การใช้กาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก ในการพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟของผ้าฝ้าย

นางสาวนุชศรา นฤมลต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF SERICIN SILK GLUE AND BY-PRODUCT FROM LACTIC ACID PRODUCTION IN REACTIVE PRINTING OF COTTON FABRIC

Miss Nootsara Narumol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology
Department of Materials Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้กาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกในการพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟของผ้าฝ้าย
โดย	นางสาวนุชศรา นฤมลต์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.นราพร รังสิมันตกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรีรัตน์ จารุจินดา)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. มัณฑนา โอภาประกาสิต)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นุชศรา นฤมลต์: การใช้กาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกในการพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟของผ้าฝ้าย. (APPLICATION OF SERICIN SILK GLUE AND BY-PRODUCT FROM LACTIC ACID PRODUCTION IN REACTIVE PRINTING OF COTTON FABRIC) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์, 95 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำของเสียและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต เช่น กาวไหมเซริซินจากการลอกกาวเส้นไหมและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนการใช้ยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ (Procion Blue PX-3R และ Procion Black PX-GR) เซริซินผง สารละลายเซริซิน ผลพลอยได้ชนิดผงและชนิดน้ำสกัดผงถูกนำมาใช้ทั้งแบบเดี่ยวๆ และทั้งแบบใช้ร่วมกับยูเรียเพื่อผสมในแป้งพิมพ์ จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์ลงบนผ้าฝ้ายดิบ อบแห้งและอบไอน้ำผ้า แล้วจึงซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้ง ผ้าพิมพ์ถูกวิเคราะห์หาความเข้มของสี ความเพี้ยนของสี ความคงทนของสีต่อการซักและต่อการขัดถู และความแข็งกระด้าง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การใช้เซริซินทั้งแบบเดี่ยวๆ และแบบใช้ร่วมกับยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าฝ้าย ยังไม่สามารถช่วยเพิ่มความเข้มของสีผ้าพิมพ์ให้เท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ตามที่ใช้ในปัจจุบัน ผ้าพิมพ์มีความคงทนของสีต่อการซักและต่อการขัดถูในระดับดีถึงดีมากและผ้าพิมพ์ไม่แข็งกระด้างเกินไป สำหรับการใช้ผลพลอยได้ทั้งแบบเดี่ยวๆ และแบบใช้ร่วมกับยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้าย สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียและในบางกรณีได้สีเข้มกว่าและไม่เกิดการเพี้ยนของสี อีกทั้งยังสามารถลดปริมาณการใช้ยูเรียลงได้หลายเท่าตัวของปริมาณที่ใช้พิมพ์ในปัจจุบัน ผ้าพิมพ์มีความคงทนของสีต่อการซักและต่อการขัดถูในระดับดีถึงดีมากและผ้าพิมพ์ไม่แข็งกระด้างเกินไป จากการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลพลอยได้พบว่า มีโลหะปริมาณต่ำอยู่หลายชนิดที่มีประจุบวกซึ่งเมื่อนำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์จะสามารถช่วยผนึกสีรีแอกทีฟที่มีประจุลบให้ติดบนผ้า (มีประจุลบในภาวะการพิมพ์ที่เป็นด่าง) ได้มากขึ้น หรือประจุบวกของโลหะในผงผลพลอยได้จะช่วยดึงโมเลกุลของสีที่มีประจุลบเข้าใกล้ผ้าที่มีประจุลบได้มากขึ้น หลังจากนั้นสีจะเกิดพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยบนผ้าในภาวะด่างและได้ผ้าพิมพ์ที่มีสีเข้ม และเมื่อนำผ้าพิมพ์ไปทดสอบไม่พบโลหะหนักที่เป็นอันตรายอยู่บนผ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....นุชศรา นฤมลต์.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2551

4972344723: MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORD : SERICIN/ BY-PRODUCT FROM LACTIC ACID PRODUCTION/ UREA/ COTTON FABRIC PRINTING/ REACTIVE DYE

NOOTSARA NARUMOL: APPLICATION OF SERICIN SILK GLUE AND BY-PRODUCT FROM LACTIC ACID PRODUCTION IN REACTIVE PRINTING OF COTTON FABRIC. THESIS PRINCIPAL ADVISOR: ASST.PROF. USA SANGWATANAROJ, Ph.D., 95 pp.

This research shows a possibility study of using a production waste and by-product which were sericin silk glue and by-product from lactic acid production respectively, to substitute urea as an auxiliary in the reactive dye printing of cotton fabric. Sericin was used in forms of powder and aqueous solution while by-product was used in forms of powder and extracted aqueous solution, and both were used individually and in combination with urea as printing auxiliary. Various formulations of print paste were prepared by mixing chemicals, thickener, urea/sericin/by-product, water together with reactive dyes (Procion Blue PX-3R and Procion Black PX-GR). Then each print paste was screen printed on cotton fabric and printed fabric was dried, steamed, washed, and finally dried again. Each printed fabric was analyzed for its color (color strength or color depth, color difference, and color shade change), colorfastness to washing and crocking, and stiffness. Results indicated that reactive dye printing using sericin alone or in combination with urea as printing auxiliary couldn't help increasing the fabric's color strength to the same color strength as printing using urea as printing auxiliary. In addition, printed fabric using sericin showed color shade change from printed fabric using urea. In terms of using by- product as printing auxiliary, it was found that the application of by-product alone or in combination with urea for cotton printing could obviously help increasing the fabric's color strength with no color shade change from the fabric conventionally printed using urea and the consumption of urea (urea/by-product combination) could be reduced multi fold from the normal uses (urea alone). According to by-product analysis, it was found that this by-product contained various metals at very low contents, and it's speculated that these metals (cationic substances) were responsible for enhancing the fabric's color strength by fixing more dye molecules (anionic substances) onto the fabric. All printed fabrics showed a good to excellent colorfast to washing and crocking, contained an acceptable fabric stiffness, and did not contain hazardous metals.

Department: Materials Science Student's signature: .....Nootsara Narumol.....
Field of study: Applied Polymer Science and Textile Technology Principal Advisor's signature:.....
Academic year: 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้นั้น เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อทางด้านสถานที่ เครื่องมือ และวัตถุดิบสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับการช่วยเหลือและการแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา และแก้ไขปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรีรัตน์ จารุจินดา อาจารย์ ดร.มัณฑนา โอภาประกาสิต และ ดร. นราพร รังสิมันตกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ และแนวคิดซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) ภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมที่สนับสนุนทุนในงานวิจัย (ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

ขอขอบคุณ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องพิมพ์ อุปกรณ์การพิมพ์ เครื่องทดสอบผ้า และทุนในการทำวิจัย และคณาจารย์ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด ในการอนุเคราะห์สี สารช่วยพิมพ์ สูตรการพิมพ์ คำแนะนำและความร่วมมือเกี่ยวกับการพิมพ์ผ้า และบริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด ในการอนุเคราะห์ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องและมิตรสหายทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาการทั้งหลาย จนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เป็นผลสำเร็จตามที่มุ่งหวังไว้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ด

สารบัญแผนภาพ ..... ต

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 3

2.1 กรรมวิธีการพิมพ์ผ้า 3

1) การพิมพ์โดยตรง 3

2) การพิมพ์ดิสชาร์จ 3

3) การพิมพ์รีซีสต์ 3

4) การพิมพ์ละลาย 4

5) การพิมพ์รูปลอก 4

2.2 การเตรียมการก่อนการพิมพ์ 4

2.2.1 การเตรียมผ้า 4

2.2.2 การเตรียมแป้งพิมพ์ 5

1) การเตรียมสารละลายสี 5

2) การเตรียมส่วนผสมของสารข้น 6

2.2.3 การเตรียมแม่แบบ 6

2.3 การเตรียมแป้งพิมพ์ 7

2.3.1 สารข้น 7

2.3.2 สารเคมีและสารช่วยพิมพ์ 8

1) สารช่วยละลายสีและสารเคมี 9

2) สารลดความกระด้างของน้ำหรือสารจับโลหะในน้ำ 9

บทที่		หน้า
	3) ตัวยับยั้งการเกิดรีดักชัน	9
	4) สารลดฟอง	10
	5) สารกันเสีย	10
	6) สารช่วยการแทรกซึม	10
	7) สารช่วยเพิ่มความชื้น	11
	8) สารออกซิไดซ์และสารรีดิวซ์	11
	9) สารปรับความเป็นกรด	11
	10) สารปรับความเป็นด่าง	12
	2.3.3 สีย้อมหรือผงสี	12
	2.3.3.1 การเลือกสีพิมพ์	12
	2.3.3.2 การผนึกสี	13
	1) วิธีการขั้นตอนเดียว	13
	2) วิธีการสองขั้นตอน	13
	2.3.3.3 การซักล้าง	14
	2.3.3.4 การตกแต่งสำเร็จหลังการพิมพ์	15
	2.4 สีรีแอกทีฟ	15
	1) ส่วนให้สี	16
	2) ส่วนที่ละลายน้ำ	16
	3) ส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนให้สีกับส่วนทำปฏิกิริยา	16
	4) ส่วนทำปฏิกิริยา	16
	2.4.1 ประเภทของสีรีแอกทีฟ	17
	2.4.2 การพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอกทีฟ	19
	1) การพิมพ์แบบขั้นตอนเดียว	19
	2) การพิมพ์แบบสองขั้นตอน	20
	2.4.3 สูตรแป้งพิมพ์	21
	2.5 กาวไหมเซริซิน (sericin silk glue)	21
	2.6 ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก	24
	2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
3	การทดลอง	30
	3.1 วัสดุและสารเคมี	30

บทที่ หน้า

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง..... 30
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 30
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 31
3.3 ขั้นตอนการทดลอง..... 32
3.3.1 การทดสอบสมบัติของกาวไหมเซริซิน..... 32
1) การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของกาวไหมเซริซิน 32
2) การทดสอบการละลายน้ำของกาวไหมเซริซิน 32
3) การทดสอบหาความชื้นในกาวไหมเซริซิน..... 33
4) การทดสอบหาน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน..... 33
3.3.2 การทดสอบสมบัติของยูเรีย..... 33
1) การทดสอบความสามารถในการละลายน้ำของยูเรีย..... 33
2) การทดสอบหาความชื้นในยูเรีย..... 34
3.3.3 การทดสอบสมบัติของผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก..... 34
1) การทดสอบความสามารถในการละลายน้ำของผลพลอยได้..... 34
2) การทดสอบหาองค์ประกอบต่างๆ ของผลพลอยได้..... 34
3.3.4 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ..... 34
3.3.4.1 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 37
3.3.4.2 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์..... 37
1) การใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์..... 38
2) การเคลือบสารละลายเซริซินบนผ้าฝ้ายก่อนการพิมพ์..... 39
3) การใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์..... 39
3.3.4.3 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 40
1) การใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 40
2) การใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 41
3.3.4.4 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกเป็นสารช่วยพิมพ์..... 42
1) การใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 43
2) การเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้..... 44

บทที่		หน้า
	3) การใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์	45
	3.3.4.5 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์	46
	1) การใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์	46
	2) การใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์	47
	3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์	48
	3.4.1 การวัดค่าความเข้มสี	48
	3.4.2 การวัดค่าความแตกต่างของสี	49
	3.4.3 การวัดค่าความสว่าง (lightness, L*) ของสี	49
	3.4.4 การวัดค่า a* และ b* ของสี	50
	3.4.5 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูเปียกและขัดถูแห้ง	50
	3.4.6 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง	51
	3.4.7 การทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า	53
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	55
	4.1 ผลการทดสอบสมบัติของกาวไหมเซริซิน	55
	4.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของกาวไหมเซริซิน	55
	4.1.2 การละลายน้ำของกาวไหมเซริซิน	55
	4.1.3 ความชื้นในกาวไหมเซริซิน	56
	4.1.4 การทดสอบหาน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน	56
	4.2 ผลการทดสอบสมบัติของยูเรีย	58
	4.2.1 การละลายน้ำของยูเรีย	58
	4.2.2 ความชื้นในยูเรีย	58
	4.3 ผลการทดสอบสมบัติของผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก	58
	4.3.1 การละลายน้ำของผลพลอยได้	58
	4.3.2 องค์ประกอบต่างๆ ของผลพลอยได้	58
	4.4 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์	60
	4.5 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์	61
	4.5.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์	62
	4.5.2 ผลการวัดสีผ้าพิมพ์หลังเคลือบด้วยสารละลายเซริซิน	65

บทที่ หน้า

4.5.3 ผลการวัดสีผ้าพิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์..... 65

4.6 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์.... 69

4.6.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 69

4.6.2 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 70

4.7 สรุปผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์..... 72

4.8 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 73

4.8.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 73

4.8.2 ผลของการเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้..... 74

4.8.3 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์..... 76

4.9 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 77

4.9.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 77

4.9.2 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 78

4.10 สรุปผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 80

4.10.1 สรุปผลการใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 80

4.10.2 สรุปผลการเตรียมน้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์..... 81

4.10.3 สรุปผลการใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์..... 81

4.11 ผลการวิเคราะห์หาโลหะต่างๆ บนผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 81

4.11.1 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์ เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 83

4.11.2 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 83

4.11.3 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 83

4.11.4 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 84

4.11.5 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 85

บทที่ หน้า

4.12 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูเปียกและขัดถูแห้ง และผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง..... 85

4.12.1 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ 85

4.12.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 86

4.13 ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์..... 87

4.13.1 ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์..... 87

4.13.2 ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 88

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 91

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 91

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 92

รายการอ้างอิง..... 93

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ตัวอย่างเบอร์ของผ้าสกรีนและชนิดของงานที่ใช้.....	7
ตารางที่ 2.2	ชนิดของเส้นใยและสีที่ใช้ในการพิมพ์.....	13
ตารางที่ 2.3	ตารางจำแนกกลุ่มสีรีแอกทีฟที่แยกตามความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของสีกับเส้นใยที่อุณหภูมิต่างๆ แบ่งออกได้ 6 ระดับ.....	17
ตารางที่ 2.4	สูตรแป้งพิมพ์สีรีแอกทีฟ.....	21
ตารางที่ 2.5	ส่วนประกอบของกรดแอมิโนของเซริซินและไฟโบรอิน (ในโปรตีน 100 กรัม).....	24
ตารางที่ 2.6	การวิเคราะห์ลักษณะและองค์ประกอบของผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกด้วยวิธีทดสอบ Inhouse method based on AOAC and OMAF โดยสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.....	25
ตารางที่ 3.1	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	30
ตารางที่ 3.2	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	31
ตารางที่ 3.3	สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์.....	37
ตารางที่ 3.4	สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์.....	38
ตารางที่ 3.5	สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์.....	40
ตารางที่ 3.6	สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์.....	41
ตารางที่ 3.7	สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์.....	42
ตารางที่ 3.8	สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..	43

หน้า

ตารางที่ 3.9 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้ที่สัดส่วนผงต่อน้ำต่างๆ เป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 44
ตารางที่ 3.10 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 45
ตารางที่ 3.11 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 46
ตารางที่ 3.12 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 47
ตารางที่ 3.13 ค่าความแตกต่างของสีผ้าที่วัดได้ด้วยเครื่องวัดสี Macbeth COLOR* –EYE 7000 เทียบกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกล..... 52
ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการละลายน้ำของกาวไหมเซริซินที่อุณหภูมิต่างๆ..... 56
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หาโลหะต่างๆ ในผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052 โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)..... 59
ตารางที่ 4.3 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้และไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 60
ตารางที่ 4.4 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้และไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์..... 61
ตารางที่ 4.5 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้เซริซินผง 5 และ10 กรัมต่อส่วนผสมสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 62
ตารางที่ 4.6 ค่าของสีผ้าพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้เซริซินผง 5 และ 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 63
ตารางที่ 4.7 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้เซริซินผง 1-5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 64
ตารางที่ 4.8 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซิน 10 - 20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์... 66
ตารางที่ 4.9 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้สารละลายเซริซิน 10-20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 67

หน้า

ตารางที่ 4.10 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซิน 1-9 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 68
ตารางที่ 4.11 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 5-15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 70
ตารางที่ 4.12 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาณ 5 กรัม และยูเรีย 5-15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัมเป็นสารช่วยพิมพ์..... 71
ตารางที่ 4.13 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ 72
ตารางที่ 4.14 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผงของผลพลอยได้ 2-10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น100 กรัมได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 73
ตารางที่ 4.15 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผง 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ที่สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนักระหว่าง 1:1.2-1:12 เป็นสารช่วยพิมพ์..... 75
ตารางที่ 4.16 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผง 15-25 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ที่สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 1:3 เป็นสารช่วยพิมพ์..... 76
ตารางที่ 4.17 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียในสัดส่วนระหว่าง 5:1 ถึง 5:15 กรัมโดยน้ำหนักต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 78
ตารางที่ 4.18 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผง (สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนัก 1:3) ร่วมกับยูเรียที่สัดส่วน 20:1 ถึง 20:15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์..... 79
ตารางที่ 4.19 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์..... 80
ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะที่ตรวจพบบนผ้าก่อนพิมพ์ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียและผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052 โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)..... 82

หน้า

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะที่ตรวจไม่พบบนผ้าก่อนพิมพ์ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียและผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052 โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)..... 82

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าพิมพ์ด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ยูเรียและใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์..... 86

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ยูเรียและใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกเป็นสารช่วยพิมพ์..... 87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
รูปที่ 2.1	รูปภาพของเส้นไหมดิบ.....	22
รูปที่ 2.2	SDS-PAGE (10% gel) ของเซริซิน.....	23
รูปที่ 2.3	SDS-PAGE (12% gel) ของเซริซิน.....	23
รูปที่ 3.1	เครื่องชั่งอินฟราเรด.....	33
รูปที่ 3.2	โต๊ะพิมพ์ผ้าตัวอย่าง	36
รูปที่ 3.3	เครื่องอบแห้งผ้า.....	36
รูปที่ 3.4	เครื่องอบไอน้ำร้อนอิ่มตัวความดันสูง.....	36
รูปที่ 3.5	เครื่องจุ่มอัด.....	39
รูปที่ 3.6	เครื่องวัดสี Macbeth.....	49
รูปที่ 3.7	เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู.....	51
รูปที่ 3.8	เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	53
รูปที่ 3.9	เครื่องทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า.....	54
รูปที่ 4.1	PSD Spectrum แสดงน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน.....	57
รูปที่ 4.2	ความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์.....	88
รูปที่ 4.3	ความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์.....	89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภาพ

		หน้า
แผนภาพที่ 2.1	ขั้นตอนการซักล้าง.....	15
แผนภาพที่ 2.2	องค์ประกอบหลักของโครงสร้างสีรีแอกทีฟ.....	16
แผนภาพที่ 2.3	กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบขั้นตอนเดียว.....	20
แผนภาพที่ 2.4	กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบสองขั้นตอน.....	20
แผนภาพที่ 3.1	ขั้นตอนการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ.....	35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ผลิตภัณฑ์สิ่งทอเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งในการนำมาผลิตเป็นเครื่องนุ่งห่มเพื่อให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายไปจนถึงการตกแต่งเพื่อให้เกิดความสวยงาม นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ผ้าห่ม ผ้าปูที่นอน ผ้าเช็ดตัว พรม ผ้าม่าน และผ้าบุเก้าอี้หรือโซฟา เป็นต้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์สิ่งทอจึงนับว่ามีความสำคัญอย่างมากทั้งในเชิงปัจจัยพื้นฐานและในเชิงพาณิชย์

การพิมพ์สิ่งทอเป็นเทคนิคการผลิตสิ่งทอที่ได้มีการออกแบบลายและสีไว้ก่อนล่วงหน้า โดยเป็นการให้สีเฉพาะแห่ง เพื่อให้เกิดลวดลายต่างๆ บนผ้าหรือวัสดุสิ่งทออื่นๆ เช่น เส้นด้าย ในปัจจุบัน สีรีแอกทีฟเป็นสีที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางทั้งในด้านอุตสาหกรรมการย้อมและการพิมพ์สิ่งทอจากฝ้ายเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น เป็นสีที่ละลายน้ำ มีความคงทนที่ดีเยี่ยม มีความสดใสของสี และสามารถย้อมได้เกือบทุกเฉดสี สีรีแอกทีฟเป็นสีที่ถูกพัฒนาให้มีโครงสร้างที่สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับเส้นใยฝ้ายเมื่อนำไปย้อมหรือพิมพ์บนผ้าฝ้ายในภาวะด่าง ทำให้ผ้าสีมีความคงทนต่อการซักล้างและการขัดถูดี ในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟนิยมใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ เนื่องจากยูเรียจะช่วยควบคุมความชื้นบนผ้าในระหว่างการพิมพ์และการอบผนึกสี นอกจากนี้ยูเรียยังทำหน้าที่อื่นๆ อีก เช่น ช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายของสี ช่วยแพร่กระจายสีในแป้งพิมพ์และช่วยเพิ่มความชื้นให้กับแป้งพิมพ์ เป็นต้น

ยูเรียมีโครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยหมู่แอมิโน 2 หมู่ และคาร์บอนิล 1 หมู่ ซึ่งยูเรียสามารถดูดซับความชื้นได้ดีเพราะมีหมู่แอมิโนที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ แต่เนื่องจากยูเรียเป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นมาและมีแนวโน้มว่าจะมีราคาสูงขึ้น ถ้าสามารถนำสารอื่นๆ ซึ่งเป็นของเสียหรือผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมาใช้แทนยูเรียในการพิมพ์จะช่วยลดต้นทุนการพิมพ์และช่วยลดการทิ้งทำลายของเสีย หรือผลพลอยได้เหล่านี้ อาทิเช่น กาวไหมเซริซินจากกระบวนการลอกกาวไหม และผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก ซึ่งกาวไหมเซริซินเป็นสารโปรตีนพอลิเพปไทด์ที่สกัดจากเส้นไหมประกอบด้วยกรดแอมิโน 18 ชนิด เชื่อมกันด้วยพันธะเพปไทด์ มีสายโซ่พอลิ-เพปไทด์ที่เรียงตัวไม่เป็นระเบียบช่วยดูดซับความชื้นและสีย้อมให้แก่เส้นใยฝ้ายได้ ส่วนผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกภายในประเทศมีส่วนประกอบของโลหะหลายชนิดในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยและคาดว่าโลหะเหล่านี้ (มีประจุบวก) จะสามารถช่วยผนึกสีรีแอกทีฟ (มีประจุลบ) ให้ติดบนผ้าฝ้ายได้มากขึ้น ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำกาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกมาใช้แทนยูเรียในกระบวนการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำกาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ ซึ่งอาจใช้แทนยูเรียทั้งหมดหรือใช้แทนบางส่วน เพื่อให้ได้สูตรการพิมพ์ใหม่ที่ให้คุณภาพการพิมพ์และสมบัติของผ้าพิมพ์ที่ดีเหมือนเดิมหรือดีกว่าเดิม นอกจากนี้การใช้กาวไหมเซริซินและผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ยังเป็นทางเลือกหนึ่งของอุตสาหกรรมการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟที่สามารถช่วยลดต้นทุนการพิมพ์แบบเดิมที่ต้องใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และช่วยใช้ของเสียจากกระบวนการผลิตต่างๆ ให้เกิดประโยชน์มากขึ้นกว่าที่จะทิ้งทำลายเป็นของเสียหรือส่งเข้าสู่กระบวนการบำบัดของเสียโดยไม่เกิดประโยชน์ใดๆ ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

การพิมพ์ผ้าเป็นเทคนิคการผลิตผ้าที่ได้มีการออกแบบลายและสีไว้ก่อนล่วงหน้าโดยเป็นการให้สีเฉพาะแห่ง เพื่อให้เกิดลวดลายและความสวยงามสำหรับตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าหรือสำหรับตัดเย็บเป็นเคหะสิ่งทอ

2.1 กรรมวิธีการพิมพ์ผ้า [1,2]

การพิมพ์สีผ้าเพื่อให้เกิดลวดลายต่างๆ มีวิธีการดังต่อไปนี้

1) การพิมพ์โดยตรง (direct printing)

การพิมพ์โดยตรงเป็นกระบวนการพิมพ์ที่นิยมทำกันมากที่สุดในอุตสาหกรรมการพิมพ์ผ้า ลักษณะของการพิมพ์แบบนี้ คือ พิมพ์สีลงบนผ้าให้เกิดเป็นลวดลายตามต้องการโดยตรง อาจจะพิมพ์บนผ้าขาวหรือผ้าสีก็ได้ โดยสามารถพิมพ์สีให้เป็นลวดลาย หรือพิมพ์สีตรงบริเวณที่ไม่ใช่ลวดลายโดยอาศัยแรงกระทำให้สีผ่านช่องของผ้าสกรีนไปสู่ผืนผ้า แป้งพิมพ์ (print paste) ประกอบด้วยสารข้น สารช่วยพิมพ์ (ขึ้นอยู่กับชนิดของสีและเส้นใยที่ใช้ในการพิมพ์) สี และน้ำ

2) การพิมพ์ดิสชาร์จ (discharge printing)

การพิมพ์ดิสชาร์จเป็นการพิมพ์บนผ้าที่ย้อมแล้ว ซึ่งเป็นสีพื้น (ground shade) เมื่อพิมพ์ผ้าด้วยแป้งพิมพ์ที่ประกอบด้วยสารเคมีซึ่งมีสมบัติในการกำจัดหรือทำลายสีพื้นของผ้า ทำให้ลวดลายตรงตำแหน่งที่พิมพ์ไม่มีสีพื้นหลงเหลืออยู่ วิธีการนี้เรียกว่า การพิมพ์ลอกสีขาว (white discharge) แต่ถ้าเติมสีลงในแป้งพิมพ์ด้วยแล้วจึงพิมพ์ จะเกิดสีแทนที่ตรงตำแหน่งที่สีถูกกำจัดออกไป วิธีนี้เรียกว่าการพิมพ์ลอกมีสี (color discharge) สีที่ใช้เติมเรียกว่า สีอิลลูมิแนนท์ (illuminants หรือ illuminating color) ซึ่งเป็นสีที่สามารถทนสารเคมีที่ใช้เป็นตัวกำจัดสีพื้น ที่เรียกว่า ตัวกำจัดสีหรือตัวดิสชาร์จ (dischargeing agent) สีพื้นได้

3) การพิมพ์รีซีสต์ (resist printing)

ลักษณะของการพิมพ์แบบนี้ จะตรงข้ามกับการพิมพ์ดิสชาร์จ คือจะพิมพ์บางบริเวณของผ้าด้วยสารที่กันไม่ให้ผ้าติดสี แล้วจึงนำผ้านั้นไปย้อมสี ตรงบริเวณที่พิมพ์สารป้องกันการติดสีไว้ก็จะไม่ติดสีที่ย้อมจะกลายเป็นสีขาวบนผ้าสีพื้นได้ ตัวอย่างผ้าที่พิมพ์ด้วยวิธีการนี้ได้แก่ ผ้าบาติกที่เขียน

เทียนให้เป็นลวดลายแล้วนำไปย้อมสี เทียนที่เขียนลงไปก็คือสารป้องกันการติดสีนั้นเอง การพิมพ์รีซีสต์หรือการพิมพ์ป้องกันการติดสีนี้ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 พิมพ์รีซีสต์สีขาว (white resist) การพิมพ์แบบนี้จะพิมพ์เฉพาะสารป้องกันการติดสีลงไปเท่านั้นแล้วจึงนำไปย้อม ผ้าที่ได้จะมีลวดลายที่เป็นสีขาวบนพื้นสีที่ย้อม

แบบที่ 2 พิมพ์รีซิสต์มีสี (color resist) การพิมพ์แบบนี้จะพิมพ์สีลงไปพร้อมกับสารป้องกันการติดสีแล้วจึงนำไปย้อม ผ้าที่ได้จะมีลวดลายเป็นสีซึ่งแตกต่างไปจากสีพื้นที่ย้อมใหม่

4) การพิมพ์ละลาย (burn-out printing)

ลักษณะของการพิมพ์แบบนี้ มักจะใช้พิมพ์ผ้าเส้นใยผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป (เช่น ผ้าใยฝ้ายผสมกับพอลิเอสเทอร์) โดยจะพิมพ์สารที่สามารถละลายเส้นใยชนิดใดชนิดหนึ่งออกไปจากผ้าตรงบริเวณนั้นเนื้อผ้าก็จะบางลงเกิดเป็นลวดลายได้ เช่น พิมพ์ผ้าใยฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยกรดซัลฟิวริกซึ่งสามารถละลายฝ้ายได้แต่ไม่ละลายพอลิเอสเทอร์ ผ้าตรงที่พิมพ์กรดก็จะบางเกิดเป็นลายผ้าได้ตามต้องการ

5) การพิมพ์รูปลอก (transfer printing)

การนำแผ่นภาพไปแช่น้ำให้เปียกชุ่มแล้วนำไปปิดบนวัสดุที่ต้องการใช้มือกดให้แน่นและทั่ว ภาพบนแผ่นกระดาษจะหลุดออกมากลับไปติดที่วัสดุนั้นแทน ในขณะที่กระบวนการพิมพ์รูปลอกบนผ้าจะดำเนินการแบบเดียวกันแต่ใช้ความร้อนแทนน้ำ มีลูกกลิ้งใหญ่ทับข้างบนทำให้เกิดแรงกดลวดลายจะลอกออกติดผ้า

ในงานวิจัยนี้สนใจการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้วิธีการพิมพ์โดยตรง เป็นการพิมพ์สีผ่านผ้าสกรีนลงไปบริเวณที่ต้องการให้เป็นลวดลายบนผ้าฉีกฟอกขาว ซึ่งผ้าที่ได้จากการพิมพ์จะมีสีตรงบริเวณลวดลาย แต่บริเวณพื้นจะมีสีขาว

2.2 การเตรียมการก่อนการพิมพ์ [2,3]

ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการพิมพ์นั้น จะต้องมีการเตรียมการดังต่อไปนี้

2.2.1 การเตรียมผ้า (fabric preparation)

การเตรียมผ้าเป็นกระบวนการที่ทำให้ผ้าสะอาดเพื่อให้สามารถพิมพ์สีผนึกติดบนผ้าได้ดี ผ้าที่จะพิมพ์ได้ผลดีควรมีลักษณะดังนี้

- ไม่ควรมีวัสดุเจือปนตามธรรมชาติที่มากับเส้นใยและวัสดุเจือปนต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการพิมพ์

- ความขาวของผ้าต้องเท่ากันสม่ำเสมอตลอดทั้งผืน มีความขาวมากพอที่จะพิมพ์สีอ่อน แต่ในกรณีที่พิมพ์สีเข้มไม่จำเป็นต้องขาวมากนัก
- ระดับการดูดซึมสีต้องสม่ำเสมอตลอดทั้งผืนผ้า
- ผ้าที่นำมาพิมพ์ต้องไม่มีรอยย่นยับ
- ผ้าต้องมีความชื้นสม่ำเสมอกันตลอดทั้งผืน
- ผ้าต้องมีความแข็งแรงไม่ฉีกขาดง่าย

การเตรียมผ้าก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนพิมพ์ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น
- การเผาขน (singeing)
- การลอกแป้ง (desizing)
- การทำความสะอาด (scouring)
- การฟอกขาว (bleaching)
- การชุบมัน (mercerization)
- การเซ็ตหน้าผ้า (heat setting) เป็นต้น

การเตรียมผ้าไม่จำเป็นต้องกระทำทุกลำดับขั้นตอนเสมอไป อาจไม่กระทำบางขั้นตอน และอาจกระทำโดยไม่เรียงลำดับขั้นตอนตามนี้ก็ได้

2.2.2 การเตรียมแป้งพิมพ์ (printing paste preparation)

การเลือกใช้สีและสูตรแป้งพิมพ์นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ต่อไปนี้ เช่น เครื่องจักรที่ใช้ในการพิมพ์ วัสดุที่จะนำมาพิมพ์ ความต้องการเกี่ยวกับความคงทน (fastness) ของผ้าพิมพ์ และสมบัติอื่นๆ ที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปการเตรียมแป้งพิมพ์สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนตามลำดับความสำคัญดังนี้

1) การเตรียมสารละลายสี ซึ่งสารละลายสีประกอบด้วย
- สีย้อม (dyes)
- น้ำ ใช้สำหรับในการละลายสีหรือทำให้สีกระจายตัว
- สารช่วยละลายน้ำ ใช้ช่วยให้สีละลายน้ำได้ดีขึ้น ปริมาณการใช้มีขีดจำกัด เพราะจะมีผลต่อความคงทนของสี
- สารป้องกันฟอง (defoamimg agent) จะใช้เมื่อสารละลายมีแนวโน้มที่จะเกิดฟอง ถ้าไม่เกิดฟองไม่ควรใช้

2) การเตรียมส่วนผสมของสารข้น ซึ่งส่วนผสมของสารข้นประกอบด้วย

- สารข้น (thickener) เป็นสารที่เกิดการบวมตัวได้ด้วยน้ำ แล้วให้ค่าความหนืดสูง โดยจะมีลักษณะเป็นคอลลอยด์หรือเจล

- สารกันเสีย เป็นสารป้องกันไม่ให้สารข้นถูกเชื้อแบคทีเรียทำลาย ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าความหนืดของส่วนผสมสารข้นลดลงได้ ซึ่งการใช้ปริมาณที่มากเกินไปของสารชนิดนี้ อาจทำให้มีผลกระทบต่อเฉดสีได้

- สารลดความกระด้างหรือสารจับโลหะ (sequestering agent) ในกรณีที่ใช้น้ำที่มีความกระด้างสูง ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณสีที่ติดบนเส้นใยลดลง จำเป็นต้องใช้สารประเภทนี้ด้วยเพื่อตกตะกอนแยกสารทำให้น้ำกระด้างออกมา

- สารช่วยอื่น อาจจะมีสารช่วยอื่น ๆ ที่จำเป็นอีก โดยขึ้นอยู่กับการเลือกใช้สี ชนิดของเส้นใย วิธีการผนึกสีและอื่น ๆ

2.2.3 การเตรียมแม่แบบ (printing black preparation)

การทำซิลค์สกรีน ประกอบด้วยอุปกรณ์การทำคือ

1) ต้นแบบ เป็นลวดลายที่ออกแบบไว้สำหรับพิมพ์ การทำต้นแบบทำโดยการลงหมึกทึบแสงบนแผ่นฟิล์ม หรือวัสดุโปร่งแสงที่ไม่ยืดหรือหดแล้วปล่อยให้หมึกแห้งจึงนำไปใช้งาน

2) กรอบไม้ ควรเป็นไม้ที่คงรูป ไม่คดงอบิดเบี้ยวเมื่อโดนน้ำบ่อยๆ เช่นไม้สัก หรือกรอบโลหะ ขนาดของกรอบควรใหญ่กว่าต้นแบบ คือเมื่อวัดจากกรอบด้านในทางซ้ายและขวาควรใหญ่กว่า 1-2 นิ้ว และเมื่อวัดจากกรอบด้านในด้านบนและด้านล่างควรใหญ่กว่ากรอบด้านใน 3-5 นิ้ว

3) ผ้าซิลค์สกรีน เป็นผ้าที่ทอขึ้นเป็นพิเศษ เพื่อให้ระยะห่างของเส้นด้ายมีความสม่ำเสมอตลอดผืนผ้า ขนาดของรูผ้ามีผลต่อความคมชัดของภาพและปริมาณของหมึกพิมพ์ที่ไหลผ่านผ้าสกรีน สามารถผลิตผ้าชนิดนี้จากเส้นใยไนลอน และพอลิเอสเทอร์

หลักในการเลือกใช้ผ้าสกรีน คือ ต้องดูว่าผ้าที่จะถูกพิมพ์ดูดซึมสีได้มากน้อยแค่ไหน และแบบมีความละเอียดมากน้อยเพียงใด ความหนาของผ้าซึ่งแสดงเป็นเบอร์ผ้าเป็นอีกปัจจัยสำคัญในการพิมพ์ ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างเบอร์ของผ้าสกรีนและชนิดของงานที่ใช้ในการพิมพ์

- ผ้าเบอร์ 18, 24, 36, 48, 61 และ 77 เป็นผ้าที่มีรูขนาดใหญ่ ใช้ในแบบที่มีลวดลายเส้นใหญ่แป้งพิมพ์ไหลออกมาก นิยมใช้ในการพิมพ์ผ้าเพราะมีการดูดซึมของแป้งพิมพ์มาก

- ผ้าเบอร์ 90, 95, 100, 110 และ 120 เหมาะสำหรับใช้พิมพ์กระดาษ ไม้ โลหะ และพลาสติก แป้งพิมพ์ไหลออกปานกลาง

- ผ้าเบอร์ 130, 140, 150, 165, 180 และ 200 เหมาะสำหรับใช้พิมพ์กระดาษ พลาสติก และเซอร์กิต เพราะแป้งพิมพ์ไหลออกน้อย สำหรับลายที่มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร

ขนาดความหนาของผ้าสกรีน มี 4 ขนาด คือ

1) ขนาดเล็ก small ใช้ตัวย่อ S
2) ขนาดกลาง medium ใช้ตัวย่อ M
3) ขนาดหนา thick ใช้ตัวย่อ T
4) ขนาดใหญ่ heavy duty ใช้ตัวย่อ HD

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างเบอร์ของผ้าสกรีนและชนิดของงานที่ใช้

เบอร์ของผ้าสกรีน	ชนิดของงาน
34 T - 49 T	เหมาะสำหรับงานพิมพ์เสื้อ และงานพิมพ์ป้ายตัวอักษร
65 T 62 T	การพิมพ์รูปภาพทั่ว ๆ ไปบนผ้า
62 T – 77 T	สำหรับพิมพ์งานสกรีนผ้า 1 สี และ 4 สี

2.3 การเตรียมแป้งพิมพ์ (print paste preparation) [4,5]

ในการเตรียมแป้งพิมพ์โดยทั่วไปมีส่วนประกอบต่างๆ ที่ต้องเตรียมดังต่อไปนี้

2.3.1 สารข้น (thickener)

สารข้นทำหน้าที่ในการเป็นตัวกลางระหว่างสีและเส้นใย หรือวัสดุสิ่งทอที่จะพิมพ์ หรือเป็นตัวเก็บปริมาณสีไว้ในแป้งพิมพ์ก่อนที่จะถึงการพิมพ์ไม่ให้สีเกิดการไหลเปื้อน ซึ่งสารข้นนั้นอาจจะใช้เดี่ยวๆ หรือใช้ผสมกับสารข้นอื่นๆ ซึ่งจะต้องมีความเข้ากันได้ดีกับสารช่วยพิมพ์ตัวอื่นๆ ด้วย สารข้นควรมีความคงทนดี เก็บรักษาง่ายและสามารถไหลได้ ชนิดของสารข้นมีทั้งที่ได้จากธรรมชาติ (natural thickeners) ดัดแปรจากธรรมชาติ (modified thickeners) และจากการสังเคราะห์ (synthetic thickeners) เช่น สารข้นจากแป้ง (starch) เช่น ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพด สารข้นที่เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น อีเทอร์ (ether-type) และเอสเทอร์ (ester-type)

การเลือกชนิดของสารข้นที่จะใช้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ประเภทของสีพิมพ์
- สารเคมีต่างๆ ที่ใช้
- เทคนิคการพิมพ์
- วิธีการผนึกสี

- แบบลายพิมพ์
- ชนิดเส้นใยของผ้าที่จะพิมพ์
- เครื่องจักรที่ใช้ในการพิมพ์

สมบัติของสารข้นที่ดี คือ

1. สามารถละลายได้ดีในน้ำเย็น
2. มีการเกาะตัวกันของสารข้นดี แต่ไม่เกาะติดเป็นก้อนจนไม่สามารถนำมาใช้งานได้
3. สามารถเข้ากับสารช่วยพิมพ์ตัวอื่นๆ ที่ใช้ในแป้งพิมพ์ เช่น สีหรือสารสี สารออกซิไดซ์ และสารรีดิวซ์
4. เมื่อฟิล์มของสารข้นแห้งต้องไม่เปราะหรือแตกหักง่าย
5. สารข้นต้องไม่เกาะติดกับสี
6. มีความคงตัวในการเก็บรักษา
7. สามารถเตรียมเป็นสารข้นและกำจัดออกจากผ้าพิมพ์ได้ง่าย
8. ราคาไม่แพงเกินไป

การเลือกใช้สารข้นในการพิมพ์สีรีแอกทีฟนั้นเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากสีรีแอกทีฟสามารถเกิดปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลภายใต้ภาวะด่าง การใช้สารข้นที่มีหมู่ไฮดรอกซิล เช่น แป้ง และ CMCs จึงไม่สามารถนำมาใช้ได้ เพราะสีจะเกิดปฏิกิริยากับสารข้นแทนที่จะเกิดปฏิกิริยากับเส้นใย สารข้นที่นิยมนำมาใช้ในการพิมพ์สีรีแอกทีฟ เช่น โซเดียมแอลจิเนต เป็นพวกคาร์บอไฮเดรต สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลชื่อ เคลปส์ (Kelps) ทำการสกัดโดยนำสาหร่ายเคลปส์มาล้างแล้วหมักให้เปื่อยด้วยด่าง เช่น โซเดียมคาร์บอเนต หลังกำจัดเซลลูโลสซึ่งมีจำนวนเล็กน้อยออกจะนำไปตกตะกอนให้กลายเป็นกรดแอลจินิกแล้วเปลี่ยนเป็นเกลือโซเดียมแอลจิเนต

เมื่อนำโซเดียมแอลจิเนตมาละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืด ซึ่งความหนืดจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้และอุณหภูมิ โซเดียมแอลจิเนตมีสมบัติการยึดเกาะต่ำ จึงสามารถกำจัดออกจากผ้าพิมพ์ในขั้นตอนการซักล้างได้ง่าย

2.3.2 สารเคมีและสารช่วยพิมพ์ (printing chemicals and auxiliaries)

แป้งพิมพ์สำหรับการพิมพ์ผ้านั้น เตรียมจากสารเคมีและสารช่วยอื่นๆ ซึ่งแป้งเหล่านี้จะถูกปรับให้มีความเหมาะสมกับวิธีการพิมพ์และผ้าที่ต้องการพิมพ์ โดยทั่วไปแล้วในแป้งพิมพ์จะมีส่วนของสารเคมีและสารช่วยดังนี้

1) สารช่วยละลายสีและสารเคมี

องค์ประกอบของแป้งพิมพ์ประกอบด้วยสารต่างๆ หลายชนิดรวมเข้าด้วยกัน เช่น สารข้น สี และสารเคมีอื่นๆ การเลือกใช้สารช่วยให้เหมาะสมจะทำให้สีและสารเคมีอื่นๆ สามารถละลายและกระจายตัวในแป้งพิมพ์ดี ทำให้ประสิทธิภาพของงานพิมพ์ได้ผลดีที่สุด โดยเฉพาะในงานพิมพ์ด้วยสีมากกว่า 2 สีขึ้นไป เนื่องจากสีแต่ละสีมีความสามารถในการละลายแตกต่างกัน ถ้าการละลายของสีเหล่านี้ไม่ดีพอจะทำให้พิมพ์ผ้าได้สีไม่สม่ำเสมอในแต่ละพื้นที่ที่พิมพ์

สารช่วยละลายสีและสารเคมีสามารถจำแนกอย่างกว้างๆ ได้ดังนี้

1.1) เกลืออินทรีย์ เช่น เกลือของกรดเตตระไฮโดรแนฟทาลีน-2-ซัลโฟนิก

1.2) สารประกอบคาร์บอนิล เช่น ยูเรีย ไทโอยูเรีย และไดเมทิลฟอร์มาไมด์

1.3) แอลกอฮอล์ ไกลโคอีเทอร์ เอสเทอร์ เช่น เมทานอล เอทานอล บิวทานอล กลีเซอรีน และเอทิลีนไกลคอล

1.4) สารประกอบเอมีน ฟีนอล เฮทเทอร์โรไซคลิก เช่น เอทาโนลาไมด์ ฟีนอล พิริดีน และอนุพันธ์ของพิริดีน

2) สารลดความกระด้างของน้ำหรือสารจับโลหะในน้ำ (sequestering agent)

สารจับโลหะในน้ำที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นเกลือของอีดีทีเอ (EDTA) หรือเกลือพอลิ-ฟอสเฟต ซึ่งสารเหล่านี้จะดักจับไอออนของโลหะที่มีอยู่ในน้ำให้หมดไป เพื่อป้องกันไม่ให้ไอออนของโลหะเหล่านี้เข้าไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสี ป้องกันการเปลี่ยนเฉดสีและป้องกันสีหลุดตกง่าย สารลดความกระด้างของน้ำเหล่านี้ เช่น โซเดียมเอทิลีนไดอะมีนเตตระแอซิเตต โซเดียม-ซิเตรต โซเดียมพอลิอะคริเลต และโซเดียมพอลิเมทาคริเลต

3) ตัวยับยั้งการเกิดรีดักชัน

สารข้นและสารเคมีบางชนิด รวมทั้งเส้นใยเซลลูโลสสามารถถูกรีดิวซ์ที่อุณหภูมิสูงในภาวะด่างในระหว่างการพิมพ์ โดยเฉพาะถ้าในแป้งพิมพ์มีไอออนของโลหะอยู่ด้วย เช่น ไอออนของเหล็กจะมีผลทำให้เกิดการรีดิวซ์ที่รุนแรงมาก ซึ่งจะมีผลทำให้เฉดสีเปลี่ยนไป เพราะสีเกิดการสลายตัว จึงต้องมีการเติมสารช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยารีดักชันในแป้งพิมพ์ด้วย เช่น

- โซเดียม เอ็ม-ไนโตรเบนซีนซัลโฟเนต เหมาะสำหรับการผนึกสีด้วยการอบไอน้ำร้อนอิ่มตัวอุณหภูมิสูง (HT-steaming process) ด้วยไอน้ำร้อนอิ่มตัวความดันสูง (HP-Steaming process) และด้วยความร้อนแห้งอุณหภูมิสูง (Thermosol process)
- โซเดียมคลอเรต เหมาะจะใช้ในการผนึกสีด้วยไอน้ำร้อนอิ่มตัวความดันสูง

4) สารลดฟอง (defoaming agent)

สารลดฟองจะป้องกันการเกิดฟองอากาศในแป้งพิมพ์ อันจะนำมาสู่การพิมพ์สีที่ไม่สม่ำเสมอตัวอย่างเช่น ซิลิโคนหรือแอลกอฮอล์ (alkoholic defoaming agent) ในแป้งพิมพ์ สารประเภทนี้ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไป อาจทำให้สีเกิดการตกตะกอนเป็นก้อนแข็งอยู่ภายในแป้งพิมพ์ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาการอุดตันในบล็อคสกรีน (block screen) และปริมาณสีที่ติดบนเส้นใยได้ สารลดฟองที่นำมาใช้ได้แก่ ซิลิโคนอิมัลชัน เบส (silicone emulsion-base) หรือพวกฟอสฟอริก แอซิด เอสเทอร์ (phosphoric acid ester)

5) สารกันเสีย

แป้งพิมพ์ที่เตรียมและเก็บไว้นานๆ นั้นอาจจะเสื่อมและเสียสภาพไป อันเนื่องมาจากแบคทีเรียหรือเชื้อราที่มีอยู่ในอากาศ หรือปนเปื้อนมากับวัสดุอื่นๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมในการเตรียมแป้งพิมพ์ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความหนืดของแป้งพิมพ์ลดลงได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารที่ช่วยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราหรือเชื้อแบคทีเรียต่างๆ ไม่ให้มีผลกับแป้งพิมพ์ดังกล่าว สารกันเสียที่ใช้ เช่น

- กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) ใช้ร้อยละ 0.2-0.5 ละลายในน้ำร้อน แล้วจึงเติมเข้าไปในสารข้นในขณะที่ยังอุ่นอยู่ และคนให้เข้ากัน

- ฟีนอล (phenol) ใช้ร้อยละ 0.5-1.0 ละลายในสารละลายด่างหรือสารละลายแอลกอฮอล์แล้วเติมเข้าไปในสารข้นและคนให้เข้ากัน

- ครีซอล (cresol) ใช้ร้อยละ 0.5-0.8 ละลายในสารละลายด่างหรือสารละลายแอลกอฮอล์แล้วเติมเข้าไปในสารข้นและคนให้เข้ากัน

- ฟีนอลเพนตะคลอไรด์ (phenol pentachloride) ใช้ร้อยละ 0.1-0.3 ละลายในสารละลายด่างหรือสารละลายแอลกอฮอล์แล้วเติมเข้าไปในสารข้นและคนให้เข้ากัน

ปริมาณการใช้สารเหล่านี้มีผลกระทบต่อสีโดยตรง ดังนั้นจึงควรใช้เท่าที่จำเป็นหรือหลีกเลี่ยงไม่ใช้จะดีที่สุด

6) สารช่วยการแทรกซึม (penetrating agent)

ในกรณีที่วัสดุที่พิมพ์เป็นวัสดุที่ไม่ชอบน้ำ การแทรกซึมของแป้งพิมพ์เข้าไปในผ้าจะเป็นไปได้ค่อนข้างยาก จึงจำเป็นต้องใช้สารช่วยให้แป้งพิมพ์สามารถแทรกซึมได้ดี เช่น แอลคิลอีเทอร์

7) สารช่วยเพิ่มความชื้น (hygroscopic agent)

เนื่องจากกระบวนการผนึกสีพิมพ์ใช้เวลาสั้น การที่สีจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นใยต้องมีความชื้นมากพอ ดังนั้นในแป้งพิมพ์จึงจำเป็นต้องใส่สารที่สามารถดูดความชื้นได้ เพื่อรักษาความชื้นของบริเวณที่พิมพ์นั้นไว้ และนอกจากนั้นยังป้องกันไม่ให้เกิดการแห้งมากเกินไปของบริเวณที่พิมพ์ในขั้นตอนของการอบแห้งผ้า ปริมาณของสารประเภทนี้ให้ใช้ร้อยละ 3-5 ของน้ำหนักแป้งพิมพ์ สารช่วยเพิ่มความชื้นที่สามารถใช้ได้ เช่น

- โซเดียมคลอไรด์หรือแมกนีเซียมคลอไรด์ จะป้องกันการแห้งของแป้งพิมพ์ในขณะเก็บรักษาเพื่อใช้ต่อไป
- ยูเรีย จะทำหน้าที่เช่นเดียวกับโซเดียมคลอไรด์ และช่วยควบคุมปริมาณความชื้นในแป้งพิมพ์ที่อยู่บนผ้าระหว่างการอบผนึกสีด้วยไอน้ำ
- กลีเซอรีน ทำหน้าที่ดูดความชื้นให้แป้งพิมพ์ในขณะที่ทำการผนึกสีด้วยไอน้ำและป้องกันการแห้งเกินไปของแป้งพิมพ์
- น้ำมันมะกอก ทำหน้าที่ดูดความชื้นให้แป้งพิมพ์ในขณะที่ผนึกสีด้วยไอน้ำ

ในงานวิจัยนี้ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยควบคุมปริมาณความชื้นในแป้งพิมพ์สีรีแอกทีฟที่อยู่บนผ้าระหว่างการอบผนึกสีด้วยไอน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการละลายและการกระจายตัวของสีเข้าไปในเส้นใย การใช้อุณหภูมิสูงหรือการใช้ไอน้ำร้อนในการผนึกสีอาจต้องใช้ยูเรียปริมาณมากประมาณ 200-250 กรัมต่อกิโลกรัม โดยปริมาณความเข้มข้นของยูเรียจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการผนึกสี

8) สารออกซิไดซ์และสารรีดิวซ์

สารออกซิไดซ์ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารรีดิวซ์จะใช้ประโยชน์ในการรีดิวซ์สีแวตในแป้งพิมพ์ และเป็นตัวกำจัดสีรวมไปถึงกระบวนการรีดักชัน-เคลียร์ สำหรับการผนึกสีดิสเพอร์สที่อุณหภูมิสูง สารเหล่านี้ เช่น ไฮโดรซัลไฟต์ โซเดียมซัลฟอกซิเลตฟอร์มัลดีไฮด์ ซิงค์ซัลฟอกซิเลตฟอร์มัลดีไฮด์ ไทโอยูเรียไดออกไซด์ และสแตนนัสคลอไรด์

9) สารปรับความเป็นกรด

ในแป้งพิมพ์สีบางกลุ่ม เช่น สีดิสเพอร์ส จะต้องมีการควบคุมพีเอชของแป้งพิมพ์ ดังนั้นสารปรับความเป็นกรดจึงถูกใช้ในการรักษาภาวะแป้งพิมพ์ให้อยู่ในภาวะกรด สารเหล่านี้ได้แก่ พวกกรดอินทรีย์ที่ไม่ระเหยหรืออาจจะใช้เกลืออนินทรีย์บางตัว เช่น กรดทาร์ทาริก กรดซิทริก กรดมาเลอิก กรดแลกติก และแอมโมเนียมซัลเฟต

10) สารปรับความเป็นด่าง

สารชนิดนี้เป็นสารที่จำเป็นในกระบวนการผนึกสีแวตและสีรีแอกทีฟที่แป้งพิมพ์มีภาวะเป็นด่าง ตัวอย่างสาร เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมแอซีเตต

สีรีแอกทีฟและเส้นใยเซลลูโลสจะเกิดปฏิกิริยาเคมีในภาวะที่เป็นด่าง ซึ่งด่างจะเป็นตัวกำจัดกรดไฮโดรคลอริกที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการผนึกสีทำให้สีติดบนเส้นใยได้ ปริมาณของโซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ใช้ในแป้งพิมพ์อยู่ระหว่าง 20-30 กรัมต่อกิโลกรัม

2.3.3 สีย้อมหรือผงสี (dyes or pigments) สีที่ผลิตออกจำหน่ายมีหลายประเภท ได้แก่

- สีที่ละลายน้ำได้ เช่น สีไดเรกท์ สีรีแอกทีฟ สีแอซิด เป็นต้น
- สีที่ไม่ละลายน้ำแต่อาจละลายได้ในตัวทำละลาย เช่น สีซัลเฟอร์และสีแวต หรือสีที่ไม่ละลายน้ำเลย เช่น สารสี

สีแบ่งออกเป็น 11 ชนิด ได้แก่

1) สีไดเรกท์
2) สีแอซิด
3) สีเบสิก
4) สีแวต
5) สีซัลเฟอร์
6) สีอะโซอิก
7) สีออกซิเดชัน
8) สีมอร์แดนต์
9) สีดิสเพอร์ส
10) สีรีแอกทีฟ
11) ผงสี

2.3.3.1 การเลือกสีพิมพ์

การเลือกสีพิมพ์ต้องเลือกให้เหมาะกับชนิดของเส้นใย โดยต้องคำนึงถึงสมบัติของสีแต่ละชนิดแม้ว่าจะมีสีหลายชนิดที่สามารถพิมพ์บนเส้นใยฝ้ายได้แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะให้สีที่สดใสและมีสมบัติต่างๆ เหมือนกันหมด การเลือกสีที่ใช้พิมพ์เส้นใยจึงต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยของผ้าพิมพ์นั้นด้วยว่าต้องการสีที่ทนทานต่อการใช้งานเพียงใด ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดของเส้นใยและสีที่ใช้ในการพิมพ์

ตารางที่ 2.2 ชนิดของเส้นใยและสีที่ใช้ในการพิมพ์

เส้นใย	สี
ฝ้าย ลินินและเรยอน	ไดเรกท์ เบสิก มอร์แดนต์ อะโซอิก แวต รีแอกทีฟ ผงสี
ไหมและขนสัตว์	รีแอกทีฟ แอซิด เบสิก ไดเรกท์
แอซีเตต ไตรแอซีเตต	ดิสเพอร์ส
ไนลอน	แอซิด รีแอกทีฟ ดิสเพอร์ส
พอลิเอสเทอร์	ดิสเพอร์ส ผงสี

2.3.3.2 การผนึกสี

การผนึกสีพิมพ์ให้ติดบนผ้ามีหลายวิธีขึ้นกับชนิดของสีและผ้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

1) วิธีขั้นตอนเดียว เป็นการผนึกสีในภาวะที่แห้ง (one-stage methods with dry fixation) แบ่งออกเป็น

- โดยใช้ไอน้ำร้อน เช่น ใช้ไอน้ำร้อนอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 102-105 องศาเซลเซียส หรือใช้ไอน้ำที่มีความดันช่วยในการผนึกสี
- โดยใช้ไอน้ำร้อนในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้สีติดเร็วขึ้น ใช้อุณหภูมิสูงราว 180-200 องศาเซลเซียส วิธีนี้เรียกการอบไอน้ำโดยใช้ความร้อนสูง
- โดยใช้ความร้อนแห้งผนึกสี (thermofixation) สีจะถูกผนึกด้วยไอร้อน อุณหภูมิและเวลาในการผนึกสีขึ้นกับชนิดของผ้าและสี

2) วิธีสองขั้นตอน เป็นการผนึกสีแบบเปียก แบ่งออกเป็น

- ใช้ด่างเป็นตัวช่วย (alkali – shock) การผนึกสีจะกระทำในอ่างที่มีด่างและสารเคมีอื่นละลายอยู่ เช่น ในกรณีของการผนึกสีรีแอกทีฟ หรือสีแวต
- ใช้สารเคมีช่วยหมักในภาวะที่เย็น (cold pad – bath)

โดยหลักการทั้งหมดนี้วิธีการใช้ไอน้ำร้อนในการผนึกสีเป็นวิธีที่ใช้ได้กับสีทุกชนิดในเครื่องอบไอน้ำร้อน ไอน้ำร้อนจะกลั่นตัวบนผิวผ้าให้ความชื้นที่ต้องการเพื่อทำให้เส้นใยและแป้งพิมพ์พองตัวออก การได้รับความชื้นจะทำให้สีละลายและแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยจนเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือทางกายภาพกับเส้นใยได้ หน้าที่ของแป้งพิมพ์ในตอนนี้คือ ป้องกันมิให้สีแพร่ออกไปนอกบริเวณที่พิมพ์ ถ้าไอน้ำร้อนมีความชื้นมากไปหรือสีพิมพ์มีปริมาณของสารช่วยดูดความชื้นมากไปฟิล์มของแป้งพิมพ์ที่อยู่บนผ้าจะเกิดการละลายและเกิดการซึมของสี ในทางกลับกันถ้าไอน้ำ

ร้อนมีความชื้นน้อยเกินไปฟิล์มของแป้งพิมพ์ไม่สามารถดูดความชื้นได้เพียงพอสีจะผนึกติดได้ไม่มากเท่าที่ควร เพราะฉะนั้นจึงควรคุมภาวะการใช้ไอน้ำร้อนให้ดี

การผนึกสีในด่างสารเคมี จะใช้สารเคมีแตกต่างกันสำหรับชนิดของสีและชนิดของเส้นใยที่ใช้

2.3.3.3 การซักล้าง

หลังการพิมพ์ผ้าและการอบไอน้ำเรียบร้อยแล้ว ต้องนำผ้าพิมพ์ไปต้มในน้ำสบู่หรือน้ำผงซักฟอกที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมกับชนิดของสีพิมพ์และสารข้นที่ใช้ เพื่อกำจัดแป้งพิมพ์และสารเคมีออก เรียกกระบวนการนี้ว่าการซักล้าง (washing off หรือ reduction clearing ใช้กับสีบางประเภท) ขั้นตอนนี้สำคัญมากเพราะมีผลทำให้ผ้าพิมพ์มีสีสดใสคงทนยิ่งขึ้น มีความนุ่มน่าสัมผัสและปราศจากกลิ่นสารเคมีหลงเหลืออยู่

ในระหว่างการซักล้างสีที่เกาะอย่างหลวมๆ บนเส้นใยจะถูกกำจัดออกจากบริเวณที่พิมพ์และสะสมอยู่ในน้ำซักล้าง เพราะฉะนั้นจึงมีโอกาสที่จะเปื้อนติดบริเวณที่ไม่ได้พิมพ์ ดังนั้นจุดมุ่งหมายในการซักจึงมี 2 ประการ คือ

1) กำจัดสีที่เกาะอย่างหลวมๆ ออกจากบริเวณที่พิมพ์

2) ป้องกันการเปื้อนติดของสีบนบริเวณที่ไม่ได้พิมพ์

การที่จะให้ได้ผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย 2 ประการนี้ขึ้นกับการเลือกใช้สีที่เหมาะสม เลือกภาวะการซักที่ถูกต้องและเลือกสารซักล้างที่ดี การซักล้างต้องพิจารณาถึงระบบของสีและเส้นใยเป็นสำคัญเพื่อให้ผลของการซักล้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพดังนี้

1) สีรีแอกทีฟกับเส้นใยเซลลูโลส ในการพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอกทีฟหลังจากผนึกสีแล้วสีที่เกาะอย่างหลวมๆ จะไม่เกิดปฏิกิริยากับเส้นใย สีนี้จะอยู่ในรูปที่ถูกไฮโดรไลซ์แล้วซึ่งยังคงความสามารถในการดูดติดเส้นใยแม้จะเลือกสีที่มีการดูดติดกับเส้นใยต่ำสุดก็ตาม ดังนั้นในการซักสีจะเปื้อนติดบริเวณผ้าที่ไม่ได้พิมพ์จึงจำเป็นต้องซักที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 90 องศาเซลเซียส) และใช้เวลาซักให้เพียงพอ หมั่นเปลี่ยนน้ำซักเพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของสีในน้ำมากจนทำให้สีย้อนกลับไปติดบนผ้าอีก

2) สีแอซิดกับเส้นใยไนลอน ในการซักล้างผ้าไนลอนที่พิมพ์ด้วยสีแอซิดต้องมีการควบคุมให้น้ำซักมีภาวะเป็นด่าง (สีแอซิดพิมพ์ติดเส้นใยได้ดีในภาวะที่เป็นกรด) แต่ควรระวังไม่ควรใช้ด่างแรงเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการลอกสีแทนการกำจัดสี ควรใช้โซเดียมคาร์บอเนตปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร ผสมในน้ำซักและซักที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส

3) สีดิสเพอร์สกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ สีชนิดนี้ไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง มีการละลายต่ำมากที่อุณหภูมิการซัก แต่สามารถทำให้เกิดการเปื้อนติดบนบริเวณที่ไม่ได้พิมพ์ได้ ในการซักจึงไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงเกินไปเพราะจะเพิ่มความสามารถในการละลายของสีและเกิดการเปื้อนติด

มากขึ้น นิยมใช้กระบวนการรีดักชัน-เคลียร์ โดยสีพิมพ์จะถูกกำจัดออกในน้ำซักล้างที่มีโซเดียม-ไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์

4) สีดิสเพอร์สผสมสีรีแอกทีฟกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้าย มักมีปัญหาในการซักล้างผ้าใยผสมที่พิมพ์ด้วยสีดิสเพอร์สและรีแอกทีฟ ทั้งนี้เพราะว่าภาวะในการซักที่เหมาะสมของเส้นใยชนิดหนึ่งจะใช้ไม่ได้หรือให้ผลไม่ดีต่อเส้นใยอีกชนิดหนึ่ง การทำรีดักชัน-เคลียร์เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการกำจัดสีดิสเพอร์สแต่สีรีแอกทีฟอาจไม่เหมาะกับภาวะเช่นนี้ ส่วนที่อุณหภูมิสูงจะเหมาะสมในการกำจัดสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สออกจากเส้นใยแต่ส่งผลทำให้เกิดการเปื้อนติดของสีดิสเพอร์สบนพื้นที่ที่ไม่ได้พิมพ์ ในทางปฏิบัติควรล้างผ้าด้วยน้ำเย็นก่อน แล้วต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงซักด้วยสารซักฟอกพวกเอทิลีนออกไซด์ 1-5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 82 องศาเซลเซียส แล้วล้างน้ำให้สะอาด กระบวนการซักล้างแสดงดังแผนภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการซักล้าง

แผนภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการซักล้าง

การซักล้างผ้าพิมพ์ให้มีประสิทธิภาพดี จะต้องคำนึงถึงการพิมพ์และการผนึกสี คือควรใช้สูตรการพิมพ์ผ้าและภาวะการผนึกสีที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการผนึกติดของสีบนผ้าสูงสุดและมีปริมาณสีที่เกาะหลวมๆ น้อยที่สุด

2.3.3.4 การตกแต่งสำเร็จหลังการพิมพ์

ภายหลังจากการซักล้างแล้วต้องทำให้ผ้าพิมพ์แห้งก่อน แล้วจึงนำไปตกแต่งสำเร็จเพื่อเสริมความสวยงามหรือประโยชน์ใช้สอยอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ลงแป้งให้ผ้าแข็ง ขัดผิวผ้าให้มันตกแต่งสำเร็จกันยับผ้า ตกแต่งสำเร็จผ้าให้อ่อนนุ่มหรือให้คงรูป เป็นต้น

2.4 สีรีแอกทีฟ (reactive dyes) [6,7]

สีรีแอกทีฟเป็นสีที่รู้จักกันในท้องตลาดเมื่อปี ค.ศ. 1956 (พ.ศ. 2499) โดยบริษัท ไอ.ซี.ไอ เป็นผู้ผลิตใช้ชื่อ “Procion dyes” เป็นสีที่ยึดเกาะกับเส้นใยด้วยพันธะโควาเลนต์ สามารถย้อมผ้าใยเซลลูโลสได้โดยเกิดปฏิกิริยาที่หมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสซึ่งจะมีด่างช่วยในการเกิดปฏิกิริยา ผ้าพิมพ์มีสมบัติที่ดีดังนี้คือ ให้เฉดสีสดใส สีเข้มสม่ำเสมอ และทนทานต่อการซักล้าง และสามารถ

ย้อมผ้าขนสัตว์ ไหม และไนลอนได้ด้วย โดยเกิดปฏิกิริยาที่หมู่แอมิโนของเส้นใย โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอกทีฟแสดงดังแผนภาพที่ 2.2

ลักษณะทั่วไปของโครงสร้างสีรีแอกทีฟ จะประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ

1. ส่วนให้สี (chromophore)
2. ส่วนที่ละลายน้ำ (water soluble)
3. ส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนให้สีกับส่วนทำปฏิกิริยา (linking group)
4. ส่วนทำปฏิกิริยา (reactive group)

แผนภาพที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของโครงสร้างสีรีแอกทีฟ

1) ส่วนให้สี เป็นส่วนประกอบหลักในโครงสร้างสี ซึ่งหมู่ทางเคมีที่มักพบ เช่น

- โมโนเอโซ
- ไดเอโซ
- พอลิเอโซ (polyazo)
- แอซิดและแอมิโนแอนทราควิโนน
- พทาโลไซยานีน

2) ส่วนที่ละลายน้ำ เป็นส่วนที่ช่วยให้สีละลายน้ำได้ดีขึ้น หมู่ทางเคมีที่มักพบคือ หมู่ $-SO_3H$

3) ส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนให้สีกับส่วนทำปฏิกิริยา เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างส่วนให้สีกับส่วนทำปฏิกิริยา มีหมู่ที่นิยมใช้คือ

- หมู่แอมิโน (amino group; $-NH_2$)
- หมู่แอลคิลแอมิโน (alkyl amino group; $-NR_2$)
- ออกไซด์และซัลไฟด์ (oxide and sulfide; -O-, -S-)

4) ส่วนทำปฏิกิริยา เป็นส่วนสำคัญที่สุดของสีรีแอกทีฟ เพราะสีจะเกาะติดอยู่บนเส้นใยได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของหมู่เคมีในส่วนนี้ สีรีแอกทีฟที่มีขายอยู่ใน

ท้องตลาดมีความหลากหลายในเรื่องของความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับเส้นใย ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 30-95 องศาเซลเซียส การจำแนกกลุ่มสีรีแอกทีฟจึงแยกตามความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของสีกับเส้นใยที่อุณหภูมิต่างๆ แบ่งออกได้ 6 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางจำแนกกลุ่มสีรีแอกทีฟที่แยกตามความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของสีกับเส้นใยที่อุณหภูมิต่างๆ แบ่งออกได้ 6 ระดับ

หมู่เคมีที่เกิดปฏิกิริยากับเส้นใย	อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา (°C)	ระดับความว่องไว
ไดคลอโรไตรอะซีน	30	1
ไดฟลูออโรคลอโรไพริมิดีน	40	2
ไดคลอโรควิโนซาลีน	50	3
โมโนฟลูออโรไตรอะซีน	60	4
ไวนิลซัลโฟน	70	5
โมโนคลอโรไตรอะซีน	80	6

2.4.1 ประเภทของสีรีแอกทีฟ

1) แบ่งตามส่วนทำปฏิกิริยา แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

1.1) สีรีแอกทีฟที่ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (low reactivity dyes)

1.2) สีรีแอกทีฟที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (high reactivity dyes)

2) แบ่งตามการใช้งาน แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

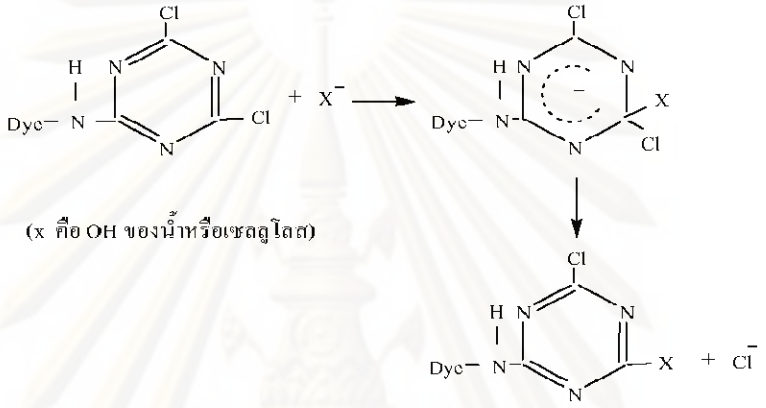
2.1) สีย้อมเย็น (cold type dyes) สีที่ย้อมที่อุณหภูมิตั้งแต่อุณภูมิห้องถึง 60 องศาเซลเซียส

2.2) สีย้อมร้อน (hot type dyes) สีที่ย้อมที่อุณหภูมิ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส

ในงานวิจัยนี้สีรีแอกทีฟที่ใช้ประกอบด้วยสี Procion Blue PX-3R มีหมู่โมโนคลอโรไตรอะซีนเป็นหมู่เกิดปฏิกิริยา และสี Procion Black PX-GR มีหมู่เอโซเป็นส่วนให้สี

สีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R มีหมู่โมโนคลอโรไตรอะซีน ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาชนิดแบบแทนที่ เคมีของหมู่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเป็นพวกเฮทเทอโรไซคลิกที่มีอะตอมคาร์บอนกับอะตอมไนโตรเจนสลับกันอยู่ในวงแหวนอะโรมาติก โดยมีหมู่ข้างเคียงเป็นพวกธาตุฮาโลเจน เช่น คลอไรด์หรือฟลูออไรด์ วงแหวนเฮทเทอโรไซคลิกมีสมบัติพิเศษคือ อิเล็กตรอนในวงแหวนจะเกิดโพลาไรเซชัน โดยอะตอมคาร์บอนจะขาดอิเล็กตรอนแสดงศักย์เป็นขั้วบวก เนื่องจากอะตอม

ไนโตรเจนและฮาโลเจนที่เกาะอยู่รอบๆ อะตอมคาร์บอนมีสมบัติเป็นพวกชอบดึงดูดอิเล็กตรอนเข้าหาตัวเอง (electron withdrawing) จึงทำให้อะตอมคาร์บอนขาดอิเล็กตรอนมากขึ้น (มีขั้วเป็นบวกมากขึ้น) ด้วยเหตุนี้เองจึงเป็นการง่ายที่นิวคลีโอไฟล์ (nucleophile; พวกที่ชอบขั้วบวก) จะเข้าไปทำปฏิกิริยาแบบแทนที่ที่ตำแหน่งอะตอมคาร์บอน เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงอะตอมฮาโลเจนจะหลุดออกมา แสดงดังสมการที่ 2.1 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างนิวคลีโอไฟล์ (หมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสหรือน้ำในด่าง) กับสีรีแอกทีฟ



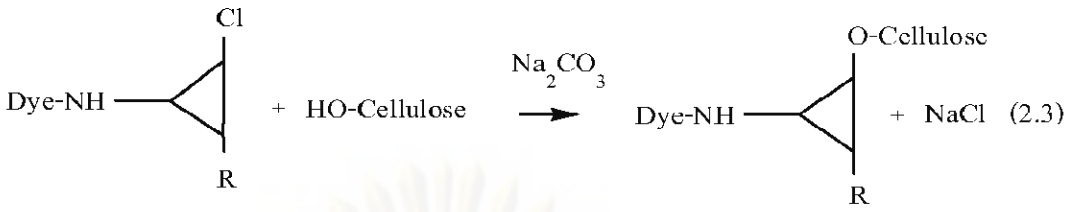
(2.1)

โดย x เป็นตัวแทนของนิวคลีโอไฟล์ จากสมการที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าสามารถย้อมหรือพิมพ์เส้นใยเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟได้ ถึงแม้ว่าเซลลูโลสจะยังไม่สามารถแสดงตัวเป็นนิวคลีโอไฟล์โดยตรงก็ตาม โดยในกระบวนการย้อมหรือพิมพ์จะมีการเติมด่างลงไปเพื่อเปลี่ยนเซลลูโลสให้อยู่ในรูปประจุลบ โดยด่างที่นิยมใช้คือ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต/โซเดียมไฮดรอกไซด์ ขึ้นอยู่กับความว่องไวของปฏิกิริยาของสีที่ใช้ สมการที่ 2.2 แสดงการแตกตัวของหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสเมื่อมีการเติมด่างแล้วได้เซลลูโลสที่มีประจุลบ พันธะที่เกิดหลังจากสีทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสคือ พันธะโควาเลนต์ ซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงทำให้ความคงทนของสีต่อการซักล้างดี

$$\text{Cellulose-OH} + OH^- \longrightarrow \text{Cellulose-O}^- + H_2O \qquad (2.2)$$

ปฏิกิริยาของสีกับเส้นใยเซลลูโลส เช่น สี monochloro-s-triazinyl กับใยเซลลูโลสแสดงดังสมการ 2.3 ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในภาวะด่างและมีการให้ความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR มีหมู่เอโซเป็นส่วนให้สี สามารถพิมพ์บนเส้นใยเซลลูโลส ไหม และขนสัตว์ ทำการผนึกสีโดยใช้ไอน้ำร้อนหรือลมร้อน ความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในระดับดีถึงดีมากและสามารถละลายได้ดีในน้ำกระด้าง

ปัจจัยที่มีต่ออัตราการดูดซึมสีรีแอกทีฟในการพิมพ์

1. ความสามารถในการยึดเกาะระหว่างสีกับเส้นใย
2. อุณหภูมิที่ใช้ในการผนึกสี
3. ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของสี
4. ค่าความเป็นกรด-ด่างของแป้งพิมพ์

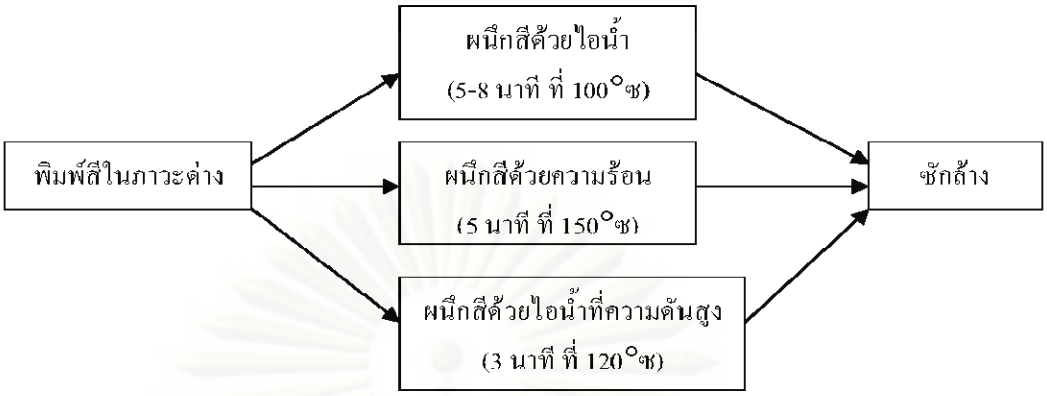
2.4.2 การพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอกทีฟ

สีรีแอกทีฟแตกต่างจากสีประเภทอื่นคือสามารถสร้างพันธะทางเคมีอย่างถาวรกับเส้นใยทำให้ความคงทนของสีต่อกระบวนการซักดี สีรีแอกทีฟใช้พิมพ์ผ้าฝ้าย วิสคอส ไหม และบางสีสามารถใช้พิมพ์ไนลอนได้

ส่วนประกอบของสารพิมพ์สำหรับการพิมพ์สีรีแอกทีฟประกอบด้วยสี สารข้น (นิยมใช้โซเดียมแอลจิเนต) น้ำ สารช่วยดูดความชื้น สารออกซิไดซ์อ่อนๆ ด่าง (อาจเป็นโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมซิลิเกต ขึ้นกับโครงสร้างของสี กระบวนการพิมพ์ และการผนึกสี) กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟ มี 2 วิธีการหลักๆ คือ

1) การพิมพ์แบบขั้นตอนเดียว

การพิมพ์วิธีนี้จะผสมด่างและสารเคมีช่วยในการพิมพ์รวมเข้าด้วยกันในสูตรแป้งพิมพ์ แล้วกระทำการพิมพ์และผนึกสีโดยใช้ไอน้ำหรือลมร้อน แสดงดังแผนภาพที่ 2.2 กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบขั้นตอนเดียว



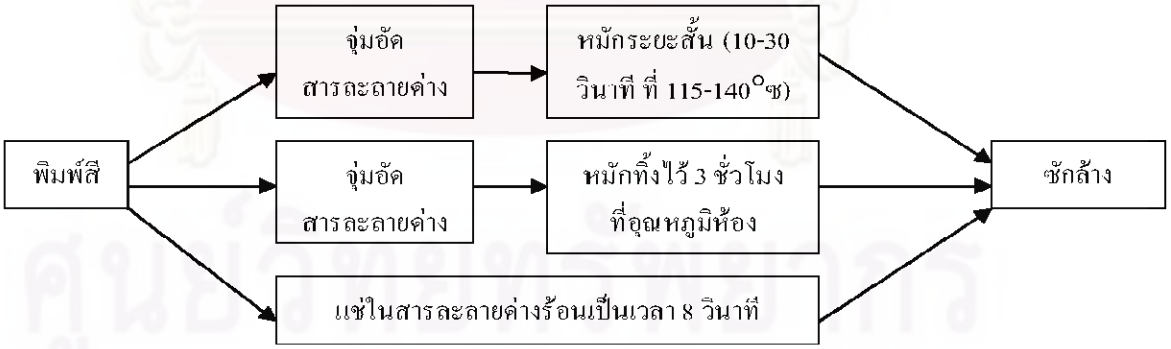
แผนภาพที่ 2.3 กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบขั้นตอนเดียว

การใช้กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบขั้นตอนเดียวมีข้อดีมากกว่าข้อเสีย คือ

- เป็นกระบวนการพิมพ์ที่รวดเร็ว อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ง่าย ไม่ซับซ้อน
- วิธีการพิมพ์ไม่ยุ่งยาก สามารถดูแลควบคุมได้ง่าย
- การซักล้างสามารถนำผ้าเข้าเครื่องซักได้ทันทีที่พิมพ์ผ้าเสร็จ
- ความเข้มข้นของด่างที่ใช้ต่ำ

2) การพิมพ์แบบสองขั้นตอน

การพิมพ์วิธีนี้จะไม่ผสมด่างในสูตรแป้งพิมพ์แต่จะนำสารละลายด่างมาจุ่มอัดลงบนผ้าหลังจากการพิมพ์สีหรือแช่ผ้าพิมพ์ในสารละลายด่าง วิธีการพิมพ์แสดงดังแผนภาพที่ 2.3 กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบสองขั้นตอน



แผนภาพที่ 2.4 กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบสองขั้นตอน

กระบวนการพิมพ์สีรีแอกทีฟแบบสองขั้นตอนจะใช้สารละลายด่าง (โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต) ที่ความเข้มข้นสูง จึงเป็นกระบวนการพิมพ์ที่มีข้อเสียมากกว่าข้อดี คือ

- การใช้ด่างที่ความเข้มข้นสูงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

- สารละลายด่างที่ใช้ในการพิมพ์ต้องเตรียมให้เพียงพอกับปริมาณผ้าที่ใช้ (อย่างน้อยน้ำหนักของสารละลายด่างเท่ากับน้ำหนักผ้า) และต้องมีความเสถียรต่ออุณหภูมิที่ใช้งาน (เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ผ้าพิมพ์ในสารละลายด่างร้อน)

- การซักล้างผ้าพิมพ์เพื่อกำจัดสีส่วนเกินออกต้องกระทำภายหลังการล้างด่างออกจากผ้าแล้ว

2.4.3 สูตรแป้งพิมพ์

สูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้จะแตกต่างกันตามวิธีการผนึกสี (อบผนึกสีด้วยไอน้ำหรืออบผนึกสีด้วยความร้อนแห้ง) หรือกระบวนการที่ใช้ในการพิมพ์ (แบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน) การระบุสูตรที่แน่นอนในการใช้งานจึงเป็นการยากขึ้นอยู่กับผ้าที่ใช้ในการพิมพ์ เครื่องมือ รวมถึงลวดลายที่ออกแบบ ตารางที่ 2.4 แสดงสูตรแป้งพิมพ์ที่สรุปจากการใช้งานในหลายๆ กระบวนการพิมพ์

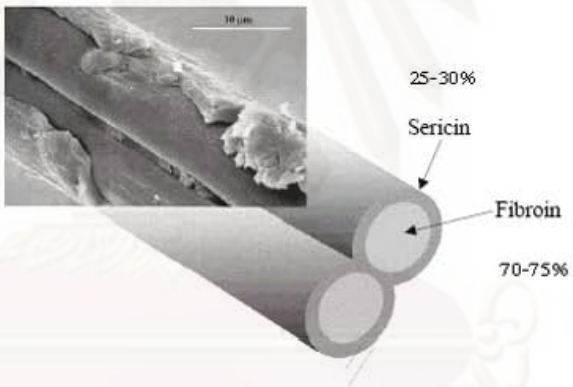
ตารางที่ 2.4 สูตรแป้งพิมพ์สีรีแอกทีฟ

สูตรแป้งพิมพ์	ปริมาณสารในสูตรแป้งพิมพ์ (กรัม)
1) สีรีแอกทีฟ	30
2) ยูเรีย	50-200
3) สารละลายโซเดียมแอลจิเนต	500
4) สารป้องกันการเกิด	10
ปฏิกิริยารีดักชัน	
5) ด่าง	
- โซเดียมคาร์บอเนต	15-30
หรือ	
- โซเดียมไบคาร์บอเนต	25-30
6) น้ำ (ปรับปริมาตรที่เหลือให้ครบ 1000 กรัม)	A
รวม	1000

2.5 กาวไหมเซริซิน (sericin silk glue) [8-12]

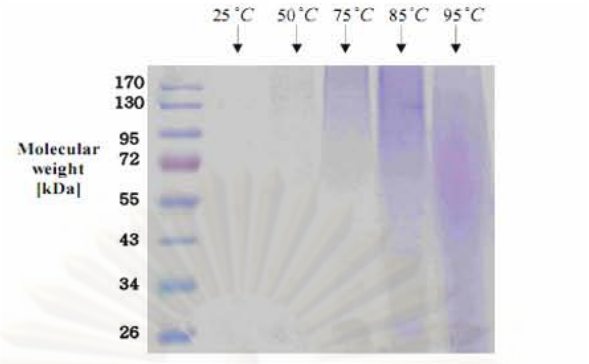
เส้นไหมเป็นเส้นใยโปรตีนที่ได้จากธรรมชาติและเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดเดียวที่เป็นเส้นใยยาว (filament) ต่างจากเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น เช่น ฝ้าย ขนสัตว์ ลินิน ที่ล้วนเป็นเส้นใยสั้น (staple fiber) รังไหมจะประกอบด้วยเส้นไหมดิบที่ประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิด คือ ไฟโบรอิน

(fibroin) สองเส้นร้อยละ 70-75 และเซริซินร้อยละ 25-30 ไฟโบรอินมีโครงสร้างที่เป็นผลึกมาก ประกอบด้วยสายโซ่โมเลกุลของพอลิเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างหมู่คาร์บอกซิลและหมู่แอมิโน มีสมบัติไม่ละลายน้ำ ส่วนเซริซินมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า สามารถละลายได้ในน้ำร้อนและสารละลายด่างเจือจางรูปที่ 2.1 แสดงรูปภาพของเส้นไหมดิบ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำโปรตีนจากรังไหมมาใช้ประโยชน์ทั้งในส่วนของรังไหมที่ตัดแล้ว เศษเส้นไหม รังไหมที่เสีย และน้ำต้มรังไหม โดยพบว่าเซริซินสามารถต้านแบคทีเรีย ต้านแสงอัลตราไวโอเลต (UV) มีความสามารถในการดูดซึมความชื้น ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง อาหารเสริม ใช้เคลือบเส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยธรรมชาติ ใช้เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ วัสดุทางการแพทย์ ผสมหัวอาหารสัตว์ เป็นสารป้องกันและกำจัดแมลง และการใช้งานอื่นๆ เช่น การเคลือบฟิล์มเซริซินที่ผิวของตู้เย็น เครื่องทำความเย็น ตู้คอนเทน-เนอร์ ใช้เคลือบหลังคาหรือผิวถนน สามารถป้องกันการกัดทำลายของหิมะ มีสมบัติต้านการแข็งตัวของน้ำแข็ง เป็นต้น โดยสมบัติต่างๆ ของโปรตีนจากรังไหม เช่น ปริมาณโปรตีนและความสามารถในการต้านต่างๆ จะแตกต่างกันไปตามชนิดของรังไหม

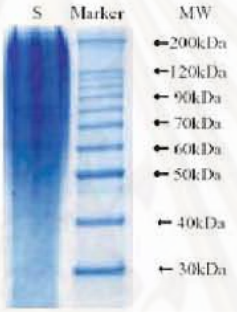


รูปที่ 2.1 รูปภาพของเส้นไหมดิบ [11]

เซริซินเป็นสารโปรตีนโมเลกุลใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงกว้างจากประมาณ 10 ถึงมากกว่า 300 กิโลดาลตัน รูปที่ 2.2 และ 2.3 แสดงน้ำหนักโมเลกุลของเซริซินที่ความเข้มข้นต่างๆ หาโดยวิธีอิเล็กโทรฟอรีซิสแบบเอสดีเอส-พอลิอะคริลาไมด์เจล (SDS-PAGE)



รูปที่ 2.2 SDS-PAGE (10% gel) ของเซริซิน [11]



รูปที่ 2.3 SDS-PAGE (12% gel) ของเซริซิน [11]

โปรตีนในเซริซินประกอบด้วยกรดแอมิโน 18 ชนิด ที่สำคัญได้แก่ ซีรีน ไกลซีนและแอสปาติกซึ่งมีอยู่ร้อยละ 27.32, 8.66 และ 17.03 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีกรดแอมิโนชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบของกรดแอมิโนของเซริซิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของกรดแอมิโนของเซริซินและไฟโบรอิน (ในโปรตีน 100 กรัม) [12]

กรดแอมิโน		เซริซิน	ไฟโบรอิน
กรดแอมิโนที่ไม่มีขั้ว	ไกลซีน	8.66	4.25
	อะลานีน	3.51	28.87
	วาลีน	3.14	2.63
	ลิวซีน	1.02	0.32
	ไอโซลิซีน	0.77	0.44
	โพรลีน	0.66	-
	ฟีนิลอะลานีน	0.50	0.58
กรดแอมิโนที่มีสมบัติเป็นกรด	กรดแอสพาติก	17.03	0.76
	กรดกลูตามิก	7.46	0.69
กรดแอมิโนที่มีสมบัติเป็นด่าง	อาร์จินีน	6.07	0.86
	ฮิสทิดีน	1.88	-
	ไลซีน	4.95	0.17
กรดแอมิโนที่มีออกซิเจนเป็น	ซีรีน	27.32	13.22
องค์ประกอบ	ธีโอนีน	7.48	0.81
	ไทโรซีน	4.43	10.96
กรดแอมิโนที่มีสารประกอบ	เมธิโอนีน	-	-
ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ	ซีสทีน	0.20	-

นอกเหนือจากส่วนที่เป็นไฟโบรอินและเซริซินแล้ว ในไหมดิบยังประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นแร่ธาตุ เกลือปริมาณเล็กน้อย ไขมัน สารมีสี และน้ำ

2.6 ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก

ผลพลอยได้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผลพลอยได้ที่เกิด (ประมาณ 60-70 ตันต่อวัน) จากการผลิตกรดแลกติกของบริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับนำไปใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อาหารสัตว์ เครื่องสำอาง และพลาสติกชีวภาพ เป็นต้น และใช้น้ำตาลทรายดิบหรือมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิต ลักษณะของผลพลอยได้เป็นผงหยาบๆ สีน้ำตาล ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการหมักและถูกแยกออกจากสารละลายกรดแลกติกโดยการเหวี่ยงแยก จากการวิเคราะห์ลักษณะและองค์ประกอบของผลพลอยได้พบว่ามีโลหะหลายชนิดในปริมาณต่ำ (คาดว่าโลหะต่างๆ มีประจุบวก) แสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ลักษณะและองค์ประกอบของผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกด้วยวิธีทดสอบ Inhouse method based on AOAC and OMAF โดยสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	
	มก./กก.	ร้อยละ
1. ปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 20 ชั่วโมง	-	58.26
2. ค่าความสามารถในการทำให้เป็นกลาง (CCE)	-	41.40
3. ขนาดอนุภาคมีค่าความละเอียดสามารถร่อนผ่านตระแกรงขนาด 12.5x 12.5 มิลลิเมตร	-	100.00
4. หิน กรวด ทราย	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
5. เศษพลาสติก วัสดุเศษแก้ว หรืออื่นๆ	-	-
6. ดัชนีการงอกของพืช	-	29.00
7. คาร์บอนอินทรีย์	-	2.80
8. สารอินทรีย์	-	4.83
9. กรดฮิวมิก	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
10. ฟอสเฟต	-	1.41
11. แคดเมียม	2.85	-
12. โครเมียม	26.10	-
13. สารหนู	4.83	-
14. เหล็ก	-	0.0711
15. โบรอน	-	0.0023
16. ปรอท	0.29	-
17. ไนโตรเจน	-	0.61
18. คลอไรด์	-	0.1599
19. โปแตส	-	0.01
20. แมกนีเซียม	-	1.08
21. แคลเซียม	-	14.79
22. สังกะสี	-	0.0181
23. ทองแดง	2.98	-
24. ตะกั่ว	0.95	-
25. โมลิบดีนัม	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
26. โซเดียม	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

หมายเหตุ

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก เท่ากับ 12.3

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) เท่ากับ 5/1

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 3.69 เดซิซีเมนต่อเมตร

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการพิมพ์สิ่งทอเป็นการตกแต่งผ้าเพื่อให้เกิดความสวยงาม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย แต่ในปัจจุบันต้นทุนการพิมพ์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่ออุตสาหกรรมการพิมพ์ผ้า ทำให้มีความสนใจและคิดค้นวิธีการที่จะช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตโดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังคงเหมือนเดิมหรือดีกว่าเดิม เช่น การหาสารหรือวิธีการทำให้สีติดบนเส้นใยได้ดีขึ้น โดยในงานวิจัยนี้สนใจความสามารถในการดูดซึมความชื้นของกาวไหมเซริซินเพื่อช่วยเพิ่มการดูดซับสีพิมพ์ และการใช้โลหะในผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกมาผนึกสีพิมพ์ให้ติดผ้าได้มากขึ้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมความชื้นของกาวไหมเซริซินและการหาสารหรือวิธีการทำให้สีติดบนเส้นใยได้ดีมากขึ้นมีดังต่อไปนี้

Meesilpa และคณะ [13] ศึกษาการผลิตสบู่ไหมที่มีโปรตีนเซริซินเป็นส่วนประกอบใช้ในการทำความสะอาดผิว เนื่องจากสมบัติด้านการดูดซึมความชื้นและสามารถป้องกันผิวจากแสงแดดของเซริซินจึงนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์สบู่ช่วยบำรุงผิวให้เรียบเนียนและนุ่ม ปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดความระคายเคือง สามารถใช้ได้ทุกเพศทุกวัย

จิรายุ บัวทอง และคณะ [14] ศึกษาการพัฒนาแผ่นฟิล์มเซริซินที่บรรจุวิตามินซีสำหรับแปะผิวหน้า โดยใช้เซริซินและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (พีวีเอ) เป็นสารก่อฟิล์ม เนื่องจากมีรายงานการทดสอบในมนุษย์ว่าเซริซินฟิล์มสามารถกักเก็บความชื้นได้ดี ทำให้ผิวหนังมีความชุ่มชื้น อ่อนนุ่ม จึงคาดว่าแผ่นฟิล์มเซริซินสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของวิตามินซีในการปรับผิวหน้าให้ขาวขึ้น ทำให้ผิวหน้าชุ่มชื้นขึ้น และลดริ้วรอยบนใบหน้าได้ จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนสารก่อฟิล์มเซริซินและพีวีเอเท่ากับ 1:2 ให้แผ่นฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นดี สามารถยึดเกาะผิวหนังได้ดี มีอัตราการแพร่ผ่านของไอน้ำเท่ากับร้อยละ 28 สามารถกักเก็บวิตามินซีได้ประมาณร้อยละ 50 เหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นแผ่นฟิล์มสำหรับแปะผิวหน้า

ฐิติรัตน์ ศุภศิลป์ และคณะ [15] ศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลจากเซริซินและพอลิเมอร์คือ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิไวนิลไพริโดน และสารละลายผสมของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ กับพอลิเอทิลีนไกลคอล โดยการฉายรังสีแกมมาเพื่อใช้เป็นวัสดุรักษาบาดแผล ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมเซริซินไฮโดรเจล คือ ใช้สารละลายผสมของเซริซินร้อยละ 5 น้ำหนักโดยปริมาตร ในพีวีเอร้อยละ 10 น้ำหนักโดยปริมาตร และใช้ปริมาณการฉายรังสี 60 กิโลเกรย์ (kGy) ไฮโดรเจลที่ได้มีสมบัติในการดูดซับน้ำ และรักษาความชุ่มชื้นของบาดแผลได้

Morooka และคณะ [16] ศึกษาผลการตกแต่งเซริซินบนชุดกีฬาต่อการเคลื่อนไหวและความเหนื่อยล้าของร่างกาย ทำการทดสอบโดยวัดอุณหภูมิของชุดกีฬาขณะสวมใส่ (clothing temperature; T_{cl}) วัดความชื้นของชุดกีฬาขณะสวมใส่ (clothing humidity; H_{cl}) วัดอุณหภูมิปาก (oral temperature; T_{or}) อัตราการไหลของเหงื่อ (sweat rate; SW) และอัตราความร้อน (heat rate; HR) ของร่างกาย ความรู้สึกส่วนตัวของผู้สวมใส่ และระยะเวลาที่ร่างกายเคลื่อนไหว ทำการ

ทดสอบชุดกีฬาที่ตกแต่งด้วยเซริซินด้วยการทดสอบ Kraepelin test ตามค่าที่กำหนด ผลการทดลองพบว่า

- ชุดกีฬาที่ตกแต่งสำเร็จด้วยเซริซินมีค่าอัตราความร้อนของร่างกายและการไหลของเหงื่อต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แสดงว่าการสวมใส่ชุดกีฬาที่ตกแต่งสำเร็จด้วยเซริซินมีการระบายความร้อนและความชื้นของร่างกายสูงกว่าชุดกีฬาทั่วไป

- จากการวิเคราะห์ผลพบว่าความชื้นขณะสวมใส่เป็นปัจจัยสำคัญในการสรุปผลเบื้องต้น เมื่อตกแต่งสำเร็จชุดกีฬาด้วยเซริซินจะทำให้ชุดกีฬามีความชื้นและการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อสวมใส่ชุดกีฬาเหงื่อจะค่อยๆ ระเหยออกทำให้สามารถลดปริมาณความชื้นในเสื้อผ้าขณะสวมใส่โดยการที่ปริมาณความชื้นลดลงสามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิลมที่ออกจากปาก อัตราความร้อน และอัตราการไหลของเหงื่อผู้สวมใส่ได้ ศึกษาผลในช่วงระหว่างและหลังการออกกำลังกาย

- ผู้ที่ทดลองสวมใส่ชุดกีฬาที่ตกแต่งสำเร็จด้วยเซริซินจะมีความเหนื่อยล้าลดลง อย่างไรก็ตามไม่สามารถบอกผลของระยะเวลาที่ร่างกายเคลื่อนไหว และผลการทดสอบ Kraepelin test ได้

Haroun และคณะ [17] ศึกษาผลของสารประจุบวก Temofix Extra ECO และ Solfix E ในการพิมพ์ผ้าขนสัตว์และหนังสัตว์ด้วยสีรีแอกทีฟ โดยใช้สี 3 กลุ่มในการพิมพ์ คือ โมโนคลอโร-ไตรอะซีน ไดคลอโรไตรอะซีน และไวนิลซัลโฟน โดยพิมพ์บนผ้าขนสัตว์และหนังสัตว์ที่ปรับปรุงและไม่ปรับปรุงด้วยสารประจุบวก ผลการทดลองพบว่าเมื่อปรับปรุงสมบัติของหนังและขนสัตว์ด้วยสารประจุบวกแล้วทำให้ผลการพิมพ์สีรีแอกทีฟมีสมบัติด้านความคงทนต่อแสงและการซักล้างดีขึ้น

Houshyar และคณะ [18] ศึกษาผลการเคลือบไคโตซานบนผ้าฝ้ายก่อนนำมาย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ โดยทำการเคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ กันบนผ้าฝ้าย แล้วทำการย้อมด้วยเทคนิคต่างๆ จากผลการทดลองพบว่าการเคลือบไคโตซานบนผ้าฝ้ายจะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับสีรีแอกทีฟ และเทคนิคการย้อมแบบจุ่มอัด-อบแห้ง (pad-dry) สามารถทำให้สีย้อมเข้าไปติดในเส้นใยได้มากที่สุด แต่ความคงทนต่อแสงและการซักล้างของสีรีแอกทีฟบนผ้าฝ้ายที่ทำการเคลือบด้วยไคโตซานก่อนนำมาย้อมจะลดลง และระดับการลดลงของความคงทนต่อแสงและการซักล้างยังขึ้นอยู่กับเทคนิคการย้อมที่ใช้ในการทดลอง

Zhang และคณะ [19] ศึกษาการย้อมผ้าฝ้ายที่มีประจุบวกแบบต่อเนื่องด้วยสีรีแอกทีฟ โดยนำผ้าฝ้ายไปจุ่มในแป้งที่มีประจุบวก (cationic starch) และนำผ้าไปบีบอัดด้วยลูกกลิ้งร้อนก่อนที่จะนำมาทำการย้อมแบบต่อเนื่องด้วยสีรีแอกทีฟ จากผลการทดลองพบว่าผ้าฝ้ายที่มีสารประจุบวกจะให้ผลการผนึกติดของสีดีขึ้น โดยไม่ต้องใช้เกลือในกระบวนการย้อม เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่มีสารประจุบวก นอกจากนี้ยังให้ผลด้านความคงทนต่อการซักล้างและการขัดถูที่ดี

Yuen และคณะ [20] ศึกษาการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ 4 เฉดสีคือ แดง เหลือง น้ำเงิน และดำโดยใช้วิธีการพิมพ์อิงค์เจ็ต (ink-jet printing) ซึ่งจำเป็นต้องปรับสภาพผิวผ้าก่อนพิมพ์ โดย

เตรียมส่วนผสมของสารช่วยพิมพ์ (ยูเรีย โซเดียมอัลจิเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนต) และน้ำสีย้อมแยกออกจากกัน ก่อนการพิมพ์ ผ้าถูกเคลือบด้วยส่วนผสมของสารช่วยพิมพ์เพื่อปรับสภาพผิวผ้าโดยวิธีการอัดรีดสารลงบนผ้าด้วยลูกกลิ้งคู่ (padding method) จากนั้นอบแห้งผ้าและพิมพ์ด้วยระบบการพ่นหมึกน้ำสีย้อมจากเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ตลงบนผ้า ตามด้วยการอบแห้งและอบไอน้ำผ้าเพื่อผนึกให้สีเกาะติดผ้า จากผลการวิจัยพบว่า การพิมพ์อิงค์เจ็ตด้วยหมึกสีรีแอกทีฟลงบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารช่วยพิมพ์ สามารถพิมพ์ได้ผ้าสีเข้มและความเข้มของสีผ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อปรับสภาพผิวผ้าก่อนพิมพ์ด้วยสารช่วยพิมพ์ที่มีปริมาณยูเรียมากขึ้น แต่ถ้าใช้ยูเรียมากเกินไปจะทำให้พิมพ์ได้ผ้าสีอ่อนลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของสีขณะอบไอน้ำผ้าหลังพิมพ์ นอกจากนี้พบว่า การที่จะพิมพ์ผ้าด้วยระบบอิงค์เจ็ตให้ได้ผ้ามีสีเข้มตามต้องการนั้น ปริมาณสารช่วยพิมพ์ชนิดต่างๆ ที่ต้องใช้เคลือบปรับสภาพผิวผ้าก่อนพิมพ์จะมีปริมาณการใช้แตกต่างกันเมื่อพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟต่างเฉดสีกัน และเช่นกันเวลาที่ใช้ในการอบผนึกสีด้วยไอน้ำก็ต่างกันด้วยเมื่อพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟเฉดสีต่างกัน

Chakvattanatham และคณะ [21] ศึกษาการปรับสภาพผิวผ้าไหมก่อนนำมาพิมพ์ด้วยสารสีเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพของสิ่งพิมพ์โดยใช้สารปรับสภาพผิวคือ กรดแอมิโนชนิดซีรีน แอสปาติกและไกลซีน และเซริซิน เนื่องจากสารเคลือบที่อยู่บนสิ่งทอในลักษณะเป็นฟิล์มบางทำให้พื้นผิวผ้ามีความเรียบมากขึ้น ส่งผลให้การดูดซึมหมึกพิมพ์มีความสม่ำเสมอมากขึ้น นอกจากนี้สารเคลือบผิวที่มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถดูดซึมหมึกพิมพ์ได้ ส่งเสริมการยึดติดของหมึกพิมพ์บนสิ่งทอดียิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ได้นำผ้าที่ไม่ได้รับการปรับสภาพผิวและผ้าที่ปรับสภาพผิวด้วยสารชนิดต่างๆ และความเข้มข้นต่างๆ มาพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตฐานน้ำชนิดสารสี และศึกษาขอบเขตสี ความคงทนต่อการขัดถู และตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของผ้า ผลการทดลองพบว่าผ้าไหมที่ผ่านการเคลือบด้วยกรดแอมิโนและเซริซินจะสามารถสร้างฟิล์มที่มีความสามารถในการดูดซึมหมึกพิมพ์ได้เพิ่มมากขึ้น เพิ่มความอิ่มตัวของสีและความเข้มของสีบนผ้าพิมพ์ และให้ค่าความคงทนต่อการขัดถูแห้งสูงสุดเมื่อใช้เซริซินที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 เคลือบผิวผ้า ความคงทนต่อการขัดถูเปียกของผ้าพิมพ์จะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ซีรีนและไกลซีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 เคลือบผิวผ้า ตามลำดับ

Ahmed และคณะ [22] ได้ศึกษาการนำโซเดียมอิดิเทต (เป็นสารช่วยป้องกันการตกตะกอนของสีย้อมและช่วยเพิ่มความสดของสีในกระบวนการย้อม) ที่มีราคาถูกมาใช้แทนยูเรีย ในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ 2 สีคือ Remazol Black B และ Remazol Brilliant Orange 3R โดยเตรียมแป้งพิมพ์สำหรับการพิมพ์สกรีน 3 สูตรประกอบด้วย สูตรที่ 1 เป็นสูตรแป้งพิมพ์ที่มียูเรีย ด่างและสารเคมีอื่นๆ ตามปกติที่ใช้กัน สูตรที่ 2 เป็นสูตรแป้งพิมพ์ที่มีโซเดียมอิดิเทต ด่างและสารเคมีอื่นๆ และสูตรที่ 3 เป็นสูตรแป้งพิมพ์ที่มีโซเดียมอิดิเทต ไม่มีด่างและมีสารเคมีอื่นๆ พบว่า การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยแป้งพิมพ์สูตรที่ 3 ให้ผ้าพิมพ์ที่มีค่าความเข้มของสี (color strength) สูงที่สุดและมีร้อยละของการผนึกติดของสี (%dye fixation) สูงมาก ตามมาด้วยการพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรที่ 2 และสูตร

ที่ 1 ตามลำดับ นั่นคือ ผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ที่มีโซเดียมอิดิเทต ไม่มีด่างและมีสารเคมีอื่นๆ มีสีเข้มที่สุดและมีปริมาณของสีผนึกติดบนผ้าสูงมาก นอกจากนี้พบว่า ผ้าที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ที่มีโซเดียมอิดิเทตให้สีคมชัดมากกว่าและสม่ำเสมอด้วย ผ้าพิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์ทุกสูตรมีความคงทนของสีต่อการซักและต่อเหงื่อดีมาก และมีความคงทนของสีต่อการขัดถูโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับดี จากผลการวิจัยข้างต้นผู้วิจัยได้สรุปว่า สามารถใช้โซเดียมอิดิเทตมาทดแทนยูเรียสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟอย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำกาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ ซึ่งอาจใช้แทนยูเรียทั้งหมดหรือใช้แทนบางส่วน และหวังว่าจะได้สูตรการพิมพ์ใหม่ที่ให้คุณภาพการพิมพ์และสมบัติของผ้าพิมพ์ที่ดีเหมือนเดิมหรือดีกว่าเดิม นอกจากนี้ยังหวังว่าจะสามารถช่วยลดต้นทุนการพิมพ์เมื่อสามารถนำกาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดลอง

ในงานวิจัยนี้กาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกถูกนำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ ซึ่งอาจใช้แทนยูเรียทั้งหมดหรือใช้แทนเพียงบางส่วน เพื่อให้ได้สูตรการพิมพ์ใหม่ที่ให้คุณภาพการพิมพ์และสมบัติของผ้าพิมพ์ที่ดีเหมือนเดิมหรือดีกว่าเดิม และหวังว่าจะสามารถช่วยลดต้นทุนการพิมพ์เมื่อสามารถนำของเสียจากกระบวนการผลิต เช่น กาวไหมเซริซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียซึ่งมีราคาแพงขึ้นได้ หลังจากการพิมพ์ผ้า ผ้าพิมพ์จะถูกนำมาทดสอบสมบัติด้านต่างๆ ตามวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ผ้าฝ้ายฉักลายซิงเกิลเจอซี 2 ชุด ที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวแล้ว น้ำหนักผ้า 1.98 และ 2.00 กรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร
2) ผ้าสกรีน (ผ้าพอลิเอสเทอร์) เบอร์ 60T จากบริษัทไทยสกรีนสโตร์ จำกัด
3) บล็อกพิมพ์ผ้า (ไม้สัก) ขนาด 23x23 นิ้ว จากบริษัทไทยสกรีนสโตร์ จำกัด

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

รายชื่อสารเคมีที่ใช้ในการทดลองมีแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อเคมี/ชื่อการค้า	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
1) ยูเรีย	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
2) โซเดียมไบคาร์บอเนต	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
3) โซเดียมแอลจิเนต /M 330-C	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
4) สารช่วยเปียก /Matexil Wakbn	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
5) สารออกซิไดซ์/Anti reduce	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
6) โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต (ร้อยละ 25)	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด

ตารางที่ 3.1(ต่อ)

ชื่อเคมี/ชื่อการค้า	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
7) สารต้านแบคทีเรีย/Chemticide TZ-C 6000	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
8) สีรีแอกทีฟ/Procion Blue PX-3R 100%	บริษัท ไดสตาร์ไทย จำกัด
9) สีรีแอกทีฟ/Procion Black PX-GR 150%	บริษัท ไดสตาร์ไทย จำกัด
10) น้ำยาซักล้าง/Mequest ST-SN	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
11) น้ำยาซักล้าง/Soap VP	บริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด
12) ผงกาวไหมเซริซิน	บริษัท ชินาโนเคนชิ (ประเทศไทย) จำกัด
13) ผงผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก	บริษัท พูแรค (ประเทศไทย) จำกัด

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

รายชื่ออุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์/เครื่องมือ	แบบรุ่น	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
1) เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์	GG 6002-S	Sumeth Labtest Ltd.,Part.
2) เครื่องชั่งอินฟราเรด	AND AD-4715	Sumeth Labtest Ltd.,Part.
3) เครื่องวัดพีเอช	pHTester20	Eutech Instruments Co.,Ltd.
4) เตาให้ความร้อนและกวนสาร	MS300	Sumeth Labtest Ltd.,Part.
5) เครื่องปั่นผสมสาร	VP3311D	Allied Motors Co.,Ltd.
6) เครื่องจุ่มอัด (Padding machine)	-	MingScape International Co.,Ltd.
7) โต๊ะพิมพ์ผ้าตัวอย่าง	KZ00/0081-1	Kidd + Zigrino Co.,Ltd.
8) ตู้อบสาร	D06062 Model 600	Memmert Co.,Ltd
9) เครื่องอบไอน้ำร้อนอิ่มตัวความดันสูง	EB2760	Fulton Boiler Works (GB) Ltd., England
10) เครื่องอบแห้งผ้า	PT-2	Tsujii Dyeing Machine Mfg.Co., Ltd., Japan
11) เครื่องวัดสี Macbeth	COLOR® –EYE 7000	Kollmogan Instrument Corporation, Germany
12) เครื่องทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า	Shirley Stiffness Tester	Shirley Development Ltd., England

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

อุปกรณ์/เครื่องมือ	แบบรุ่น	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
13) เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (AATCC Crock meter)	CM1	Atlas Electric Devices Co., USA
14) เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก	Gyrowash	James H. Heal & Co., Ltd., England

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การทดสอบสมบัติของกาวไหมเซริซิน

กาวไหมเซริซินที่ใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ถูกทดสอบหาสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของกาวไหมเซริซิน

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของกาวไหมเซริซินสำหรับใช้ปรับค่าพีเอชในสูตรการพิมพ์ผ้า กระทำโดยการละลายกาวไหมเซริซินในน้ำกลั่น แล้ววัดค่าพีเอชของสารละลายด้วยเครื่องวัดพีเอช ที่อุณหภูมิห้อง

2) การทดสอบการละลายน้ำของกาวไหมเซริซิน

การทดสอบนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเพื่อหาความสามารถในการละลายน้ำของกาวไหมเซริซินที่อุณหภูมิต่างๆ เช่น อุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส), 65, 75, 85, 95 และ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้กาวไหมเซริซิน 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 กรัม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบผลการละลายกาวไหมเซริซินที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเตรียมสารละลายกาวไหมเซริซินสำหรับใช้ในการพิมพ์

ส่วนที่สองเป็นการทดสอบเพื่อหาจุดอิ่มตัวในการละลายน้ำของกาวไหมเซริซิน (ความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายที่เตรียมได้) โดยการนำกาวไหมเซริซินผงที่ทราบน้ำหนักมาละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดซึ่งได้จากการทดสอบข้างต้น เติมกาวไหมเซริซินผงลงในสารละลายคนให้ละลายทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถละลายกาวไหมเซริซินในน้ำได้อีก (เกิดตะกอนกาวไหมเซริซิน) คำนวณหาความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายกาวไหมเซริซินสำหรับใช้ในการพิมพ์

3) การทดสอบหาความชื้นในกาวไหมเซริซิน

การทดสอบนี้เพื่อหาความชื้นในกาวไหมเซริซิน โดยนำผงกาวไหมเซริซินที่ทราบน้ำหนักมาตั้งทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25.50 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65.50 จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักแห้งของกาวไหมเซริซินโดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วคำนวณหาความชื้นในกาวไหมเซริซินตามสมการ 3.1

$$\text{ร้อยละของปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักกาวไหมก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักกาวไหมหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักกาวไหมก่อนอบแห้ง}} \times 100 \quad (3.1)$$

รูปที่ 3.1 เครื่องชั่งอินฟราเรด

4) การทดสอบหาน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน

การทดสอบนี้เพื่อหาน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซินที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้วิธี MALDI-TOF Mass Spectrometry

3.3.2 การทดสอบสมบัติของยูเรีย

ยูเรียที่ใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ถูกทดสอบหาสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบความสามารถในการละลายน้ำของยูเรีย

การทดสอบนี้เพื่อหาความสามารถในการละลายยูเรียในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ และเพื่อหาจุดอิ่มตัวในการละลายยูเรียในน้ำ (ความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายที่เตรียมได้) ตามวิธีเดียวกับวิธีการทดสอบการละลายน้ำของกาวไหมเซริซินในหัวข้อ 3.3.1 ข้อที่ 2

2) การทดสอบหาความชื้นในยูเรีย

การทดสอบนี้เพื่อหาความชื้นในยูเรียตามวิธีเดียวกับวิธีการทดสอบหาความชื้นในกาวไหมเซริซินในหัวข้อ 3.3.1 ข้อที่ 3

3.3.3 การทดสอบสมบัติของผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก

ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกที่ใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ถูกทดสอบหาสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบความสามารถในการละลายน้ำของผลพลอยได้

การทดสอบนี้เพื่อหาความสามารถในการละลายน้ำของผลพลอยได้ โดยเติมผงผลพลอยได้ที่ทราบน้ำหนักลงในน้ำที่ทราบปริมาตร แล้วคนให้ทั่ว ตั้งทิ้งไว้ 17 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองแยกผลพลอยได้ที่ไม่ละลายออกมาอบแห้งและชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบน้ำหนักของผลพลอยได้ก่อนและหลังละลายในน้ำเพื่อหาปริมาณที่สามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง

2) การทดสอบหาองค์ประกอบต่างๆ ของผลพลอยได้

ผงผลพลอยได้ถูกทดสอบหาองค์ประกอบต่างๆ โดยวิธี EPA 3052 ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma (ICP) ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้คือโลหะต่างๆ

3.3.4 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟในงานวิจัยนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ส่วนตามชนิดของสารช่วยพิมพ์ที่ใช้คือ

3.3.4.1 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

3.3.4.2 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

3.3.4.3 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

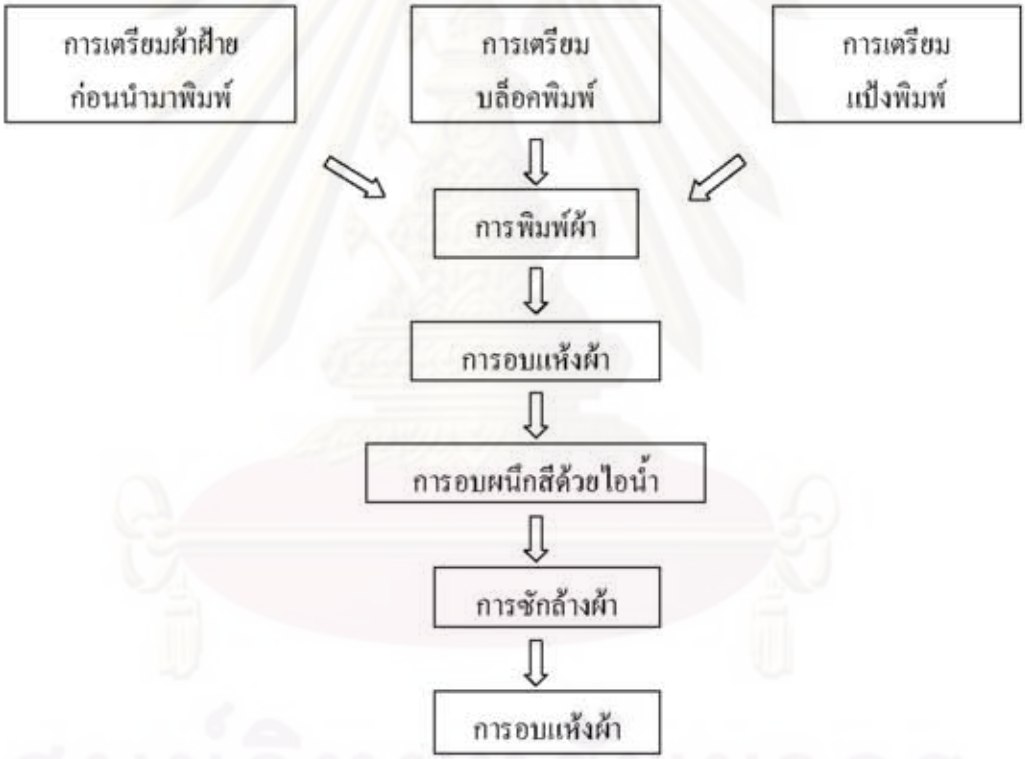
3.3.4.4 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

3.3.4.5 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ก่อนการพิมพ์ผ้าจะเตรียมแป้งพิมพ์ซึ่งประกอบด้วยสารข้นร้อยละ 80 สีรีแอกทีฟร้อยละ 3 และน้ำร้อยละ 17 โดยสูตรการเตรียมสารข้นจะแตกต่างกันสำหรับการพิมพ์โดยใช้สารช่วยพิมพ์ที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางต่างๆ ต่อไป หลังการพิมพ์ผ้า ผ้าจะถูกอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยการอบผนึกสีด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ซักล้างด้วยน้ำสบู่ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอบแห้งผ้า

เนื่องจากการเตรียมแป้งพิมพ์ การพิมพ์ผ้า การอบแห้งและการอบไอน้ำในแต่ละชุดของการทดลองอาจมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเครื่องตีผสมสาร เครื่องอบแห้งและเครื่องอบไอน้ำในห้องปฏิบัติการมีความแปรปรวนในบางครั้งซึ่งยากที่จะควบคุมให้มีความคงที่ จึงส่งผลให้สีผ้าที่พิมพ์ออกมามีสีเข้มอ่อนแตกต่างกันบ้างในแต่ละชุดการทดลอง ดังนั้นแต่ละชุดการทดลองจะมีการพิมพ์ผ้าโดยใช้ยูเรีย 15 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์เพื่อเป็นผ้ามาตรฐานสำหรับเทียบกับผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารอื่นเป็นสารช่วยพิมพ์ในการทดลองชุดนั้นๆ

แผนภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมก่อนการพิมพ์ผ้า ขั้นตอนการพิมพ์ผ้า และขั้นตอนหลังการพิมพ์ผ้า และรูปที่ 3.2-3.4 แสดงโต๊ะพิมพ์ผ้า เครื่องอบแห้งผ้า และเครื่องอบไอน้ำร้อนอิ่มตัวความดันสูงที่ใช้ในงานวิจัย



แผนภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.2 โต๊ะพิมพ์ผ้าตัวอย่าง

รูปที่ 3.3 เครื่องอบแห้งผ้า

รูปที่ 3.4 เครื่องอบไอน้ำร้อนอิ่มตัวความดันสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.4.1 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในงานวิจัยนี้ใช้สูตรส่วนผสมของสารข้นของบริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด กระทำการพิมพ์เปรียบเทียบกับการพิมพ์โดยไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรไม่ใช้ยูเรีย
น้ำ	69.93	84.93
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	-
รวม	100.00	100.00

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาร้อยละ 80 เพื่อผสมกับสีรีแอกทีฟร้อยละ 3 และน้ำร้อยละ 17 จะได้แป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นเทแป้งพิมพ์ลงบนผ้าสกรีนและพิมพ์ผ้าบนโต๊ะพิมพ์ผ้าตัวอย่างโดยการปาดแป้งพิมพ์ลงบนผ้าเพียง 1 ครั้ง ด้วยแรงกดที่ระดับ 2 และความเร็วของการพิมพ์ที่ระดับ 4 อย่างสม่ำเสมอ

หลังการพิมพ์ผ้า ผ้าถูกอบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งตามภาวะที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

3.3.4.2 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ในงานวิจัยนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การพิมพ์โดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์ และการพิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ซึ่งแบ่งย่อยเป็นการเคลือบสารละลายเซริซินบนผ้าก่อนพิมพ์ และการใช้สารละลายเซริซินแทนยูเรียในสูตรส่วนผสมของสารข้น

1) การใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์ใช้สูตรส่วนผสมของสารข้นเหมือนสูตรที่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ (ตารางที่ 3.3) แต่ให้ใช้เซริซินผงปริมาณต่างๆ (ตั้งแต่ 1-10 กรัม) แทนการใช้ยูเรีย และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้เซริซินผง
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	-
เซริซินผง	-	B
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า B คือ ปริมาณของเซริซินผงที่ใช้

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้ง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

2) การเคลือบสารละลายเซริซินบนผ้าฝ้ายก่อนการพิมพ์

ก่อนการพิมพ์ผ้า เตรียมสารละลายเซริซินโดยละลายเซริซินผงในน้ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส จากนั้นจุ่มผ้าลงในสารละลายแล้วผ่านผ้าไประหว่างลูกกลิ้งอัดของเครื่องจุ่มอัด (รูปที่ 3.5) ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้สามารถอัดรีดผ้าให้ผ้ามีสารละลายอยู่ร้อยละ 90-100 ของน้ำหนักผ้า (% wet pick up) จากนั้นตากผ้าให้แห้งก่อนนำไปพิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ที่ส่วนผสมของสารข้นมีและไม่มียูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ดังตารางที่ 3.3

รูปที่ 3.5 เครื่องจุ่มอัด

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นตามสูตรในตารางที่ 3.3 เสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้ง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

3) การใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

ก่อนการพิมพ์ผ้า เตรียมสารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 20 เพื่อใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียในสูตรส่วนผสมของสารข้น โดยใช้สารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาณต่างๆ (ตั้งแต่ 1-20 กรัม) และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.5

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นตามสูตรในตารางที่ 3.3 เสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้ง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

ตารางที่ 3.5 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้สารละลายเซริซิน
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	-
สารละลายเซริซินร้อยละ 20	-	D
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า D คือ ปริมาณของสารละลายเซริซินที่ใช้

3.3.4.3 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในงานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การพิมพ์โดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และการพิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

1) การใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในสูตรส่วนผสมของสารข้นจะใช้เซริซินผงและยูเรียปริมาณต่างๆ (เซริซินผง 2 กรัม ต่อยูเรีย 5-15 กรัม) และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้เซริซินผงและยูเรีย
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	C
เซริซินผง	-	B
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า B คือ ปริมาณของเซริซินผงที่ใช้

ค่า C คือ ปริมาณของยูเรียที่ใช้

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้ง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

2) การใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ก่อนการพิมพ์ผ้า เตรียมสารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 20 เพื่อใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ร่วมกับยูเรียในสูตรส่วนผสมของสารข้นโดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียปริมาณต่างๆ (สารละลายเซริซิน 5 กรัม ต่อยูเรีย 5-15 กรัม) และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้สารละลายเซริซินและยูเรีย
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	C
สารละลายเซริซินร้อยละ 20	-	D
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า C คือ ปริมาณของยูเรียที่ใช้

ค่า D คือ ปริมาณของสารละลายเซริซินที่ใช้

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้ง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

3.3.4.4 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกเป็นสารช่วยพิมพ์ ในงานวิจัยนี้จะนำผลพลอยได้มาบดเพื่อลดขนาดโดยการบดด้วยครก แล้วนำมาร่อนผ่านผ้าสกรีนเบอร์ 60T เพื่อให้ผงผลพลอยได้มีขนาดเล็กและไม่เกิดการอุดตันบนบล็อกสกรีนที่ใช้ในการพิมพ์ผ้า (ซึ่งใช้ผ้าสกรีนเบอร์ 60T) จากนั้นจึงนำมาใช้ในการทดลองโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ และการพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอย

ได้เป็นสารช่วยพิมพ์ซึ่งแบ่งย่อยเป็นการเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้ และการใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

1) การใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์จะใช้ผงผลพลอยได้ปริมาณต่างๆ (ผงผลพลอยได้ตั้งแต่ 2-10 กรัม) และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้ผงผลพลอยได้
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	-
ผงผลพลอยได้	-	E
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า E คือ ปริมาณของผงผลพลอยได้ที่ใช้

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้งก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

2) การเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้

การเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้จะเตรียมที่สัดส่วนของผงผลพลอยได้ต่อน้ำกลั่นโดยน้ำหนักดังนี้ คือ ที่สัดส่วน 1:12, 1:6, 1:4, 1:3, 1:2 , 1:1.5 และ 1:1.2 (แช่ผงผลพลอยได้ในน้ำ 17 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องแล้วกรองน้ำส่วนที่ใสมาใช้) แล้วนำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ในสูตรส่วนผสมของสารข้น ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้ที่สัดส่วนผงต่อน้ำต่างๆ เป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้น้ำสกัดผง
น้ำ	69.93	69.93
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	-
น้ำสกัดผงผลพลอยได้	-	15.00
รวม	100.00	100.00

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้งก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์ สูตรสารข้นที่ใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้ที่สัดส่วนผงต่อน้ำที่เหมาะสมจะถูกเลือกมาใช้ในการพิมพ์ต่อไปในข้อ 3 การใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) การใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ในสูตรส่วนผสมของสารข้นจะใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้ปริมาณต่างๆ (น้ำสกัดผงตั้งแต่ 15-25 กรัม) และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้น้ำสกัดผง
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	-
น้ำสกัดผงผลพลอยได้	-	F
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า F คือ ปริมาณของน้ำสกัดผงที่ใช้

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้งก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

3.3.4.5 การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในงานวิจัยนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และการพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

1) การใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในสูตรส่วนผสมของสารข้นจะใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียปริมาณต่างๆ (ผงผลพลอยได้ต่อยูเรียโดยน้ำหนักระหว่าง 5:1-5:15 กรัม) และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้ผงผลพลอยได้และยูเรีย
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	C
ผงผลพลอยได้	-	E
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า C คือ ปริมาณของยูเรียที่ใช้

ค่า E คือ ปริมาณของผงผลพลอยได้ที่ใช้

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้งก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

2) การใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในสูตรส่วนผสมของสารข้นจะใช้น้ำสกัดผงและยูเรียปริมาณต่างๆ (น้ำสกัดผงต่อยูเรียโดยน้ำหนักระหว่าง 20:1-20:15 กรัม) และปรับปริมาตรน้ำที่ใช้ให้เตรียมส่วนผสมของสารข้นได้ 100 ส่วนเต็ม ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 สูตรส่วนผสมของสารข้นสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ เปรียบเทียบกับการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ส่วนผสมของสารข้น	ร้อยละของส่วนผสม	
	สูตรใช้ยูเรีย	สูตรใช้น้ำสกัดผงและยูเรีย
น้ำ	69.93	A
สารต้านแบคทีเรีย	0.07	0.07
โซเดียมไบคาร์บอเนต	3.50	3.50
โซเดียมแอลจิเนต	3.50	3.50
สารช่วยเปียก	2.00	2.00
สารออกซิไดซ์	5.00	5.00
โซเดียมเฮกซะเมทาฟอสเฟต	1.00	1.00
ยูเรีย	15.00	C
น้ำสกัดผง	-	F
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ

ค่า A คือ ปริมาณของน้ำที่ใช้

ค่า C คือ ปริมาณของยูเรียที่ใช้

ค่า F คือ ปริมาณของน้ำสกัดผงที่ใช้

เมื่อเตรียมส่วนผสมของสารข้นเสร็จแล้วนำมาผสมกับสีรีแอกทีฟและน้ำตามสัดส่วนเดียวกับที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4.1 ได้เป็นแป้งพิมพ์ 100 ส่วนเต็ม จากนั้นพิมพ์แป้งพิมพ์บนผ้าด้วยแรงกดและความเร็วของการพิมพ์ที่สม่ำเสมอ หลังการพิมพ์ผ้า อบแห้ง อบผนึกสีด้วยไอน้ำ ซักล้างและอบแห้งผ้าอีกครั้งก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามวิธีในหัวข้อ 3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์ต่อไป การพิมพ์ผ้าจะกระทำซ้ำ 2-4 ครั้ง สำหรับแต่ละสูตรการพิมพ์

3.4 การทดสอบผ้าพิมพ์

การทดสอบผ้าพิมพ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การวัดค่าความเข้มสี (color strength, K/S) ค่าความแตกต่างของสี (color difference, ΔE) ค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่า a* และ b* (โทนสีแดง เขียว เหลือง หรือน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถู การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง และการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า

3.4.1 การวัดค่าความเข้มสี (color strength, K/S)

การทดสอบนี้เพื่อวัดค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรต่างๆ เปรียบเทียบกับสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ยูเรีย 15 กรัม โดยใช้เครื่องวัดสี Macbeth (รูปที่ 3.6) แต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างกัน ซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยเครื่องวัดสี ในการหาค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ (วัดสีที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร สำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร สำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR) ความเข้มสีของผ้าพิมพ์จะแสดงเป็นค่า K/S คือค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าการสะท้อนแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น ซึ่งกราฟจะแปรผกผันกับค่าการสะท้อนแสง ถ้าค่า K/S สูงแสดงว่าผ้าพิมพ์มีสีเข้ม ค่า K/S ต่ำแสดงว่าผ้าพิมพ์มีสีอ่อน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 3.2

$$K/S = (1-R^2)/2R \qquad (3.2)$$

เมื่อ K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (Kublka Munk Coefficient of Absorption)
S คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง (Kublka Munk Coefficient of Scattering)
R คือ ค่าการสะท้อนแสงของผ้าตัวอย่าง (Reflectance factor)

รูปที่ 3.6 เครื่องวัดสี Macbeth

3.4.2 การวัดค่าความแตกต่างของสี (color difference, ΔE)

การทดสอบนี้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสี (ΔE) ผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรต่างๆ เปรียบเทียบกับสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ยูเรีย 15 กรัม ผ้าพิมพ์ถูกนำมาวัดค่าความแตกต่างของสีโดยใช้เครื่องวัดสี Macbeth แต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างกัน ซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยเครื่องวัดสี (วัดสีที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร สำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร สำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR) ถ้าค่าความแตกต่างของสีนี้มีค่าตั้งแต่ 1 ขึ้นไปถือว่าผ้าเหล่านี้มีสีแตกต่างกันในระดับที่ตามองเห็นได้ชัดเจน การกำหนดความแตกต่างของสีจะใช้ ΔE แสดงดังสมการ 3.3

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_1-L^*_2)^2+(a^*_1-a^*_2)^2+(b^*_1-b^*_2)^2} \qquad (3.3)$$

3.4.3 การวัดค่าความสว่าง (lightness, L*) ของสี

การทดสอบนี้เพื่อเปรียบเทียบความสว่าง (L*) ของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรต่างๆ เปรียบเทียบกับสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ยูเรีย 15 กรัม โดยใช้เครื่องวัดสี Macbeth ในการหาค่าความสว่างของผ้าพิมพ์แต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างกัน ซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยเครื่องวัดสี (วัดสีที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร สำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร สำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR) ถ้าค่า L* มากกว่าผ้ามาตรฐานแสดงว่าผ้ามีสีสว่างกว่าผ้ามาตรฐาน การคำนวณค่าความสว่างของผ้าพิมพ์แสดงดังสมการ 3.4

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \qquad (3.4)$$

เมื่อ Y คือ ค่า CIE ไตรสติมูลัส (CIE Tristimulus Value) โดย Y จะบอกความเป็นสีเขียวของวัตถุ

Y_n คือ ค่าไตรสติมูลัส (Tristimulus Value) ของค่าของสีขาวอ้างอิง (Reference white) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงหนึ่ง เช่น D65 (Y_n = 100 เสมอ ส่วน Y/Y_n จะมีค่ามากกว่า 0.01)

3.4.4 การวัดค่า a* และ b* ของสี

การทดสอบนี้เพื่อเปรียบเทียบค่า a* และ b* ผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรต่างๆ เปรียบเทียบกับสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ยูเรีย 15 กรัม โดยใช้เครื่องวัดสี Macbeth ในการหาค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์แต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยเครื่องวัดสี (วัดสีที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร สำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตรสำหรับสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR) โดยค่า a* เป็นบวกออกโทนสีแดง a* เป็นลบออกโทนสีเขียว b* เป็นบวกออกโทนสีเหลือง b* เป็นลบออกโทนสีน้ำเงิน, a* และ b* มีค่าบวกมากหรือลบมากแสดงว่าสีออกโทนนั้นมาก การคำนวณค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์แสดงดังสมการ 3.5 และ 3.6

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \quad (3.5)$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \quad (3.6)$$

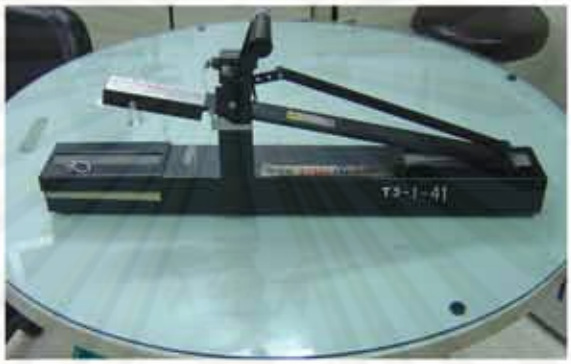
เมื่อ ค่า X ,Y และ Z คือ ค่า CIE ไตรสติมูลัส โดย X จะบอกความเป็นสีแดงของวัตถุ Y จะบอกความเป็นสีเขียวของวัตถุ และ Z จะบอกความเป็นสีน้ำเงินของวัตถุ

ค่า X_n, Y_n, Z_n คือ ค่าไตรสติมูลัสของค่าของสีขาวอ้างอิง (Reference white) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง (Illuminant) หนึ่ง เช่น D65 (Y_n = 100 เสมอ ส่วน X/X_n , Y/Y_n และ Z/Z_n จะมีค่ามากกว่า 0.01)

3.4.5 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูเปียกและขัดถูแห้ง

การทดสอบนี้เพื่อหาปริมาณของสีที่เคลื่อนตัวจากผิวหน้าของผ้าพิมพ์ที่มีสีไปยังผิวหน้าของวัสดุสิ่งทออื่น ๆ (ผ้าฝ้ายฟอกขาว) ทั้งภาวะแห้งและภาวะเปียกด้วยน้ำโดยวิธีการขัดถู วิธีการทดสอบนี้นำมาใช้ทดสอบกับผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรต่างๆ เทียบกับผ้าที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้ยูเรีย 15 กรัม โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 8-2005 ด้วยเครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (รูปที่ 3.7) ทดสอบโดยการตัดผ้าพิมพ์ที่ต้องการทดสอบขนาด 5x13 เซนติเมตร

และผ้าฝ้ายฟอกขาว (crocking cloth) ขนาด 5×5 เซนติเมตร นำผ้าฝ้ายฟอกขาวแห้งหรือเปียกน้ำหุ้มปุ่มขัดถูบนเครื่อง แล้วเคลื่อนปุ่มขัดถูไปบนผ้ากระทำการขัดถูผ้าสีแต่ละตัวอย่างทั้งหมด 10 ครั้ง ภายใน 10 วินาที แล้วจึงนำผ้าฝ้ายฟอกขาวที่ขัดถูไปประเมินค่าการเปื้อนติดสีเทียบกับผ้าฝ้ายฟอกขาวที่ไม่ได้ขัดถูว่าอยู่ระดับใดของ AATCC Gray Scale for Color Staining โดยเกรดของการเปื้อนติดสีบนผ้าฝ้ายฟอกขาวทั้งภาวะแห้งและภาวะเปียกมีคำอธิบายดังนี้



รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (AATCC Crock meter)

ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกลตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 1 "Gray Scale for Color Staining" แบ่งระดับออกเป็นดังนี้

ระดับ 5	ไม่มีการเปื้อนติดสี
ระดับ 4-5	มีการเปื้อนติดสีเล็กน้อย
ระดับ 4	มีการเปื้อนติดสีน้อย
ระดับ 3-4	มีการเปื้อนติดสีน้อยถึงปานกลาง
ระดับ 3	มีการเปื้อนติดสีปานกลาง
ระดับ 2-3	มีการเปื้อนติดสีปานกลางถึงมาก
ระดับ 2	มีการเปื้อนติดสีมาก
ระดับ 1-2	มีการเปื้อนติดสีมากถึงมากที่สุด
ระดับ 1	มีการเปื้อนติดสีมากที่สุด

3.4.6 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง

การทดสอบนี้เพื่อประเมินค่าความคงทนของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรต่างๆ ที่ผ่านการซักซ้ำหลายๆ ครั้ง การทดสอบนี้สามารถใช้ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พื้นผิว เช่น สีที่เปลี่ยนแปลงไป หรือการตกสีอันเนื่องมาจากผงซักฟอกและแรงขัดถู โดยเทียบกับผ้าที่พิมพ์ด้วย

แป้งพิมพ์สูตรที่ใช้ยูเรีย 15 กรัม และใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 61-2003 Color fastness to laundering, home and commercial: accelerated ด้วยเครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (Gyrowash washing) (รูปที่ 3.8)

วิธีการทดสอบกระทำโดยประกบด้านหน้าผ้าที่จะทดสอบด้วยผ้ามัลติไฟเบอร์และนำมาซักในน้ำสบู่มาตรฐานความเข้มข้นร้อยละ 0.37 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลูกเหล็กกลม 10 ลูก อุณหภูมิที่ใช้ในการซัก 40 ± 2 องศาเซลเซียส เวลาในการซัก 45 นาที เมื่อซักเสร็จนำชิ้นทดสอบมาล้างในน้ำกลั่นหรือน้ำกรองที่อุณหภูมิ 40 ± 2 องศาเซลเซียส 3 ครั้ง แล้วจึงผึ่งหรืออบชิ้นทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 71 องศาเซลเซียส ซึ่งการทดสอบจะกระทำ 1 ชิ้นทดสอบต่อตัวอย่างผ้าพิมพ์ 1 ผืน และทดสอบเพียงครั้งเดียว และวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและการเปื้อนติดสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์หลังการทดสอบด้วยเครื่องวัดสี Macbeth และนำค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องดังกล่าวมาเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า ตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 1 "Gray Scale for Color Change" โดยการกำหนดไว้ตามตารางที่ 3.13 ซึ่งเป็นมาตรฐานในการแบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงของสีและการเปื้อนติดสีเพื่อบอกระดับความคงทนของสีต่อการซัก

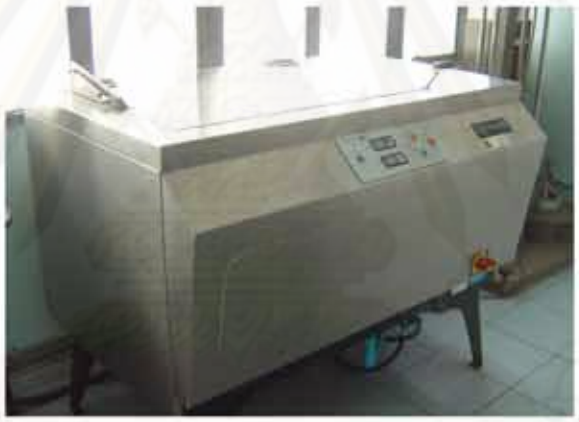
ตารางที่ 3.13 ค่าความแตกต่างของสีผ้าที่วัดได้ด้วยเครื่องวัดสี Macbeth COLOR® –EYE 7000 เทียบกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกล

ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกล	ค่าความแตกต่างของสีผ้าระบบ (CIELAB) ที่วัดด้วยเครื่องวัดสี	ค่าความคาดเคลื่อนสำหรับมาตรฐาน (CIELAB Units)
5	0.0	+0.2
4-5	0.8	±0.2
4	1.7	±0.3
3-4	2.5	±0.3
3	3.4	±0.4
2-3	4.8	±0.5
2	6.8	±0.6
1-2	9.6	±0.7
1	13.6	±1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกลตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 1 "Gray Scale for Color Change" แบ่งระดับออกเป็นดังนี้

ระดับ 5	เฉดสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ระดับ 4-5	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
ระดับ 4	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อย
ระดับ 3-4	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยถึงปานกลาง
ระดับ 3	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง
ระดับ 2-3	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงปานกลางถึงมาก
ระดับ 2	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงมาก
ระดับ 1-2	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงมากถึงมากที่สุด
ระดับ 1	เฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด



รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

3.4.7 การทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า

การทดสอบนี้เพื่อเปรียบเทียบความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรต่างๆ เทียบกับผ้าก่อนพิมพ์ และผ้าที่พิมพ์ด้วยแป้งพิมพ์สูตรที่ใช้ยูเรีย 15 กรัม ผ้าก่อนพิมพ์และผ้าพิมพ์แต่ละสูตรถูกนำมาวัดหาค่าความแข็งกระด้างตามมาตรฐาน ASTM D 1388-96, "Stiffness of fabric" โดยใช้เครื่อง Shirley Stiffness Tester (รูปที่ 3.9)

วิธีการหาความแข็งกระด้างของผ้ากระทำโดยการตัดผ้าเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้างและความยาวเท่ากับไม้บรรทัดของเครื่องทดสอบ โดยตัดทั้งแนวขวางของผ้า (courses) และแนวยาวของผ้า (wales) ของผ้าถัก จากนั้นจึงวางผ้าที่ขอบเครื่องแล้ววางไม้ทับบนผ้าให้เลขศูนย์ตรงกับที่

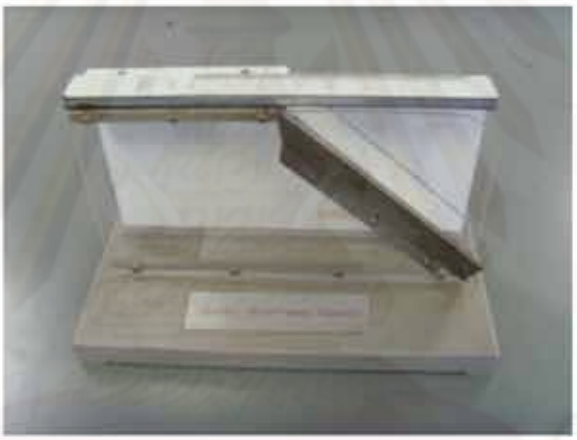
ขอบเครื่อง แล้วจึงเลื่อนไม้บรรทัดให้ปลายโค้งของผ้าตกลงมาที่เส้น 41.5° โดยมองภาพในกระจก อ่านค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอลงมา (bending length) แล้วทำซ้ำโดยกลับผ้าครบ 4 ด้านในแต่ละชิ้นทดสอบ การทดสอบจะทำซ้ำ 2 ครั้ง ในแนวขวางของผ้าและในแนวยาวของผ้าอย่างละชิ้น นำค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอที่ได้ในแต่ละชิ้นมาหาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาค่าความแข็งกระด้างของผ้าตามสมการ 3.4

$$G = W.c^3 \qquad (3.7)$$

เมื่อ G คือ ความแข็งกระด้างของผ้า มิลลิกรัม.เซนติเมตร

W คือ น้ำหนักผ้าต่อหน่วยพื้นที่ของผ้า มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

c คือ ค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอ (bending length) เซนติเมตร



รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

กาวไหมเซริซิน ยูเรียและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกที่ใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ได้รับการทดสอบสมบัติต่างๆ ดังนี้ ทดสอบกาวไหมเซริซินและยูเรียด้านความเป็นกรด-ด่าง การละลายน้ำและความชื้น และทดสอบน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน ส่วนผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกได้รับการทดสอบสมบัติด้านการละลายน้ำและองค์ประกอบต่างๆ หลังการพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้สูตรแป้งพิมพ์ต่างๆ เช่น สูตรแป้งพิมพ์ที่ผสมยูเรีย ไม่ผสมยูเรีย ผสมกาวไหมเซริซินผง และผสมสารละลายกาวไหมเซริซิน สูตรแป้งพิมพ์ที่ผสมยูเรียกับกาวไหมเซริซินผง สูตรแป้งพิมพ์ที่ผสมยูเรียกับสารละลายกาวไหมเซริซิน สูตรแป้งพิมพ์ที่ผสมผงผลพลอยได้ สูตรแป้งพิมพ์ที่ผสมยูเรียกับผงผลพลอยได้ สูตรแป้งพิมพ์ที่ผสมน้ำสกัดผง และสูตรแป้งพิมพ์ที่ผสมยูเรียกับน้ำสกัดผง ผ้าพิมพ์ถูกทดสอบหาค่าความเข้มสี (K/S) ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ค่าความสว่าง (L*) ค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์ การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง และทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า นอกจากนี้ผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ ถูกทดสอบหาปริมาณโลหะต่างๆ บนผ้าด้วย ซึ่งผลการทดสอบมีดังนี้

4.1 ผลการทดสอบสมบัติของกาวไหมเซริซิน

4.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของกาวไหมเซริซิน

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อนำกาวไหมเซริซินมาละลายน้ำ สารละลายความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมได้จะมีค่าพีเอชระหว่าง 8-9 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่เหมาะสมในการพิมพ์สีรีแอกทีฟ ดังนั้นการศึกษาสมบัติด้านการละลายน้ำของกาวไหมเซริซิน และการเตรียมสารละลายกาวไหมเซริซินเพื่อใช้ในการพิมพ์จึงกระทำที่พีเอช 8-9

4.1.2 การละลายน้ำของกาวไหมเซริซิน

จากการทดลองในเบื้องต้น ได้ทดสอบความสามารถในการละลายน้ำของกาวไหมเซริซินณ อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างอุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส) จนถึง 100 องศาเซลเซียส โดยละลายกาวไหมเซริซิน 2 กรัม ในน้ำกลั่น 50 กรัม ใช้เวลา 1 ชั่วโมง แสดงผลการละลายน้ำดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการละลายน้ำของกาวไหมเซริซินที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการละลายน้ำ
95-100	- ละลายน้ำได้หมดในเวลา 1 ชั่วโมง
85	- ละลายน้ำได้บางส่วนในเวลา 1 ชั่วโมง และเมื่อเพิ่มเวลาไปอีก 30 นาที ที่อุณหภูมิเดิม จะละลายหมดโดยไม่ตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
75	- ละลายน้ำได้เล็กน้อย และไม่ละลายเพิ่มขึ้นอีกเมื่อเพิ่มเวลา
65	- ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยมาก
31 (อุณหภูมิห้อง)	- ไม่ละลายน้ำ

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการละลายผงเซริซินในน้ำ (เพื่อเตรียมสารละลายกาวไหมเซริซิน)ที่อุณหภูมิระหว่าง 95-100 องศาเซลเซียส และใช้เวลาละลายประมาณ 1 ชั่วโมง ให้ผลการละลายดีที่สุด

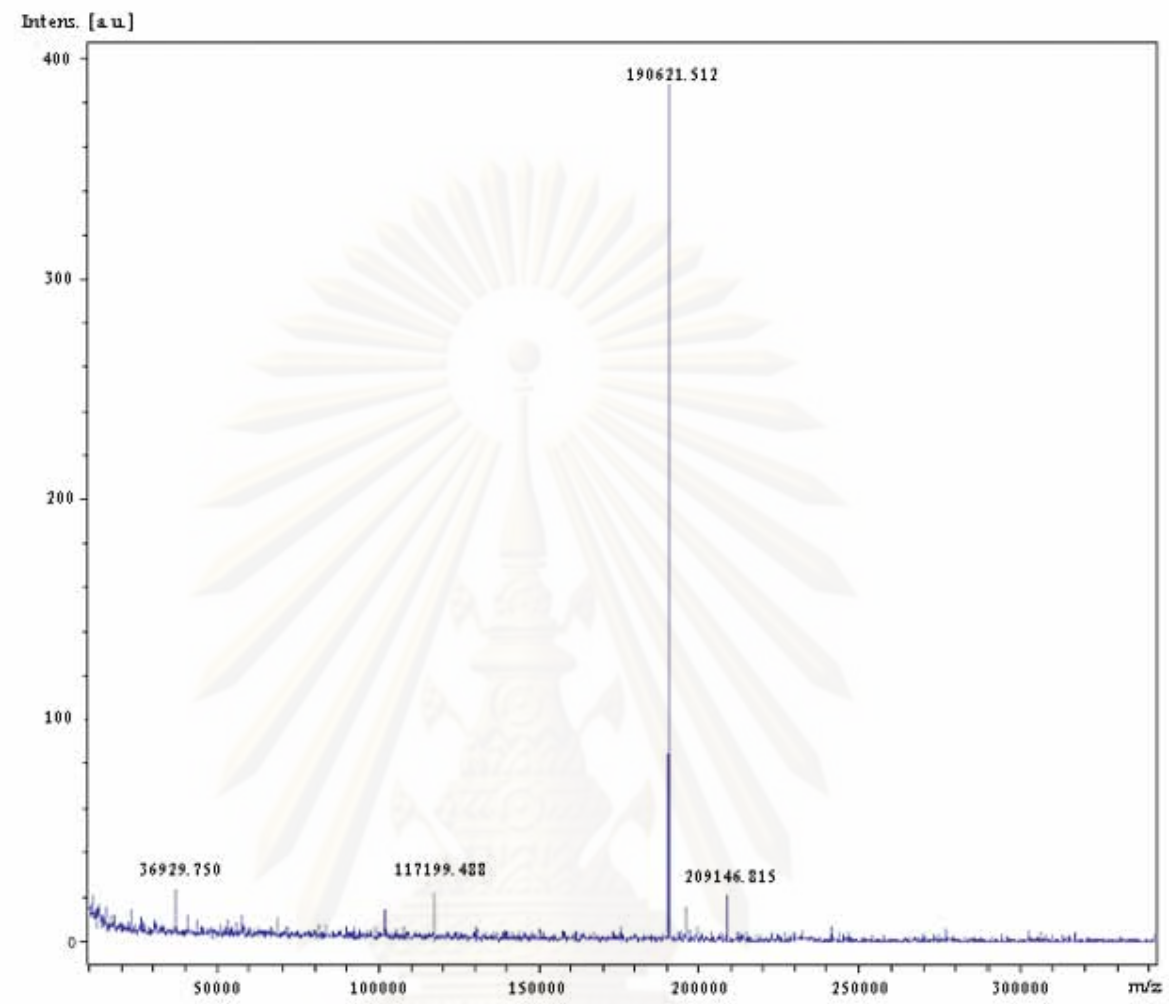
นอกจากนี้เมื่อทดสอบหาจุดอิ่มตัวในการละลายน้ำของกาวไหมเซริซินที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง พบว่ากาวไหมเซริซินละลายน้ำได้มากที่สุดหรือสามารถเตรียมสารละลายกาวไหมเซริซินความเข้มข้นสูงสุดที่ร้อยละ 28

4.1.3 ความชื้นในกาวไหมเซริซิน

จากการทดลองหาปริมาณความชื้นในกาวไหมเซริซิน โดยการชั่งน้ำหนักแห้งของกาวไหมเซริซินที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักอีกครั้งที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65.5 อุณหภูมิ 25.5 องศาเซลเซียส ในเครื่องชั่งและอบด้วยอินฟราเรด พบว่ากาวไหมเซริซินมีความชื้นร้อยละ 12.75 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65.5 อุณหภูมิ 25.5 องศาเซลเซียส

4.1.4 การทดสอบหาน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน

จากการทดลองหาน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน โดยวิธี MALDI - TOF Mass Spectrometry แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 PSD Spectrum แสดงน้ำหนักโมเลกุลของกาวไหมเซริซิน

จากผลการวิจัยโดยทั่วไปพบว่ากาวไหมเซริซินที่ได้จากกระบวนการลอกกาวเส้นใยไหมมีน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึงมากกว่า 300 กิโลดาลตัน จากผลการทดลองหาน้ำหนักโมเลกุลกาวไหมเซริซินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่ากาวไหมเซริซินมีน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 37 ถึง 209 กิโลดาลตัน โดยกาวไหมเซริซินที่มีน้ำหนักโมเลกุล 190.62 กิโลดาลตัน มีปริมาณมากที่สุด

4.2 ผลการทดสอบสมบัติของยูเรีย

4.2.1 การละลายน้ำของยูเรีย

จากการทดลองนำยูเรียมาละลายน้ำด้วยวิธีเดียวกับการทดสอบการละลายน้ำของกาวไหมเซริซิน พบว่ายูเรียสามารถละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) โดยไม่จำเป็นต้องให้ความร้อน และเมื่อทดสอบหาจุดอิ่มตัวในการละลายน้ำของยูเรีย พบว่ายูเรียละลายน้ำได้มากที่สุดหรือสามารถเตรียมสารละลายยูเรียความเข้มข้นสูงสุดที่ร้อยละ 55.55 ที่อุณหภูมิห้อง

4.2.2 ความชื้นในยูเรีย

จากการทดลองหาปริมาณความชื้นในยูเรีย โดยการชั่งน้ำหนักแห้งของยูเรียที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักอีกครั้งที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 64.5 อุณหภูมิ 25.5 องศาเซลเซียส ในเครื่องชั่งและอบด้วยอินฟราเรด พบว่ายูเรียมีความชื้นร้อยละ 0.5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 64.5 อุณหภูมิ 25.5 องศาเซลเซียส

4.3 ผลการทดสอบสมบัติของผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก

4.3.1 การละลายน้ำของผลพลอยได้

จากการทดลองนำผลพลอยได้มาละลายน้ำ พบว่าผลพลอยได้สามารถละลายน้ำได้เพียงบางส่วน คือ ประมาณร้อยละ 7 ของผลพลอยได้ เมื่อแช่ผลพลอยได้ในน้ำเป็นเวลา 17 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส)

4.3.2 องค์ประกอบต่างๆ ของผลพลอยได้

ผลการทดสอบหาองค์ประกอบต่างๆ ของผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052 โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP) แสดงผลดังตารางที่ 4.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หาโลหะต่างๆ ในผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)

โลหะ	ผงผลพลอยได้		น้ำสกัดผง	
	มก./กก.	ร้อยละ	มก./ลิตร	ร้อยละ
สารหนู	10.25	0.0010	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
โบรอน	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
แคดเมียม	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
แคลเซียม	312,266.79	31.2267	23.67	2.3670×10^{-3}
โครเมียม	53.15	0.0053	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
ทองแดง	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
เหล็ก	1,806.73	0.1807	0.11	0.0110×10^{-3}
ตะกั่ว	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
แมกนีเซียม	28,023.83	2.8024	3.13	0.3130×10^{-3}
ปรอท	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
โมลิบดีนัม	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]
โซเดียม	132.77	0.0133	0.42	0.0420×10^{-3}
สังกะสี	28.53	0.0028	ตรวจไม่พบ[2]	ตรวจไม่พบ[2]

หมายเหตุ

1 หมายถึง ตรวจไม่พบเมื่อมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 0.0005 (5.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

2 หมายถึง ตรวจไม่พบเมื่อมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 0.01×10^{-3} (0.1 มิลลิกรัม/ลิตร)

จากตารางที่ 4.2 ผงผลพลอยได้ประกอบด้วยโลหะที่สามารถตรวจพบและมีปริมาณมากสุด คือ แคลเซียมร้อยละ 31.2267 รองลงมาคือ แมกนีเซียมร้อยละ 2.8024, เหล็กร้อยละ 0.1807, โซเดียมร้อยละ 0.0133, โครเมียมร้อยละ 0.0053 สังกะสีร้อยละ 0.0028 และสารหนูร้อยละ 0.0010 ซึ่งโลหะเหล่านี้น่าจะช่วยผนึกสีให้ติดผ้าได้มากขึ้น เนื่องจากโลหะมีประจุบวกเมื่ออยู่ในแป้งพิมพ์ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ และน่าจะสามารถผนึกสีรีแอคทีฟที่มีประจุลบให้ติดบนผ้า (มีประจุลบในภาวะการพิมพ์ที่เป็นด่าง) ได้มากขึ้นหรือประจุบวกของโลหะในผงผลพลอยได้จะช่วยดึงโมเลกุลของสีที่มีประจุลบเข้าใกล้ผ้าที่มีประจุลบได้มากขึ้น หลังจากนั้นสีจะเกิดพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยบนผ้าในภาวะด่างและได้ผ้าพิมพ์ที่มีสีเข้ม

ส่วนน้ำสกัดผงผลพลอยได้ประกอบด้วยโลหะที่สามารถตรวจพบและมีปริมาณมากสุดคือ แคลเซียมร้อยละ 2.367×10^{-3} รองลงมาคือ แมกนีเซียมร้อยละ 0.3130×10^{-3}, โซเดียมร้อยละ

0.0420 x10^{-3} และเหล็กร้อยละ 0.0110 x 10^{-3} ซึ่งคาดว่าโลหะเหล่านี้จะสามารถทำหน้าที่เช่นเดียวกับโลหะในผงผลพลอยได้ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น

4.4 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และ Procion Black PX-GR โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในงานวิจัยนี้ใช้สูตรการเตรียมสารข้นของบริษัท ชาร์เตอร์ พริ้นท์ จำกัด กระทำการพิมพ์เปรียบเทียบกับการพิมพ์โดยไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ผลการวัดสีผ้าพิมพ์แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้และไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	9.23, 8.00, 8.17	0	39.16, 40.72, 40.53	4.69, 3.49, 4.22	-42.25, -40.95,-41.80
ไม่มียูเรีย	7.75, 5.97, 5.41	2.95, 4.90, 6.63	41.38, 44.37, 45.38	3.23, 1.27, 1.44	-40.99, -38.54,-38.24

หมายเหตุ

การพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์จะใช้ยูเรียปริมาณ 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น100 กรัม เสมอ

ค่า K/S คือ ความเข้มของสีผ้า หรือ Color strength ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าผ้าสีเข้ม ค่าต่ำแสดงว่าผ้าสีอ่อน

ค่าΔE คือ ความแตกต่างของสี หรือ Color difference ถ้ามีค่ามากแสดงว่าสีแตกต่างจากผ้ามาตรฐานมาก ค่าน้อยแสดงว่าสีแตกต่างจากผ้ามาตรฐานน้อย ค่า ΔE ที่มากกว่า 1 จะสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า

ค่า L* คือ ค่าความสว่างของสีหรือ lightness ถ้ามีค่ามากกว่าผ้ามาตรฐานแสดงว่าผ้ามีสีสว่างกว่าผ้ามาตรฐาน

ค่า a* คือ a* เป็นบวกเฉดสีออกโทนแดง ค่า a* เป็นลบเฉดสีออกโทนเขียว

ค่า b* คือ b* เป็นบวกเฉดสีออกโทนเหลือง ค่า b* เป็นลบเฉดสีออกโทนน้ำเงิน

จากตารางที่ 4.3 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ที่มียูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีความเข้มสี (K/S) สูงกว่าหรือเข้มกว่าผ้าที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ที่ไม่มียูเรีย แสดงว่าผ้าที่พิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ที่มียูเรียสามารถดูดซึมสีพิมพ์มากกว่าสูตรแป้งพิมพ์ที่ไม่มียูเรีย ยูเรียในสูตรแป้งพิมพ์จึงน่าจะช่วยเพิ่มความชื้นให้แก่ผ้าและช่วยให้สีแพร่กระจายเข้าไปติดผ้าได้มากขึ้น

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยไม่มียูเรียมีสีแตกต่างจากผ้าที่พิมพ์โดยมียูเรียอย่างเห็นได้ชัดด้วยตาเปล่า

ค่าความสว่าง (L*) ของผ้าที่พิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยไม่มียูเรียมีค่าความสว่างมากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าผ้าที่พิมพ์โดยมียูเรีย

ค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์ทั้งสองผืนมีเฉดสีออกโทนน้ำเงิน โดยที่ผ้าที่พิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์ที่มียูเรียมีเฉดสีน้ำเงินเข้มมากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์ที่ไม่มียูเรีย

ดังนั้นการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R จำเป็นต้องใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เพื่อให้สามารถพิมพ์ผ้าได้เฉดสีเข้มตามความต้องการ ส่วนผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้และไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้และไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	20.02, 23.05	0	20.39, 19.02	-1.48, -1.62	-4.49, -4.63
ไม่มียูเรีย	14.89, 13.18	3.70, 6.58	24.06, 25.57	-1.88, -2.21	-4.68, -4.42

จากตารางที่ 4.4 พบว่าการพิมพ์ผ้าด้วยสี Procion Black PX-GR มีแนวโน้มเหมือนกับสี Procion Blue PX-3R คือ ผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ให้สีดำเข้มมากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยไม่ใช้ยูเรีย ซึ่งเมื่อพิมพ์โดยไม่ใช้ยูเรียจะให้ผ้าสีดำออกโทนเขียวขึ้นเล็กน้อย (ค่า a* เป็นลบมากขึ้น)

ดังนั้นการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR จำเป็นต้องใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เพื่อให้สามารถพิมพ์ผ้าได้เฉดสีเข้มตามความต้องการ และไม่เกิดปัญหาสีเพี้ยน

4.5 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

การทดลองพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และ Procion Black PX-GR โดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ ประกอบด้วยการทดลอง 2 ส่วนคือ การพิมพ์โดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์ และการพิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ซึ่งแบ่งย่อยเป็นการเคลือบสารละลายเซริซินบนผ้าก่อนพิมพ์และการใช้สารละลายเซริซินแทนยูเรียในสูตรสารข้น ผลการวัดสีผ้าพิมพ์มีแสดงดังตารางที่ 4.5- 4.10

4.5.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์ ในเบื้องต้นได้ทดลองพิมพ์โดยใช้เซริซินผง 5 และ10 กรัมต่อส่วนผสมสารข้น 100 กรัม แทนการใช้ยูเรีย ผลการวัดสีผ้าพิมพ์มีแสดงดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้เซริซินผง 5 และ10 กรัมต่อส่วนผสมสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	8.87, 7.07	0	40.21, 42.63	3.70, 2.64	-42.22, -40.68
เซริซินผง 5 กรัม	3.42, 3.34	14.27, 11.59	52.51, 52.80	-1.12, -1.18	-36.82, -36.64
เซริซินผง 10 กรัม	1.48	26.89	63.22	-3.52	-30.32

จากตารางที่ 4.5 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์พบว่า ผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีค่าความเข้มสี (K/S) สูงกว่าหรือมีสีเข้มมากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงทั้ง 5 และ 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม โดยเฉพาะเมื่อใช้เซริซินผงปริมาณมากขึ้นก็จะพิมพ์ได้เฉดสีอ่อนลงยิ่งขึ้น

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงมีค่าความแตกต่างของสีอย่างมากจากผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่าความสว่างของสี (L*) พบว่าค่าความสว่างของสีของผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงมีค่าความสว่างของสีมากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าเป็นอย่างมากจากผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และ b* ของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียพบว่ามีสีออกโทนน้ำเงินเข้มมากกว่า (b* มีค่าลบมากกว่า)ในขณะที่ผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงมีสีออกโทนน้ำเงินแกมเขียว (a* มีค่าลบ)

ดังนั้นการพิมพ์ผ้าโดยใช้เซริซินผง 5 และ 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม แทนยูเรียนั้น ยังไม่สามารถทำให้พิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรีย อีกทั้งยังได้เฉดสีเพี้ยนจากที่ต้องการ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเซริซินเป็นสารโปรตีนโมเลกุลใหญ่ ผลการทดสอบหาน้ำหนักโมเลกุลของเซริซิน พบว่ามีน้ำหนักโมเลกุล 190 .62 กิโลดาลตัน ดูหัวข้อ 4.14 เมื่อถูกพิมพ์ลงบนผ้าอาจเคลือบปิดผิวผ้าจนสีแพร่ซึมลงเส้นใยไม่ได้มาก จึงพิมพ์ได้ผ้าสีอ่อนและได้สีเพี้ยน (อาจเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสีพิมพ์และกาวไหมเซริซินจนทำให้โครงสร้างของสีเปลี่ยนไปส่งผลให้เกิดการเพี้ยนของสีบนผ้า) นอกจากนี้ได้ทดลองลดปริมาณการใช้เซริซินผงลงเป็น 1-5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เพื่อดูว่าจะสามารถเพิ่มความเข้มของสีผ้าพิมพ์ได้มากขึ้นหรือไม่ เนื่องจากแนวโน้มค่าความเข้มสี K/S ที่แสดงในตารางที่ 4.5 ชี้ให้เห็นว่าเมื่อใช้เซริซินผงลดลงในการพิมพ์จะพิมพ์ผ้าได้สีเข้มขึ้น หรือค่า K/S เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้มีแสดงในตารางที่ 4.7

ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์มีแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าของสีผ้าพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้เซริซินผง 5 และ 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	23.05	0	19.96	-2.05	-5.19
เซริซินผง 5 กรัม	22.38	0.79	20.02	-2.84	-5.24
เซริซินผง 10 กรัม	21.43	4.52	22.28	-5.92	-5.46

จากตารางที่ 4.6 ผลการวัดสี Procion Black PX-GR บนผ้าพิมพ์พบว่า การพิมพ์ผ้าโดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมยูเรียทำให้ผ้ามีค่าความเข้มสี (K/S) หรือสีเข้มที่สุด ในขณะที่การพิมพ์ผ้าโดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมเซริซินผง ผ้ามีเฉดสีอ่อนกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอยู่เล็กน้อยโดยเฉพาะเมื่อใช้เซริซินผง 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ซึ่งเมื่อเทียบกับผ้าพิมพ์โดยไม่ใช้ยูเรียจะพบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้เซริซินผงมีสีเข้มกว่าผ้าพิมพ์โดยไม่ใช้ยูเรีย (ตารางที่ 4.4)

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์ที่ใช้เซริซินผง 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม มีความแตกต่างของสีน้อยเมื่อเทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย (ΔE = 0.79) มีความแตกต่างของสีจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียน้อยกว่าผ้าพิมพ์โดยไม่ใช้ยูเรีย (ตารางที่ 4.4) เมื่อพิมพ์โดยใช้เซริซินผงมากขึ้นเป็น 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม จะพบว่าผ้าพิมพ์มีสีแตกต่างจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอย่างมาก

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์ที่ใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมเซริซินผง 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม มีความสว่างของสี (L*) มากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าเพียงเล็กน้อยจากผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมยูเรีย แต่เมื่อพิมพ์โดยใช้เซริซินผงมากขึ้นเป็น 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ผ้าพิมพ์มีสีอ่อนมากยิ่งขึ้นจนเห็นได้ชัด

ค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมเซริซินผงมีเฉดสีดำออกโทนเขียว (ค่า a* เป็นลบมากขึ้นกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย) มากกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมยูเรียที่ให้สีดำเข้มโดยเฉพาะเมื่อใช้เซริซินผงมากขึ้น แต่เมื่อใช้เซริซินผง 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม จะพิมพ์ผ้าได้เฉดสีเพี้ยนน้อยกว่า

ดังนั้นการพิมพ์ผ้าด้วยสี Procion Black PX-GR น่าจะสามารถใช้เซริซินผงเพียง 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียได้ โดยพิมพ์ผ้าให้สีเข้มและให้เฉดสีที่ยอมรับได้ไม่ต่างมากนักจากผลการพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมยูเรียเมื่อวัดสีผ้าพิมพ์ด้วยเครื่องวัดสี (Macbeth reflectance spectrophotometer) อย่างไรก็ตามเมื่อมองดูผ้าด้วยตาเปล่าจะ

พบว่าเฉดสีของผ้าพิมพ์โดยใช้เซริซินผง 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เพี้ยนออกเป็นโทนสีเหลืองไม่ใกล้เคียงกับเฉดสีของผ้าที่พิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมยูเรีย การใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียในการพิมพ์สี Procion Black PX-GR จึงไม่สามารถกระทำได้ ไม่ว่าจะพิมพ์โดยใช้เซริซินผง 5 และ 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น100 กรัม หรือใช้ปริมาณต่ำกว่านี้ก็ตาม

ส่วนการพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้เซริซินผงปริมาณต่ำลงจากเดิม 5 และ 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็น 1-5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม มีผลการวัดสีของผ้าพิมพ์แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้เซริซินผง1-5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	7.34	0	42.32	3.02	-41.23
เซริซินผง 1 กรัม	6.40	2.45	43.80	1.94	-39.60
เซริซินผง 2 กรัม	5.95	3.48	44.87	1.52	-39.40
เซริซินผง 3 กรัม	4.68	6.95	47.85	0.49	-37.88
เซริซินผง 4 กรัม	4.01	9.29	49.91	-0.19	-36.95
เซริซินผง 5 กรัม	3.51	11.19	51.75	-0.65	-36.46

จากตารางที่ 4.7 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์พบว่า ผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีค่าความเข้มสี (K/S) สูงกว่าหรือมีสีเข้มมากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์ การใช้เซริซินผง 1-5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียจะพิมพ์ผ้าได้สีเข้มที่สุด (K/S สูงสุด) เมื่อใช้เซริซินผงปริมาณต่ำสุดคือ 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม อย่างไรก็ตาม ก็ยังไม่สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผง 1-5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม มีความแตกต่างของสี (ΔE > 1) มากอย่างเห็นได้ชัดจากผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย โดยเฉพาะเมื่อใช้เซริซินผงในการพิมพ์มากขึ้น

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงมีค่าความสว่างของสีมากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และ b* ของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียมีสีออกโทนน้ำเงินเข้ม (b* มีค่าลบมากกว่า) มากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงที่มีสีออกโทนน้ำเงินอ่อนกว่า และสีออกโทนน้ำเงินแกมเขียวมากขึ้นเมื่อใช้เซริซินผงในการพิมพ์มากขึ้น (a* มีค่าลบ)

จากผลการทดลองพิมพ์ผ้าโดยใช้เซริซินผงปริมาณต่างๆ (1-10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม) เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรีย พบว่าการใช้เซริซินผงปริมาณต่ำๆ ในการพิมพ์กลับทำให้สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มมากขึ้นกว่าการใช้ปริมาณสูงๆ และผ้าพิมพ์มีสีเพี้ยนน้อยกว่าจากผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย อย่างไรก็ตาม การพิมพ์โดยใช้เซริซินผงแทนยูเรีย ก็ยังไม่สามารถพิมพ์ผ้าให้ได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรีย อีกทั้งยังได้สีเพี้ยนไปอีกด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากขณะพิมพ์ผ้าสารเซริซินโมเลกุลใหญ่ไปเคลือบปิดผิวเส้นใยบนผ้า ทำให้สีพิมพ์แทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้น้อย จึงพิมพ์ได้สีอ่อน และเซริซินอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสีพิมพ์จนทำให้โครงสร้างทางเคมีของสีเปลี่ยนไป เกิดการเปลี่ยนเฉดสีขึ้น

4.5.2 ผลการวัดสีผ้าพิมพ์หลังเคลือบด้วยสารละลายเซริซิน

หลังการเคลือบผ้าด้วยสารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 20 ด้วยเครื่องจุ่มอัด แล้วนำไปพิมพ์ด้วยสูตรแป้งพิมพ์ที่สารข้นมีและไม่มียูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่า ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีค่าความเข้มสี (K/S) ที่ 7.58 ขณะที่ผ้าเคลือบด้วยสารละลายเซริซิน ความเข้มข้นร้อยละ 20 และพิมพ์โดยใช้ยูเรียและไม่ใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีค่าความเข้มสีต่ำกว่า 1 (มีค่าระหว่าง 0.76-0.88) หรือมีสีอ่อนกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอยู่มาก นอกจากนี้ยังมีสีเพี้ยนไปจากสีน้ำเงินค่อนข้างมาก ดังนั้นการเคลือบผ้าด้วยสารละลายเซริซินก่อนพิมพ์ไม่ช่วยให้พิมพ์ผ้าได้สีเข้มขึ้นแต่กลับทำให้ผ้ามีสีอ่อนลงมาก ความสม่ำเสมอของสีต่ำ และเฉดสีพิมพ์เปลี่ยนไป ประสิทธิภาพการพิมพ์ผ้าด้อยลง การใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียโดยวิธีการเคลือบลงบนผ้าก่อนพิมพ์ จึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเคลือบผ้าด้วยสารละลายเซริซินซึ่งมีโมเลกุลใหญ่ เซริซินจะเคลือบปิดทุกส่วนของผิวผ้าได้มากกว่าการใช้เซริซินผงในการพิมพ์เสียอีก สีพิมพ์แทรกซึมเข้าเส้นใยบนผ้าได้น้อยลงมาก และอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเซริซินและสีพิมพ์จนเฉดสีเปลี่ยนไปจากโครงสร้างทางเคมีของสีที่เปลี่ยนไป

4.5.3 ผลการวัดสีผ้าพิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

จากการเตรียมสารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 20 แล้วนำสารละลายหนัก 1-20 กรัม มาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนการใช้ยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ โดยในเบื้องต้นได้ทดลองใช้สารละลายเซริซิน 10, 15 และ 20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เพื่อใช้พิมพ์สีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และ Procion Black PX-GR ซึ่งผลการวัดสีผ้าพิมพ์มีแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซิน 10 - 20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	8.34, 7.03, 7.02, 8.29	0	40.19, 43.52, 43.26, 40.65	3.69, 2.30, 2.25, 3.42	-41.00, -41.57, -40.66, -41.40
สารละลายเซริซิน 10 กรัม	4.34, 5.04, 4.83, 4.82	9.52, 5.17, 5.53, 8.75	48.62, 47.68, 47.74, 47.54	0.46, 0.32, 0.27, -0.17	-37.97, -39.24, -38.07, -37.39
สารละลายเซริซิน 15 กรัม	3.56, 4.09, 3.81	12.67, 8.30, 9.16	51.23, 50.13, 50.74	-0.57, -0.64, -0.80	-36.47, -37.52, -36.31
สารละลายเซริซิน 20 กรัม	3.05	14.94	53.26	-1.11	-35.56

จากตารางที่ 4.8 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าการพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมยูเรียสามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มที่สุดคือ ความเข้มสี (K/S) ราว 7-8.3 ส่วนการพิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซิน 10-20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม พิมพ์ผ้าได้สีอ่อนกว่ามาก โดยเฉพาะเมื่อใช้สารละลายเซริซินปริมาณมากขึ้นเป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรีย ซึ่งเหตุผลการพิมพ์ได้สีอ่อนกว่าก็เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับการพิมพ์โดยใช้เซริซินผงเป็นสารช่วยพิมพ์ในหัวข้อ 4.5.1

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินยังคงมีความแตกต่างของสีมากจากผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินยังคงมีความสว่างของสีมากกว่า (สีอ่อนกว่า) ผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินมีโทนสีเพี้ยนไปเป็นสีน้ำเงินแกมเขียวแตกต่างจากผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียซึ่งมีสีน้ำเงินเข้มกว่า และเมื่อใช้สารละลายเซริซินในการพิมพ์ปริมาณมากขึ้นก็ยังได้สีพิมพ์เป็นสีน้ำเงินแกมเขียวมากยิ่งขึ้นอีก (a* เป็นลบมากขึ้น)

จากผลข้างต้นจึงได้ทดลองลดปริมาณการใช้สารละลายเซริซินในการพิมพ์ลงเป็น 1-9 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เพื่อดูว่าสามารถเพิ่มความเข้มของสีและลดความเพี้ยนของสีได้หรือไม่ โดยผลการวัดสีผ้าพิมพ์มีแสดงในตารางที่ 4.10

ส่วนการพิมพ์สีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้สารละลายเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ มีผลการวัดสีผ้าพิมพ์แสดงในตารางที่ 4.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR โดยใช้สารละลายเซริซิน 10-20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	21.33, 19.09, 17.53	0	20.07, 21.94, 22.42	-1.74, -2.02, -1.57	-4.39, -5.63, -4.73
สารละลายเซริซิน 10 กรัม	18.54, 16.44, 17.33	3.98, 1.81, 0.89	23.07, 23.71, 22.88	-3.97, -2.23, -2.11	-5.75, -5.95, -5.27
สารละลายเซริซิน 15 กรัม	17.20, 18.10, 16.20	5.16, 1.25 1.42	24.08, 22.90, 23.65	-4.55, -2.69, -2.26	-6.02, -6.08, -4.96
สารละลายเซริซิน 20 กรัม	15.25	6.97	25.81	-5.37	-5.95

จากตารางที่ 4.9 ผลการวัดสี Procion Black PX-GR บนผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินตั้งแต่ 10-20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม มีค่าความเข้มสี (K/S) ต่ำกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียหรือพิมพ์ผ้าได้สีอ่อนกว่านั่นเอง โดยเฉพาะจะพิมพ์ได้สีอ่อนมากยิ่งขึ้นเมื่อใช้สารละลายเซริซินปริมาณมากขึ้นในการพิมพ์

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินมีความแตกต่างของสีมากอย่างเห็นได้ชัดเจนจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินมีความสว่างของสี L* มากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินมีสีดำออกโทนเขียวมากกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียซึ่งมีสีดำเข้ม

จากผลข้างต้นพบว่าเมื่อใช้สารละลายเซริซินความเข้มข้นมากขึ้นในการพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Black PX-GR จะได้ผ้าสีอ่อนลงอีก (K/S ลดลงและ L* มากขึ้น) และสีเพี้ยนจากสีดำมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้คล้ายคลึงกับเมื่อพิมพ์ด้วยสี Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซิน 10-20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์ (ตารางที่ 4.8) ดังนั้นการศึกษาการลดปริมาณการใช้สารละลายเซริซินเป็น 1-9 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม

ในการพิมพ์สีทั้ง 2 สีก็น่าจะได้ผลที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน จึงได้ทดลองพิมพ์สี Procion Blue PX-3R สีเดียวโดยผลการวัดสีผ้าพิมพ์มีแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซิน 1-9 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	7.34, 7.13	0	42.32, 41.92	3.02, 2.83	-41.23, -40.91
สารละลายเซริซิน 1 กรัม	6.50, 5.70	2.25, 6.64	43.82, 45.48	1.91, 1.06	-39.97, -38.88
สารละลายเซริซิน 3กรัม	5.75	4.11	45.33	1.24	-39.06
สารละลายเซริซิน 5 กรัม	5.12	5.92	46.76	0.57	-38.17
สารละลายเซริซิน 7 กรัม	4.97	6.11	47.25	0.66	-38.50
สารละลายเซริซิน 9 กรัม	4.93	6.29	47.41	0.54	-38.48

จากตารางที่ 4.10 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียมีค่าความเข้มสี (K/S) สูงกว่าหรือมีสีเข้มมากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซิน 1-9 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม การใช้ปริมาณสารละลายเซริซินต่ำกว่าเพื่อพิมพ์ผ้า จะพิมพ์ผ้าได้สีเข้มกว่าการใช้ปริมาณมากกว่า อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณการใช้สารละลายเซริซินลงมาต่ำสุด 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ก็ยังไม่สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินมีความแตกต่างของสีมากอย่างเห็นได้ชัด จากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินมีความสว่างของสี L* มากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินมีโทนสีน้ำเงินน้อยกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียที่มีสีน้ำเงินเข้มกว่า (ค่า a* สูงกว่าและ b* เป็นลบมากกว่า)

จากผลการทดลองข้างต้นนี้พบว่าการใช้สารละลายเซริซินหรือเซริซินผงเพียงอย่างเดียวเพื่อใช้แทนยูเรียในการพิมพ์ผ้า ไม่สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์ปกติที่นิยมใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ อีกทั้งยังพิมพ์ได้สีเพี้ยนไปจากผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย การทดลองต่อไปจึงได้ทดลองใช้เซริซินร่วมกับยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R

4.6 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้เซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ประกอบด้วยผลการทดลอง 2 ส่วนคือ ผลการพิมพ์โดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และผลการพิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

4.6.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

จากการทดลองพิมพ์ผ้าฝ้ายโดยใช้เซริซินผงและยูเรียที่สัดส่วนต่างๆ โดยคงปริมาณการใช้ยูเรียไว้ที่ 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ตามปกติที่ใช้ และใช้เซริซินผงที่ปริมาณต่างๆ กัน ตั้งแต่ 1-10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม พบว่าการใช้เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ในการพิมพ์ผ้าสามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มที่สุด ดังนั้นในการพิมพ์ผ้าโดยใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ จึงเลือกใช้เซริซินผงที่ 2 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม และพยายามลดปริมาณการใช้ยูเรียลงจาก 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ค่าของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 5-15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์ มีแสดงอยู่ในตารางที่ 4.11

จากตารางที่ 4.11 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ มีค่าความเข้มสี (K/S) สูงกว่าหรือมีสีเข้มมากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงร่วมกับยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ถึงแม้ว่าจะเพิ่มสัดส่วนของยูเรียในสูตรแป้งพิมพ์ที่ใช้เซริซินผงร่วมกับยูเรียก็ตาม การใช้เซริซินผง 2 กรัม และ ยูเรีย 7 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์ จะสามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้เซริซินผงและยูเรียในสัดส่วนอื่นๆ แต่ก็ยังมีสีอ่อนกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอย่างเดียวเป็นสารช่วยพิมพ์

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงร่วมกับยูเรียมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) มากอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าที่พิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงร่วมกับยูเรียมีค่าความสว่างของสีมากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และ b* ของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียมีสีออกโทนน้ำเงินเข้มมากกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินผงร่วมกับยูเรีย เมื่อใช้เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 7 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม

ในการพิมพ์ผ้า จะพิมพ์ได้ผ้าสีน้ำเงินใกล้เคียงกับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียมากที่สุด เมื่อเทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้เซริซินผงและยูเรียที่สัดส่วนอื่นๆ

จากผลการพิมพ์โดยใช้เซริซินผงร่วมกับยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่ายังคงพิมพ์ผ้าได้สีอ่อนกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เพียงอย่างเดียว จึงไม่เป็นการเหมาะสมที่จะใช้เซริซินผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์แทนการใช้ยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R

ตารางที่ 4.11 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 5-15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	7.39,7.08	0	41.88,42.36	3.15,2.90	-40.74,-40.49
เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 5 กรัม	4.37	8.38	48.97	-0.03	-37.58
เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 7 กรัม	5.04	5.01	46.91	1.33	-39.12
เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 10 กรัม	4.53,4.72	7.53,5.97	48.44,47.91	0.43,1.15	-38.22,-39.12
เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 12 กรัม	4.61	6.22	48.12	1.11	-38.98
เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 15 กรัม	4.45	7.69	48.66	0.47	-38.28

4.6.2 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

จากการทดลองพิมพ์ผ้าโดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียที่สัดส่วนต่างกัน โดยคงปริมาณการใช้ยูเรียไว้ที่ 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม และใช้สารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่ปริมาณต่างๆกันตั้งแต่ 1-15 กรัมต่อส่วนผสมสารข้น 100 กรัม พบว่าการใช้สารละลายเซริซิน 5 กรัม และยูเรีย 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ในการพิมพ์ผ้าสามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มที่สุด ดังนั้นในการพิมพ์ผ้าโดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ จึงเลือกใช้สารละลายเซริซินที่ 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม และพยายามลดปริมาณการใช้ยูเรียลงจาก 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ค่าของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซิน 5 กรัม และยูเรีย 5-15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์มีแสดงอยู่ในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซิน ความเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาณ 5 กรัม และยูเรีย 5-15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัมเป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	7.39	0	41.88	3.15	-40.74
สารละลายเซริซิน 5 กรัม และยูเรีย 5 กรัม	4.90	6.64	47.48	0.46	-38.39
สารละลายเซริซิน 5 กรัม และยูเรีย 10 กรัม	5.02	6.19	47.20	0.67	-38.77
สารละลายเซริซิน 5 กรัม และยูเรีย 15 กรัม	5.04	5.96	47.05	0.83	-38.88

จากตารางที่ 4.12 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีค่าความเข้มสี (K/S) ต่ำกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอย่างเดียวเป็นสารช่วยพิมพ์และเมื่อเพิ่มสัดส่วนการใช้ยูเรียในแป้งพิมพ์จะสามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มขึ้นอีกเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถพิมพ์ผ้าให้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินและยูเรียมีความแตกต่างของสีมากอย่างเห็นได้ชัดจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอย่างเดียว และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของยูเรียในแป้งพิมพ์ความแตกต่างของสี (ΔE) จะลดลงเล็กน้อย

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินและยูเรียมีความสว่างของสี (L*) มากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของยูเรียในแป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินและยูเรียความสว่างของสี (L*) จะลดลงเล็กน้อย

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์โดยใช้แป้งพิมพ์สูตรผสมสารละลายเซริซินและยูเรียมีโทนสีน้ำเงินน้อยกว่า (ค่า b* ติดลบน้อยกว่า) ผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย (ค่า b* ติดลบมากกว่า)

จากผลข้างต้นแสดงว่า การพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้สารละลายเซริซินและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ยังคงไม่สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่ากับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

4.7 สรุปผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

จากผลการทดลองใช้กาวไหมเซริซิน (ชนิดผงและสารละลาย) เป็นสารช่วยพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R สามารถสรุปปริมาณการใช้กาวไหมเซริซินที่ให้ผลการพิมพ์ดีที่สุดดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	7.08-7.39	0	41.88-42.36	2.90-3.15	-40.49 ถึง-41.23
เซริซินผง 1 กรัม	6.40	2.45	43.80	1.94	-39.60
เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 7 กรัม	5.04	5.01	46.91	1.33	-39.12
สารละลายเซริซิน 1 กรัม	5.7-6.5	2.25-6.64	43.82-45.48	1.06-1.91	-38.88 ถึง-38.97
สารละลายเซริซิน 5 กรัม และยูเรีย 5 กรัม	4.90	6.64	47.48	0.46	-38.39

จากตารางที่ 4.13 แสดงค่าของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่าการใช้กาวไหมเซริซินผง 1 กรัม และสารละลายกาวไหมเซริซิน 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์สามารถพิมพ์ผ้าได้ความเข้มสีสูงสุด แต่ยังไม่สามารถพิมพ์ผ้าให้ได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และมีเฉดสีเพี้ยน ทั้งนี้อาจเนื่องจากขณะพิมพ์ผ้าสารเซริซินโมเลกุลใหญ่ไปเคลือบปิดผิวเส้นใยบนผ้า ทำให้สีพิมพ์แทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้น้อย จึงพิมพ์ได้สีอ่อน และเซริซินอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสีพิมพ์จนทำให้โครงสร้างทางเคมีของสีเปลี่ยนไป เกิดการเปลี่ยนเฉดสีขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.8 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกเป็นสารช่วยพิมพ์ ประกอบด้วยผลการทดลอง 2 ส่วนคือ ผลการพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ และผลการพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์ ซึ่งแบ่งย่อยเป็นการเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้ และการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์ แสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.8.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

ในการพิมพ์ผ้าโดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียนั้น ได้ทดลองพิมพ์บนผ้า 2 ชุด ชุดแรกเป็นผ้าฝ้ายชุดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองที่ผ่านมาทั้งหมด แต่มีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับที่จะใช้ในการทดลองที่เหลือ จึงได้นำผ้าฝ้ายชุดที่สองที่มีโครงสร้างผ้าเหมือนกันและมีน้ำหนักผ้าต่อพื้นที่ใกล้เคียงกัน มาใช้ในการทดลองที่เหลือ ซึ่งในการพิมพ์บนผ้าชุดแรกได้ทดลองใช้ผงผลพลอยได้ปริมาณ 5 และ 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรีย และพบว่าสามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มหรือผ้ามีความเข้มสี (K/S) เทียบเท่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์และไม่เกิดการเพี้ยนของสีจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ดังนั้นในการทดลองพิมพ์ผ้าชุดที่สองจึงใช้ผงผลพลอยได้ปริมาณ 2-10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์ในการทดลองที่เหลือ และค่าของสีผ้าพิมพ์มีแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผงของผลพลอยได้ 2-10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัมได้เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	6.41,5.12	0	44.53,47.10	1.94,0.90	-41.02,-39.36
ผงผลพลอยได้ 2 กรัม	5.78	1.52	45.77	1.40	-40.33
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม	6.06,5.60	0.82,1.45	45.21,46.00	1.64,1.45	-40.67,-40.12
ผงผลพลอยได้ 10 กรัม	5.96	1.21	45.64	1.48	-40.87

จากตารางที่ 4.14 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้ 2-10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม มีค่าความเข้มสี K/S (K/S = 5.6-6.0) ใกล้เคียงผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย (K/S = 5.1-6.4) ปริมาณผงผลพลอยได้ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียน่าจะอยู่ราวๆ 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ทั้งนี้เพราะการใช้ปริมาณผงผลพลอยได้มากๆ เช่น 10 หรือมากกว่า 10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม จะทำให้

แป้งพิมพ์ข้นและหนืดมากเกินไปสำหรับการพิมพ์ผ้า ส่วนการใช้ปริมาณ 2 กรัมต่อส่วนผสมสารข้น 100 กรัม ก็จะพิมพ์โดยเฉลี่ยได้ผ้าสีอ่อนกว่าและความหนืดของแป้งพิมพ์น้อยกว่าการใช้ปริมาณ 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม

โดยเฉลี่ยแล้วผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้มีความแตกต่างของสี (ΔE) จากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอยู่บ้างคือ มีค่า $\Delta E > 1$ อยู่เล็กน้อย ซึ่งอาจแตกต่างกันบ้างในเรื่องความเข้มของสีผ้า (ดูค่า K/S) หรือแตกต่างในเรื่องโทนของสี (ดูค่า a* และ b*)

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้ พบว่าบางผืนมีความสว่างของสีมากกว่าหรือมีสีอ่อนกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอยู่เพียงเล็กน้อย บางผืนก็มีความสว่างของสีน้อยกว่าหรือสีเข้มกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียเพียงเล็กน้อย ดังนั้นโดยเฉลี่ยผ้าพิมพ์เหล่านี้มีความสว่างที่ใกล้เคียงกันหรือมีสีเข้มใกล้เคียงกันนั่นเอง

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์โดยผงผลพลอยได้ พบว่าผ้าพิมพ์ทุกผืนมีสีน้ำเงินโทนใกล้เคียงกันหมดโดยเฉลี่ย

จากผลข้างต้นแสดงว่า การพิมพ์สีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผงผลพลอยประมาณ 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์ จะสามารถพิมพ์ผ้าได้สีใกล้เคียงหรือเทียบเท่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ โดยไม่เกิดการเพี้ยนของสีด้วยการใช้ผงผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกเป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียสำหรับการพิมพ์ด้วยสีรีแอคทีฟจึงน่าจะมีความเป็นไปได้สูง

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะในผลพลอยได้นี้ (ตารางที่ 4.2) พบว่าประกอบด้วยโลหะหลายชนิด คือ สังกะสี โซเดียม แมกนีเซียม โครเมียม แคลเซียม และสารหนูในปริมาณต่างๆกัน โลหะเหล่านี้จะแสดงประจุบวกเมื่ออยู่ในแป้งพิมพ์ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบและน่าจะสามารถผนึกสีรีแอกทีฟที่มีประจุลบให้ติดบนผ้า (มีประจุลบในภาวะการพิมพ์ที่เป็นด่าง) ได้มากขึ้นหรือประจุบวกของโลหะในผงผลพลอยได้จะช่วยดึงโมเลกุลของสีที่มีประจุลบเข้าใกล้ผ้าที่มีประจุลบได้มากขึ้น หลังจากนั้นสีจะเกิดพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยบนผ้าในภาวะด่างและได้ผ้าพิมพ์ที่มีสีเข้ม

4.8.2 ผลของการเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์นั้นในเบื้องต้นได้ทดลองเตรียมน้ำสกัดผงผลพลอยได้ (น้ำสกัดผง) โดยการแช่ผงผลพลอยได้ในน้ำเป็นเวลา 17 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องที่สัดส่วนผงผลพลอยได้ต่อน้ำโดยน้ำหนัก เท่ากับ 1:12, 1:6, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1.5 และ 1:1.2 จากนั้นจึงดูดน้ำส่วนที่ใสมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ (น้ำสกัดผง) ซึ่งในเบื้องต้นได้ทดลองใช้น้ำสกัดผงปริมาณ 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม มาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียเพื่อพิมพ์ผ้าด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และค่าของสีผ้าพิมพ์มีแสดงในตารางที่ 4.15

จากค่าของสีผ้าในตารางนี้จะเลือกใช้น้ำสกัดผงที่สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนักที่สามารถนำมาใช้พิมพ์ผ้าแล้วได้สีผ้าเข้มเทียบเท่าโดยใช้ยูเรียและสีไม่เพี้ยนด้วย

ตารางที่ 4.15 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผง15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ที่สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนักระหว่าง 1:1.2-1:12 เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	5.21,6.41	0	46.93	1.08	-39.73
น้ำสกัดผง 15 กรัม (1:12)	5.59	2.07	46.17	1.19	-40.01
น้ำสกัดผง 15 กรัม (1:6)	5.70,5.47	1.18,2.25	45.77,46.35	1.23,1.20	-39.90,-39.92
น้ำสกัดผง 15 กรัม (1:4)	5.98	1.07	45.35	1.49	-40.50
น้ำสกัดผง 15 กรัม (1:3)	5.60,6.09	0.94,0.71	46.02,45.13	1.26,1.69	-39.89,-40.74
น้ำสกัดผง 15 กรัม (1:2)	5.54	0.90	46.17	1.36	-40.14
น้ำสกัดผง 15 กรัม (1:1.5)	5.43	0.60	46.39	1.26	-39.95
น้ำสกัดผง 15 กรัม (1:1.2)	5.46	0.81	46.25	1.44	-40.01

จากตารางที่ 4.15 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าการใช้น้ำสกัดผง 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ที่ทุกสัดส่วนของผงต่อน้ำโดยน้ำหนักเป็นสารช่วยพิมพ์สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มหรือผ้ามีความเข้มสี K/S (K/S = 5.4-6.1) ใกล้เคียงความเข้มสีของผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ (K/S = 5.2-6.4) แต่การใช้น้ำสกัดผงที่สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 1:3 มีแนวโน้วสามารถใช้พิมพ์ผ้าได้สีเข้มมากสุดและใช้ปริมาตรน้ำในการเตรียมน้ำสกัดผงน้อยที่สุด จึงเป็นสัดส่วนที่น่าให้ความสนใจที่สุดสำหรับการเตรียมน้ำสกัดผง

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงที่สัดส่วนของผงต่อน้ำโดยน้ำหนักระหว่าง 1:6 และ 1:12 มีความแตกต่างของสีจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอยู่บ้างในลักษณะที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า (ΔE > 1 เล็กน้อย) แต่เมื่อใช้น้ำสกัดผงที่สัดส่วนของผงต่อน้ำโดยน้ำหนักต่ำลงเป็น 1:1.2 ถึง 1:4 เป็นสารช่วยพิมพ์จะพิมพ์ได้สีใกล้เคียงสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียมากกว่าคือได้ค่า ΔE ≤ 1

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์ พบว่าการพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงที่ทุกสัดส่วนของผงต่อน้ำโดยน้ำหนักเป็นสารช่วยพิมพ์ สามารถพิมพ์ผ้าได้สีสว่างน้อยกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์ พบว่าการพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงที่ทุกสัดส่วนของผงต่อน้ำโดยน้ำหนักเป็นสารช่วยพิมพ์ สามารถพิมพ์ผ้าได้สีน้ำเงินเข้มเทียบเท่าหรือใกล้เคียงโทนสีน้ำเงินของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย (ค่า b* ใกล้เคียงกันหมด) และไม่มีการเพี้ยนของสีเกิดขึ้น

จากผลข้างต้นแสดงว่า การพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผงที่มีสัดส่วนของผงผลพลอยได้ต่อน้ำกลั่น 1:12, 1:6, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1.5 และ 1:1.2 เป็นสารช่วยพิมพ์ สามารถพิมพ์ผ้าได้สีใกล้เคียงหรือเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และสัดส่วนของผงผลพลอยได้ต่อน้ำที่เหมาะสมในการนำมาใช้คือสัดส่วนผงผลพลอยได้ 1 กรัม ต่อน้ำ 3 กรัม

4.8.3 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์ ใช้น้ำสกัดผงที่สัดส่วนของผงต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 1:3 และใช้น้ำสกัดผงนี้ที่ปริมาณต่างๆ ตั้งแต่ 15-25 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ผลการวัดสีผ้าพิมพ์มีแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผง15-25 กรัม ต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ที่สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 1:3 เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	5.12,5.51, 6.68	0	47.10,46.30, 43.83	0.90,1.34, 2.29	-39.36, -40.19, -41.00
น้ำสกัดผง 15 กรัม	4.75	1.20	48.27	0.72	-39.54
น้ำสกัดผง 20 กรัม	5.79,6.09, 6.39	2.09,1.47, 0.81	45.68,45.04, 44.10	1.71,1.84, 2.09	-40.66,-40.75, -40.27
น้ำสกัดผง 25 กรัม	5.85	2.10	45.47	1.66	-40.43

จากตารางที่ 4.16 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าการพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผง 20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์ สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มใกล้เคียงหรือบางกรณีได้สีเข้มกว่า หรือได้ค่า K/S สูงกว่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ซึ่งเป็นปริมาณการใช้ที่ไม่มากหรือน้อยไป

ค่าความแตกต่างของสี ΔE พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์ มีสีผ้าแตกต่างจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียอยู่บ้างในระดับที่มองเห็นได้ ซึ่งอาจแตกต่างในแง่ความเข้มสี (ค่าK/S) หรือโทนของสี (ค่า a* และ b*)

ค่าความสว่างของสี L* พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงมีความสว่างของสีผ้าบางผืนต่ำกว่าบางผืนสูงกว่า ความสว่างของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรียอยู่บ้าง

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผง พบว่าผ้ามีสีน้ำเงินเข้มใกล้เคียงหรือเทียบเท่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย โดยไม่มีการเพี้ยนของสีเกิดขึ้น

จากผลข้างต้นแสดงว่า การพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผง ปริมาณ 20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ที่มีสัดส่วนของผงต่อน้ำเท่ากับ 1:3 เป็นสารช่วยพิมพ์สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าหรือในบางกรณีได้สีเข้มกว่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ น้ำสกัดผงผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกจึงสามารถถูกนำมาใช้ทดแทนการใช้ยูเรียในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟได้ โดยสามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มตามต้องการ และสีไม่เพี้ยนด้วย

4.9 ผลการวัดสีผ้าฝ้ายที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ประกอบด้วยผลการทดลอง 2 ส่วนคือ ผลการพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และผลการพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

4.9.1 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์นั้นใช้สัดส่วนผงผลพลอยได้ต่อยูเรียต่างๆ กัน คือ 5:1, 5:3, 5:5, 5:10 และ 5:15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ซึ่งผลการวัดสีผ้าพิมพ์มีแสดงในตารางที่ 4.17

จากตารางที่ 4.17 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีค่าความเข้มสี (K/S) บางผืนมากกว่าบางผืนใกล้เคียงผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย โดยที่ปริมาณการใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์คือ การใช้ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ซึ่งสามารถนำมาใช้พิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรีย และสามารถลดปริมาณการใช้ยูเรียลงได้อย่างมาก (จากเดิม 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม)

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีความแตกต่างของสีโดยเฉลี่ยเล็กน้อยมากจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย ($\Delta E < 1$)

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียมีความสว่างของสีโดยเฉลี่ยใกล้เคียงผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่า a* และค่า b* ของผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียมีโทนสีน้ำเงินเข้มใกล้เคียงหรือเทียบเท่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย

จากผลข้างต้นแสดงว่า การพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผงผลพลอยได้ร่วมกับยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรีย และไม่เกิดการเพี้ยนของสีด้วย ซึ่งปริมาณผงผลพลอยได้และยูเรียที่เหมาะสมคือ ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และ

ยูเรีย 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ยูเรียลงได้อย่างมาก จากปัจจุบันที่ใช้ถึง 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม

ตารางที่ 4.17 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียในสัดส่วนระหว่าง 5:1 ถึง 5:15 กรัมโดยน้ำหนักต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	5.12, 5.51	0	47.10, 46.30	0.90, 1.34	-39.36, -40.19
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 1 กรัม	5.59	0.21	46.12	1.32	-40.09
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 3 กรัม	5.39	0.97	46.16	1.32	-39.23
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 5 กรัม	5.91, 5.47	2.29, 0.77	45.47, 46.03	1.67, 1.50	-40.77, -39.48
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 10 กรัม	5.01	0.42	47.48	0.74	-39.45
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 15 กรัม	5.15	0.58	47.15	1.09	-39.90

4.9.2 ผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

การพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้น้ำสกัดผง (สัดส่วนผงต่อน้ำ 1:3 โดยน้ำหนัก) และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ใช้สัดส่วนน้ำสกัดผงต่อยูเรียต่างๆ กันคือ 20:1, 20:3, 20:5, 20:10 และ 20:15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ซึ่งจะคงปริมาณการใช้น้ำสกัดผงไว้ที่ 20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม จากผลเบื้องต้น ซึ่งผลการวัดสีผ้าพิมพ์แสดงในตารางที่ 4.18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผง (สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนัก 1:3) ร่วมกับยูเรียที่สัดส่วน 20:1 ถึง 20:15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	5.51,5.12, 6.68	0	46.30, 47.13, 43.83	1.34, 0.99, 2.29	-40.19, -39.53, -41.00
น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 1 กรัม	5.66,6.96	1.37,0.73	45.99,43.16	1.37,2.59	-40.19,-40.99
น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 3 กรัม	5.75	1.73	45.80	1.56	-40.47
น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 5 กรัม	6.14,5.52	1.61,1.14	44.97,46.36	1.91,1.32	-40.89,-40.31
น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 10 กรัม	5.58	0.44	46.23	1.54	-40.57
น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 15 กรัม	5.36	0.52	46.74	1.49	-40.44

จากตารางที่ 4.18 ผลการวัดสี Procion Blue PX-3R บนผ้าพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีค่าความเข้มสี K/S หรือมีสีเข้มเทียบเท่าหรือบางผืนสีเข้มกว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย ถ้าต้องการใช้ทั้งน้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ สัดส่วนที่เหมาะสมน่าจะเป็นที่น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ทั้งนี้เพราะสามารถใช้พิมพ์ผ้าได้สีเข้มตามต้องการและสามารถลดปริมาณการใช้ยูเรียลงได้มากด้วย (จากเดิม 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม)

ค่าความแตกต่างของสี ΔE ของผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียทุกสัดส่วนมีความแตกต่างของสีเล็กน้อยมากจากผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย

ค่าความสว่างของสี L* ของผ้าพิมพ์ทุกผืนมีค่าใกล้เคียงกันคือ มีความสว่างของสีไม่แตกต่างกันมากนัก

ค่า a* และค่า b* พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีสีออกโทนน้ำเงินเข้มเทียบเท่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย (ค่า b* ใกล้เคียงกัน)

จากผลข้างต้นแสดงว่า การพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์และไม่เกิดการเพี้ยนของสีด้วย ซึ่งปริมาณน้ำสกัดผงและยูเรียที่เหมาะสมคือ น้ำสกัดผง (สัดส่วนผง

ต่อน้ำ 1:3 โดยน้ำหนัก) 20 กรัม และยูเรีย 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ทำให้สามารถพิมพ์ผ้าได้สีเข้มตามต้องการ และสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ยูเรียลงได้อย่างมากด้วย ที่จากเดิม 15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม

4.10 สรุปผลการวัดสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

จากผลการทดลอง 4.8 และ 4.9 สามารถสรุปปริมาณการใช้ผลพลอยได้ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R พร้อมกับค่าของสีผ้าที่วัดได้ดังตารางที่ 4.19 นี้

ตารางที่ 4.19 ค่าของสีผ้าที่พิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	K/S	ΔE	L*	a*	b*
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	5.12-6.68	0	43.83-47.13	0.90-2.29	-39.36 ถึง -41.00
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม	5.60-6.06	0.82-1.45	45.21-46.00	1.45-1.70	-40.12 ถึง -40.67
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 1 กรัม	5.42-5.59	0.21-0.96	46.12-46.45	1.32-1.36	-40.09 ถึง -40.10
น้ำสกัดผง 20 กรัม	5.79-6.39	0.81-2.22	44.10-45.68	1.69-2.09	-40.27 ถึง -40.75
น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 1 กรัม	5.66-6.96	0.73-1.37	43.16-45.99	1.37-2.59	-40.19 ถึง -40.99

4.10.1 สรุปผลการใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

จากตารางที่ 4.19 ผลการใช้ผงผลพลอยได้ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ผ้า มีข้อสรุปดังนี้

- การใช้ผงผลพลอยได้แทนการใช้ยูเรียในการพิมพ์ผ้า ซึ่งศึกษาการใช้ผงผลพลอยได้ตั้งแต่ 2-10 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม พบว่าการใช้ผงผลพลอยได้ 5 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ในการพิมพ์สามารถพิมพ์ผ้าได้คุณภาพการพิมพ์ดีตามที่ต้องการ

- การใช้ผงผลพลอยได้ร่วมกับยูเรียในการพิมพ์ผ้า ซึ่งศึกษาสัดส่วนการใช้ผงผลพลอยได้ต่อยูเรียโดยน้ำหนักระหว่าง 5:1 ถึง 5:15 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 5:1 หมายถึง การใช้ผงผลพลอยได้ 5 กรัมและยูเรีย 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ในการพิมพ์ผ้าสามารถพิมพ์ผ้าได้คุณภาพการพิมพ์ดีตามที่ต้องการ

4.10.2 สรุปผลการเตรียมน้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์

จากตารางที่ 4.19 ผลการศึกษาหาสัดส่วนผงต่อน้ำที่ใช้ในการเตรียมน้ำสกัดผงที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ผ้า มีข้อสรุปดังนี้

- การเตรียมน้ำสกัดผง โดยการแช่ผงในน้ำที่สัดส่วนผงต่อน้ำโดยน้ำหนักระหว่าง 1:1.2 ถึง 1:12 พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 1:3 คือ เมื่อใช้ผงผลพลอยได้ 1 ส่วน แช่ในน้ำ 3 ส่วนโดยน้ำหนักเป็นเวลา 17 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วดูดน้ำส่วนที่ใสมาใช้แทนยูเรียหรือใช้ร่วมกับยูเรียในการพิมพ์ผ้า จะสามารถพิมพ์ผ้าได้คุณภาพการพิมพ์ดีตามที่ต้องการ

4.10.3 สรุปผลการใช้น้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์

จากการศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำสกัดผงที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์ผ้ามีข้อสรุปดังนี้

- การใช้น้ำสกัดผงแทนการใช้ยูเรียในการพิมพ์ผ้า ซึ่งศึกษาการใช้น้ำสกัดผงตั้งแต่ 15-25 กรัม พบว่าการใช้น้ำสกัดผง 20 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ในการพิมพ์สามารถพิมพ์ผ้าได้คุณภาพการพิมพ์ดีตามที่ต้องการ

- การใช้น้ำสกัดผงร่วมกับยูเรียในการพิมพ์ผ้า ซึ่งศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำสกัดผงต่อยูเรียโดยน้ำหนักระหว่าง 20:1 – 20:15 พบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 20:1 หมายถึง การใช้น้ำสกัดผง 20 กรัมและยูเรีย 1 กรัมต่อส่วนผสมของสารข้น 100 กรัม ในการพิมพ์ผ้าสามารถพิมพ์ผ้าได้คุณภาพการพิมพ์ดีตามที่ต้องการ

4.11 ผลการวิเคราะห์หาโลหะต่างๆ บนผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

การทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์ ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย และผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052 โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP) แสดงในตารางที่ 4.20 และ 4.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะที่ตรวจพบบนผ้าก่อนพิมพ์ ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย และผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052 โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)

โลหะ	โลหะในผ้า, มก./กก.					
	ก่อนพิมพ์	ยูเรีย	ผงผลพลอยได้	ผงผลพลอยได้และยูเรีย	น้ำสกัดผง	น้ำสกัดผงและยูเรีย
แคลเซียม	102.63	1,023.34	1,539.88	1,683.69	521.01	679.77
	(0.0103 %)	(0.1023 %)	(0.1540 %)	(0.1684 %)	(0.0521 %)	(0.0680 %)
เหล็ก	17.85	14.73	18.17	30.48	19.32	14.34
	(0.0018 %)	(0.0015 %)	(0.0018 %)	(0.0030 %)	(0.0019 %)	(0.0014 %)
แมกนีเซียม	56.70	199.41	134.26	140.12	91.72	112.86
	(0.0057 %)	(0.0199 %)	(0.0134 %)	(0.0140 %)	(0.0092 %)	(0.0113 %)
โซเดียม	805.71	79.61	240.63	294.86	361.89	373.91
	(0.0806 %)	(0.0080 %)	(0.0241 %)	(0.0295 %)	(0.0362 %)	(0.0374 %)
สังกะสี	ตรวจไม่พบ[1]	5.53	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
		(0.0006 %)				

หมายเหตุ

1 หมายถึง ตรวจไม่พบเมื่อมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 0.0005 (5.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะที่ตรวจไม่พบบนผ้าก่อนพิมพ์ ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย และผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้ด้วยวิธี EPA3052 โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)

โลหะ	โลหะในผ้า, มก./กก.					
	ก่อนพิมพ์	ยูเรีย	ผงผลพลอยได้	ผงผลพลอยได้และยูเรีย	น้ำสกัดผง	น้ำสกัดผงและยูเรีย
สารหนู	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
โบรอน	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
แคดเมียม	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
โครเมียม	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
ทองแดง	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
ตะกั่ว	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
ปรอท	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]
โมลิบดีนัม	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]	ตรวจไม่พบ[1]

หมายเหตุ

1 หมายถึง ตรวจไม่พบเมื่อมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 0.0005 (5.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

4.11.1 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์ เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

จากตารางที่ 4.20 เมื่อนำผ้าก่อนพิมพ์ไปทดสอบหาปริมาณโลหะ พบว่ามีปริมาณโซเดียมร้อยละ 0.0806, แคลเซียมร้อยละ 0.0103, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0057 และเหล็กร้อยละ 0.0018 ส่วนผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์พบว่ามีโลหะ 4 ชนิดนี้เช่นกัน คือ แคลเซียมร้อยละ 0.1023, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0199, โซเดียมร้อยละ 0.0080 และเหล็กร้อยละ 0.0015 นอกจากนี้ยังพบสังกะสีร้อยละ 0.0006 ซึ่งไม่พบในผ้าก่อนพิมพ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีสังกะสีเจือปนอยู่

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์และผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0921 และ 0.0143 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีแคลเซียมและแมกนีเซียมเจือปนอยู่ในแป้งพิมพ์หรือน้ำที่ใช้ในส่วนผสมของแป้งพิมพ์ ส่วนเหล็กและโซเดียมมีปริมาณลดลงจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0003 และ 0.0726 ตามลำดับ เนื่องจากบางส่วนถูกกำจัดออกในขั้นตอนการซักล้าง

4.11.2 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

จากตารางที่ 4.20 เมื่อนำผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้ไปทดสอบหาปริมาณโลหะ พบว่ามีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 0.1540, โซเดียมร้อยละ 0.0241 , แมกนีเซียมร้อยละ 0.0134 และเหล็กร้อยละ 0.0018

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์กับผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์มีปริมาณของแคลเซียม เหล็กและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.1437, 0.00003 และ 0.0078 ตามลำดับ เนื่องจากผลพลอยได้ที่นำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์มีแคลเซียม เหล็กและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ส่วนโซเดียมมีปริมาณลดลงจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0565 เนื่องจากบางส่วนถูกกำจัดออกในขั้นตอนการซักล้าง

4.11.3 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

จากตารางที่ 4.20 เมื่อนำผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ไปทดสอบหาปริมาณโลหะ พบว่ามีแคลเซียมร้อยละ 0.1684, โซเดียมร้อยละ 0.0295, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0140 และเหล็กร้อยละ 0.0030

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์กับผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้ผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์มีปริมาณของแคลเซียม เหล็กและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.1581, 0.0012 และ 0.0083 ตามลำดับ เนื่องจากผล พลอยได้ที่นำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์มีแคลเซียม เหล็กและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ส่วนโซเดียมมีปริมาณลดลงจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0511 เนื่องจากบางส่วนถูกกำจัดออกในขั้นตอนการซักล้าง

4.11.4 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

จากตารางที่ 4.20 เมื่อนำผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ไปทดสอบหาปริมาณโลหะ พบว่ามีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 0.0521, โซเดียมร้อยละ 0.0362, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0092 และเหล็กร้อยละ 0.0019

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะบนผ้าไม่พิมพ์กับผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์มีปริมาณของแคลเซียม เหล็กและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0418, 0.0002 และ 0.0035 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลพลอยได้ที่นำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์มีแคลเซียม เหล็กและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ส่วนโซเดียมมีปริมาณลดลงจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0444 เนื่องจากบางส่วนถูกกำจัดออกในขั้นตอนการซักล้าง

4.11.5 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะบนผ้าก่อนพิมพ์เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงผลพลอยได้และยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์

จากตารางที่ 4.20 เมื่อนำผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ไปทดสอบหาปริมาณโลหะ พบว่ามีปริมาณแคลเซียมร้อยละ 0.0680, โซเดียมร้อยละ 0.0374, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0113 และเหล็กร้อยละ 0.0014

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะบนผ้าไม่พิมพ์กับผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่าผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผงและยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0577 และ 0.0056 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลพลอยได้ที่นำมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์มีแคลเซียม และแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ส่วนโซเดียมและเหล็กมีปริมาณลดลงจากก่อนพิมพ์ร้อยละ 0.0432 และ 0.0004 ตามลำดับ เนื่องจากบางส่วนถูกกำจัดออกในขั้นตอนการซักล้าง

จากผลการทดสอบหาปริมาณโลหะที่อยู่บนผ้าก่อนพิมพ์ ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ พบว่าไม่มีโลหะที่เป็นอันตราย คือ สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และปรอท ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโลหะเหล่านี้อาจถูกกำจัดออกจากผ้าในขั้นตอนการซักล้าง หรือมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 0.0005 ซึ่งไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยวิธี EPA3052โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)

ผ้าก่อนพิมพ์มีโลหะโซเดียมร้อยละ 0.0806, แคลเซียมร้อยละ 0.0103, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0057 และเหล็กร้อยละ 0.0018

ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์มีโลหะแคลเซียมร้อยละ 0.1023, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0199,โซเดียมร้อยละ 0.0080, เหล็กร้อยละ 0.0.0015 และสังกะสีร้อยละ 0.0006

ส่วนผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ทั้งใช้เดี่ยวๆ และใช้ร่วมกับยูเรียมีโลหะแคลเซียมร้อยละ 0.0521-0.1684, โซเดียมร้อยละ 0.0241-0.0374, แมกนีเซียมร้อยละ 0.0092-0.0140 และเหล็กร้อยละ 0.0014-0.0030

นอกจากนี้พบว่าโลหะสังกะสีมีอยู่บนผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์เท่านั้น

4.12 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูเปียกและขัดถูแห้ง และผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง

ผ้าพิมพ์จากการพิมพ์สูตรต่างๆที่มีความเข้มของสีสูงสีไม่เพี้ยนหรือสีเพี้ยนน้อยที่สุดที่ถูกนำมาทดสอบหาความคงทนของสีผ้าพิมพ์ต่อการขัดถูเปียกและขัดถูแห้ง และทดสอบหาความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง เพื่อดูว่ามีสีตกออกมาจากการขัดถูและซักหรือไม่ มีสีเปื้อนติดผ้าขาวผืนอื่นหรือไม่ สีบนผ้ามีความคงทนระดับใดบ้างระหว่างระดับของเกรย์สเกล 1 ถึง 5 ตามวิธีการทดสอบที่แสดงไว้ในบทที่ 3 (ระดับ 1 หมายถึง สีบนผ้าไม่คงทนต่อการขัดถูหรือซัก และระดับ 5 หมายถึง สีบนผ้าคงทนต่อการขัดถูหรือซักมากที่สุด)

4.12.1 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

การทดลองนี้ใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าด้วยสี Procion Blue PX-3R โดยใช้ทั้งกาวไหมเซริซินเดี่ยวๆ และใช้กาวไหมเซริซินร่วมกับยูเรีย เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูในภาวะเปียก และภาวะแห้ง และผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง (การเปลี่ยนแปลงของสี และการเปื้อนติดสี) มีแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าพิมพ์ด้วยสีรีแอคทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ยูเรียและใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

สูตร	เกรย์สเกลการเปื้อนติดของสี: ความคงทนของสีต่อการขัดถู		เกรย์สเกลการเปลี่ยนของสี: ความคงทนของสีต่อการซัก	เกรย์สเกลการเปื้อนติดของสี: ความคงทนของสีต่อการซัก
	ภาวะเปียก	ภาวะแห้ง		
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	4	4-5	4-5	5
เซริซินผง 1 กรัม	4	4-5	4-5	4-5
เซริซินผง 2 กรัม และยูเรีย 7 กรัม	4	4-5	4-5	4-5
สารละลายเซริซิน 1 กรัม	4	4-5	4-5	4-5
สารละลายเซริซิน5 กรัม และยูเรีย 5 กรัม	4	5	5	4-5

หมายเหตุ

เกรย์สเกลการเปลี่ยนของสีและการเปื้อนติดของสีมีค่าสเกลตั้งแต่ 1 ถึง 5 (1, 2, 3, 4, 5) ระหว่างสเกลแต่ละค่าคิดเป็น 0.5

สเกล 1 หมายถึง ผ้ามีการเปลี่ยนของสีมากที่สุด/ผ้ามีสีหลุดไปเปื้อนติดผ้าอื่นมากที่สุด

สเกล 5 หมายถึง ผ้ามีการเปลี่ยนของสีน้อยที่สุด/ผ้ามีสีหลุดไปเปื้อนติดผ้าอื่นน้อยที่สุด หรือไม่มีการเปลี่ยนของสีและไม่มีสีหลุด

จากผลการทดสอบหาความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูในภาวะเปียกและภาวะแห้ง และความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ พบว่าค่าเกรย์สเกลมีค่าระหว่าง 4 ถึง 5 ซึ่งหมายถึงว่าผ้าสีมีความคงทนต่อการซักและต่อการขัดถูในระดับดีถึงดีมาก นั่นคือ ผ้าพิมพ์ทุกผืนมีความคงทนของสีต่อการขัดถูและการซักล้างในระดับดีถึงดีมาก การใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ไม่ได้มีผลเสียต่อความคงทนของสีผ้าเลย

4.12.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

การทดลองนี้ใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าด้วยสี Procion Blue PX-3R โดยใช้ทั้งผลพลอยได้เดี่ยวๆ และใช้ผลพลอยได้ร่วมกับยูเรีย ผลการทดสอบความคงทนต่อการขัดถูในภาวะเปียก และภาวะแห้ง กับผลการทดสอบความคงทนต่อการซักล้าง (การเปลี่ยนแปลงของสี และการเปื้อนติดสี) มีแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R โดยใช้ยูเรียและใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติกเป็นสารช่วยพิมพ์

สูตรการพิมพ์	เกรย์สเกลการเปื้อนติดของสี: ความคงทนของสีต่อการขัดถู		เกรย์สเกลการเปลี่ยนของสี: ความคงทนของสีต่อการซัก	เกรย์สเกลการเปื้อนติดของสี: ความคงทนของสีต่อการซัก
	ขัดถูเปียก	ขัดถูแห้ง		
ยูเรีย (ผ้ามาตรฐาน)	4-5	4-5	4-5	5
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม	4	4	4-5	5
ผงผลพลอยได้ 5 กรัม และยูเรีย 1 กรัม	3-4	4-5	4-5	5
น้ำสกัดผง 20 กรัม	4-5	5	5	5
น้ำสกัดผง 20 กรัม และยูเรีย 1 กรัม	4-5	5	5	5

จากผลการทดสอบหาความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูในภาวะเปียกและภาวะแห้ง และความคงทนต่อการซักล้างของผ้าพิมพ์ พบว่าค่าเกรย์สเกลมีค่าระหว่าง 3-4 ถึง 5 ซึ่งหมายถึงว่าผ้าสีมีความคงทนต่อการซักและต่อการขัดถูในระดับดีปานกลางถึงดีมาก โดยเฉพาะความคงทนของสีต่อการซักที่เกรย์สเกลระดับ 4-5 ถึง 5 ซึ่งถือว่าดีมาก ฉะนั้นการใช้ผลพลอยได้ไม่ว่าจะเป็นผงผลพลอยได้หรือน้ำสกัดผงเป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้า ไม่ได้มีผลเสียต่อความคงทนของสีผ้าเลย

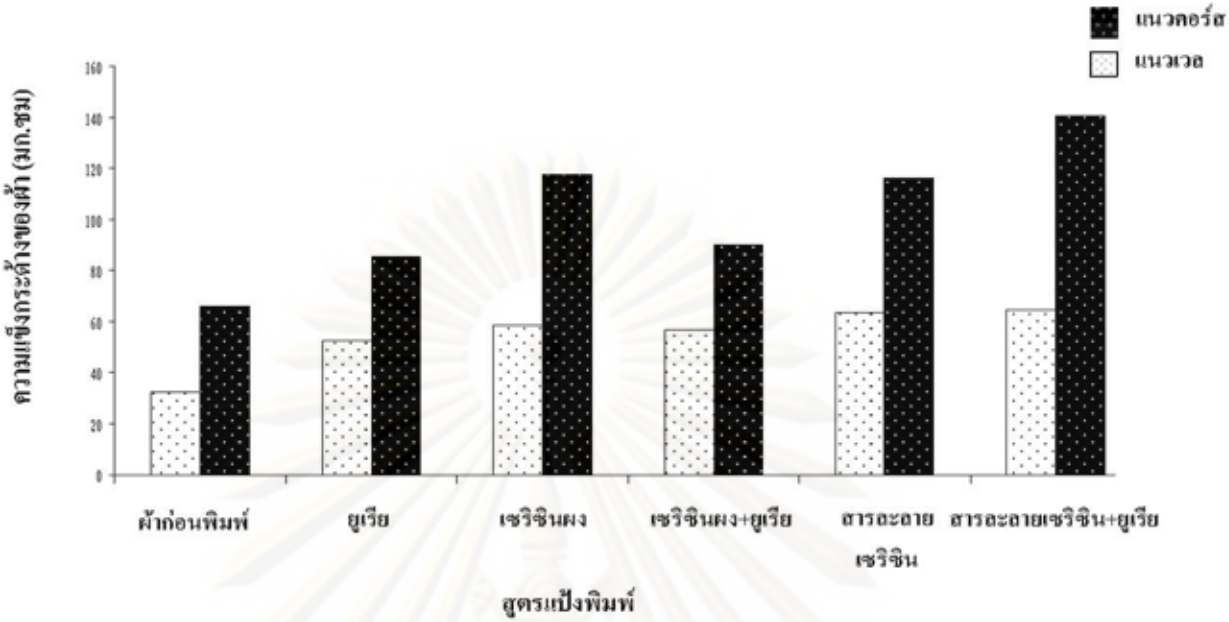
4.13 ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์

ผ้าพิมพ์จากการพิมพ์สูตรต่างๆที่มีความเข้มสีของสีสูงและสีไม่เพี้ยนหรือสีเพี้ยนน้อยที่สุดถูกนำมาทดสอบหาความแข็งกระด้างของผ้า เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียตามวิธีการทดลองในบทที่ 3

4.13.1 ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้เซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

การทดลองนี้ใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าด้วยสี Procion Blue PX-3R โดยใช้ทั้งกาวไหมเซริซินเดี่ยวๆ และใช้กาวไหมเซริซินร่วมกับยูเรีย เทียบกับผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์แสดงดังรูปที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

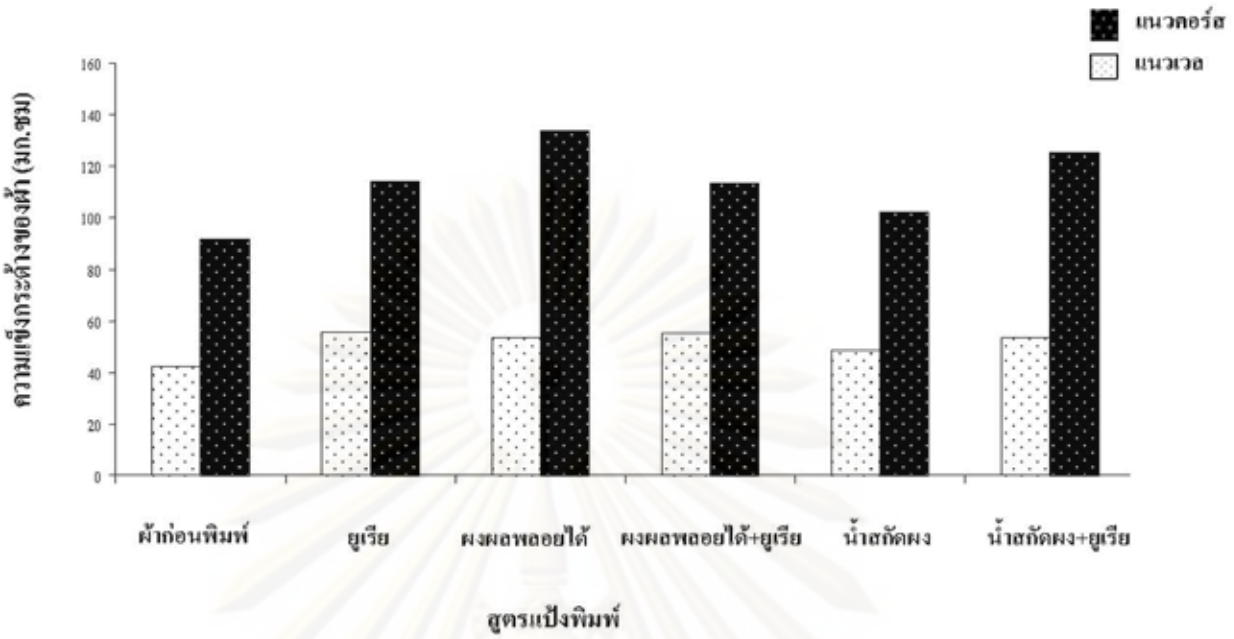


รูปที่ 4.2 ความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์

จากผลการทดสอบหาค่าความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์ที่แสดงในรูปที่ 4.1 พบว่าผ้าพิมพ์ทุกผืนมีความแข็งกระด้างเพิ่มมากขึ้นจากผ้าก่อนพิมพ์โดยเฉลี่ยร้อยละ 18 ในแนวคอร์ส (แนวขวางของผ้า) และร้อยละ 21 ในแนวเวล (แนวยาวของผ้า) ซึ่งยอมรับได้ โดยที่ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย 15 กรัมของส่วนผสมสารข้น 100 กรัม มีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นหลังพิมพ์น้อยที่สุด คือร้อยละ 37 ในแนวคอร์ส และร้อยละ 36 ในแนวเวล ขณะที่ผ้าพิมพ์โดยใช้เซริซินมีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 36-49 ในแนวคอร์ส และร้อยละ 36-113 ในแนวเวล นั่นคือการใช้เซริซินในการพิมพ์ทำให้ผ้าแข็งกระด้างมากขึ้นกว่าการใช้ยูเรียในการพิมพ์ และการใช้สารละลายเซริซินในการพิมพ์ทำให้ผ้าแข็งกระด้างมากกว่าการใช้เซริซินผงในการพิมพ์ อาจเนื่องจากเซริซินมีโมเลกุลใหญ่น่าจะปกคลุมผิวเส้นใยบนผ้า ทำให้ผ้าแข็งกระด้างมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อใช้สารละลายเซริซินในการพิมพ์จะปกคลุมบนผ้ามากขึ้นจนผ้าแข็งกระด้าง

4.13.2 ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

การทดลองนี้ใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าด้วยสี Procion Blue PX-3R โดยใช้ทั้งผลพลอยได้เดี่ยวๆ และใช้ผลพลอยได้ร่วมกับยูเรีย ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความแข็งกระด้างของผ้าที่พิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์

จากผลการทดสอบหาค่าความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์ที่แสดงในรูปที่ 4.2 พบว่าผ้าพิมพ์ทุกผืนมีความแข็งกระด้างเพิ่มมากขึ้นจากผ้าก่อนพิมพ์โดยเฉลี่ยร้อยละ 26 ในแนวคอร์ส และร้อยละ 29 ในแนวเวล ซึ่งยอมรับได้ โดยที่ผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผง 20 กรัมของส่วนผสมสารข้น 100 กรัม มีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นหลังพิมพ์น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 16 ในแนวคอร์ส และร้อยละ 10 ในแนวเวล และผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้มีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นร้อยละ17-21 ในแนวคอร์ส และร้อยละ 10-64 ในแนวเวล ขณะที่ผ้าพิมพ์โดยใช้ยูเรีย 15 กรัมของส่วนผสมสารข้น 100 กรัม มีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 21 ในแนวคอร์ส และร้อยละ 19 ในแนวเวล นั่นคือการใช้ผลพลอยได้ในการพิมพ์ทำให้ผ้าแข็งกระด้างมากขึ้นกว่าการใช้ยูเรียในการพิมพ์ และการใช้ผงผลพลอยได้ในการพิมพ์ทำให้ผ้าแข็งกระด้างมากกว่าการใช้น้ำสกัดผงในการพิมพ์ อาจเนื่องจากธาตุและโลหะต่างๆ ในผลพลอยได้ เช่น แคลเซียมที่อยู่บนผ้าพิมพ์ทำให้ผ้าแข็งกระด้าง โดยวิเคราะห์จากปริมาณของธาตุและโลหะต่างๆที่อยู่บนผ้าพิมพ์ ซึ่งจะพบว่าในผ้าพิมพ์โดยใช้น้ำสกัดผง 20 กรัมของส่วนผสมสารข้น 100 กรัม มีโลหะต่างๆที่อยู่บนผ้าพิมพ์น้อย จึงมีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นหลังพิมพ์น้อยที่สุด

จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า การใช้กาวไหมเซริซิน (ชนิดผงและสารละลาย) เป็นสารช่วยพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟทั้งแบบใช้เดี่ยวๆ และแบบใช้ร่วมกับยูเรีย ให้ผลการพิมพ์ด้านความเข้มของสี ความแตกต่างของสี ความสว่าง และค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์ที่ด้อยกว่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเซริซินเป็นสารโปรตีนโมเลกุลใหญ่ เมื่อถูกพิมพ์ลงบนผ้าอาจ

เคลือบปิดผิวผ้าจนสีแพร่ซึมลงเส้นใยไม่ได้มาก จึงพิมพ์ได้ผ้าสีอ่อนและได้สีเพี้ยนไม่เหมาะแก่การนำมาใช้แทนยูเรียในการพิมพ์ ส่วนผลการใช้ผลพลอยได้ (ชนิดผงและน้ำสกัดผง) ทั้งแบบใช้เดี่ยวๆ และแบบใช้ร่วมกับยูเรีย ให้ผลการพิมพ์ด้านความเข้มของสี ความแตกต่างของสี ความสว่าง และค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์เทียบเท่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย และในบางกรณีได้สีเข้มกว่าและไม่เกิดการเพี้ยนของสี อีกทั้งยังสามารถลดปริมาณการใช้ยูเรียลงได้มากหลายเท่าตัวของปริมาณที่ใช้พิมพ์ในปัจจุบัน จึงสามารถใช้ผลพลอยได้ทั้งชนิดผงและชนิดน้ำสกัดผงมาแทนการใช้ยูเรียสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟโดยไม่พบโลหะหนักอันตรายบนผ้าหลังพิมพ์ด้วย พบเพียงโลหะแคลเซียมปริมาณที่สูงที่สุด ซึ่งมีผลทำให้ผ้าแข็งกระด้างเมื่อใช้ผงผลพลอยได้ในการพิมพ์ ส่วนผลการทดสอบความคงทนของสีผ้า พบว่าการพิมพ์ด้วยสูตรต่างๆหรือสารต่างๆไม่มีผลเสียต่อความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูหรือการซัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟโดยใช้กาวไหมเซริซิน (ชนิดผงและสารละลาย) และผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก (ชนิดผงและน้ำสกัดผง) เป็นสารช่วยพิมพ์ทั้งแบบใช้เดี่ยวๆ และแบบใช้ร่วมกับยูเรียเพื่อผสมในแป้งพิมพ์สีรีแอกทีฟ

จากผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลองที่แสดงไว้ในบทที่ 4 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) การใช้กาวไหมเซริซิน (ชนิดผงและสารละลาย) เป็นสารช่วยพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R และ Procion Black PX-GR ทั้งแบบใช้เดี่ยวๆ และแบบใช้ร่วมกับยูเรีย พบว่าไม่สามารถใช้กาวไหมเซริซินเป็นสารช่วยพิมพ์แทนยูเรียได้ ทั้งนี้เพราะจะทำให้พิมพ์ผ้าได้สีอ่อนเกินไป และมักได้สีเพี้ยนเกิดขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลขนาดใหญ่ของเซริซินปกคลุมผิวผ้าจนทำให้สีแทรกซึมลงบนผ้าได้น้อย และสีอาจเกิดปฏิกิริยากับเซริซินด้วยจนทำให้สีเพี้ยนไป ไม่สามารถพิมพ์ได้ผลดีเทียบเท่าการพิมพ์โดยใช้ยูเรีย แต่การพิมพ์นี้ไม่มีผลเสียต่อสมบัติด้านความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถูและต่อการซักล้าง และผ้าแข็งกระด้างขึ้นหลังพิมพ์ในระดับที่ยอมรับได้

2) การใช้ผลพลอยได้ (ชนิดผงและน้ำสกัดผง) เป็นสารช่วยพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R ทั้งแบบใช้เดี่ยวๆ และแบบใช้ร่วมกับยูเรีย พบว่าปริมาณการใช้ที่ให้ผลการพิมพ์ดีที่สุดคือการใช้ผลพลอยได้เดี่ยวๆ ชนิดผง 5 กรัม และชนิดน้ำสกัดผง 20 กรัม (จากการเตรียมผงต่อน้ำในสัดส่วน 1:3 โดยน้ำหนัก) ส่วนการใช้ผลพลอยได้ร่วมกับยูเรีย คือ ชนิดผง 5 กรัม และยูเรีย 1 กรัม ชนิดน้ำสกัดผง 20 กรัม (จากการเตรียมผงต่อน้ำในสัดส่วน 1:3 โดยน้ำหนัก) และยูเรีย 1 กรัม

3) การใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ Procion Blue PX-3R ให้ผลการพิมพ์ด้านความเข้มของสี ความแตกต่างของสี ความสว่าง และค่า a* และ b* ของผ้าพิมพ์เทียบเท่าผ้าที่พิมพ์โดยใช้ยูเรีย และในบางกรณีได้สีเข้มกว่าและไม่เกิดการเพี้ยนของสี อีกทั้งยังสามารถลดปริมาณการใช้ยูเรียลงได้หลายเท่าตัวจากปริมาณที่ใช้พิมพ์ในปัจจุบัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของผลพลอยได้มีโลหะต่างๆ (มีประจุบวก) ทำหน้าที่ช่วยผนึกโมเลกุลของสี (มีประจุลบ) ให้ติดบนผ้า (มีประจุลบในภาวะการพิมพ์ที่เป็นด่าง) ได้มากขึ้นหรือช่วยดึง

โมเลกุลของสีที่มีประจุลบเข้าใกล้ผ้าที่มีประจุลบได้มากขึ้น หลังจากนั้นสีจะเกิดพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยบนผ้าในภาวะด่าง ส่งผลให้ผ้าพิมพ์มีสีเข้มขึ้น

4) ผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้เป็นสารช่วยพิมพ์มีความคงทนของสีต่อการซักและต่อการขัดถูอยู่ในระดับดีถึงดีมากและผ้าพิมพ์ไม่แข็งกระด้างเกินไป

5) จากผลการทดลองพบว่าสามารถใช้ผลพลอยได้ (ชนิดผงและน้ำสกัดผง) เป็นสารช่วยพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟแทนยูเรีย หรือใช้ร่วมกับยูเรียได้

6) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยลดต้นทุนการพิมพ์แบบเดิมที่ต้องใช้ยูเรียเป็นสารช่วยพิมพ์ และช่วยใช้ผลพลอยได้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้นกว่าที่จะทิ้งทำลายเป็นของเสียหรือส่งเข้าสู่กระบวนการบำบัดของเสียโดยไม่เกิดประโยชน์ใดๆ ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการศึกษากลไกหรือหน้าที่ของยูเรียที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น และสามารถนำความรู้นี้มาปรับปรุงกระบวนการพิมพ์ให้ดียิ่งขึ้น

- ศึกษาการใช้เซริซินที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันมาใช้เป็นสารช่วยพิมพ์

- เมื่อประยุกต์งานวิจัยนี้ในระดับอุตสาหกรรมควรมีการทดสอบหาปริมาณโลหะในน้ำทิ้งภายหลังกระบวนการพิมพ์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรม

- เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของเหงื่อที่จะสกัดโลหะออกจากผ้าพิมพ์โดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลกติก จึงควรนำผ้าที่พิมพ์จากงานวิจัยนี้มาสกัดหาโลหะตามวิธี ISO 105-E04 Test solution II แล้วนำมาวัดด้วย Atomic absorption spectrometry (AAS) หรือ Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] อัจฉราพร ไศละสูตร. 2524. การออกแบบลายผ้าและเทคนิคการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สหประชาพาณิชย์.

[2] มนตรี รัตนวิจิตร และคณะ. 2541. คู่มือวิชาการสิ่งทอ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัททีทีไอเอส จำกัด และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] แหล่งที่มา: http://eng.rmutsv.ac.th/ge/web/Index.html

[4] กาญจนา ลือพงษ์. 2548. การพิมพ์สิ่งทอ [สไลด์]. สาขาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[5] Miles, L. WC. 1994. Textile Printing, 2 nd ed. Oxford: Alden Press.

[6] กาวี ศรีกูลกิจ. หลักการย้อมสีสิ่งทอ. 2544. ภาควิชาวัสดุสาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] Prášil, M. 2002. Textile Printing (Part I-Chemical Part). Department of Textile Finishing, Faculty of Textile engineering, Technical University of Liberec.

[8] สาระ สาโรวาท และรัตนวรรณ มกรพันธุ์. 2546. เซริซินโปรตีนกาวไหม : พอลิเมอร์ชีวภาพที่ไม่ควรมองข้าม. วารสารวิทยาศาสตร์ 57 (มกราคม-กุมภาพันธ์): 40-48.

[9] สิรีรัตน์ จารุจินดา. 2548. การลอกกาวไหมและการฟอกขาวไหม ตอนที่ 1, คัลเลอร์เวย์ 56 (มกราคม-กุมภาพันธ์): 34-38.

[10] Zhang, Y. 2002. Application of Natural Silk Protein Sericin in Biomaterials. Biotechnology Advances 20: 91-100.

[11] Kim, S. 2007. Gas Permeation Through Water-Swollen Sericin/PVA Membranes. Master's Thesis. Department of Applied Science, Faculty of Chemical Engineering, University of Waterloo.

[12] โมโตอิ มินากาวะ. 2530. วิทยาการไหม. เล่ม 1. แปลโดย เข็มชัย เหมะจันทร. กรุงเทพมหานคร: มปท.

[13] Meesipa, P., et al. 2008. Silk Soap Comprising Sericin Protein. United States Patent US 7,314,851 B2.

[14] จิรายุ บัวทอง, ชมพูพรรณ บุตรทิพย์สกุล, นุศรา บุญธรรม และวรี ติยะบุญชัย. 2551. การพัฒนาแผ่นฟิล์มซีรีซินแปะหน้าที่บรรจุวิตามินซี. โครงงานระดับปริญญาตรี, ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[15] ฐิติรัตน์ ศุภศิลป์, ณัฐพล ราตรีประสาทสุข และธนธรณ์ ขอทวีวัฒนา. 2550. การเตรียมไฮโดรเจลจากเซริซินโดยการฉายรังสีแกมมา เพื่อใช้เป็นวัสดุปิดรักษาบาดแผล. โครงงานวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาเคมี โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์.

[16] Morooka, H., Fuwa, N., Osada, K., and Morooka, H. 2006. Effects of Sericin Processed Sportswear on Physiological Response and Fatique. Textile research Journal 76: 94-95.

[17] Haroun, A.A., and Mansour, H.F. 2007. Effect of Cationisation on Reactive Printing of Leather and wool. Dyes and Pigments 72: 80-87.

[18] Houshyar, S., and Amirshahi, S.H. 2002. Treatment of Cotton with Chitosan and Its Effect on Dyeability with Reactive Dyes. Iranian Polymer Journal 1: 295-301.

[19] Zhang, S., et al. 2005. Continuous Dyeing of Cationised Cotton with Reactive Dyes. Color. Technol 121: 183-186.

[20] Yuen, C., Ku, S., Choi, P., and Kan, C. 2006. Optimisation of Colour Yield of Ink-jet Printed Cotton Fabric with Reactive Dyes. Taiwan Journal of Textile Research 16: 15-22.

[21] Chakvattanatham, K., Phattanarudee, S., and Kiatkamjornwong, S. 2006. Effects of Amino Acid and Sericin Pretreatment on Properties of Printed Silk Fabric. Master's Thesis. Department of Imaging and Printing Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

[22] Ahmed, S E., Youssef, Y A., El-Shishtawy, M., and Mousa, A A. 2006. Urea/Alkali-Free Printing of Cotton with Reactive Dyes. Journal Compilation of Dyers and Colourists, Color. Technol 122: 324-328.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนุชศรา นฤมลต์ เกิดวันที่ 27 เมษายน 2524 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต วิชาเอกเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในปีการศึกษา 2548 หลังจากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2549 และสำเร็จการศึกษาในภาคต้น ปีการศึกษา 2551 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปีครึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย