 70 กรัม ผงดินแดง 30 กรัม เวลา 5 นาที อุณหภูมิผืนสี 150 องศาเซลเซียส มีความคมชัดของลวดลาย ดังภาพที่ 8 ไปทำการศึกษาสารช่วยติดสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้ายต่อไป เนื่องจากสูตร C2 ใช้เวลาในการอบน้อยกว่าสูตรที่ C4 ทำให้ประหยัดพลังงานในการอบ สามารถลดต้นทุนในการผลิตในจำนวนมาก โดยค่าความเข้มสี (K/S) ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

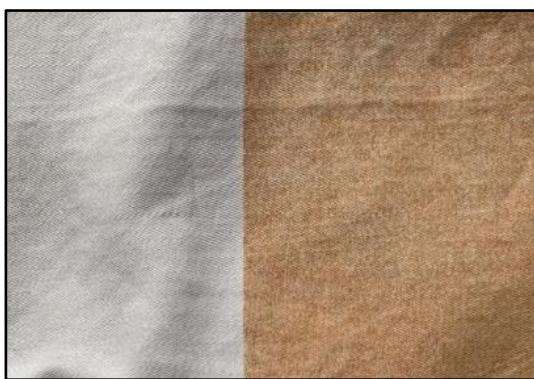
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มสี (K/S) ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) ของการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

สูตรพิมพ์ดินแดง	ค่าความเข้มสี		ค่าของสี		ตัวอย่างผ้า
	(K/S) *	(L^*) *	(a^*) *	(b^*) *	
ผ้าขาว	0.120	96.243	2.840	-17.450	
A1	2.090 ^c	88.163 ^a	8.690 ^{bc}	-2.823 ^c	
A2	2.180 ^c	89.216 ^a	7.796 ^c	-4.906 ^c	
A3	2.240 ^c	89.280 ^a	7.756 ^c	-3.443 ^c	
A4	2.370 ^c	89.030 ^a	7.966 ^c	-5.360 ^c	
B1	3.240 ^b	82.336 ^b	13.266 ^a	11.093 ^b	
B2	3.590 ^b	83.713 ^b	12.290 ^{ab}	9.406 ^b	
B3	3.670 ^b	84.266 ^b	11.863 ^{abc}	8.786 ^b	
B4	3.510 ^b	83.423 ^b	12.646 ^{ab}	10.103 ^b	
C1	3.953 ^b	79.696 ^c	15.513 ^a	17.183 ^a	
C2	4.483 ^a	79.460 ^c	15.403 ^a	18.040 ^a	
C3	3.883 ^b	80.056 ^c	15.310 ^a	17.670 ^a	
C4	4.470 ^a	78.810 ^c	16.043 ^a	18.490 ^a	

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 7 การพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงที่ไม่มี
ความคมชัดของลวดลาย

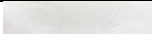


ภาพที่ 8 การพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงที่มีความคมชัด
ของลวดลาย

3.2 ผลการวิเคราะห์สารช่วยติดสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

การวิเคราะห์การศึกษาสารช่วยติดสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย ในตารางที่ 4 ได้เลือกสูตร C2 จากตารางที่ 3 เป็นผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์สกรีนอัตราส่วน แป้งพิมพ์สำเร็จรูป 70 กรัม ผงดินแดง 30 กรัม เวลา 5 นาที อุณหภูมิผืนสี 150 องศาเซลเซียส มีค่าความเข้มสี (K/S) 4.483 มาศึกษาสารช่วยติดสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย พบว่า เพอร์รัสซัลเฟต 10 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร มีค่าความเข้มสี (K/S) มากที่สุด ค่า L^* มีความสว่างน้อย ค่า a^* มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่า b^* มีค่าสีเหลืองมากที่สุด ค่าความขาวมีค่าไม่แตกต่างกัน ในการนี้จึงนำผ้าฝ้ายที่แช่เพอร์รัสซัลเฟต 10 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ไปทำการทดสอบความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพของสีดินแดงบนผ้าฝ้าย โดยค่าความเข้มสี (K/S) ค่าของสี (L^* , b^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าของสี (a^*) ค่าความขาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มสี (K/S) ค่าของสี (L^* , a^* , b^*) และค่าความขาว ในการศึกษาสารช่วยติดสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนสีดินแดงบนผ้าฝ้าย

สารช่วยติด (กรัมต่อลิตร)	ค่าของสี/ความเข้มสี					ตัวอย่างผ้า
	(K/S) *	(L^*) *	(a^*) ^{ns}	(b^*) *	(ค่าความขาว) ^{ns}	
ผ้าขาว	0.120	96.243	2.840	-17.450	42.670	
อะลูมิเนียม 5	2.820 ^c	84.526 ^a	10.976	6.470 ^b	42.620	
อะลูมิเนียม 10	2.940 ^c	82.843 ^a	12.353	7.606 ^b	42.610	
เพอร์รัสซัลเฟต 5	3.856 ^b	80.283 ^b	13.036	18.743 ^a	42.650	
เพอร์รัสซัลเฟต 10	4.436 ^a	79.496 ^b	13.270	19.590 ^a	42.660	
โซเดียมคลอไรด์ 5	3.936 ^b	79.880 ^b	15.333	18.773 ^a	42.620	
โซเดียมคลอไรด์ 10	4.066 ^b	79.613 ^b	14.850	17.710 ^a	42.610	

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่าไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.3 ผลการทดสอบสมบัติความคงทนของสี และสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบโดยนำผ้าฝ้ายที่พิมพ์
ซิลค์สกรีนที่ให้ผลการพิมพ์ดีที่สุด และให้ผลการใช้
สารช่วยติดที่มีภาวะที่ดีที่สุดสมบัติความคงทนของสี
และสมบัติทางกายภาพ ได้เลือกสูตร C2 จากตารางที่
3 โดยนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีน มาทำ
การทดสอบความคงทนของสีและสมบัติทางกายภาพ
ของสีดินแดงบนผ้าฝ้าย และได้ผลการทดสอบดังนี้

3.3.1 การทดสอบความคงทนของสี
ต่อการซักล้าง (มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-C06
(A1S): 2010) อุณหภูมิการทดสอบ 40 องศาเซลเซียส
เวลาทดสอบ 30 นาที ได้ผลดังตารางที่ 5 พบว่า
ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (Color
change) อยู่ในระดับปานกลาง (ระดับ 3) สำหรับ
ค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (Color
staining) ระดับความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี
อยู่ในระดับดีถึงดีที่สุด (ระดับ 4 ถึง 5) [16] ซึ่งพบว่า
เมื่อพิจารณาระดับความคงทนของการเปลี่ยนสีต่อ
การซักและการฟอกขาวของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ พบว่า
สีธรรมชาติมีความคงทนต่อการซักต่ำ การใช้สารช่วย
ติดจึงเป็นทางเลือกให้เกิดการใช้สีธรรมชาติมากขึ้น
อย่างไรก็ตามการใช้สารช่วยติดจะช่วยให้สีย้อมวัสดุ
สิ่งทอมีความคงทนต้องใช้สารช่วยติดที่เหมาะสมกับ
ชนิดของสีธรรมชาติ

3.3.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อน้ำ
(มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-E01: 2010) ได้ผล
ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ความคงทนต่อการ
เปลี่ยนแปลงของสี (Color change) อยู่ในระดับปาน
กลางถึงดี (ระดับ 3 ถึง 4) สำหรับค่าความคงทนต่อ
การติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (Color staining) ระดับ
ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอยู่ในระดับดีถึง
ดีที่สุด (ระดับ 4 ถึง 5) [17] ซึ่งพบว่า ความคงทนของ
สีต่อน้ำ ในการพิมพ์แบบซิลค์สกรีนจากสีธรรมชาติ
เป็นการนำเอาแป้งพิมพ์ผสมกับสีธรรมชาติ การนำสี
ธรรมชาติที่เป็นผงสีผสมกับแป้งพิมพ์จะความคงทน
ของสีต่อน้ำมากกว่าสีธรรมชาติที่เป็นน้ำจากการต้ม
สกัดสีออกมาผสม

3.3.3 การทดสอบความคงทนของสี
ต่อเหงื่อ (มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-E04:2013)
ได้ผลดังตารางที่ 5 พบว่า ความคงทนต่อ
การเปลี่ยนแปลงของสี (Color change) ภาวะกรด
และด่าง อยู่ในระดับปานกลางถึงดี (ระดับ 3 ถึง 4)
สำหรับค่าความคงทนต่อการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว
(Color staining) ทั้งภาวะกรดและด่างอยู่ในระดับดี
ถึงดีที่สุด (ระดับ 4 ถึง 5) [18] ซึ่งพบว่า
ผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ด้วยสีธรรมชาติจากแร่ธาตุ
การเปลี่ยนแปลงของสีจากเดิมเล็กน้อยในภาวะกรด
และด่าง

ตารางที่ 5 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง น้ำ และเหงื่อของผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดง

ความคงทนของสี	ค่าระดับความคงทนของสี			
	ต่อการซักล้าง	ต่อน้ำ	ต่อเหงื่อ	
			สภาวะกรด	สภาวะด่าง
การเปลี่ยนแปลงของสี	3	3-4	3-4	3-4
การติดเปื้อนสีบนผ้าขาว				
- อะซิเตท	4-5	5	4-5	4-5
- ฝ้าย	5	4-5	5	5
- ไนลอน	5	5	5	5
- พอลิเอสเตอร์	4	5	5	5
- อะคริลิก	4	5	5	5
- ขนสัตว์	5	4	5	5

หมายเหตุ แปลค่า ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่สุด ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 1-2 แย่ถึงแย่มาก ระดับ 1 แย่มาก จากคะแนนเต็ม 5

3.3.4 ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม (มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-B02: 1994) ได้ผลดังตารางที่ 6 พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดง ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (Color change) อยู่ในระดับดีพอใช้ (ระดับ 4) [19] ซึ่งพบว่า สีธรรมชาติจากดินแดงค่อนข้างมีความคงทนของสีต่อแสง เนื่องจากมีเหล็กออกไซด์ผสมอยู่จึงมีความคงทนของสีต่อแสงมากกว่าสีธรรมชาติจากพืช

ตารางที่ 6 ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียมของผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดง

การเปลี่ยนแปลงของสี	ความคงทนของสี
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	4

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

3.3.5 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (มาตรฐานการทดสอบ ISO 105-X 12:2001) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดง ระดับความคงทนต่อการติดเปื้อนสี แนวเส้นด้ายพุ่ง ภาวะเปียกอยู่ในระดับแย่มาก (ระดับ 2) ภาวะแห้งอยู่ในระดับปานกลาง (ระดับ 3) และแนวเส้นด้ายยืน ภาวะเปียกอยู่ในระดับแย่มากถึงแย่มาก (ระดับ 1-2) ภาวะแห้งอยู่ในระดับแย่มากถึงปานกลาง (ระดับ 2-3) [20] ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อการขัดถู เนื่องจากนำผงดินแดงมาเป็นสีในการพิมพ์ซิลค์สกรีนจึงทำให้ความคงทนของสีต่อการขัดถูต่ำ ซึ่งในการนำดินแดงไปสีกัดสีย้อมผ้าจะมีความคงทนของสีต่อการขัดถูที่มากกว่า

ตารางที่ 7 ความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดง

แนว เส้นด้าย	ความคงทนต่อการติดเปื้อนสี	
	ภาวะเปียก	ภาวะแห้ง
ด้ายยืน	1-2	2-3
ด้ายพุ่ง	2	3

หมายเหตุ แปลค่า ระดับ 5 ดีที่สุด ระดับ 4-5 ดีถึงดีที่ สุด ระดับ 3-4 ปานกลางถึงดี ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2-3 แย่ถึงปานกลาง ระดับ 1-2 แย่ถึงแย่มาก ระดับ 1 แย่ที่สุด จากคะแนนเต็ม 5

3.3.6 ความกระด้างของผ้า (มาตรฐานการทดสอบ ASTM D1388-96 Reapproved 2002) ได้ผลดังแสดงในตาราง ที่ 8 ความกระด้างของผ้าพบว่า ค่าเฉลี่ยผ้าก่อนการพิมพ์ซิลค์สกรีนการตัดโค้งตัว แนวเส้นด้ายยืน 2.30 เซนติเมตร และการตัดโค้งตัวแนวเส้นด้ายพุ่ง 1.48 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยการตัดโค้งตัวของผ้าที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดงการตัดโค้งตัวแนวเส้นด้ายยืน 2.64 เซนติเมตร และการตัดโค้งตัวแนวเส้นด้ายพุ่ง 1.82 เซนติเมตร [21] ซึ่งพบว่า ความกระด้างของผ้าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการพิมพ์ซิลค์สกรีนเป็นการนำเอาแป้งพิมพ์กับสีธรรมชาติพิมพ์ลงบนผ้าจึงทำให้เกิดความแข็งกระด้างของผ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายก่อนการพิมพ์

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยดินแดง

แนวเส้นด้าย	ความยาวของการตัดโค้งตัว (เซนติเมตร) (Bending length)
ด้ายยืนก่อนการพิมพ์	2.30
ด้ายพุ่งก่อนการพิมพ์	1.48
ด้ายยืนหลังการพิมพ์	2.64
ด้ายพุ่งหลังการพิมพ์	1.82

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาสูตรแป้งพิมพ์และภาวะที่เหมาะสมในการพิมพ์ซิลค์สกรีนบนผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากดินแดง และสารช่วยติดที่เหมาะสม รวมถึงความคงทนของสีต่อการซักล้าง ต่อน้ำ ต่อเหงื่อ ต่อแสงแดดเทียม ต่อการขัดถู และความกระด้างของผ้า ผลการวิจัยทำให้ทราบสมบัติทางกายภาพความคงทนของสีดินแดงที่พิมพ์บนผ้าฝ้ายในสูตรต่าง ๆ ภาวะที่เหมาะสมในการพิมพ์ซิลค์สกรีนได้แก่ แป้งพิมพ์สำเร็จรูป 70 กรัม ผงดินแดง 30 กรัม เวลา 5 นาที อุณหภูมิหมักสี 150 องศาเซลเซียส สีของดินแดงที่มีการพิมพ์ซิลค์สกรีนเมื่อไม่ใช้สารช่วยติด สีหลุดออกได้ง่ายยังไม่มี ความคงทนของสีมากนัก ติดเปื้อนสีบนผ้าขาวค่อนข้างมากจึงจำเป็น ต้องใช้สารช่วยติดมาช่วยให้มีความคงทนของสีมากขึ้นในแต่ละสารช่วยติดมีสมบัติที่แตกต่างกัน สารช่วยติดที่มีภาวะที่ดีที่สุด คือ เพอร์รัสซัลเฟต 10 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร จึงนำไปทดสอบความคงทนของสี ได้แก่ ความคงทนของสีต่อการซักล้าง ความคงทนของสีต่อน้ำ ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ความคงทนของสีต่อแสงแดดเทียม การเปลี่ยนของสีเล็กน้อยและสีตกติดบนผ้าขาวน้อย ยกเว้น ความคงทนของสีต่อการขัดถู และความกระด้างของผ้า มีความกระด้างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายก่อนการพิมพ์ซิลค์สกรีน ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอที่ไม่มีการขัดถูบ่อยครั้ง เช่น หมอนอิง ผ้าปูโต๊ะ ชุดบนโต๊ะอาหาร ผ้าคลุมเตียง ผลิตภัณฑ์ที่นำมาเป็นส่วนประกอบของเครื่องเรือน



5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส พี ลักซ์ลิเทรตติ้ง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ผ้าทอเส้นใยฝ้าย และคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการทดสอบความคงทนของสีและสมบัติเชิงกายภาพ

6. อ้างอิง

- [1] Ngulube T, Gumbo JR, Masindi V, et al. An update on synthetic dyes adsorption onto clay based minerals: A state-of-art review. J Environ Manag. 2017; 15(191):35-57.
- [2] John SM, Johansen JD, Rustemeyer T. et al, editors. Kanerva's Occupational Dermatology[Internet]. Springer International Publishinm; 2018 [cited 2020]. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-40221-5>
- [3] Dawood S, Sen T. Review on dye removal from its aqueous solution into alternative cost effective and non-conventional adsorbents. J Chem Process Eng. 2014; 1(104):1-11.
- [4] Edwards E. Cloth and community: The local trade in resist-dyed and block-printed textiles in Kachchh district, Gujarat. Journal Textile History. 2007; 38(2); 179-97.
- [5] นันทิยา อัจฉรวรรณ, ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, สมพล มงคลพิทักษ์สุข. การสกัดสีย้อมผ้าจากดินแดง. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. 2554; 5(1):26-35.
- [6] กิตติคุณศักดิ์ ศิริพันธุ์. สีในศิลปะวัฒนธรรม วิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน); 2559.
- [7] Muthu S, Gardetti M, editors. Sustainability in the Textile and Apparel Industries. Switzerland, Springer International; 2020.
- [8] ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ. วัสดุทางการพิมพ์. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช; 2552.
- [9] ภัทราวุธ มนต์วิเศษ, สุภารัตน์ รักชลธิ, วรา ชัยนิตย์. การพัฒนาสีพลาสติกจาก EVA สำหรับงานพิมพ์สกรีน : รายงานวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2558.
- [10] ไพรัตน์ ปุณญาเจริญนนท์, กาญจนา ลือพงษ์, จำลอง สาลิกานนท์. การพัฒนาการเตรียมสีผงจากสีย้อมธรรมชาติ : รายงานวิจัย. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2557.
- [11] รัตน์พล มงคลรัตนาลิทธิ. วิธีการทดสอบความคงทนของสีบนวัสดุสิ่งทอตามมาตรฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2549.

- [12] นวลแข ปาลิวนิช. ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย (ปรับปรุงใหม่). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2542.
- [13] สุดารัตน์ ศรีโสด. การพัฒนาเส้นใยเซลลูโลส ด้านเชื้อแบคทีเรียด้วยสารซิลเวอร์นาโนและ สารช่วยยืดจากธรรมชาติ. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์; 2559.
- [14] จริญญา คล้ายจ้อย, วิโรจน์ ผดุงทศ. การพัฒนา เทคนิคการทำผ้าบาติกบนผ้าไหมด้วยสี ธรรมชาติ : รายงานวิจัย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2552.
- [15] นฤมล ศิริทรงธรรม. ข่าวสารเคมีสิ่งทอ กอง อุตสาหกรรมกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2533; 6(2):22-32.
- [16] กชกร สกกุลบริสุทธิ, สุธิลักษณ์ ไกรสุวรรณ, ขจีจิรัส ภิรมย์ธรรมศิริ. ผลของสารช่วยติดที่มี ต่อความคงทนของสีผ้าฝ้ายสีธรรมชาติ สีน้าตาล. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ โรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2559; 8(15):1-15.
- [17] สุนิษา แสงบุญ. การออกแบบและพัฒนา ผลิตภัณฑ์สิ่งทอด้วยเทคนิคการพิมพ์เส้นด้าย ยีนแบบซิลค์สกรีนจากสีธรรมชาติ. [โครงการใน งานออกแบบผลิตภัณฑ์สิ่งทอระดับปริญญาตรี]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร; 2556.
- [18] สมชาย อุดร, วันเพ็ญ ปนคำ. สมบัติความเข้ม และความคงทนของสีของผ้าฝ้ายถักพิมพ์ด้วยสี ครามธรรมชาติโดยเทคนิคการพิมพ์ลอกสี. วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ. 2558; 9(1):66-78.
- [19] ศิวพร แก่นจันทร์, ปิยะพร คามภิรภาพพันธ์. การย้อมผ้าไหมด้วยสีจากกากกาแฟโดยใช้สาร สกัดจากเปลือกทับทิมเป็นสารช่วยติด. วารสาร วิจัย มทร.กรุงเทพ. 2557; 8(1):127-32.
- [20] นันทิยา อัจฉรวรรณ. การสกัดสีย้อมผ้าจาก ดินแดง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหา บัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ; 2553.
- [21] สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์, นันทนา จิรธรรมนุกุล, นริศรา กุลปรีชานันท์. การดัดแปรดินมอนต์มอ ริลไลต์เพื่อใช้เป็นสารหน่วงไฟในผ้าฝ้าย : รายงานวิจัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2550.

