

ผลของสารสะท้อนน้ำต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์จากผ้าไหมทอมือ
The effect of water repellent on the development of creative products
from handwoven silk

พิชญา ศรีวิเศษ และชนิษฐา เจริญลาภ*
Pichaya Sriwiset, and Khanittha Charoenlarp*

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
Faculty of Textile Industries, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
*Corresponding Author Khanittha.C@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเป๋าจากผ้าไหมทอมือที่ตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ ดำเนินการวิจัยโดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและสมบัติของผ้าไหมทอมือที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารสะท้อนน้ำสอง ชนิด ได้แก่ สารสะท้อนน้ำฟลูออโรคาร์บอน (FC) และสารสะท้อนน้ำปราศจากฟลูออโรคาร์บอน (FCF) ออกแบบและผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์กระเป๋าจากผ้าไหมทอมือที่ตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ รวมทั้งศึกษาความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการตกแต่งสะท้อนน้ำของสารทั้งสองชนิดเป็นสภาวะเดียวกัน คือ ใช้ความเข้มข้น 70 กรัมต่อลิตร บีบอัดผ้าด้วยลูกกลิ้งที่มีค่าร้อยละการบีบอัดเท่ากับ 75 อบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที ผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF มีสมบัติที่ดีกว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FC ในเรื่องของการสะท้อนน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ และความคงทนต่อแรงฉีกขาด ส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FC มีสมบัติที่ดีกว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF ในเรื่องความคงทนต่อการซัก โดยผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF มีค่ามอดุลัส 141.17 องศา ความชื้นสัมพัทธ์ 20.81 ความทนต่อแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายพุ่ง 97.47 นิวตัน แนวเส้นด้ายยืน 63.6 นิวตัน มีความคงทนต่อการซัก 3 รอบ ส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FC มีค่ามอดุลัส 135.3 องศา ความชื้นสัมพัทธ์ 13.6 ความทนต่อแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายพุ่ง 97.03 นิวตัน แนวเส้นด้ายยืน 60.57 นิวตัน มีความคงทนต่อการซักมากกว่า 5 รอบ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเป๋าเลือกใช้สารสะท้อนน้ำประเภท FCF เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการซักบ่อยครั้งและมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ผลการประเมินแบบความพึงพอใจในด้านผลิตภัณฑ์จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 152 คน มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระเป๋าผ้าไหมทอมือที่มีสมบัติสะท้อนน้ำในระดับมาก โดยมีความพึงพอใจด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมของวัสดุ ด้านประโยชน์การใช้สอย และด้านความสะดวกในการบำรุงรักษา เท่ากับ 4.43 ± 0.76 , 4.34 ± 0.77 , 4.38 ± 0.74 และ 4.38 ± 0.75 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผ้าไหมทอมือ การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ การพัฒนาผลิตภัณฑ์

ABSTRACT

The purpose of this research was to produce a prototype of a hand-woven silk bag with water repelling finishing. This research studied the optimum conditions and properties of

Received 01-03-2023
Revised 04-04-2023
Accepted 12-04-2023

handwoven silk finishing with two types of water repellent reagents such as fluorocarbon reagent (FC) and fluorocarbon free reagent (FCF), design and made-up the prototype of handwoven silk bags that finished with water repellent reagents and study satisfaction of respondents with this product. The results showed that both types of water repellent reagents had the same optimum conditions at a concentration of 70 g/l, compressed the fabric with the padding machine at 75 % pick up, dry at 120 °C for 2 minutes, followed by curing at 165 °C for 2 minutes. Fabrics finished with FCF have better water repellent property, color intensity (K/S) and tear strength than fabrics finished with FCF. Fabrics finished with FCF had a contact angle of 141.2 degree, color intensity (K/S) 20.81, tear strength in weft yarn 97.47 N, 63.6 N of warp, and fastness for 3 cycles of washing. The fabric finished with FC had a contact angle of 135.3 degree, color intensity (K/S) 13.6, tear strength in weft yarn 97.03 N, 60.57 N of warp yarn, and fastness more than 5 cycles of washing. In the development of bag products, FCF was used because the bag is a product that does not require frequent washing and FCF was more environmentally friendly than FC. Assessing satisfaction with product prototypes by 152 respondents found that there was a high level of average satisfaction with the product, with satisfaction in aesthetics, suitability of materials, usability, and maintenance equal to 4.43 ± 0.76 , 4.34 ± 0.77 , 4.38 ± 0.74 and 4.38 ± 0.75 respectively.

Keyword: Handwoven Silk, Water repelling finishing, Product development

1. บทนำ

การทอผ้าในประเทศไทยเป็นงานศิลปะหัตถกรรมพื้นบ้านที่มีแพร่หลายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยในแต่ละภาคมีวิธีการ และลักษณะเฉพาะถิ่นที่สืบทอดกันมาตั้งแต่โบราณในรูปแบบที่แตกต่างกัน ผ้าทอนอกจากจะเป็นเครื่องนุ่งห่มแล้วยังเป็นผลงานด้านศิลปะอีกแขนงหนึ่งที่บ่งบอกประเพณีและวัฒนธรรมของกลุ่มชนในสังคมนั้น ๆ ความงามในลวดลาย ความประณีตของฝีมือ การประยุกต์วัสดุอุปกรณ์ แสดงให้เห็นภูมิปัญญาท้องถิ่นและอารยธรรมความเจริญของกลุ่มชนที่สืบทอดมรดกทางวัฒนธรรมการทอผ้าจนเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น ทั้งนี้กลุ่มทอผ้าบ้านอันแดก ตำบลกั้งแอน จังหวัดสุรินทร์ มีวัฒนธรรมการทอผ้าสืบทอดต่อกันมา แทบทุกครัวเรือนได้รับการถ่ายทอดมรดกภูมิปัญญาการทอผ้าไหมแบบโบราณ สืบทอดกันมาหลายชั่วอายุคน จากการลงพื้นที่เพื่อสำรวจสภาพการผลิตและการจำหน่ายผ้าไหมของกลุ่มในปัจจุบันยังประสบ

ปัญหาในหลาย ๆ ด้าน ชาวบ้านไม่สามารถทำให้ผ้าไหมมีมูลค่าเพิ่มขึ้น บางผลิตภัณฑ์ล้นตลาดเพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมือน ๆ กัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ผ้าชิ้นผ้าพันคอ เนื่องจากขาดการศึกษาความต้องการของผู้บริโภค และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลาย ทันสมัย จึงทำให้ไม่สามารถขายสินค้าผ้าไหมได้มากเท่าที่ควร ด้วยปัญหาและความสำคัญของผ้าไหมสุรินทร์ดังกล่าว ปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้สิ่งทอและผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้มีตลาดที่กว้างขวางขึ้น นอกจากการออกแบบแล้ว การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความร่วมสมัยโดยนำหลักการทางนวัตกรรมสิ่งทอ หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามามีส่วนร่วมในการออกแบบผ้าพื้นเมืองเพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ ให้ได้ผลงานทางหัตถอุตสาหกรรมที่มีความน่าสนใจมากขึ้น เช่น ผ้าทอไหมผ้าที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา แบคทีเรีย ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต รวมไปถึงผ้าที่มีสมบัติสะท้อนน้ำในส่วนการตกแต่งเพื่อให้ผ้ามีคุณสมบัติในการกันน้ำ

ได้นั้น ปัจจุบันมีการนำหลักการด้านนาโนเทคโนโลยี มาปรับปรุงพื้นผิววัสดุโดยการเลียนแบบปรากฏการณ์การกลิ้งของน้ำบนใบบัว (Lotus effect) ทำให้วัสดุไม่เปียกน้ำและมีคุณสมบัติทำความสะอาดตนเองได้ (Self-cleaning) เพื่อใช้เคลือบพื้นผิวชนิดต่างๆ เช่น เคลือบผิวเซรามิก กระดาษ ผ้า และไม้ เป็นต้น [1-2] ในส่วนของอุตสาหกรรมสิ่งทอ สารสะท้อนน้ำที่ใช้มีหลายประเภท ได้แก่ พาราฟิน (Paraffin) แวกซ์ (Wax) กรดสเตียริกเมลามีน (Stearic acid melamine) ไพริดีเนียม (Pyridinium) ซิลิโคน (Silicone) และสารฟลูออโรคาร์บอน เป็นต้น [3] ทั้งนี้สารประกอบฟลูออโรคาร์บอน ซึ่งเป็นสารกลุ่ม พอลิฟลูออโรอัลคิล (Polyfluoroalkyl substances, PFASs) ได้รับความนิยมในการนำมาตกแต่งสะท้อนน้ำบนสิ่งทอ เนื่องจากให้มุมสัมผัส (Contact angle) ของน้ำมีค่ามากที่สุด [3-4] ในขณะเดียวกันก็มีความสามารถในการระบายอากาศได้ดี และยังคงทำให้ผ้ามีผิวสัมผัสที่ดี [5-7] ทั้งนี้มีรายงานว่ามีการใช้สาร PFASs ในการผลิตสิ่งทอคิดเป็นประมาณร้อยละ 50 ของการใช้สาร PFASs ทั่วโลก [8] แต่เนื่องจากสารประกอบฟลูออโรคาร์บอนมีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม มีการตรวจพบสาร PFASs ในหลากหลายตัวกลางสิ่งแวดล้อม โดยพบในตัวอย่างที่เก็บจากอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ ทะเล มหาสมุทร รวมถึงแผ่นน้ำแข็ง [9] และจากการศึกษาการปนเปื้อนในระบบนิเวศวิทยาแหล่งน้ำทั้ง 3 ตัวกลาง ได้แก่ น้ำ ตะกอนท้องน้ำ และสัตว์น้ำที่อาศัยในแหล่งน้ำ [10-11] แสดงให้เห็นการสะสมและถ่ายทอดสาร PFASs ผ่านระบบห่วงโซ่อาหาร โดยมีผลการศึกษาทางระบาดวิทยาที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของระดับสาร PFASs บางชนิดในร่างกายกับผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ การเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ การเกิดภูมิแพ้ ความสามารถในการทำงานของไต โรคหัวใจและหลอดเลือด การเพิ่มขึ้นของระดับโทรอยด์ฮอร์โมน และระดับคอเลสเตอรอล [12] งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำผ้าไหมทอมือตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำสอง

ชนิดคือสารสะท้อนน้ำที่ประกอบด้วยสารฟลูออโรคาร์บอน และสารปราศจากฟลูออโรคาร์บอน

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ อุปกรณ์

2.1.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

ผ้าไหมทอมือจากกลุ่มทอผ้าบ้านอันแดก ตำบล กังแอน อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์

สารตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำสองชนิด คือสารที่มีฟลูออโรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมีชื่อทางการค้าว่า Threegard TG6 ในงานวิจัยนี้ใช้แทนด้วย สาร FC (สาร Fluorocarbon) และสารที่ไม่มีฟลูออโรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมีชื่อทางการค้าว่า FCF-02 ในงานวิจัยนี้ใช้แทนด้วย สาร FCF (สาร fluorocarbon free) ผลิตโดยบริษัทบริษัท ทรี ดี ซี บิสซิเนส จำกัด

ผงซักฟอกตามมาตรฐาน AATCC 135

2.1.2 อุปกรณ์

เครื่องบีบอัดสาร (Padding) ยี่ห้อ Copower รุ่น P-A1

เครื่องดึงหน้าผ้าและอบลมร้อน (Stenter) ยี่ห้อ Copower รุ่น M-6

เครื่องทดสอบการฉีกขาด (Elmendorf Tear Tester) ยี่ห้อ TEXTTEST AG รุ่น FX 3750

เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ BONITA รุ่น BMB224

เครื่องวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำ (Contact Angle measurement) ยี่ห้อ Data Physics รุ่น OCA-15EC

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer Color Meter) ยี่ห้อ Datacolor รุ่น 600™

เครื่องตัดชิ้นงานตัวอย่างแบบใบมีดทรงกลม (Circular Sample Cutter) ยี่ห้อ James H. Heal รุ่น 230/10

เครื่องซักผ้าแบบมีแกนกลาง ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3LWTW4815FWO

เครื่องอบผ้า ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3XWE D5705SW

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 เตรียมตัวอย่างผ้าไหมทอมือ

ซักทำความสะอาดผ้าไหมทอมือแล้วตัดตัวอย่างผ้าให้เป็นชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 12 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว เย็บขอบขึ้นทดสอบเพื่อกันขอบผ้าลุ่ยทุกด้าน

2.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำผ้าไหมทอมือ

(1) ศึกษาปริมาณสารสะท้อนน้ำ

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารทั้งสองชนิด ในช่วง 0, 40, 50, 60, 70, 80, 90, และ 100 กรัมต่อลิตร ใช้วิธีการจุ่มบิ๊บอัดสาร (Pad) เข้าไปในผ้าด้วยเครื่องบิ๊บอัดสาร ที่มีค่าร้อยละการบิ๊บอัด (% Pick up) เท่ากับ 75 อบแห้ง (Dry) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที ให้ความร้อนเพื่อทำปฏิกิริยา (Cure) ที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที วัดค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้า เลือกความเข้มข้นที่ให้ความมุมสัมผัสของหยดน้ำสูงที่สุด (ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง)

(2) ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

เตรียมสารเคมีสะท้อนน้ำในปริมาณที่ได้จากการศึกษาในข้อที่ (1) บิ๊บอัดสารเข้าไปในผ้าด้วยสภาวะเดียวกับการทดลองข้อที่ (1) แปรผันอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 150, 165 และ 180 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที วัดค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้า (ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง)

2.2.3 ทดสอบสมบัติทางกายภาพและการสะท้อนน้ำของผ้าไหมทอมือ

การเปรียบเทียบสมบัติผ้าก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ ดังนี้

(1) ทดสอบมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้า

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D7490-13 [13] โดยในการวัดมุมสัมผัสใช้น้ำปริมาตร 2 ไมโครลิตรต่อ น้ำ 1 หยด วัดมุมสัมผัสของน้ำ 3 ตำแหน่ง กระจายทั่วทั้งผ้าไหมทอมือ ด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส บันทึกผลและคำนวณหาค่าเฉลี่ย

(2) น้ำหนักผ้า

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3776 – 96 option C [14] โดยตัดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องตัดชิ้นใบมีดทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.6 เซนติเมตร สุ่มตัด 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งมีพื้นที่ 10 ตารางเซนติเมตร นำชิ้นงานทดสอบไปชั่งน้ำหนัก คำนวณน้ำหนักผ้าเป็นกรัมต่อตารางเมตร (GSM) ดังสมการที่ (1)

$$GSM (gm/m^2) = \frac{M}{A} \times 10000 \quad (1)$$

M = น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)

A = พื้นที่ของชิ้นงาน (ตารางเซนติเมตร)

(3) การทดสอบแรงฉีกขาดของผ้า

ทดสอบหาแรงฉีกขาดของผ้าทอ ตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 18-2553 [15] โดยตัดชิ้นทดสอบตามขนาดดังแสดงในภาพที่ 1 ในแนวเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง อย่างน้อยด้านละ 3 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่างผ้า ทดสอบผ้าด้วยเครื่องทดสอบการฉีกขาดแบบเอลเมนดอร์ฟ บันทึกค่าที่ได้เป็นหน่วยเซนตินิวตัน (cN) และนำไปคำนวณเป็นหน่วย นิวตัน (N) ดังสมการที่ (2)

$$\text{แรงฉีกขาด (นิวตัน)} = \frac{F}{100} \quad (2)$$

เมื่อ F = แรงฉีกขาด (เซนตินิวตัน)



ภาพที่ 1 ขนาดชิ้นทดสอบในการทดสอบแรงฉีกขาด

(4) การทดสอบความเข้มสีของผ้า

ทดสอบความเข้มสีของผ้าไหมด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยพับชิ้นทดสอบซ้อนกัน 4 ชั้น (ไม่ให้แสงผ่านได้) วัดซ้ำ 3 ครั้งต่อชิ้นตัวอย่าง วัดค่าสีโดยระบุสีเป็นค่าตัวเลขด้วยระบบสี CIE L*a*b* และ

ระบุความเข้มสี (color strength) ในรูปของ K/S ตามสมการของ Kubelka-Munk [16]

ระบุสีเป็นค่าตัวเลขด้วยระบบสี CIE L*a*b*

L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

L = 0 สีที่ได้จะมีดเป็นสีดำ

L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว

a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

a เป็น + วัดภูมิสีออกแดง

a เป็น - วัดภูมิสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัดภูมิสีออกเหลือง

b เป็น - วัดภูมิสีออกน้ำเงิน

การวัดค่าความเข้มสีบนวัสดุสิ่งทอ ใช้เทคนิคการวัดการสะท้อนของแสงและแสดงในรูปของ K/S : ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนแสง (R) ดังสมการที่ (3)

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (3)$$

K = สัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนแสง

S = สัมประสิทธิ์ของการกระจายแสง

R = ค่าการสะท้อนแสง

(5) การทดสอบความคงทนต่อการซัก

ทดสอบการซักตามมาตรฐาน AATCC 135

[17] ทดสอบการซัก 5 รอบ แล้วนำไปทดสอบมุม

สัมผัสของหยดน้ำบนผ้า เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัสก่อนและหลังการซัก

(6) สันฐานวิทยาของผ้า

ตรวจสอบสันฐานของผ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

2.2.4 ความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์กระเป๋จากผ้าไหมทอมือที่ตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ สอบถามกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสตรีที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปี ขึ้นไป ใช้สถิติ F-test ในการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์

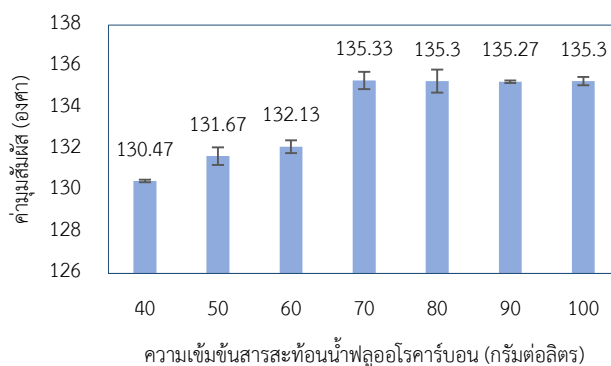
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สภาวะที่เหมาะสมในการตกแต่ง

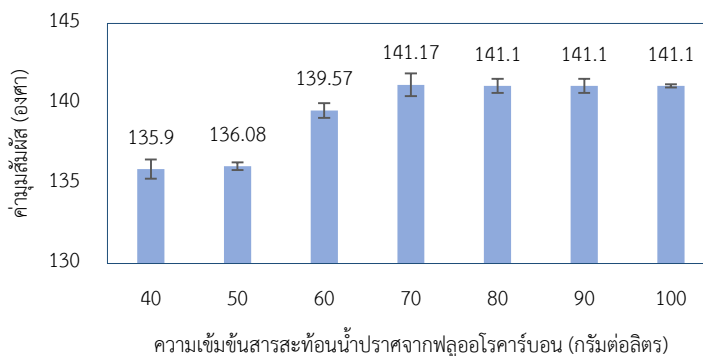
สำเร็จสะท้อนน้ำผ้าไหมทอมือ

3.1.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสม

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการตกแต่งผ้าไหมทอมือด้วยสารสะท้อนน้ำ FC และ FCF ใช้เครื่องบีบอัด อบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที ให้ความร้อน (cure) ที่ 165 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที ได้ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 2 -3



ภาพที่ 2 ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าที่ตกแต่งด้วย สาร FC ที่ความเข้มข้นต่างกัน



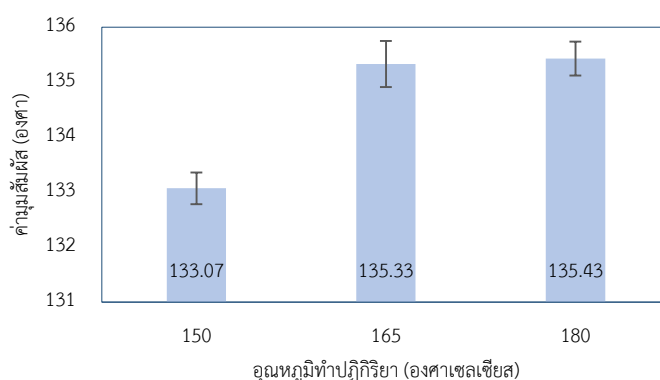
ภาพที่ 3 ค่ามัมส์ของหยดน้ำบนผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF ที่ความเข้มข้นต่างกัน

ผลการทดลองพบว่าประเภทและความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญ เพื่อให้ได้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kawser Parveen Chowdhury ที่ศึกษาผลของความเข้มข้นของการตกแต่งสะท้อนน้ำผ้าฝ้ายถักด้วยสารที่ปราศจากฟลูออโรคาร์บอนและฟลูออโรคาร์บอน [3] ในการทดลองนี้สาร FCF ทำให้ผ้ามีสมบัติที่สะท้อนน้ำมากกว่า เมื่อความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำมากขึ้น ค่ามัมส์ระหว่างหยดน้ำกับพื้นผิวมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ในการ pad dry cure 1 รอบ ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับสารสะท้อนน้ำทั้งสอง

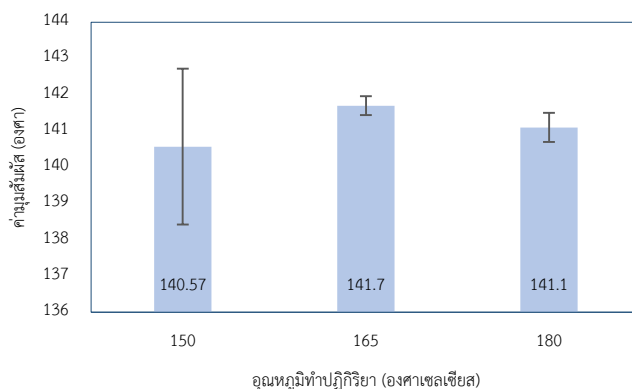
ชนิด คือ 70 กรัมต่อลิตร และเมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นถึงจุดหนึ่งค่ามัมส์เริ่มคงที่ เนื่องจากความสามารถของพื้นผิวของผ้ารับปริมาณสารที่ถูกบีบอัดและแทรกซึมเข้าสู่ผิวผ้าและยึดติดกับผ้าได้ในปริมาณจำกัด

3.1.2 ศึกษาอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

ศึกษาอุณหภูมิการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการตกแต่งผ้าไหมทอมือด้วยสารสะท้อนน้ำ FC และ FCF ความเข้มข้น 70 กรัมต่อลิตร อบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที แปรผันอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาได้ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4 -5



ภาพที่ 4 ค่ามัมส์ของหยดน้ำบนผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FC เข้มข้น 70 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยาต่างกัน



ภาพที่ 5 ค่ามัมส์ผสมของหยดน้ำบนผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF เข้มข้น 70 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยาต่างกัน

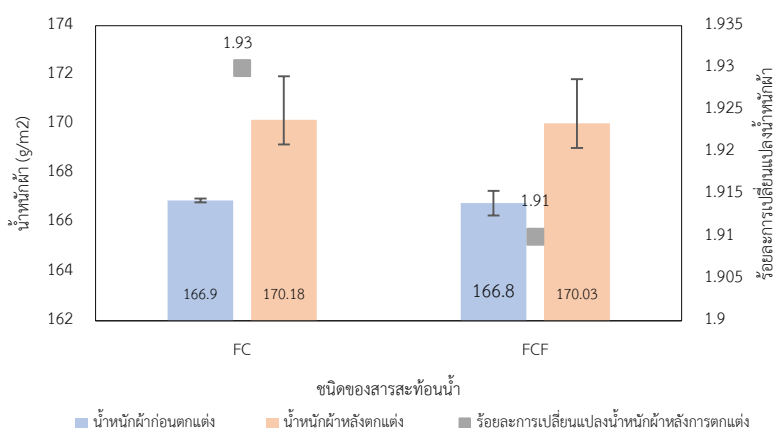
ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาของสารสะท้อนน้ำ มีผลต่อคุณสมบัติการสะท้อนน้ำของผ้าไหมทอมือ ทั้งนี้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สารสะท้อนน้ำทำปฏิกิริยายึดติดกับพื้นผิวผ้าได้ดีขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Smita Bait และคณะ ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาในการเคลือบพอลิเอสเตอร์ด้วยพอลิยูรีเทนสูตรน้ำ [18] โดยเมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ค่ามัมส์ผสมของหยดน้ำจะเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงความสามารถ

สะท้อนน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 165 และ 180 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน งานวิจัยนี้เลือกอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 165 องศาเซลเซียส

3.2 สมบัติของผ้าไหมทอมือที่ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ

3.2.1 น้ำหนักผ้า

ชั่งน้ำหนักผ้าไหมทอมือก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 6



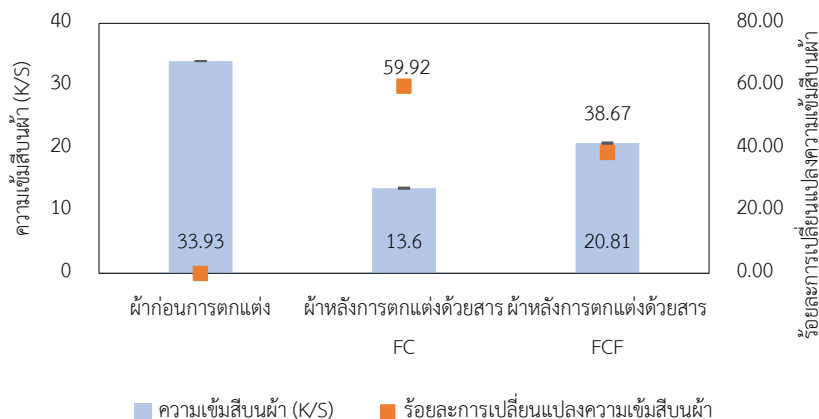
ภาพที่ 6 น้ำหนักของผ้าก่อนและหลังตกแต่งสะท้อน น้ำด้วยสาร FC และสาร FCF

ผลการทดลองพบว่าผ้าไหมทอมือหลังการตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC และสาร FCF มีน้ำหนักผ้าเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.93 และ 1.91 ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการจุ่มอัดสารสะท้อนน้ำเข้าไปในผืนผ้าและการที่น้ำหนักผ้าเพิ่มขึ้นในปริมาณที่แตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากในขั้นตอนการจุ่มอัด ได้จุ่มบีบอัดสารเข้าไปในผ้าด้วยเครื่องบีบอัดด้วยลูกกลิ้ง ค่าร้อยละการบีบอัดเท่ากับ 75 ทำให้ปริมาณสารที่

เข้าไปในเนื้อผ้ามีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้มีรายงานว่าชนิดของสารสะท้อนน้ำไม่มีผลต่อน้ำหนักผ้า แต่จะมีผลต่อสมบัติทางเชิงกลของผ้า [3]

3.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์

วัดความชื้นสัมพัทธ์ของผ้าก่อนและหลังการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FC และ FCF ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนและหลังตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC และสาร FCF

ผลการทดลองพบว่าผ้าไหมทอมือหลังการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำด้วยสาร FC และสาร FCF ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง โดยการตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์หลังการตกแต่งลดลงมากกว่าการตกแต่งด้วยสาร FCF โดยความชื้นสัมพัทธ์ลดลงร้อยละ 59.92 และ 38.67 ตามลำดับ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์

ขึ้นกับโครงสร้างของสารสะท้อนน้ำที่เคลือบอยู่รอบๆ เส้นใย [19]

3.2.3 ค่าสี

วัดค่าสีของผ้าก่อนและหลังการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FC และสาร FCF ได้ผลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสีของผ้าก่อนและหลังตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FC และสาร FCF

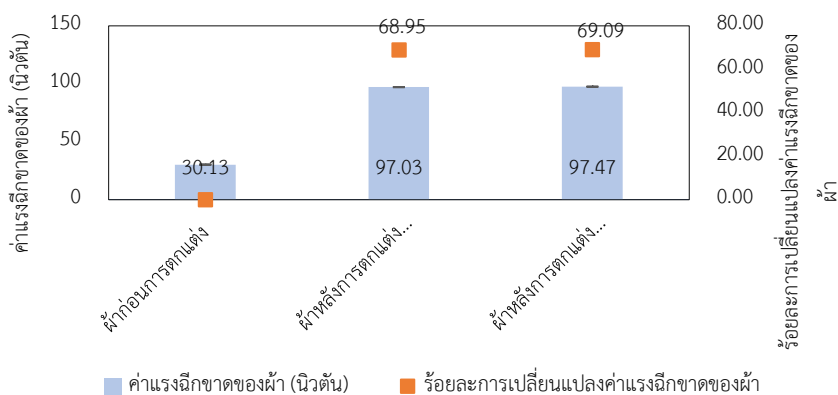
ค่าสี	ก่อนการตกแต่งสะท้อนน้ำ		หลังการตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC		หลังการตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FCF	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
สีของผ้า (L*)	56.76	0.42	64.76	0.49	44.91	0.31
สีของผ้า (a*)	55.95	0.26	12.16	0.37	30.30	0.33
สีของผ้า (b*)	-20.75	0.32	-8.57	0.26	-14.74	0.25

ผลการทดลองพบว่าผ้าไหมทอมือหลังการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FC มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF มีค่าความสว่างลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงเจดสีบนผ้าจะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน คือสารสะท้อนน้ำทำให้เจดสีแดงของผ้าลดลง และมีเจดสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น โดยผ้าที่ตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FCF มีเจดสีออกแดงมากกว่าผ้าที่ตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC การเปลี่ยนแปลงของสีที่แตกต่างกันอาจเกิดจากสารทั้งสองชนิดมีโครงสร้างและขนาดอนุภาคแตกต่างกัน ทำให้พื้นผิวผ้ามีความขรุขระต่างกัน ส่งผลต่อการสะท้อนแสงของผิวผ้า

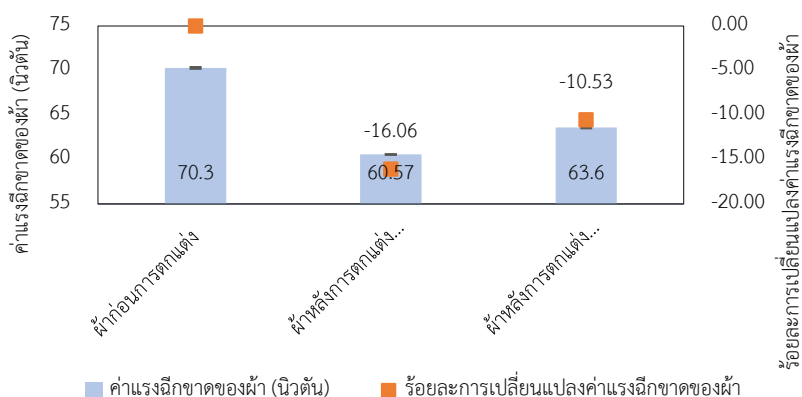
โดยจากการศึกษาผลของขนาดอนุภาคของสารสะท้อนน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบนผ้า ภายหลังการเคลือบ โดย Gunesoglu และคณะ [19] สรุปว่าสารเคลือบที่มีขนาดของอนุภาคเล็ก มีผลต่อการสะท้อนแสงของพื้นผิวสูงขึ้น และทำให้ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงของสีได้น้อยกว่า

3.2.4 ค่าแรงฉีกขาดของผ้า

วัดค่าแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายพุ่งและเส้นด้ายยืนของผ้าก่อนและหลังการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FC และสาร FCF ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 8 – 9



ภาพที่ 8 ค่าแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายพุ่งของผ้าก่อนและหลังตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC และสาร FCF



ภาพที่ 9 ค่าแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายยืนของผ้าก่อนและหลังตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC และสาร FCF

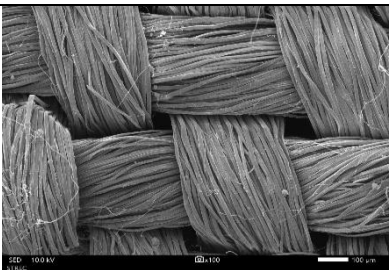
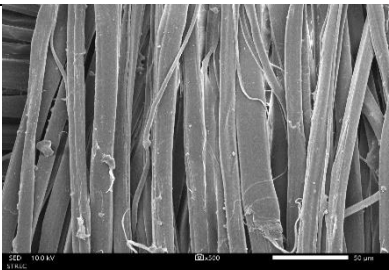
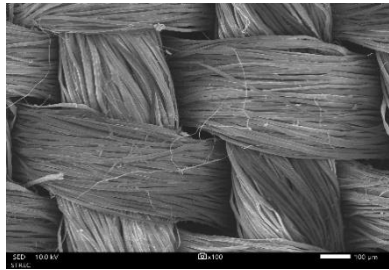
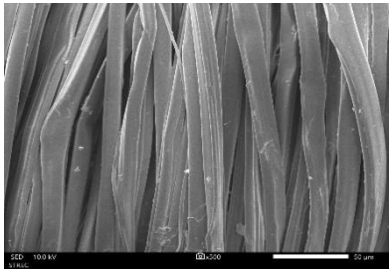
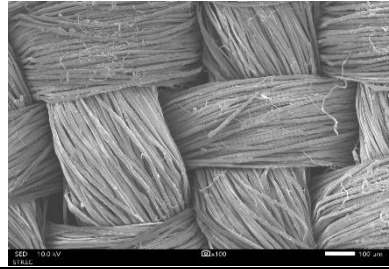
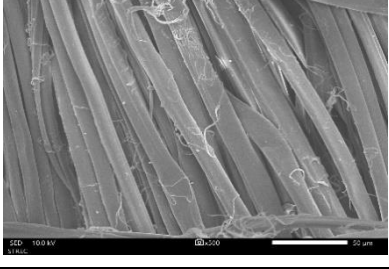
ผลการทดลองพบว่าการตกแต่งสะท้อนน้ำทำให้ผ้าหลังการตกแต่งมีค่าแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายพุ่งเพิ่มขึ้น และมีค่าแรงฉีกขาดในแนวเส้นด้ายยืนลดลง ทั้งนี้แรงฉีกขาดขึ้นกับระดับการเคลื่อนไหว (degree of mobility) ภายในโครงสร้างของเส้นใย เมื่อได้รับแรงเหวี่ยง ระดับการเคลื่อนไหวในโครงสร้างจะช่วยกระจายความเครียดไปทั่วพื้นที่ทำให้ต้านการฉีกขาดได้สูง [3,18] การเคลือบสารสะท้อนน้ำลงบน

ผ้า อาจส่งผลต่อระดับการเคลื่อนไหวภายในโครงสร้างของเส้นใยทำให้ค่าแรงฉีกขาดของเส้นใยเปลี่ยนแปลงไป

3.2.5 สัณฐานวิทยาของผ้า

ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของผ้าก่อนและหลังตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ได้ผลแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะพื้นผิวของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำด้วยสารสะท้อนน้ำต่างกัน

สารสะท้อนน้ำ	ลักษณะพื้นผิว	
	กำลังขยาย 100 เท่า	กำลังขยาย 500 เท่า
ก่อนตกแต่งสำเร็จ		
สาร FC เข้มข้น 7.0 g/L Dry 120°C 2 min Cure 165 °C 2 min		
FCF-02 เข้มข้น 7.0 g/L Dry 120°C 2 min Cure 165 °C 2 min		

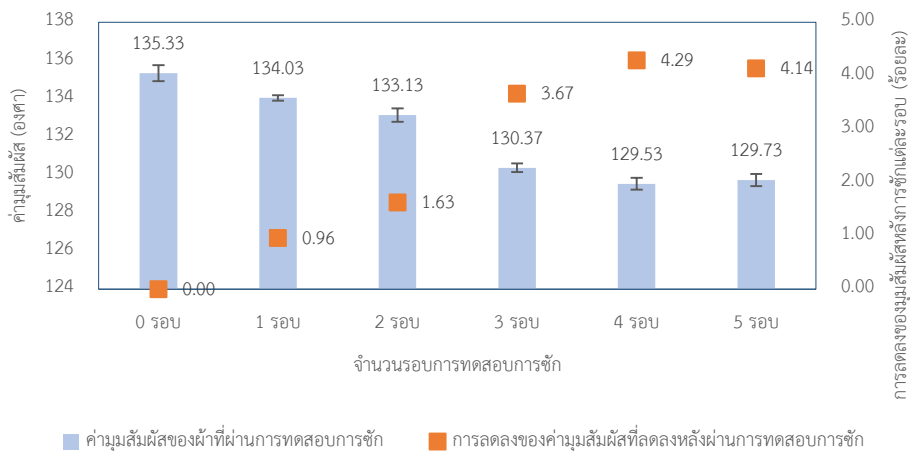
เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นผิวของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำต่างกัน จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปกำลังขยาย 100 และ 500 เท่า พบว่าลักษณะพื้นผิวของผ้าตลอดจนขนาด

ช่องว่างของเส้นด้ายมีการเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของสารสะท้อนน้ำที่ใช้ โดยช่องว่างของเส้นด้ายมีขนาดเล็กลงเมื่อใช้สารตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ ทำให้น้ำไม่สามารถซึมผ่านช่องว่างของเส้นด้าย ทั้งนี้พบว่า

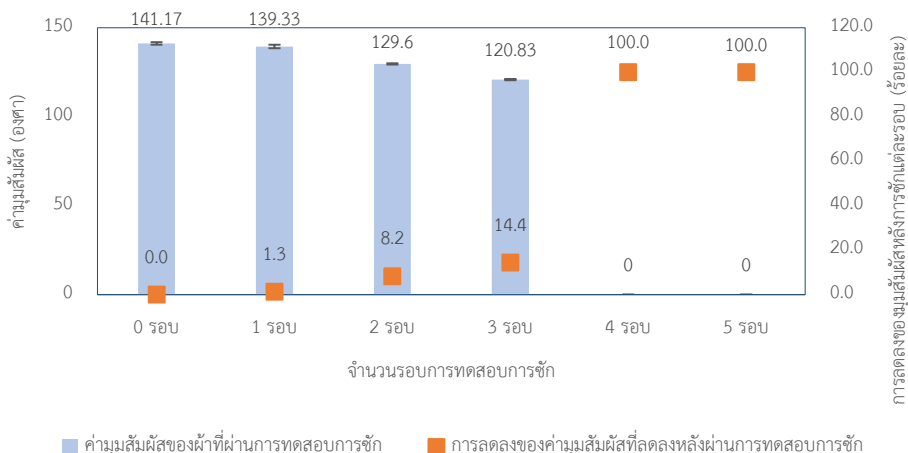
ช่องว่างของเส้นด้ายเมื่อตกแต่งผ้าด้วยสาร FCF มีขนาดเล็กกว่าการตกแต่งผ้าไหมทอมือด้วยสาร FC ซึ่งส่งผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF มีความสามารถในการสะท้อนน้ำได้มากกว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FC ทั้งนี้การเกาะติดของสารสะท้อนน้ำขึ้นกับโครงสร้างและขนาดของอนุภาคของสารสะท้อนน้ำ [3,19]

3.2.6 ความคงทนต่อการซัก

เปรียบเทียบสมบัติความคงทนต่อการซักของผ้าที่ผ่านตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC และสาร FCF โดยทดสอบการซัก 5 รอบ นำผ้าก่อนและหลังการซักไปทดสอบมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้า ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 10 – 11



ภาพที่ 10 ค่ามุมสัมผัสและร้อยละการลดลงของมุมสัมผัสภายหลังการซักของผ้าไหมที่ตกแต่งด้วยสาร FC



ภาพที่ 11 ค่ามุมสัมผัสและร้อยละการลดลงของมุมสัมผัสภายหลังการซักของผ้าไหมที่ตกแต่งด้วยสาร FCF

ผลการทดลองพบว่าผ้าไหมทอมือที่ตกแต่งสะท้อนน้ำด้วยสาร FC มีความคงทนต่อการซักมากกว่าผ้าไหมทอมือที่ตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำด้วย

สาร FCF โดยผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร FCF มีความคงทนต่อการซักเพียงสามรอบเท่านั้นหลังจากนั้นความสามารถในการสะท้อนน้ำจะหมดไปในขณะที่ผ้า

ที่ตกแต่งด้วยสาร FC ภายหลังการซักไปห้ารอบผ้ายังมีสมบัติการสะท้อนน้ำได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากสาร FC ทำปฏิกิริยาติดกับผิวผ้าได้แข็งแรงมากกว่าสาร FCF

3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

นำผ้าไหมทอมือลายยกดอกพริกไทย ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FCF แล้วนำไปให้ผู้ประกอบการด้านเย็บกระเป๋าผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบกระเป๋าทรงกลม ดังภาพที่ 12 และทดสอบความสามารถสะท้อนน้ำของผลิตภัณฑ์โดยการหยดน้ำลงบนผลิตภัณฑ์ได้ผลแสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบผ้าไหมทอมือ



ภาพที่ 13 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบผ้าไหมทอมือที่มีสมบัติสะท้อนน้ำ

นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบผ้าไหมทอมือที่มีสมบัติสะท้อนน้ำสอบถามผู้บริโภคที่เป็นสตรี โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 152 ราย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอาชีพทำงานบริษัท จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 44.74 รองลงมาเป็นนักศึกษา จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 21.71 อาชีพรับราชการ/วิสาหกิจ จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 18.42 และมีอาชีพอิสระ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 15.13 ผู้ตอบแบบสอบถามมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในภาพรวมต่อผลิตภัณฑ์กระเป๋าผ้าไหมทอมือที่มีสมบัติกันน้ำในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.29 ± 0.76 และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ในด้านความสวยงามมากที่สุด (4.43 ± 0.76) รองลงมาเป็นความพึงพอใจด้านประโยชน์การใช้สอย และด้านการบำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากัน (4.38 ± 0.74) และมีความพึงพอใจด้านวัสดุน้อยที่สุด (4.38 ± 0.74) ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระเป๋าผ้าไหมทอมือที่มีสมบัติกันน้ำ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ และสถานภาพที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระเป๋าผ้าไหมทอมือที่มีสมบัติกันน้ำ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์กระเป๋าผ้าไหมทอมือที่มีสมบัติกันน้ำ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในทุกช่วงวัย และทุกระดับอาชีพ

4. สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์กระเป๋าจากผ้าไหมทอมือด้วยสารสะท้อนน้ำ พบว่าประเภทและความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญเพื่อให้ได้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดี ทั้งนี้สารสะท้อนน้ำทั้งสองชนิดใช้สภาวะที่เหมาะสมเหมือนกัน คือ ความเข้มข้น 70 กรัมต่อลิตร จุ่มบิอัดสารเข้าไปในผ้าด้วยเครื่องบีบอัดลูกกลิ้ง ค่าร้อยละการบีบอัดเท่ากับ 75 อบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาทีให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 165 องศา

เซลเซียส เวลาทำปฏิกิริยา 2 นาที ในสภาวะเดียวกัน
นี้ผ้าไหมที่ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FCF มีสมบัติที่
ดีกว่าผ้าไหมที่ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ FC ในเรื่อง
ของการสะท้อนน้ำ ความเข้มข้นผ้า และความคงทน
ต่อแรงฉีกขาด ส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ
FC มีสมบัติที่ดีกว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำ
FCF ในเรื่องความคงทนต่อการซัก ในการพัฒนา
ผลิตภัณฑ์กระเป๋าลูกเต๋าใช้สารสะท้อนน้ำประเภท
FCF เป็นทางเลือกที่ดีกว่า สาร FC เนื่องจากเป็น
ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการซักบ่อยครั้งและมีความเป็น
มิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

ข้อเสนอแนะ

- (1) ศึกษาผลของจำนวนครั้งในการเคลือบผ้า
ด้วยสารสะท้อนน้ำ
- (2) การนำผ้าทอมือของชุมชนไปพัฒนา
ผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายในการสร้างอาชีพ
เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มทอผ้าไหมบ้านอันแดก
ตำบลก้างแอน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์
ห้องทดสอบทางสิ่งทอ

6. อ้างอิง

1. Chang H, Tu K, Wang X, Liu J. Facile Preparation of stable superhydrophobic coatings on wood surfaces using silica-polymer nanocomposites. *BioResources*. 2015;10(2):2585–2596.
2. Ogihara H, Xie J, Okagaki J, Saji T. Simple method for preparing superhydrophobic paper: spray-deposited hydrophobic silica nanoparticle coatings exhibit high water-repellency and transparency. *Langmuir ACS J Surf Colloids*. 2012; 28(10):4605–8.
3. Chowdhury KP. Performance evaluation of water repellent finishes on cotton fabrics. *Int J Text Sci*. 2018;7(2):48–64.
4. Ghosh J, Islam MdR, Chakraborty A. A qualitative analysis of different types of water repellent agent used on cotton fabric. *Eur Sci J ESJ* [Internet]. 2020 Feb 29 [cited 2021 May 29];16(6). Available from: <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12790>
5. Lee HJ, Michielsens S. Preparation of a superhydrophobic rough surface. *J Polym Sci Part B Polym Phys*. 2007; 45(3):253–61.
6. Li ZR, Fu KJ, Wang LJ, Liu F. Synthesis of a novel perfluorinated acrylate copolymer containing hydroxyethyl sulfone as crosslinking group and its application on cotton fabrics. *J Mater Process Technol*. 2008;205(1):243–8.
7. Roe B, Zhang X. Durable hydrophobic textile fabric finishing using silica nanoparticles and mixed silanes. *Text Res J*. 2009;79(12):1115–22.
8. UNEP. POPS/PORC.15/7Add.1 Report of the persistent organic pollutants review committee on the work of its fifteenth meeting. [Internet]. 2019 [cited 2023 Feb 26]. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC15/>
9. Ahrens L. Polyfluoroalkyl compounds in the aquatic environment: a review of their occurrence and fate. *J Environ Monit JEM*. 2011;13(1):20–31.
10. Ahrens L, Gashaw H, Sjöholm M, Gebrehiwot SG, Getahun A, Derbe E, et

- al. Poly- and perfluoroalkylated substances (PFASs) in water, sediment and fish muscle tissue from Lake Tana, Ethiopia and implications for human exposure. *Chemosphere*. 2016;165:352–7.
11. Lam NH, Cho CR, Kannan K, Cho HS. A nationwide survey of perfluorinated alkyl substances in waters, sediment and biota collected from aquatic environment in Vietnam: Distributions and bioconcentration profiles. *J Hazard Mater*. 2017;323(Pt A):116–27.
12. จิรา คงปราน. สารเพอร์ฟลูออโรอัลคิลและโพลีฟลูออโรอัลคิลกับการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา*. 2561;13(2):151–67.
13. ASTM. ASTM D 7490-13: Standard test method for measurement of the surface tension of solid coatings, substrates and pigments using contact angle measurements. 2022. [cited 2023 Feb 26]. Available from: https://www.astm.org/d3776_d3776m-20.html
14. ASTM. Standard test methods for mass per unit area (weight) of fabric [Internet]. 2023 [cited 2023 Feb 26]. Available from: https://www.astm.org/d3776_d3776m-20.html
15. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 121 เล่ม 18-2553 แรงฉีกขาดของผ้าทอโดยใช้เครื่องทดสอบแบบเอลเมนต์อร์ฟ [Internet]. 2023 [cited 2023 Feb 26]. Available from: <https://service.tisi.go.th/standard-shop/web/index.php?r=site>
16. Samanta P. Basic principles of colour measurement and colour matching of textiles and apparels. Intechopen. DOI: 10.5772/intechopen.101442. [Internet] 2021. [cited 2023 April 2]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/80062>
17. AATCC. AATCC 135 : Test Method for Dimensional Changes of Fabrics after Home Laundering [Internet]. 2018 [cited 2023 Feb 26]. Available from: <https://global.ihs.com>
18. Pandit S, Basuk M, Ruhela D, Bait S. Effect of curing temperature on development of water based polyurethane coated Polyester. 2018;5(4):967-973.
19. Güneşoğlu C, Kut D, Orhan M. Effect of the particle size of finishing chemicals on the color assessment of treated cotton fabrics. *J Appl Polym Sci*. 2007;104(4):2587–94.