การพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำ สำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

DEVELOPMENT OF WATER-BASED INK FOR SILK SCREEN PRINTING FROM OLEIC ACID MODIFIED POLY(VINYL ALCOHOL)

ฐิตาทร บุญวัฒนโสภณ
THITATORN BOONWATTANASOPHON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559
KMITL-2016-SC-M-014-025

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำ สำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

DEVELOPMENT OF WATER-BASED INK FOR SILK SCREEN PRINTING FROM OLEIC ACID MODIFIED POLY(VINYL ALCOHOL)

T143991

ฐิตาทร บุญวัฒนโสภณ

THITATORN BOONWATTANASOPHON

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b.00266979

i.

สพทม. 143991

เลขทะเบียน

วัน.เดือน.ปี 10 ต.ค. 2559

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-SC-M-014-025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF WATER-BASED INK FOR SILK SCREEN PRINTING FROM OLEIC ACID MODIFIED POLY(VINYL ALCOHOL)

THITATORN BOONWATTANASOPHON

A THESIS SUMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN TECHNOLOGY POLYMER

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-SC-M-014-025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ "การพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำ สำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก"
"DEVELOPMENT OF WATER-BASED INK FOR SILK SCREEN PRINTING FROM OLEIC ACID MODIFIED POLY(VINYL ALCOHOL)"

ชื่อนักศึกษา นางสาวฐิตาทร บุญวัฒนโสภณ
รหัสประจำตัว 56605046
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์)
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ชลลดา ฤตวิรุฬห์ ประธานกรรมการ	
รศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร อาจารย์บัณฑิตประจำ (ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง)	
ผศ.ดร.ธนิดา ตระกูลสุจริตโชค ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันฯ	
ผศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	

วัน/ เดือน/ ปี ที่สอบ 5 กรกฎาคม พ.ศ.2559 เวลา 09.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง 303 อาคารพระจอมเกล้า

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 15 **เดือน** ก.ค. **พ.ศ.** 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำ สำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

ชื่อนักศึกษา นางสาวฐิตาทร บุญวัฒนโสภณ

รหัสประจำตัว 56605046

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีพอลิเมอร์

พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ

อาจารย์ผู้ชำนาญการด้านงานสกรีน อาจารย์ วรา ชัยนิตย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำโดยใช้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (Oleic acid) ที่อัตราส่วน 1, 3 และ 5 pph (P*(1), P*(3) และ P*(5)) เป็นเนื้อหมึกพิมพ์ร่วมกับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มวลโมเลกุลต่ำ (L) หรือพอลิไวนิลอะซิเทต (A) ที่อัตราส่วน 40:60 และ 60:40 โดยน้ำหนัก โดยมีน้ำมันลินสีด 4 pph เป็นสารช่วยการเชื่อมโยง พบว่าหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้มีค่าความหนืดในช่วง 4,900-20,500 cP (เกรดการค้า 11,340 cP) โดยหมึกพิมพ์สูตร P*A มีค่าความหนืดสูงกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L ที่อัตราส่วนเดียวกัน หลังจากนั้นนำหมึกพิมพ์สกรีนลงบนผ้าฝ้าย ศึกษาการยึดติดของหมึกพิมพ์บนผ้าฝ้าย ความคมชัดของลวดลายและการทดสอบเฉดสี โดยพบว่าหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้มีความคมชัด โดยตรวจสอบจากค่า ΔD_{BS}, ΔD_{SW1} และ ΔD_{SW5} ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของเกรดการค้า ส่วนเสถียรภาพของหมึกพิมพ์จากการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีจากค่า Δe พบว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A มีความทนทานต่อการซักล้างดีกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L จากผลการทดสอบพบว่าหมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60 มีความคมชัดและความทนทานต่อการซักล้างได้ดี และพบว่าการเติมกลีเซอรอลในปริมาณ 35 pph ทำให้สามารถสกรีนภาพต่อเนื่องได้จำนวนมากที่สุด จากการทดสอบการสกรีนหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้ลงบนวัสดุประเภทต่าง ๆ พบว่าหมึกพิมพ์มีความเหมาะสมในการใช้งานกับผ้าฝ้ายที่สุด

คำสำคัญ : หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ, งานพิมพ์สกรีน, พอลิไวนิลอัลกอฮอล์, กรดโอเลอิก, พอลิไวนิลอะซิเทต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of water-based ink for silk screen printing from oleic acid modified poly(vinyl alcohol)
Student Name	Miss Thitatorn Boonwattanasophon
Student ID	56605046
Degree	Master of science
Program	Technology polymer
Year	2016
Thesis Adviser	Asst.Prof.Dr.Pathavuth Monvisade
Specialist for screen printing	Mr.Vara Chaiyanitaya

Abstract

This research developed the water-based ink for silk screen using modified poly(vinyl alcohol) (PVA) with oleic acid at the ratio of 1, 3 and 5 pph (P*(1), P*(3) and (P*(5)) and low molecular weight PVA (L) or poly(vinyl acetate) (A) as the main components. The weight ratios of P*: A or P*: L were 40:60 and 60:40. Linseed oil (4 pph) was added as a crosslinking agent. The results showed that the viscosities of prepared water-based inks were in a range of 4,900-20,500 cP (commercial ink 11,340 cP). It was observed that P*A inks had higher viscosity than P*L inks at the same ratio. Thereafter, water-based inks were screened on the 100% cotton sheets. The screened sheets were investigated for adhesion, pattern sharpness and color tone of water-based inks. The sharpness of water-based inks was evaluated from ΔD_{BS}, ΔD_{SW1} and ΔD_{SW5} values. The sharpness results showed that the values were in a range between UCL and LCL of commercial ink. The stability of color tone obtained from Δe value showed that P*A inks were more stable than those of P*L inks. From all results, it showed that the formula, which provided highest quality of pattern sharpness and durability after washing was P*(5)40A60 ink. The highest number of continue-screening-through was obtained when 35 pph of glycerol was added into P*(5)40A60 ink. Additionally, the results from applying the inks onto various substrates indicated that the most suitable substrate for the inks was 100% cotton sheet.

Keyword : water-basd ink, slik screen, poly(vinyl alcohol), oleic acid, poly(vinyl acetate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาคอยชี้แนะให้ความรู้ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือและตรวจทานตลอดการดำเนินวิทยานิพนธ์ ทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์วรา ชัยนิตย์ อาจารย์ผู้ชำนาญการด้านงานที่ช่วยให้คำแนะนำ คำชี้แนะและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างมากในการดำเนินวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชลลดา ฤตวิรุฬห์ รศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัญญาวรากร และ ผศ.ดร.ธนิดา ตระกูลสุจริตโชค คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจทานและให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการวิเคราะห์งานต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่คอยให้คำแนะนำ เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินงานวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ประโยชน์และความรู้อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ฐิตาทร บุญวัฒนโสภณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป IX

คำย่อและสัญลักษณ์ XI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การพิมพ์สกรีน 4

2.1.1. วัสดุอุปกรณ์ในการพิมพ์ซิลค์สกรีน 4

2.1.1.1 กรอบสกรีน (Frame) 4

2.1.1.2 ผ้าสกรีน (Screen Fabric) 5

2.1.1.3 กาวอัด 6

2.1.1.4 น้ำยาเคลือบแพทลี่ 7

2.1.1.5. ยางปาด 7

2.2. ระบบการพิมพ์สกรีน 7

2.2.1 ระบบการพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือ 7

2.2.2 ระบบการพิมพ์แบบกึ่งอัตโนมัติ 8

2.2.3 ระบบการพิมพ์แบบอัตโนมัติ 8

2.3 หมึกพิมพ์ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ 8
2.3.2 หมึกพิมพ์ฐานน้ำมัน 13
2.3.3 หมึกพิมพ์ยูวี 14
2.3.4 หมึกพิมพ์พลาสติซอล 14
2.4 พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol)) 15
2.4.1 สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ 15
2.4.2 การใช้งานของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ 16
2.5 แซนแทนกัม (Xanthan gum) 17
2.6 น้ำมันชักแห้ง (Drying Oils) 19
2.6.1 องค์ประกอบ 19
2.6.2 กรดไขมัน 19
2.6.3 ชนิดของน้ำมันชักแห้ง 22
2.6.4 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oils) 22
2.6.5 น้ำมันลินสีด (Linseed oil) 24
2.7 กรดโอเลอิก (Oleic acid) 27
2.8 ตัวเร่งปฏิกิริยา 27
2.9 กลีเซอรอล 28
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 34
3.1 สารเคมี 34
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ 35
3.2.1 อุปกรณ์สำหรับผลิตสี 35
3.2.2 อุปกรณ์สำหรับงานสกรีน 35
3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ 36
3.3 การเตรียมสารละลาย 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1 การเตรียมสารละลาย PVA (JP-27) 10% ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร 36

3.3.2 การเตรียมสารละลาย PVA (NL-05) 10% ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร 36

3.3.3 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก (P*) 36

3.3.4 การเตรียมสารละลาย PVA ที่เติมกรดโอเลอิก (P) 37

3.4 การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์ฐานน้ำ 37

3.5 การทดสอบหมึกพิมพ์ 39

3.5.1 การหาค่าความหนืด 39

3.5.2 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน 39

3.5.3 การทดสอบหาปริมาณของแข็งคงเหลือ 39

3.5.4 การทดสอบหาการบวมตัว 39

3.6 การสกรีนบนผ้า 40

3.7 การทดสอบสมบัติของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการสกรีน 40

3.7.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบความคงทน 40

3.7.2 การวัดเฉดสีด้วยเครื่องวัดสี 41

3.7.3 การวัดความคมชัดของลวดลาย 44

3.8 การปรับเปลี่ยนชนิดของวัสดุอื่นที่ใช้สกรีน 45

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง 46

4.1 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของหมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้าและแม่สีเชื้อน้ำ 46

4.1.1 หมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้า 46

4.1.2 แม่สีเชื้อน้ำ 47

4.2 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และกรดโอเลอิก 48

4.2.1 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนไปของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 50

4.3 การวิเคราะห์สมบัติของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ 53

4.3.1 ความหนืดและเสถียรภาพของหมึกพิมพ์ 53

4.4 ความคมชัดของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังสกรีน 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ความคงทนและเสถียรภาพของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง 59
4.5.1 การวัดความคมชัดของลวดลายหลังจากการซักล้าง 1 ครั้ง 59
4.5.2 การเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการซักล้าง 1 ครั้ง 63
4.5.3 การวัดความคมชัดของลวดลายหลักจากการซักล้าง 5 ครั้ง 65
4.5.4 การเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการซักล้าง 5 ครั้ง 66
4.6 ผลของปริมาณกลีเซอรอลต่อการแห้งของสีบนแบบสกรีน 69
4.6.1 ความหนืดและจำนวนครั้งของการสกรีนต่อเนื่อง 69
4.6.2 สมบัติความคมชัดของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังสกรีน 70
4.6.3 ความคงทนและเสถียรภาพของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง 70
4.7 การปรับเปลี่ยนชนิดของวัสดุอื่นที่ใช้สกรีน 77
4.8 การเปรียบเทียบสมบัติของหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้กับหมึกพิมพ์เกรดการค้า 80
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 82
5.1 สรุปผลการทดลอง 82
5.2 ข้อเสนอแนะ 83
เอกสารอ้างอิง 84
ภาคผนวก 87
ภาคผนวก ก 87
ภาคผนวก ข 93
ภาคผนวก ค 97
ภาคผนวก ง 101
ภาคผนวก จ 103
ภาคผนวก ฉ 105
ประวัติผู้เขียน 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม 12-13
2.2 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดาและหมึกพิมพ์สกรีนยูวี 14
2.3 สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ 16
2.4 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ 21
2.5 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันลินสีด 25
2.6 กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันลินสีด 25
2.7 สมบัติของ *p*-toluenesulfonic acid 28
3.1 สมบัติจำเพาะของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เกรดต่าง ๆ และพอลิไวนิลอะซิเทต 34
3.2 อัตราส่วนผสมของเนื้อหมึกพิมพ์สูตรต่าง ๆ 38
4.1 ปริมาณของแข็งคงเหลือและการบวมตัวของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์สูตรต่าง ๆ 51
4.2 ความหนืดของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ 55
4.3 ความหนืดของหมึกพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างกับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำหรือพอลิไวนิลอะซิเทต 56
4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์สูตรต่าง ๆ หลังการซักล้าง 1 ครั้ง 64
4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์สูตรต่าง ๆ หลังการซักล้าง 5 ครั้ง 68
4.6 ความหนืดและจำนวนครั้งของการสกรีนต่อเนื่องของสีสูตรต่าง ๆ 69
4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง 1 ครั้ง 73
4.8 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง 5 ครั้ง 76
4.9 ราคาต้นทุนวัตถุดิบในการเตรียมหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ 80
4.11 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้กับหมึกเกรดการค้า 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ลวดลายที่ใช้ในการสกรีนเพื่อนำไปทดสอบ 3
2.1 การสังเคราะห์พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (1) และปฏิกิริยาเมทาโนไลซิส จากพอลิไวนิลอะซีเทต (2) 15
2.2 โครงสร้างโมเลกุลแซนแทนกัมและแซนแทนกัมที่ผลิตจากแบคทีเรีย Xanthomonas campestris 18
2.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส (Hydrolysis) ในโมเลกุลของไขมัน 20
2.4 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) 26
2.5 โครงสร้างโมเลกุลของกรดโอเลอิก (Oleic acid) 26
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของกรดปาล์มมิติก (Plamitic acid) 26
2.7 โครงสร้างโมเลกุลของกรดไมรีสติก (Myristic acid) 26
2.8 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) 27
2.9 โครงสร้างโมเลกุลของ *p*-TSA 28
2.10 โครงสร้างโมเลกุลกลีเซอรอล 29
3.1 เครื่องฉายแสง 35
3.2 ลวดลายที่ใช้ในการสกรีนเพื่อนำไปทดสอบ 41
3.3 การทดสอบเฉดสีของชิ้นงานด้วยเครื่องวัดสี 43
3.4 แบบจำลอง CIELab 43
3.5 ระยะห่างในตำแหน่งต่าง ๆ บนบล๊อคสกรีน 44
4.1 สเปกทรัมของหมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้า 46
4.2 สเปกทรัมของแม่สีเชื้อน้ำ 47
4.3 โครงสร้างและสเปกทรัมของ Phthalocyanin blue pigments A. Phthalocyanin blue dry pigment B. Phthalocyanin blue oil paint 48
4.4 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และกรดโอเลอิก 49
4.5 การเกิดพันธะไฮโดรเจนแบบต่าง ๆ 49
4.6 สเปกทรัมของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกที่ปริมาณต่าง ๆ 50
4.7 ฟิล์มที่เตรียมได้ 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 การเชื่อมโยงที่ตำแหน่งอัลไลลิกของกรดโอเลอิก 53
4.9 การเกิดปฏิกิริยาของตัวริเริ่มผ่านอนุมูลอิสระที่ตำแหน่งพันธะคู่และตำแหน่งอัลไลลิก 54
4.10 ลักษณะหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่เตรียมได้ 55
4.11 ตำแหน่งของลวดลายบนบล็อกสกรีนที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด 58
4.12 ผลต่างระยะห่างลวดลายบนบล็อกสกรีนกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีนบนผ้าหลังการสกรีน (ΔD_{BS}) ของสีสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1-4 58
4.13 การหลุดของหมึกพิมพ์สูตร P(5)60A40 60
4.14 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอก 1 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW1}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1-4 61
4.15 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้างด้วยน้ำเปล่า 1 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW1}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1-4 62
4.16 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอก 5 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW5}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1-4 65
4.17 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้างด้วยน้ำเปล่า 5 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW5}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1-4 66
4.18 ผลต่างระยะห่างลวดลายบนบล็อกสกรีนกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีนบนผ้าหลังการสกรีน (ΔD_{BS}) ของสีสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1-4 70
4.19 การหลุดของหมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60G35 71
4.20 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้าง 1 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW1}) ของหมึกพิมพ์ที่ตำแหน่งที่ 1-4 72
4.21 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้าง 5 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW5}) ของหมึกพิมพ์ที่ตำแหน่งที่ 1-4 75
4.22 การสกรีนลงวัสดุกระดาษ 77
4.23 การสกรีนลงผ้าฝ้าย 100 % เบอร์ 70 78
4.24 การสกรีนลงวัสดุผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์ 79
4.25 การสกรีนลงวัสดุผ้าไนลอน 79

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อและสัญลักษณ์	คำเต็ม
PVA	พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol))
PVAc	พอลิไวนิลอะซิเทต (Poly(vinyl acetate))
P	สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เกรด JP-27
P*	สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก
P*(1)	สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 1 pph
P*(3)	สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 3 pph
P*(5)	สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph
L	สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เกรด NL-05
A	สารละลายพอลิไวนิลอะซิเทต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

การพิมพ์สกรีนใช้หลักการปาดสีหรือหมึกพิมพ์ผ่านผ้าสกรีนที่ขึงตึงบนกรอบที่ทำขึ้น โดยปิดและเปิดบริเวณรูผ้าสกรีนให้มีลายภาพตามความต้องการ การพิมพ์นี้สามารถพิมพ์ได้กับวัสดุหลายชนิด เช่น กระดาษ ไม้ ผ้า กระจก และพลาสติก เป็นต้น และยังสามารถพิมพ์ได้กับวัสดุหลายรูปทรง เช่น วัสดุพื้นราบ ทรงกระบอก และวัสดุรูปทรงไข่ เป็นต้น ทั้งที่มีขนาดเล็ก จนถึงขนาดใหญ่โดยไม่จำกัด [1] ทำให้การพิมพ์สกรีนเป็นเทคนิคที่นิยมในปัจจุบัน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งเทคนิคการพิมพ์สกรีนสามารถช่วยให้การพิมพ์ลายลงบนสิ่งทอนั้นเป็นเรื่องง่าย และสามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมาก ๆ ซึ่งในงานพิมพ์สกรีนมีหมึกพิมพ์ให้เลือกหลายประเภท แต่ละประเภทของหมึกพิมพ์ก็มีสมบัติที่แตกต่างกัน โดยประเภทของหมึกที่เลือกนำมาพัฒนาในงานวิจัยคือ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ซึ่งหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำนี้มีต้นทุนขั้นต้นต่ำกว่าหมึกพิมพ์สกรีนประเภทอื่น อีกทั้งยังสามารถแห้งตัวได้เองที่อุณหภูมิห้อง การใช้งานขั้นต้นก็ให้ความสะดวกมากกว่า เนื่องจากถ้าสีสกรีนฐานน้ำข้นเกินไปก็สามารถใช้น้ำเป็นตัวปรับความหนืดได้ หลังจากพิมพ์สกรีนเสร็จเรียบร้อยแล้วก็สามารถใช้น้ำทำความสะอาดบล็อกได้ แต่หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมีสมบัติในการแห้งไว จึงทำให้หมึกพิมพ์แห้งอุดตันบล็อกได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้หมึกพิมพ์ชนิดนี้ไม่สามารถใช้งานกับการสกรีนที่มีความละเอียดสูงได้ อีกทั้งยังต้องล้างทำความสะอาดบล็อกบ่อย นอกจากนี้หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเกรดการค้ามีสารประกอบกลุ่มน้ำมันเป็นองค์ประกอบซึ่งส่งกลิ่นเหม็น และเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

งานวิจัยก่อนหน้านี้ [2] ศึกษาการเตรียมสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ โดยใช้สารละลายพอลิ-ไวนิลอัลกอฮอล์และน้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบหลัก โดยศึกษาอัตราส่วนต่าง ๆ ของสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) และน้ำยางธรรมชาติ (NR) ศึกษาปริมาณการใช้สารเติมแต่งกลีเซอรอลและโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) ในอัตราส่วนต่าง ๆ ในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการทดสอบความทนทานของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ โดยวัดเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้ง พบว่าสภาวะในการทำให้ผ้าแห้งหลังการสกรีนและปริมาณของ KPS ที่ใส่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอย่างมีนัยสำคัญ แต่สัดส่วนของสารละลาย PVA ต่อน้ำยางธรรมชาติมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสี เมื่อนำสูตรหมึกพิมพ์ไปเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์เกรดการค้าพบว่าเฉดสีที่วัดได้ซีดกว่าหมึกพิมพ์เกรดการค้า ซึ่งแสดงถึงข้อด้อยในด้านความทนทานต่อการซักล้างของพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ ซึ่งสามารถละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการปรับปรุงการยึดเกาะของเนื้อสีให้มีความทนทานต่อการซักล้างมากขึ้น โดยการปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิก (Oleic acid) ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน เพื่อปรับโครงสร้างของ PVA ให้มีความเป็นขั้วน้อยลง และทนน้ำมากขึ้น นอกจากนี้พันธะคู่ในกรดโอเลอิกยังสามารถเกิดพันธะเชื่อมโยง ทำให้การยึดเกาะของเนื้อสีกับวัสดุดีขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของปริมาณกรดโอเลอิกที่ใช้ปรับปรุง PVA และขั้นตอนในการใส่โอเลอิก ที่มีผลต่อความหนืด ความคมชัดและความทนทานในการซักล้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำ สำหรับการพิมพ์สกรีนที่มีการยึดติดที่ดีและคงทนต่อการซักล้าง
2. เพื่อพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำให้แห้งช้าลง ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมสูตรของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำโดยมีวัตถุดิบดังนี้

- พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) ทำหน้าที่เป็นสารยึด และเป็นเนื้อหมึกพิมพ์
- กรดโอเลอิก (Oleic acid) ทำหน้าที่เป็นตัวปรับปรุงโครงสร้าง PVA
- *p*-Toluenesulfonic acid ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
- แซนแทนกัม (Xanthane gum) ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด
- น้ำมันลินสีด (Linseed oil) ทำหน้าที่เป็นสารช่วยเพิ่มความต้านทานน้ำ
- กลีเซอรอล (Glycerol) ทำหน้าที่สารที่ทำให้แห้งช้าลง
- โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate) ทำหน้าที่ป็นสารกันบูด
- แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulfate) ทำหน้าที่เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา

2. ปัจจัยศึกษาในการพัฒนาสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

- ปริมาณของกรดโอเลอิก (0-5 pph) ที่ใช้ในการปรับปรุง PVA ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณของกรดโอเลอิก (0-5 pph) ในสารละลาย PVA (ไม่ทำปฏิกิริยา)

3. สกรีนหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้ลงบนผ้าฝ้าย 100% เบอร์ 40 โดยใช้ลวดลาย ดังรูปที่ 1.1 โดยภาพด้านซ้ายมีรายละเอียดทั้งส่วนละเอียดและหยาบ และภาพสี่เหลี่ยมจตุรัสด้านขวาสำหรับการทดสอบเฉดสี

รูปที่ 1.1 ลวดลายที่ใช้ในการสกรีนเพื่อนำไปทดสอบ

4. ศึกษาสมบัติของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้

- ความหนืดของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่เตรียมได้
- ทดสอบความคมชัดของลวดลายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง
- ทดสอบเฉดสีด้วยเครื่องวัดสีมาตรฐาน ASTM D-1925 (Colorimeter Spectrophotometer)
- ทดสอบความทนทานของหมึกพิมพ์หลังการซัก
- ทดสอบจำนวนครั้งในการพิมพ์สกรีนต่อเนื่อง
- ทดสอบการนำไปใช้งานกับวัสดุอื่นที่ใช้สกรีน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเตรียมหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่มีความคงทน แห้งช้า ไม่มีกลิ่น และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพิมพ์สกรีน

การพิมพ์ซิลค์สกรีน (Silk Screen) เป็นระบบการพิมพ์ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวคือ เป็นการพิมพ์โดยการปาดหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดที่เหมาะสมผ่านรูเปิดของผ้าสกรีน (Screen fabric) บนแม่พิมพ์เพื่อให้หมึกไหลลงบนวัสดุแล้วเกิดเป็นลวดลายต่าง ๆ โดยสามารถเลือกวัสดุที่รองรับการพิมพ์ได้หลากหลาย เช่น กระดาษ ผ้า ไม้ แก้ว ฯลฯ เพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น การ์ด โปสเตอร์ แผ่น-ป้ายโฆษณา บรรจุภัณฑ์ ลวดลายผ้า ปกหนังสือ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถใช้พิมพ์ลงบนวัสดุที่มีรูปทรงต่าง ๆ ได้ เช่น วัสดุแบน กลม เหลี่ยม หรือรูปทรงกระบอก เพื่อให้เกิดลวดลายสวยงามโดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ ทั้งนี้การพิมพ์สกรีนจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ พร้อมทั้งกรรมวิธีและเทคนิคการพิมพ์ เพื่อให้สามารถพิมพ์ลงบนวัสดุที่ต้องการได้ โดยต้องพิจารณาถึงรูปร่าง ขนาด พื้นผิว ฯลฯ ที่นำมาใช้พิมพ์ ในขณะเดียวกันอุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์ซิลค์สกรีนต้องคัดเลือกและนำมาใช้ให้ตรงตามความต้องการของชิ้นงานที่พิมพ์ เช่น หมึกพิมพ์ กรอบสกรีน ผ้าสกรีน ยางปาด เครื่องพิมพ์สกรีน เป็นต้น

2.1.1 วัสดุอุปกรณ์ในการพิมพ์ซิลค์สกรีน [3-4]

2.1.1.1 กรอบสกรีน (Frame)

วัสดุที่ใช้ทำกรอบสกรีนมีทั้งแบบที่เป็นกรอบไม้ อะลูมิเนียมหรือสเตนเลส มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นตัวยึดผ้าสกรีน กรอบสกรีนที่ดีควรมีความแข็งแรง คงรูปร่าง ไม่โค้งงอและบิวเบี้ยวเมื่อถูกน้ำหรือสารเคมี ทนต่อแรงดึงในการขึงผ้าสกรีนและทนต่อแรงกดของการพิมพ์สกรีนได้ดี ลักษณะของกรอบสกรีนส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำกรอบสกรีนเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. กรอบไม้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ไม้สักทำกรอบเพราะมีน้ำหนักเบา ไม่ยืดหรือหดตัวง่าย และไม่บิดตัวหรืออาจใช้ไม้แดง ไม้ฉำฉา เป็นต้น

2. กรอบสแตนเลส เป็นที่นิยมใช้ในต่างประเทศ มี 2 ลักษณะคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรอบสแตนเลสที่ทำจากการประกอบเหล็กมุม กรอบสกรีนจะหล่อขึ้นมาเป็นชิ้น ๆ เพื่อต่อกับแกนซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนให้ยาวหรือสั้นได้ กรอบออกแบบเป็นร่องเพื่อยึดผ้าสกรีน สามารถปรับเปลี่ยนผ้าสกรีนได้หลายชนิดโดยใช้เพียงกรอบเดียว

- กรอบสแตนเลสแบบน็อตยึด หรือกรอบแบบ Cam-lok เป็นกรอบเหล็กสเตนเลสที่สามารถขึงผ้าได้เองในตัวโดยไม่ต้องใช้เครื่องขึงผ้ามีลักษณะเป็นโครงเหล็กหนาเจาะเป็นร่องสำหรับใส่แท่งเหล็กประกบผ้าสกรีน มีน็อตยึดแท่งเหล็กเพื่อตรึงผ้าให้ตึงตลอดเวลา กรอบชนิดนี้มีน้ำหนักมากเหมาะแก่การพิมพ์ที่ใช้เครื่องจักร ไม่เหมาะกับการใช้แรงคน

3. กรอบอะลูมิเนียม เป็นกรอบที่ทำจากอลูมิเนียมเส้น สามารถเลือกขนาดเส้นและความหนาของอะลูมิเนียมได้ตามขนาดของกรอบบล็อกสกรีนที่ต้องการทำ กรอบอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบาทนทาน ไม่ยืดหรือหดตัว ทนต่อแรงดึงของผ้าสกรีนได้มาก และทำความสะอาดได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมใช้ แม้มีราคาแพงกว่ากรอบไม้

2.1.1.2 ผ้าสกรีน (Screen Fabric)

ผ้าสกรีนมีความสำคัญที่ทำให้การพิมพ์สกรีนนั้นมีความประณีตเรียบร้อย ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงลักษณะและสมบัติของผ้าสกรีนแต่ละประเภท เพื่อเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1. ผ้าไหม (Silk Fabrics) ในสมัยโบราณมีการนำเส้นไหมทอเป็นผืนแล้วนำมาขึงให้ตึงบนกรอบไม้เพื่อทำเป็นผ้าสกรีน แต่ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้ผ้าไหมเนื่องจากมีราคาแพง เส้นไหมสามารถดูดความชื้นในอากาศมากถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด งานพิมพ์ที่ได้มีความหนาบางของหมึกไม่เท่ากัน จึงมีการนำผ้าชนิดอื่นมาทำเป็นผ้าสกรีนแทนผ้าไหม

2. ผ้าสแตนเลสสตีล (Metal Threads) เป็นผ้าสกรีนที่ทอจากเส้นใยสแตนเลสปั่นเป็นเส้นด้ายจากเครื่องมือที่ทำด้วยเพชร มีขนาดบางมาก เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 มม. ซึ่งเส้นด้ายมีความหนาแตกต่างกัน ± 0.001 มม. ทำให้ผ้าสกรีนมีความเรียบ ปัจจุบันใช้เป็นผ้าสกรีนสำหรับพิมพ์แก้ว เครื่องปั้นดินเผา และแผ่นวงจรไฟฟ้า

3. ผ้าใยสังเคราะห์ (Synthetic Fibers) หมายถึง ผ้าที่ทอจากเส้นใยพลาสติกชนิดต่าง ๆ เส้นใยที่นิยมนำมาทอคือเส้นใยไนลอน และเส้นใยพอลิเอสเทอร์ ซึ่งผ้าไนลอนมีสมบัติเหมาะสำหรับนำมาขึงกรอบสกรีนด้วยมือเพราะยืดหดตัวได้ดีและเหมาะแก่การพิมพ์จำนวนมาก ส่วนผ้าพอลิเอส-เทอร์เหมาะสำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการความเที่ยงตรงเนื่องจากมีการหดตัวน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 กาวอัด

เนื้อกาวอัดมีองค์ประกอบของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์หรือพอลิไวนิลอะซิเทต หรือทั้งสองชนิดผสมกันโดยผ่านกรรมวิธีปั่นกวน และเติมสารเคมีต่าง ๆ เพื่อให้มีสมบัติแตกต่างกัน เช่น สีของกาวอัด ความหนืด (Viscosity) ปริมาณของเนื้อกาวอัด (Solid content) เป็นต้น ซึ่งประเภทของกาวอัดสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. กาวอัดแบบดั้งเดิม (Traditional emulsions) เป็นกาวอัดที่ผสมสารไวแสงประเภทไดโครเมทหรือสารไวแสงประเภทไดเอโซ กาวอัดมีสีแตกต่างกันแล้วแต่ผู้ผลิต การใช้งานแตกต่างกันตามลักษณะของสารไวแสงที่ใช้ เช่น การทำแม่พิมพ์สกรีนจำนวนน้อยและใช้ไฟถ่ายเป็นไฟฟลูออเรส-เซนต์ ควรเลือกใช้กาวอัดที่ผสมสารไวแสงประเภทไดโครเมท เนื่องจากสามารถผสมสารไวแสงครั้งต่อครั้งให้พอการใช้งานใน 1 วัน หากเก็บกาวอัดที่ผสมสารไวแสงชนิดนี้ไว้ข้ามวัน ทำให้ความหนืดและความเข้มข้นของสารไวแสงลดลง จนไม่สามารถนำมาปาดบนบล็อกสกรีนได้

2. กาวอัดแบบดูอัลเคียว (Dual cure emulsions) เป็นกาวอัดที่มีการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง ซึ่งกาวอัดแบบอื่น ๆ ทำปฏิกิริยาเพียงครั้งเดียว โดยเนื้อกาวอัดมีส่วนผสมของสารไวแสงอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งปกติเรียกกาวอัดชนิดนี้ว่า โฟโตพอลิเมอร์ (Photopolymer) กาวอัดประเภทนี้มีสมบัติต่างจากกาวอัดแบบดั้งเดิมคือเนื้อกาวอัดสามารถเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวได้เองแต่ไม่สมบูรณ์จึงต้องเติมสารไวแสงประเภทไดเอโซอีกจำนวนหนึ่งเข้าไป เพื่อจะเปลี่ยนสถานะของกาวอัดให้เป็นของแข็งได้ สารไวแสงไดเอโซนี้ช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้มากขึ้นเมื่อได้รับแสงจากไฟถ่ายในช่วงคลื่น 410 นาโนเมตร กาวอัดประเภทนี้มีความทนทานต่อหมึกฐานน้ำมันและหมึกฐานน้ำ ทั้งยังเก็บรายละเอียด (Resolution) และความคมชัด (Definition) ของลวดลายได้ดีกว่ากาวอัดแบบดั้งเดิม รวมทั้งใช้เวลาในการถ่ายน้อยกว่าจึงเหมาะสำหรับงานพิมพ์ภาพ 4 สี (Halftone) และแผงวงจรไฟฟ้า (PCB)

3. กาวอัดแบบสำเร็จรูป (One component emulsions) เป็นกาวอัดที่มีสารไวแสงผสมอยู่เรียบร้อยแล้ว เนื้อกาวอัดกับสารไวแสงจะทำปฏิกิริยากันเอง แต่จะไม่เปลี่ยนสถานะจนกว่าจะได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ช่วงคลื่น 365 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงที่เมื่อกาวอัดได้รับแล้วสามารถทำปฏิกิริยากับสารไวแสงได้สมบูรณ์และกาวเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งยึดกับผ้าสกรีน ในการใช้งานสามารถเปิดใช้ได้ทันทีในห้องที่มีแสงสีแดงหรือสีเหลือง (Safe light) ส่วนบล็อกสกรีนที่ยังไม่ผ่านการถ่ายไฟ สามารถเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นต่ำ และในที่มืดได้นานประมาณ 6 เดือน โดยอายุการใช้งานของกาวอัดแบบสำเร็จรูป สามารถเก็บรักษาได้นาน 1-2 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 น้ำยาเคลือบสกรีนแพทลี่ (Patly)

เป็นน้ำยาใส ใช้เคลือบแม่พิมพ์สกรีนที่ทำจากกาวอัด เพื่อให้ทนกับหมึกพิมพ์ฐานน้ำเนื่องจากโดยปกติแม่พิมพ์กาวอัดจะทนทานกับหมึกพิมพ์ฐานน้ำมัน ฐานพลาสติก หรือหมึกพิมพ์ ยูวี การเคลือบน้ำยาทำโดยใช้สำลีหรือเศษผ้าชุบน้ำยาเคลือบทาแม่พิมพ์กาวอัดบาง ๆ ทั้ง 2 ด้าน ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งหรือเป่าด้วยลมเย็นแล้วทาทับใหม่ 1-2 ครั้ง ไม่ควรใช้ลมร้อนในการเป่าเพราะจะทำให้น้ำยาเคลือบระเหยเร็วเกินไปจนดึงผ้าสกรีนขาด

2.1.1.5 ยางปาด (Squeegee)

ยางปาดหรือแปรงปาดหมึก ทำหน้าที่เกลี่ยสีจากแม่พิมพ์สกรีนด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยหมึกได้รับแรงกดจากยางปาดทำให้ผ่านรูผ้าสกรีนลงไปบนวัสดุที่พิมพ์ได้ ยางปาดเป็นอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อปริมาณหมึกที่ซึมผ่านผ้าสกรีน รวมทั้งความหนาและความเรียบของหมึกบนชิ้นงาน คุณภาพของการพิมพ์สกรีนจึงขึ้นกับวัสดุที่ใช้ผลิตยางปาด รูปทรง ความแข็ง ขนาด และความเรียบของยางปาด

2.2. ระบบการพิมพ์สกรีน

ในอดีตการพิมพ์สกรีนต้องอาศัยแรงงานคนทั้งหมดทุกขั้นตอน ตั้งแต่การผลิตแม่พิมพ์สกรีนจนกระทั่งขั้นตอนการพิมพ์ซึ่งเป็นการพิมพ์ด้วยมือ ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องจักรกลมาใช้ในการพิมพ์สกรีน เนื่องจากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานการพิมพ์ที่ดีและเพิ่มความรวดเร็วในการพิมพ์สกรีน การพิมพ์สกรีนสามารถแบ่งได้ 3 แบบตามระบบการพิมพ์ ได้แก่ ระบบการพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือ (Manual) ระบบการพิมพ์แบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic) และระบบการพิมพ์แบบอัตโนมัติ (Automatic) [3]

2.2.1 ระบบการพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือ

ระบบการพิมพ์ที่ใช้มือในการสกรีน กลไกในการทำงานของเครื่องมือมีความซับซ้อนน้อยที่สุด โดยเครื่องมือจะมีส่วนประกอบเพียงส่วนเดียว คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการพิมพ์ ขั้นตอนการใช้งานเริ่มต้นจากการติดตั้งแม่พิมพ์สกรีน จากนั้นนำชิ้นงานที่ต้องการพิมพ์วางบนตำแหน่งที่ทำฉากไว้ และเริ่มพิมพ์ ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดผู้พิมพ์เป็นผู้ปฏิบัติงาน ระบบการพิมพ์แบบนี้จะมีราคาไม่สูงมาก และส่วนใหญ่จะใช้สำหรับพิมพ์วัสดุที่เป็นแผ่นเรียบเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ระบบการพิมพ์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ระบบการพิมพ์แบบนี้บางส่วนจะเป็นกลไกอัตโนมัติและใช้มือ ในส่วนของการพิมพ์นั้นเครื่องจะพิมพ์ชิ้นงานโดยอัตโนมัติ แต่ต้องอาศัยแรงงานคนเป็นหลักในการป้อนชิ้นงาน เครื่องพิมพ์แบบนี้สามารถพิมพ์ได้ทั้งวัสดุที่มีรูปทรงแบนราบและรูปทรงอื่น ๆ และเนื่องจากขั้นตอนในการพิมพ์เป็นแบบอัตโนมัติซึ่งมีการตั้งค่าการพิมพ์ที่คงที่ทำให้คุณภาพการพิมพ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันมากกว่าเครื่องพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือ

2.2.3 ระบบการพิมพ์แบบอัตโนมัติ

การพิมพ์สกรีนแบบนี้จะมีกลไกการทำงานของเครื่องพิมพ์ทุกขั้นตอนเป็นแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่การป้อนชิ้นงาน พิมพ์และรับชิ้นงาน ทำให้สามารถพิมพ์ชิ้นงานได้เร็วกว่าเครื่องพิมพ์แบบพิมพ์ด้วยมือและกึ่งอัตโนมัติ ดังนั้นการพิมพ์จะอาศัยแรงงานคนเฉพาะในการตรวจสอบผลงานพิมพ์ ตรวจสอบเครื่องเมื่อมีปัญหาและดูแลรักษาเท่านั้น ระบบการพิมพ์แบบอัตโนมัติสามารถพิมพ์ได้ทั้งวัสดุแผ่นเรียบและวัสดุที่มีรูปทรงต่าง ๆ เช่น ทรงกระบอก ทรงรี ทรงโค้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามเครื่องพิมพ์แบบอัตโนมัติส่วนใหญ่จะผลิตมาใช้สำหรับชิ้นงานที่เป็นแผ่นเรียบที่มีความหนาไม่มากนักเนื่องจากข้อจำกัดในส่วนการป้อนชิ้นงาน

2.3 หมึกพิมพ์สกรีน (Screen printing ink)

หมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์สกรีนสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ (Water-based screen ink) หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน (Solvent-based screen ink) หมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล (Plastisol screen ink) และหมึกพิมพ์สกรีนยูวี (UV screen ink)

2.3.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเป็นหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายให้หมึกอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว โดยทั่วไปหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำจะเหมาะสำหรับการพิมพ์บนวัสดุบางประเภทเท่านั้น เช่น กระดาษ ผ้า และพลาสติกประเภทไวนิลคลอไรด์ หรือพีวีซี เนื่องจากการเกาะติดที่ไม่ดีบนวัสดุบางประเภทเมื่อเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์ประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำยังแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามประเภทสารให้สี ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1. หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสี คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นผงสี [3-4]

หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทนี้ มีส่วนประกอบ 4 อย่างคือ ผงสี เรซิน สารเติมแต่งและน้ำ ซึ่งเป็นตัวทำละลายและตัวพาหมึก โดยทำหน้าที่กระจายสารยึดผงสี (Binder) ประเภทอะคริลิก เช่น ไวนิลอะซิเตต (Vinyl acetate) และบิวทิลอะคริเลต (Butyl acrylate) รวมไปถึงการละลายสารเพิ่มความหนืด (Thickener) หรือน้ำมันก๊าด (Kerosene) โดยอาศัยอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำและน้ำมันก๊าด ทำให้รวมตัวกันได้โดยที่น้ำมันก๊าดแตกตัวเป็นหยดเล็ก ๆ กระจายเข้าไปอยู่ในน้ำ ในขณะเดียวกันน้ำก็ทำหน้าที่ห่อหุ้มผงสีไปด้วย นอกจากนี้ภายในหมึกพิมพ์ยังมีสารเติมแต่งอื่น ๆ ที่เติมเพื่อปรับสมบัติต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์ให้เป็นไปตามที่กำหนด เช่น สารกันฟอง (Antifoam) สารทำให้นุ่ม (Softening agent) องค์ประกอบสุดท้ายของหมึกพิมพ์ประเภทนี้คือ สารผนึกสี (Fixing agent) เช่น เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ (Melamine formaldehyde) ที่ช่วยทำให้หมึกพิมพ์ติดทนบนวัสดุใช้พิมพ์ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำนี้ แบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

- หมึกพิมพ์สีจมหรือหมึกพิมพ์ธรรมดา หมึกพิมพ์สกรีนประเภทนี้เหมาะสำหรับพิมพ์ผ้าฝ้ายหรือผ้าใยสังเคราะห์ผสมกับผ้าฝ้าย แต่จะต้องมีอัตราส่วนของเส้นใยสังเคราะห์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ผ้าที่พิมพ์ควรมีสีอ่อนและควรผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีต่าง ๆ ในช่วงอุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3-5 นาที สารผนึกสีจะทำปฏิกิริยากับหมึกพิมพ์ไว้แล้ว ทำให้ยึดติดกับเนื้อผ้า สีจึงไม่ตกหรือซีดจางหลังการซัก หมึกพิมพ์ผ้าสีจมจะประกอบด้วยเม็ดผงสีที่ค่อนข้างหยาบ จึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ลวดลายที่ต้องการพิมพ์ และคุณภาพของหมึก

- หมึกพิมพ์สีลอย คือ หมึกพิมพ์สีจมที่ปรับปรุงให้มีเนื้อผงสีเข้มข้นมากขึ้น และยังมีเรซินที่ช่วยทำให้แม่สีลอยตัวและเกาะติดแน่นบนผ้า เมื่อนำไปพิมพ์บนผ้าที่มีพื้นสีเข้ม สีของหมึกพิมพ์ก็จะลอยเด่นชัดอยู่บนเนื้อผ้าทำให้ลวดลายที่พิมพ์ยังคงความสวยงามไว้ได้ ซึ่งต่างกับหมึกพิมพ์สีจมที่เมื่อพิมพ์ลงบนพื้นผ้าสีเข้มแล้ว สีของหมึกพิมพ์จะซึมหายไปเนื่องจากผงสีจมหายหรือซึมเข้าไปในเนื้อผ้า ทำให้ลวดลายที่พิมพ์ไม่สวยงาม ข้อดีของหมึกพิมพ์สีลอยคือ สามารถพิมพ์ได้ทั้งบนผ้าสีอ่อนและสีเข้ม นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงคุณภาพของหมึกพิมพ์สีลอยโดยผลิตให้มีความมันเงามากขึ้น และช่วยเพิ่มความสวยงามของผ้าที่พิมพ์ไว้ เรียกว่า “หมึกพิมพ์สีลอยมัน”

- หมึกพิมพ์สีนูนหรือหมึกพิมพ์สีฟู หมึกพิมพ์สกรีนประเภทนี้มีสารทำฟอง (Foaming agent) หรือที่เรียกในวงการสกรีนว่า “เชื้อฟู” ผสมอยู่ สมบัติของหมึกพิมพ์ประเภทนี้ใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์สีลอย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษในการนำมาใช้งานคือ ต้องมีการปาดหมึกให้เรียบผ่านผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกรีนที่หยาบหรือมีความละเอียดต่ำ และหลังจากการพิมพ์เสร็จแล้วต้องนำผ้าที่พิมพ์ไปผึ่งให้แห้งและเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส

- หมึกพิมพ์สียาง ใช้สำหรับการพิมพ์ผ้าสีอ่อนและสีเข้ม เมื่อสีแห้งจะมีลักษณะเป็นยาง สีมันเงาและยืดได้ หมึกพิมพ์มีความเข้มข้นชนิดทึบแสงและโปร่งแสง

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีหมึกพิมพ์ประเภทอื่นๆ เช่น ประเภทสีเงิน ประเภทสีทอง ประเภทสีมุกและประเภทที่มีกากเพชร ทำโดยการใช้สารยึดผงสีเกรดพิเศษมาผสมกับผงเงิน ผงทองดีบุก หรือกากเพชร โดยมีองค์ประกอบอื่นเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์ประเภทอื่น ๆ

2.3.1.2. หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทสีย้อม คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นสีย้อมมีตัวทำละลายและตัวพาหมึกคือน้ำ ซึ่งสามารถละลายสีย้อมได้ การพิมพ์ผ้าโดยใช้หมึกพิมพ์ประเภทสีย้อมเป็นการพิมพ์ที่มีต้นทุนค่อนข้างสูงต่างจากการพิมพ์ผ้าโดยหมึกพิมพ์สกรีนประเภทอื่น และส่วนใหญ่จะทำเป็นระดับอุตสาหกรรม องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ประเภทนี้มีดังนี้

1. สีย้อม เป็นสีที่มีความเข้มข้นของสีมาก สีย้อมที่นำมาใช้อาจมีสภาพที่ต่างกัน เช่น มีลักษณะเป็นผง เกล็ด หรือของเหลว เมื่ออยู่ในสภาพของผงหรือเกล็ดก่อนนำมาใช้งานต้องละลายน้ำก่อนที่อุณหภูมิห้อง ถ้าละลายยากอาจใช้น้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส หรือตัวทำละลายชนิดอื่น หากเกิดฟองขณะละลายสามารถเติมสารกำจัดฟองได้ สีย้อมมีหลายประเภท ได้แก่

- สีย้อมรีแอคทีฟ (Reactive dyes) สามารถละลายน้ำได้และมีสมบัติเป็นเบส นิยมใช้กับการพิมพ์ลงบนเส้นใยเซลลูโลสในกลุ่มฝ้าย ลินิน เรยอน และผ้าไหม
- สีย้อมดิสเพิร์ส (Disperse dyes) ไม่สามารถละลายน้ำได้แต่มีสมบัติการกระจายตัวที่ดี เหมาะสำหรับเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ผ้าพอลิเอสเทอร์ ผ้าอะคริลิก ผ้าไนลอน ลักษณะการยึดติดของสีจะอาศัยวิธีการระเหิด โดยใช้ความร้อนทำให้สีย้อมกลายเป็นก๊าซแทรกซึมเข้าไปยึดติดในเส้นใยผ้า
- สีย้อมแวต (Vat dyes) ได้แก่สีน้ำเงินในกลุ่มคราม เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำต้องทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์ให้สีละลายน้ำไปเป็นสารไม่มีสีก่อนที่จะย้อมเส้นใย จากนั้นนำเส้นใยที่ย้อมแล้วผึ่งแดดจะทำให้โมเลกุลของสีเกิดการออกซิไดซ์กลับไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ และตกตะกอนอยู่บนเส้นใยหรือในช่องว่างระหว่างโมเลกุลเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สีย้อมเบสิก (Basic dyes) ละลายน้ำได้ดี เหมาะสำหรับพิมพ์ผ้าอะคริลิกและไนลอน มีสมบัติเด่นในด้านความคงทนต่อการซักและความสดใสของสี เนื่องจากอาศัยการยึดระหว่างขั้วบวกของสีย้อมกับเส้นใยที่เป็นขั้วลบ
- สีย้อมแอซิด (Acid dyes) เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ ละลายน้ำได้ดี การพิมพ์หรือการย้อมผ้าในกลุ่มของเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยโปรตีน เช่น ผ้าขนสัตว์ ผ้าไหม สีแอซิดมีสมบัติด้านความคงทนต่อการซักและความทนแดดที่ดี โดยการยึดติดระหว่างผ้ากับสีพิมพ์จะมีลักษณะคล้ายกับสีย้อมเบสิกในสภาวะกรด

2. สารเพิ่มความหนืด นอกจากทำให้หมึกพิมพ์มีความหนืดมากขึ้นแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวพาสีย้อมจากแม่พิมพ์สกรีนลงไปบนผ้าประเภทต่าง ๆ สารเพิ่มความหนืดมีลักษณะเป็นของเหลวข้นจึงนิยมเรียกอีกชื่ออหนึ่งว่า “สารข้น” สารเพิ่มความหนืดอาจมาจากธรรมชาติ หรือเป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้น หรือเกิดจากการผสมกันของสารจากธรรมชาติและสังเคราะห์ก็ได้

- สารเพิ่มความหนืดธรรมชาติ ได้แก่ กัมอะระบิก กัมทรากาแคนท์ กัมจากถั่วโลคัส กัมแซนแทน โซเดียมอะจิเนต เป็นต้น
- สารเพิ่มความหนืดที่ได้จากการสังเคราะห์และกึ่งสังเคราะห์ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิล-เซลลูโลส แป้งคาร์บอกซีเมทิล พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ พอลิไวนิลอะซิเตต

ในการเลือกใช้สารเพิ่มความหนืดจะต้องพิจารณาองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ทุกตัวรวมทั้งสารเติมแต่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ผสมนั้นสามารถเข้ากันได้ดีหรือไม่ โดยเมื่อรวมตัวกันแล้วจะไม่แยกตัวออกจากกันและสามารถนำไปใช้ในการพิมพ์ได้ทุกขั้นตอน

3. สารเติมแต่ง การเติมสารเติมแต่งมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยปรับแต่งให้หมึกพิมพ์มีสมบัติดีขึ้น ซึ่งสารเติมแต่งแต่ละประเภทมีสมบัติที่แตกต่างกัน ตัวอย่างสารเติมแต่งที่นิยมใช้ในหมึกพิมพ์ผ้าประเภทสีย้อม เช่น

- สารเติมแต่งที่ช่วยให้สีย้อมละลายดีขึ้น เช่น เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) ไดเอทิลีนไกลคอล (Diethylene glycol) กรดอะซิติก (Acetic acid) ยูเรีย (Urea) เป็นต้น
- สารเติมแต่งที่ลดความกระด้างของน้ำ เช่น โซเดียมเอทิลีนไดเอมีน (Sodium ethylene diamine)
- สารกันฟอง (Antifoam) เช่น น้ำมันซิลิโคน (Silicone oil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารกันบูด เช่น ฟีนอล (Phenol) ครีโซล (Cresol)
- สารทำให้เปียก (Wetting agent) เช่น กลีเซอรีน (Glycerin) เติมลงไปเพื่อช่วยดูดซับความชื้น ทำให้หมึกพิมพ์ไม่แห้งจนเกินไป
- สารเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เช่น ไทโอยูเรีย (Thio urea)
- สารปรับหมึก ทำให้มีหมึกพิมพ์มากขึ้น เช่น ดินที่ใช้ทำเครื่องดินเผา (China clay)
- ตัวรีดิวส์ (Reducing agent) เป็นตัวทำให้เกิดการคงตัวในสีย้อมแวต เช่น โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (Sodiumhydrosulfite)
- ตัวปรับค่า pH ให้เป็นกรด เพื่อทำให้เกิดการคงตัวในสีย้อมแวต เช่น กรดซิตริก (Citric acid)
- ตัวปรับค่า pH ให้เป็นด่าง ทำให้เกิดความคงตัวในสีย้อมแวต เช่น โซเดียมไบ-คาร์บอเนต (Sodium bicarbonate)

การเปรียบเทียบส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม

ส่วนประกอบ	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ	
	ประเภทผงสี	ประเภทสีย้อม
สารให้สี	ผงสี	สีย้อม
ตัวทำละลาย	น้ำ	น้ำ
สารยึดผงสี (binder) และสารปรับความหนืด (thickener)	น้ำมันก๊าด มอนอเมอร์ไวนิลอะซิเทต บิวทิลอะคริเลต	โซเดียมอัลจิเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ส่วนประกอบ	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ	
	ประเภทผงสี	ประเภทสีย้อม
สารเติมแต่ง	สารทำให้นุ่ม สารต้านการเกิดฟอง	สารทำให้เปียก ตัวออกซิไดซ์ ตัวรีดิวซ์ สารเพิ่มความชื้น สารปรับค่า pH สารเพิ่มการละลาย สารกันบูด
สารผนึกสี	เมลามีนฟอร์มาดีไฮด์	ไทโอยูเรียฟีนอล

2.3.2 **หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน**

หมึกพิมพ์ฐานน้ำมัน (Solvent-Based Ink) เป็นหมึกพิมพ์ที่มีตัวทำละลายเป็นสารที่มีขั้วต่ำ เนื้อสีแห้งได้ที่อุณหภูมิห้องจากการระเหยของตัวทำละลาย เนื้อสีมีกลิ่นเหม็นจากตัวทำละลาย โดยแบ่งเป็นประเภท ดังนี้

หมึกพิมพ์ดรูไลท์ (Dulite Ink) เป็นหมึกพิมพ์แห้งช้า ต้องผสมน้ำมันเฉพาะหรือน้ำมันสนในการล้างทำความสะอาดใช้สำหรับงานพิมพ์โลหะ ไม้ กระจก กระดาษและพลาสติกบางประเภท และเหมาะกับงานพิมพ์ที่ต้องการให้หมึกพิมพ์นูน เช่น นามบัตร การ์ด ทั้งนี้ควรใช้ฟิล์มม่วง

หมึกพิมพ์พีวีซี (PVC Ink) เป็นหมึกพิมพ์ที่แห้งเร็ว ต้องใช้น้ำมันผสมเพื่อให้แห้งช้าและน้ำมันล้างโดยเฉพาะเนื้อสีพิมพ์มีทั้งแบบโปร่งแสงและทึบแสง เหมาะสำหรับการพิมพ์บนกระดาษ พลาสติกเนื้ออะคริลิก สติ๊กเกอร์ และฉลากผลิตภัณฑ์บนขวดพลาสติก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 หมึกพิมพ์ยูวี

หมึกพิมพ์ยูวี (UV-Based Ink) เป็นหมึกพิมพ์ที่เซ็ตตัวด้วยแสงยูวี โดยการฉายแสงยูวีลงบนชั้นฟิล์มของหมึกหลังจากที่พิมพ์ลงวัสดุเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ดังนั้นการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ยูวีจะสามารถแห้งตัวได้อย่างรวดเร็ว ใช้กับงานพิมพ์ที่มีคุณภาพสูงในระบบอุตสาหกรรมและใช้ในงานพิมพ์ที่ต้องการความทนทานต่อแสงแดดเป็นเวลานาน หมึกพิมพ์ยูวีมีองค์ประกอบแตกต่างจากหมึกพิมพ์ทั่วไป ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดาและหมึกพิมพ์สกรีนยูวี

หมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดา	หมึกพิมพ์สกรีนยูวี
1. เรซิน (resin)	1. พรีพอลิเมอร์ (prepolymer) หรือโอลิโกเมอร์
2. สารละลาย (solvent)	2. มอนอเมอร์ (monomer)
3. สารให้สี (colourant)	3. สารให้สี (colourant)
4. สารเติมแต่ง (additive)	4. สารเติมแต่ง (additive)
5. คะตะลีสต์ (catalyst) หรือฮาร์ดเดนเนอร์ (hardener)	5. สารเริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เมื่อได้รับแสงยูวีหรือสารไวแสง (photoinitiator)

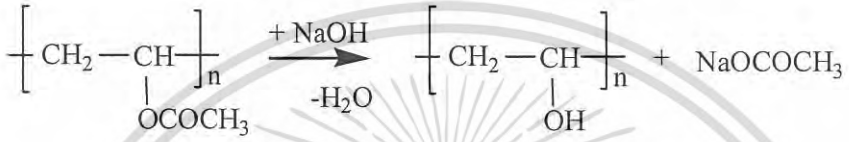
2.3.4 หมึกพิมพ์พลาสติซอล

หมึกพิมพ์พลาสติซอล (Plastisol Ink) เป็นหมึกพิมพ์ประเภทพอลิเมอร์ที่มีสารพลาสติไซ-เซอร์ (Plasticizer) เป็นสารช่วยกระจายตัว หมึกพิมพ์แบบธรรมดาและสีลอย เหมาะสำหรับการพิมพ์ลงบนผ้าทุกประเภท และผ้าสังเคราะห์พิเศษ เนื้อหมึกไม่สามารถแห้งเองได้ที่อุณหภูมิห้อง จำเป็นต้องใช้ความร้อนในการอบสีให้แห้งที่อุณหภูมิ 130-180 °C เหมาะกับการพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูงและรายละเอียดมาก ๆ มีทั้งแบบ 1 สี, หลากสีและการพิมพ์ชุดสอดสี (Colour Process) เนื้อสีสามารถล้างออกได้ด้วยน้ำมันสน จากสมบัติพิเศษของสีทำให้ต้องมีอุปกรณ์อื่นเสริมในการทำงาน เนื้อสีมีราคาแพงเป็นที่นิยมใช้กับงานพิมพ์ระบบอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพของชิ้นงานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol))

พอลิไวนิลอัลกอฮอล์เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอะซิเทต เนื่องจากมอนอเมอร์ไวนิลอัลกอฮอล์ (CH_2=CHOH) ไม่เสถียร สามารถเกิด tautomerize เปลี่ยนเป็นอะซิทัลดีไฮด์ (CH_3CHO) ได้ง่ายจึงไม่สามารถเตรียมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากพอลิเมอไรเซชันของไวนิลอัลกอฮอล์โดยตรง พอลิไวนิลอัลกอฮอล์เตรียมได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสหรือปฏิกิริยาเมทาโนไลซิสของพอลิไวนิลอะซีเทต ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 [5]



(2.1)

(2.2)

รูปที่ 2.1 การสังเคราะห์พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (1) และปฏิกิริยาเมทาโนไลซิสจากพอลิไวนิลอะซีเทต (2)

2.4.1 สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ [6]

พอลิไวนิลอัลกอฮอล์เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟินส์ มีลักษณะเป็นผงสีขาวจนถึงครีม ไม่เป็นพิษ ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส สามารถละลายน้ำได้ และละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีสมบัติพิเศษ คือ สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 230°C สำหรับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีองศาการไฮโดรไลซิสอย่างสมบูรณ์และ 180-190°C สำหรับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีการไฮโดรไลซิสบางส่วน พอลิไวนิลอัลกอฮอล์สามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 200°C [7] ความสามารถในการละลายในน้ำ ขึ้นกับองศาการพอลิเมอไรซ์และเปอร์เซ็นต์ไฮโดรไลซิส ความสามารถในการละลายน้ำมีค่ามากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง และ/หรือเปอร์เซ็นต์ไฮโดรไลซิสต่ำลง พอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีสมบัติการก่อฟิล์ม และการยึดติด (เป็นกาว) ที่ดี อีกทั้งยังทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดี พอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีความเค้นแรงดึงและความยืดหยุ่นสูง และมีสมบัติป้องกันการระเหยของกลิ่นและน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์

ชื่ออื่น ๆ	Polyviol, Vinol, Alvyl, Alkotex, Covol, Gelvatol, Lemol, Mowiol
ลักษณะภายนอก	เม็ดสีขาวจนถึงครีม
ความหนาแน่น	1.19 – 1.31 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
pH	5-7
อุณหภูมิหลอมเหลว	230 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	228 องศาเซลเซียส
จุดวาบไฟ	79.44 องศาเซลเซียส
เสถียรภาพทางความร้อน	ที่ 100°C ไม่มีผล แต่ที่ 160°C จะเกิดรอยดำ

<u>สมบัติทางกายภาพของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ขึ้นอยู่กับ</u>

- องศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส : ถ้าไฮโดรไลซ์สมบูรณ์ 100% มีความทนทานต่อแรงดึงสูงขึ้น สามารถทนทานต่อการฉีกขาดได้และมีพันธะไฮโดรเจนมาก

- ความชื้นของสิ่งแวดล้อม : เนื่องจากน้ำสามารถเป็นพลาสติไซเซอร์ให้กับพอลิเมอร์ชนิดนี้ได้ เช่น ถ้ามีความชื้นอยู่ 50% ความทนต่อแรงดึงลดลงแต่ความสามารถในการยืดตัวมากขึ้น

- น้ำหนักโมเลกุล : พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทนต่อแรงดึงฉีกขาดต่ำกว่าพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

2.4.2 การใช้งานของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์

1) อาศัยสมบัติการละลายในน้ำ เช่น ใช้เป็นสารข้น (Thickening agent) ให้ระบบอิมัลชันและระบบแขวนลอยต่าง ๆ และใช้ทำแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาษซึ่งมีความใสเหนียว และทนต่อการขีดข่วน

2) นำพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ไปทำปฏิกิริยาเคมีแบบเชื่อมโยง ซึ่งจะไม่สามารถละลายได้ในน้ำแล้วจึงนำมาใช้งาน ซึ่งพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ไม่ละลายในน้ำนี้สามารถดูดน้ำและความชื้นได้เป็นอย่างดี (ประมาณ 30% โดยน้ำหนัก) จึงใช้เป็นเส้นใยแทนฝ้ายได้ ผ้าที่ทำด้วยเส้นใยพอลิไวนิลอัลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวมใส่สบาย ซักง่าย ทนทานต่อการสึกหรอ และสามารถคงรูปได้เป็นอย่างดีที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส

3) ใช้ทำเป็นวัสดุยึดติด (Adhesive material) โดยการยึดติดใช้หลักการให้ความร้อนและความสามารถในการหลอมเหลวของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์

4) ใช้เป็นสารตัวเติม (Filler) ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและใช้เป็นตัวประสาน (Binder) ในการทำเครื่องใช้จากเซรามิก

5) สามารถใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ต่าง ๆ เนื่องจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ไม่มีความเป็นพิษ

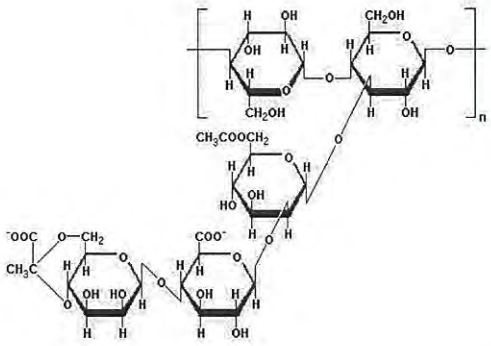
6) สามารถใช้เป็นสารที่ทำให้อิมัลชันมีเสถียรภาพ (Emulsion stabilizer) กระจายตัวได้ดี

2.5 กัมแซนแทน (Xanthan gum) [8]

กัมแซนแทน เป็นพอลิแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหารและเป็นสารที่ช่วยปรับปรุงสมบัติการไหลได้ เป็นกัมที่ได้จากการหมักด้วยน้ำตาลกลูโคสหรือซูโคสด้วยเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วนำมาตกตะกอนด้วยไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์แยกเอาแซนแทนกัมออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด

โมเลกุลของกัมแซนแทนเป็นพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ประเภท heteropolysaccharide ที่มีหน่วยซ้ำของโครงสร้างหลักเป็น β-D-glucose มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลส (Cellulose) แต่ทุก ๆ 2 โมเลกุลของกลูโคส (Glucose) เชื่อมต่อกับกิ่งของ trisaccharide ที่เกิดจากน้ำตาลแมนโนส (Mannose) 2 โมเลกุล และกรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) 1 โมเลกุล โมเลกุลของแมนโนสที่อยู่ติดกับสายหลักมีเอสเทอร์ของกรดแอซีติกที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และแมนโนสที่ตำแหน่งปลายของ trisaccharide มีกรดไพรูวิกเชื่อมต่ออยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 และ 6 แสดงดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
143991



Xanthan Gum ผลิตจาก แบคทีเรีย Xanthomonas campestris

รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของกัมแซนแทนและกัมแซนแทนที่ผลิตจากแบคทีเรีย Xanthomonas campestris

สมบัติทางกายภาพ

กัมแซนแทนละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายของกัมแซนแทนที่มีสารที่มีสมบัตินำไฟฟ้า (Electrolyte) ผสมอยู่เล็กน้อยจะมีสมบัติในการรักษาเสถียรภาพทางความร้อน (Thermal stability) ที่ดีมากและมีความหนืดคงที่ในช่วงอุณหภูมิ -18°C ถึง 80°C และความหนืดคงที่ในช่วง pH 1-11 นอกจากนี้สารละลายกัมแซนแทนยังมีสมบัติเป็นซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) คือ ความหนืดของสารละลายจะลดลงเมื่อมีแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ต่อการใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร

การนำไปใช้ประโยชน์

กัมแซนแทน นำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในอุตสาหกรรม โดยหน้าที่หลักจะใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัว และทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี เช่น

- ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ช่วยทำให้อนุภาคต่าง ๆ แขวนลอยได้ดีและช่วยให้เกิดเป็นครีม ซึ่งส่วนใหญ่พบได้ในน้ำสลัดและซอส รวมทั้งไอศกรีม นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในอาหารแช่แข็งและเครื่องดื่มด้วย
- ใช้ทดแทนไขมัน (fat replacer) ในอาหารแคลอรี่ต่ำ
- ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็ง
- นำกัมแซนแทนไปใส่ในยาสีฟันเพื่อใช้เป็นตัวผสาน ช่วยไม่ให้เสียรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ การเติมกัมแซนแทนช่วยทำให้หยดน้ำมันสามารถคงตัวอยู่ในระบบอิมัลชันแบบน้ำมันได้
- ในอุตสาหกรรมขุดเจาะน้ำมัน ใช้กัมแซนแทนในปริมาณที่มากเพื่อใช้เป็น Thicken drilling fluids ซึ่งช่วยทำให้นำของแข็งที่เจาะได้กลับขึ้นมาที่พื้นผิวได้ง่ายขึ้น
- ในงานก่อสร้าง ใช้กัมแซนแทนผสมกับคอนกรีตที่เทใต้น้ำเพื่อให้คอนกรีตมีความหนืดสูงขึ้นและป้องกันการกัดเซาะ

2.6 น้ำมันชักแห้ง (Drying Oils) [9-12]

น้ำมันชักแห้งถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิว เพื่อเพิ่มสมบัติบางประการ เช่น เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์ม ทำให้ไม่เปราะ หรือเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เป็นต้น

น้ำมันชักแห้งที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวมาจาก 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ น้ำมันชักแห้งจากพืช และน้ำมันชักแห้งจากทะเลซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำมันปลา

2.6.1 องค์ประกอบ

น้ำมันชักแห้งเป็นสารประกอบของไตรกลีเซอไรด์กล่าวคือ เป็นไตรเอสเตอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน ดังนี้

$$\text{กลีเซอรอล} + \text{กรดไขมัน} \rightleftharpoons \text{ไตรกลีเซอไรด์} + \text{น้ำ}$$

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นถ้าไฮโดรไลซ์น้ำมันได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน

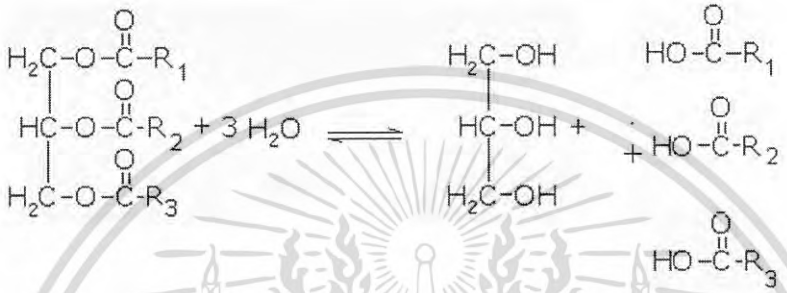
ไขมันจัดเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เช่นกัน แต่ไขมันต่างจากน้ำมันตรงที่ในสภาวะอุณหภูมิห้องไขมันมีสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมันมีสถานะเป็นของเหลว

2.6.2 กรดไขมัน

สมบัติของน้ำมันชักแห้งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้าง โดยชนิดของกรดไขมันมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์ โมเลกุลของกรดไขมันประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่ออยู่กับสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม กรดไขมันไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ จุดเดือดและจุด-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอมเหลวสูงขึ้นตามจำนวนคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น โดยกรดไขมันอิ่มตัวมีจุดเดือดสูงกว่ากรดไขมันไม่-อิ่มตัวเมื่อเทียบมวลโมเลกุลที่ใกล้เคียงกัน กรดไขมันผลิตได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) โดยการสลายพันธะเอสเทอร์ (Ester linkage) ในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันที่อยู่ในรูปของไตรกลี-เซอไรด์ (Triglyceride) ด้วยน้ำ โดยมีการกำจัดกลีเซอรอล (Glycerol) ออกไป ทำให้ได้กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส (Hydrolysis) ในโมเลกุลของไขมัน

กรดไขมันแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1) กรดไขมันอิ่มตัว คือ กรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง คาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่ออยู่กับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ น้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้างจะมีความเสถียร ไม่เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้ไม่มีการเหม็นหืน (Lipid oxidation) ตัวอย่างของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดสเตียริก กรดปาล์มมิติก เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันดังกล่าวแสดงในตารางที่ 2.4

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไปโดยตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป พันธะคู่ที่อยู่ในกรดไขมันส่งผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาการแห้งตัวของน้ำมันเป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ที่อยู่ในโครงสร้างของกรดไขมัน เมื่อมีพันธะคู่มากขึ้นการแห้งตัวของน้ำมันก็ยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งของพันธะคู่ยังส่งผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมันด้วย กล่าวคือถ้ามีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว (Conjugated) เกิดปฏิกิริยาและแห้งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่ที่อยู่ห่างกัน (Isolated) ตัวอย่างโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว แสดงดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ

กรดไขมัน	ชื่อเคมี	โครงสร้าง
ปาล์มมิติก	Hexadecanoic	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
สเตียริก	Octadecaoic	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
โอลิอิก	9-Octadecaoic	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
ริซีโนลีอิก	12-hydroxyl-cis-9-Octadecaoic	$CH_3(CH_2)_4(CH_2)CHCH_2CH{=}CH(CH_2)COOH$ OH
ลิโนลีอิก	Cis-cis-9,12-Octadecadienoic	$CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
ลิโนลีนิก	Cis-cis-9,12,15-Octadecadienoic	$CH_3CH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
อิลีโอสเตียริก	9,11,13-Octadecatrienoic	$CH_3(CH_2)_3CH{=}CHCH{=}CHCH{=}CH(CH_2)_7COOH$
ลิคานิก	4-keto-9,11.13-Octadecatrienoic	$CH_3(CH_2)_3CH{=}CHCH{=}CHCH{=}(CH_2)_4CO(CH_2)_2COOH$
พารินาริก	9,11,13,15-Octadecatetraenoic	$CH_3CH_2CH{=}CHCH{=}CHCH{=}CHCH{=}CH(CH_2)_7COOH$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ชนิดของน้ำมันชักแห้ง

ชนิดของน้ำมันชักแห้งสามารถแบ่งตามสมบัติการแห้งตัว ซึ่งการแห้งตัวขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวหรือพันธะคู่ในโครงสร้างของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันนั้น ๆ โดยแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) น้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil) แห้งตัวได้เร็วที่สุด คือ สามารถดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มของแข็ง และไม่ยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้ นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อสารเคมีด้วย น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ 3 พันธะ ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทัง เป็นต้น

2) น้ำมันแห้งช้า (Semi-drying oil) สามารถดูดออกซิเจนจากอากาศได้น้อย และเกิดเป็นฟิล์มที่แห้งช้ากว่าน้ำมันที่แห้งเร็ว กรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดนี้ จะมีพันธะคู่อยู่ 2 พันธะ น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นสารประกอบในอัลคิดเรซินที่ไม่ขึ้นเหลือง (Non-yellowing alkyd) ตัวอย่างของน้ำมันแห้งช้า ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง (Soy bean oil) น้ำมันดอกคำฝอย (Safflower seed oil) เป็นต้น

3) น้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil) ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติไซเซอร์สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดติดในแลกเกอร์ ตัวอย่างน้ำมันไม่แห้งได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

2.6.4 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oils)

การตรวจสอบคุณภาพน้ำมันก่อนนำไปใช้งาน สามารถตรวจสอบได้โดยทำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐาน B.S. (British Standards) มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) มาตรฐาน AOCS (American Oil Chemists Society) เป็นต้น สำหรับประเทศไทยใช้มาตรฐาน มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ในการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ

1. ค่าความเป็นกรด (Acid value) นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในน้ำ 1 กรัม

ค่าความเป็นกรด เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีในน้ำมัน มีวิธีการหาดังนี้คือ ชั่งน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (ไอโซโพรพานอล : โทลูอีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.1 M ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยใช้สมการที่ 2.3

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{56.1 \times \text{ความเข้มข้นของ KOH} \times \text{มิลลิกรัมของ KOH ที่ได้}}{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำหนักที่ได้}} \qquad (2.3)$$

* สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1639 [13]

2. การหาค่าไอโอดีน ทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักแน่นอน นำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีธาตุฮาโลเจนอิสระที่รู้ปริมาณแน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 M (0.1 M $Na_2S_2O_3$) โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ (ทำการทดสอบสารละลายแบลงค์ด้วย) โดยใช้สมการที่ 2.4

$$\text{ค่าไอโอดีนที่ได้} = \frac{(B-V)\text{N} \times 12.69}{S} \qquad (2.4)$$

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

3. ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Sponification value) นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ต้องใช้ในการสะพอนิฟายเอสเทอร์ และสารอื่น ๆ ที่สามารถเกิดสะพอนิฟิเคชันได้ในน้ำหนัก 1 กรัม

การหาค่าสะพอนิฟิเคชันทำได้โดยชั่งน้ำมัน เติมสารละลายอัลกอฮอลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำไปกลั่นการไหลกลับ จนปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐาน (HCl) ที่มีความเข้มข้น 0.5 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบสารละลายแบลงค์ด้วย คำนวณโดยใช้สมการที่ 2.5

$$\text{ค่าสะพอนิฟิเคชัน} = \frac{(B-V)\text{N} \times 56.1}{S} \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

* สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1962 [14]

4. สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (Unsponifiable matter) สารเหล่านี้เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมันแต่จะไม่เกิดเป็นสบู่ เมื่อทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สารเหล่านี้จะละลายในตัวทำละลายน้ำมัน เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น

การหาสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ ทำได้โดย หลังจากนำน้ำมันไปทำสะพอนิฟิเคชันแล้วนำส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน ก็สามารถหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันได้

5. ค่าไฮดรอกซิล (Hydroxyl value) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในน้ำมัน นิยามได้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมดุลกับปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีในน้ำมันหนัก 1 กรัม น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ยกเว้นน้ำมันละหุ่ง การหาค่าไฮดรอกซิลสามารถทำได้โดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของอะซิติกแอนไฮไดรด์ในไพริดีน จากปฏิกิริยาอะซิติกแอนไฮไดรด์ที่มากเกินพอ ซึ่งถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็นกรดอะซิติก ซึ่งสามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอัลกอฮอลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

*สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1957 [15]

2.6.5 น้ำมันลินสีด (Linseed oil) [16-17]

เมล็ดลินสีดมีปริมาณน้ำมันประมาณ 35–45% ซึ่งจัดเป็นพืชน้ำมันหลักที่มีปริมาณกรดไขมันลิโนลิอิกสูงถึงประมาณ 40–65% และมีสมบัติว่องไวต่อการเกิด Autooxidation ซึ่งเป็นผลให้น้ำมันลินสีดมีสมบัติแห้งเร็ว เหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมทำสีย้อม และสีเคลือบเงา น้ำมันลินสีดดิบ อาจถูกใช้ในแง่โภชนาการได้เช่นกัน ซึ่งสมบัติของน้ำมันลินสีดแสดงดังตารางที่ 2.5 กรดไขมันที่สำคัญที่ได้จากการไฮโดรไลซีสของน้ำมันลินสิด แสดงดังตารางที่ 2.6 และรูปที่ 2.4-2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันลินสีด [17]

	น้ำมันลินสีดดิบ	น้ำมันลินสีดที่ผ่านกรรมวิธีที่ทำให้บริสุทธิ์
ค่าไอโอดีน	170	170
ค่าของกรด	3.5	0.5
ค่าสะพอนิฟิเคชัน	188	190
สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ร้อยละ	1.25	1.25
ค่าถ่วงจำเพาะ, 25 องศาเซลเซียส	0.9201	0.9184
ดัชนีหักเห, 25 องศาเซลเซียส	1.4780	1.4784

ตารางที่ 2.6 กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันลินสีด (Linseed oil) [18]

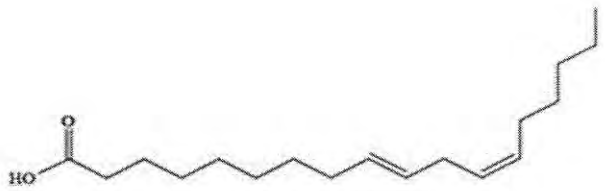
กรดไขมัน	ปริมาณ (%)
กรดปาล์มมิติก	6.72
กรดไมริสติก	2.73
กรดโอเลอิก	21.63
กรดลิโนเลอิก	13.29
กรดลิโนลินิก	56.61

โดยทั่วไป น้ำมันลินสีดดิบถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะแห้งเองภายใน 4-10 วัน ขึ้นกับสภาวะ ถ้าจะให้แห้งเร็วขึ้นต้องเติมสารเร่งแห้ง เช่น สารประกอบของตะกั่ว แมงกานีส หรือโคบอลต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในน้ำมันลินสีด

1. กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid)

2. กรดโอเลอิก (Oleic acid) มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง

รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของกรดโอเลอิก (Oleic acid)

3. กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) หรืออีกชื่อคือ hexadecanoic acid ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ภายในโครงสร้าง

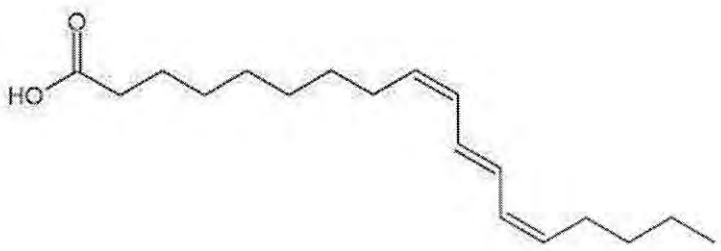
รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของกรดปาล์มมิติก (Plamitic acid)

4. กรดไมรีสติก (Myristic acid) ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง

รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของกรดไมรีสติก (Myristic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) มีพันธะคู่ 3 ตำแหน่ง



รูปที่ 2.8 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid)

2.7 กรดโอเลอิก (Oleic acid) [19]

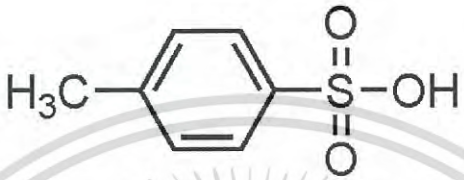
กรดโอเลอิกมีชื่อทางเคมีว่า Octadecenoic acid เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชและสัตว์เกือบทุกชนิด มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 จัดเป็น Monounsaturated fatty acid เนื่องจากมีตำแหน่งพันธะคู่ 1 ตำแหน่งดังนั้นรูปร่างของโมเลกุลกรดโอเลอิกจึงไม่ได้เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะหักมุมที่ตำแหน่งพันธะคู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 กรดโอเลอิกมีความหนาแน่น 0.895 g/cm^3 มีจุดหลอมเหลว 13-14 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 360 องศาเซลเซียส ไม่มีกลิ่น และไม่มีสี แต่ในทางการค้าถูกแต่งเติมให้เป็นสีเหลืองอ่อน กรดโอเลอิกไม่ได้มาจากระบบชีวภาพโดยตรง แต่เกิดจากสารประกอบเอสเทอร์ของตัวมันเองหรือไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำมันธรรมชาติทั่วไป โดยเมื่อผ่านกระบวนการสะพอนิฟิเคชัน (Sponification process) ทำให้ได้กรดไขมันออกมา กรดโอเลอิกเมื่อนำมาทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสถานะเป็นของเหลวจึงเหมาะแก่การนำมาศึกษาในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

2.8 ตัวเร่งปฏิกิริยา [20-21]

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้ว ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น หรือทำให้อัตราในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาอาจมีส่วนร่วมหรือไม่มีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยา แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาตัวเร่งเหล่านี้ต้องมีปริมาณเท่าเดิมและมีสมบัติเหมือนเดิม หลักการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยาคือช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาให้ต่ำลง จึงทำให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์จำนวนมากขึ้นปฏิกิริยาเคมีจึงเกิดเร็วขึ้น แต่ไม่ทำให้พลังงานของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ *p*-toluenesulfonic acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ซึ่ง *p*-toluenesulfonic acid เป็นกรดแก่ชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถละลายได้ในน้ำ อัลกอฮอล์ และตัวทำละลาย โครงสร้างและสมบัติบางประการ แสดงดังรูปที่ 2.9 และตารางที่ 2.7 ตามลำดับ



รูปที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลของ *p*-TSA

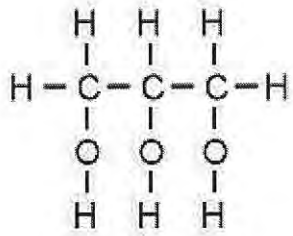
ตารางที่ 2.7 สมบัติของ *p*-toluenesulfonic acid

สูตรโมเลกุล	$C_7H_8O_3S$
น้ำหนักโมเลกุล	172.20 กรัม/โมล
ความหนาแน่น	1.07 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
จุดเดือด	116 องศาเซลเซียส
ดัชนีหักเห	1.3825-1.3845

2.9 กลีเซอรอล (Glycerol) [22]

กลีเซอรอล หรือ กลีเซอรีน (Glycerin) เป็นสารประกอบอินทรีย์ในกลุ่มของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ ในโมเลกุลประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ ดังรูปที่ 2.10 จึงทำให้ละลายน้ำได้ดี มีสมบัติในการดูดจับน้ำได้ดี (Hydroscopic) กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบหลักในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งได้จากการรวมตัวของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน (Fatty acid) 3 โมเลกุล ถือเป็นสารตั้งต้นสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ การผลิตสบู่ การผลิตยา การผลิตเครื่องสำอางค์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลกลีเซอรอล

<u>คุณลักษณะเฉพาะของกลีเซอรอล</u>

- มีสถานะเป็นของเหลวข้น ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวาน
- สูตรทางเคมี : $C_3H_8O_3$
- มวลอะตอม : 92.09382 กรัม/โมล
- ความหนาแน่น : 1.261 กรัม/ลบ.ซม.
- จุดหลอมเหลว : 18 องศาเซลเซียส
- จุดเดือด : 290 องศาเซลเซียส
- ความหนืด : 1.2 pa-s
- ละลายได้ในน้ำ และแอลกอฮอล์ ไม่ละลายในเบนซีน อีเทอร์ และน้ำมัน

<u>การผลิต</u>

1. สามารถผลิตได้จากกระบวนการไฮโดรไลซีสของน้ำมันจากพืช และไขมันจากสัตว์ โดยมีกรดหรือเบสเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดเป็นกลีเซอรอลกับกรดไขมัน

2. สามารถผลิตได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ที่ถือเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสะพอนิฟิเคชันได้สบู่ แอลกอฮอล์ และน้ำ

3. ผลิตได้จากกระบวนการการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ได้เมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอล

<u>ประโยชน์ของกลีเซอรอล</u>

1. ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากสามารถละลายได้ดีในน้ำและอัลกอฮอล์
2. ใช้สำหรับเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารประกอบพอลิออล (Polyol) สำหรับผลิตโฟม
3. ใช้เป็นสารทดแทนน้ำตาลได้
4. ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความนุ่ม ความยืดหยุ่น และเป็นครีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้เป็น Thickening agent หรือ Bodying agent เพราะสามารถให้ความหนืดได้ดี

6. ใช้เป็นส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อรักษาความชุ่มชื้น เช่น เครื่องสำอางค์ ครีม เป็นต้น

7. ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ยา อาหาร และเครื่องดื่ม

8. ใช้ฉีดพ่นหรือเคลือบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพื่อรักษาความสด ป้องกันการระเหยของน้ำ เช่น ใช้พ่นใบยาสูบ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤตยา หอมชู และคณะ [2] ได้ศึกษาการพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำโดยใช้ PVA ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์และน้ำยางธรรมชาติ โดยศึกษาที่อัตราส่วน 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30 ศึกษาปริมาณการใช้กลีเซอรอลและโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตในอัตราส่วนต่าง ๆ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเตรียมโดยปั่นกวนสารละลาย PVA และกัมแซนแทน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วใส่สารต่าง ๆ ตามสัดส่วนที่กำหนด จากนั้นทดสอบความทนทานของหมึกพิมพ์โดยวัดเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้งด้วยเครื่องวัดสีตามมาตรฐาน ASTM D-1925 พบว่าสัดส่วนของสารละลาย PVA ต่อน้ำยางธรรมชาติมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสี โดยสูตรที่มีค่าความต่างของเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้งมีค่าน้อยที่สุด คือ สูตรที่มีอัตราส่วนของ PVA ต่อน้ำยางธรรมชาติ เท่ากับ 80:20 โดยน้ำหนัก แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกรดการค้าพบว่าได้สีที่ซีดกว่า และผลการทดสอบการแห้งของสีบนแบบสกรีนด้วยการปรับเปลี่ยนปริมาณของกลีเซอรอลทำโดยการตรวจสอบจำนวนครั้งที่สกรีนผ่านบล็อกได้โดยที่ความละเอียดภาพยังคมชัดอยู่ พบว่าการเติมกลีเซอรอลทำให้สามารถพิมพ์ได้ต่อเนื่องมากขึ้น โดยเมื่อเติมในปริมาณ 15 pph สามารถสกรีนภาพต่อเนื่องได้จำนวนมากที่สุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกรดการค้าพบว่าได้จำนวนในการสกรีนต่อเนื่องมากกว่าโดยยังสามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้

ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์ และคณะ [23] ได้ศึกษาการเตรียมกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นพอลิไวนิลอะซิเทต (PVAc) และพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) หรือพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก ทำการปรับปรุงสมบัติของกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีดและกรดโอเลอิกในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยกาวอัดที่ได้นำมาผสมกับน้ำยาไวแสง แล้วปาดลงบนแม่พิมพ์สกรีน ทำการถ่ายแบบด้วยแสงสีขาวที่เวลาต่าง ๆ นำแม่พิมพ์ไปล้างด้วยน้ำจะปรากฏเป็นลายภาพ จากการทดสอบสมบัติต่าง ๆ พบว่ากาวอัดที่เตรียมได้ทุกสูตรมีความหนืดอยู่ในช่วง 11000-27000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cP และมีค่าปริมาณของแข็งในเนื้อกาวอัดอยู่ในช่วง 20-25 % หลังการถ่ายแบบด้วยแสงพบว่าลวดลายที่ได้มีความคมชัด สามารถเก็บรายละเอียดได้ทั้งส่วนที่หยาบและละเอียด สามารถชะล้างกาวออกจากผ้าสกรีนเพื่อทำให้เกิดลวดลายได้ง่าย เมื่อนำมาทดสอบความคงทนเบื้องต้นและทดสอบความคงทนในสภาวะการใช้งาน พบว่ากาวอัดสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ กาวอัดที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph : พอลิไวนิลอะซิเทต เท่ากับ 4:6 และทำการปรับปรุงสมบัติของกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด 4 pph โดยใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสงอยู่ในช่วงเวลา 2.30-3.30 นาที (P*(5)4T6L4) และกาวอัดสูตรนี้สามารถเก็บรายละเอียดและทนต่อแรงเสียดสีจากยางปาดได้ดีเทียบเท่ากาวอัดเกรดการค้าคุณภาพสูง

ธนาคม ไวยติดต่อ และคณะ [24] ได้ศึกษาการพัฒนาสีพลาสติซอลโดยนำ EVA มาใช้แทน PVC และปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณของพลาสติไซเซอร์ คือ DOP และ ESO โดยเตรียมผงสีผสมกับ EVA ด้วยเครื่องผสมระบบปิดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปผสมกับ DOP ด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ควบคุมอัตราส่วน EVA:DOP เป็น 1:1 นำของผสมที่ได้ไปผสมกับ DOP และ/หรือ ESO เพื่อปรับปรุงสูตรผสมโดยการปั่นกวนด้วยใบพัดความเร็วสูง ได้ของผสมคือ สีพลาสติซอล และทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของสีพลาสติซอล พบว่าสีพลาสติซอลทุกสูตรที่เตรียมได้ มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 240-660 cp และแต่ละสูตรมีสมบัติทางความร้อนใกล้เคียงกันคือ T_g มีค่าอยู่ในช่วง -84 ถึง -74 องศาเซลเซียส และ T_m มีค่าอยู่ในช่วง 37 ถึง 48 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสีพลาสติซอลที่เตรียมได้สกรีนบนผ้าฝ้าย 100% และนำมาอบให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการเซตตัวที่อุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-5 นาที นำมาทดสอบสมบัติความคงทนในการซักล้าง ได้แก่ การยึดติดของสีพลาสติซอลบนผ้า ความคมชัดของลวดลายและทดสอบเฉดสี พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ การอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เนื่องจากไม่พบการหลุดลอกของเนื้อสีหลังการซักล้าง ซึ่งการแห้งเซตตัวของสีพลาสติซอลเกิดจากการให้ความร้อนทำให้ EVA หลอมและซึมลงรูพรุนของผ้าและไปเกาะติดที่ในเนื้อผ้า เมื่อเย็นตัวลงสีพลาสติซอลแข็งตัวและยึดเกาะกับผ้า

S. Tharhate และคณะ [25] ศึกษาการใช้กรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิกร่วมกับน้ำมันลินสีดเป็นสารเชื่อมโยงสำหรับการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์เป็นสารตั้งต้น มี *p*-Toluene sulfonic acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Potassium persulfate เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิวเพื่อช่วยให้กาวมีการกระจายตัวดี โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกาวติดไม้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์คืออัตราส่วนโดยน้ำหนักของพอลิไว-นิลอัลกอฮอล์ : กรดโอเลอิก : กรดลิโนเลอิก เป็น 90 : 5 : 5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความต้านทานน้ำสำหรับไม้มีค่าเพิ่มขึ้นและค่าความแข็งแรงเฉือนมีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็น 12.52 MPa เนื่องจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกและหมู่ไฮดรอกซิล จึงเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ในกรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิก

ภคพล ลัคนาพรวิศิษฐ์ [26] ศึกษาการนำน้ำมันลินสีดและน้ำมันทังมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) เพื่อเตรียมกาวไม้ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับงานพาร์ทิเคิลบอร์ด โดยใช้ปริมาณของน้ำมันลินสีดและน้ำมันทังในอัตราส่วน 15% โดยน้ำหนัก จากการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าน้ำมันทังช่วยปรับปรุงให้ PVA มีสมบัติเชิงกลโดยรวมดีกว่าน้ำมันลินสีด เนื่องจากน้ำมันทังมีพันธะคู่ซึ่งอยู่ในระบบคอนจูเกต ขณะที่น้ำมันลินสีดมีพันธะคู่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต เป็นเหตุให้น้ำมันทังมีความแข็งแรงมากกว่าน้ำมันลินสีด จากการทดสอบการหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว โดยการนำฟิล์มกาวไปแช่น้ำและวัดค่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มที่เวลาในการแช่น้ำเป็นเวลา 1 และ 24 ชั่วโมง ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมฟิล์มกาวเป็นการทำให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของกาวขึ้นอย่างสมบูรณ์ ทำให้ฟิล์มที่เตรียมได้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ส่งผลให้ค่าการบวมตัวของฟิล์มกาวลดลงเมื่อแช่น้ำ

ณัฐชา ปานกุล [27] ศึกษาการนำน้ำมันลินสีดมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตกับน้ำมันลินสีดด้วย เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีด เพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำมันลินสีดต่อสมบัติต่าง ๆ ของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน พบว่ากาวอะคริเลตพอลิยูรี-เทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติการต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด โดยกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีด 15% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด

Y. Jiang และคณะ [28] ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างเอทานอลกับกรดโอเลอิกโดยใช้ Sulfonated Cation Exchange Resin (SCER) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซล ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษา ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างเอทานอลกับกรดโอเลอิก, อุณหภูมิ, ปริมาณตัวเร่ง พบว่าใช้อัตราส่วนเอทานอล : กรดโอเลอิก เท่ากับ 9:1 ปริมาณตัวเร่ง 20 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 82°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำปฏิกิริยา เนื่องจากทำให้ได้ % conversion สูงสุดเท่ากับ 93%

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [2] พบว่ามีการเตรียมสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ โดยใช้สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และน้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบหลัก แต่พบว่าหมึกพิมพ์ที่ได้มีสมบัติความทนทานต่อการซักล้างต่ำ เนื่องจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีความสามารถในการละลายน้ำ และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [23] และ [25] มีการใช้กรดโอเลอิกเพื่อปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลอัลกอฮอลให้มีสมบัติความต้านทานน้ำที่ดีขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณและขั้นตอนการใส่กรดโอเลอิกในพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เพื่อเตรียมเนื้อหมึกพิมพ์ และนอกจากนี้ยังเพิ่มคู่ผสมระหว่างเนื้อหมึกพิมพ์ที่กล่าวข้างต้นกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น ได้แก่ พอลิไวนิลอะซิเทต (PVAc) และพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มวลโมเลกุลต่ำ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความทนทานต่อการซักล้างของหมึกพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1. พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) : เกรด JP-27, บริษัท JAPAN VAM&POVAL จำกัด

2. พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) : เกรด NL-05, บริษัท Nippon Gohsei Osaka Japan

3. พอลิไวนิลอะซิเทต (Poly(vinyl acetate), PVAc) : เกรด LA-22S, บริษัท ทีโอเอ เคมิคอล อินดัสตรีส์ จำกัด

ตารางที่ 3.1 สมบัติจำเพาะของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เกรดต่าง ๆ และพอลิไวนิลอะซิเทต

เกรด	JP-27	NL-05	PVAc
ความหนืด	10,000 cP	1,200 cP	27,200 cP
ไฮโดรไลซิส	87.0-85.0 mol%	99-100 mol%	-
ปริมาณการระเหยสูงสุด	5 %	≤5 %	-
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5-7	5-7	4.8-5.5
ปริมาณเถ้าสูงสุด	0.5 %	0.7 %	-

4. แซนแทนกัม (Xanthan gum) : บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

5. กรดโอเลอิก (Oleic acid) : บริษัท Carlo Erba Reagenti จำกัด

6. *p*-Toluenesulfonic acid (*p*-TSA): บริษัท Carlo Erba Reagenti จำกัด

7. น้ำมันลินสีด (linseed oil) : บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

8. กลีเซอรอล (Glycerol) : บริษัท Carlo Erba Reagenti จำกัด

9. แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulfate) : บริษัท Carlo Erba Reagenti จำกัด

10. โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate) : บริษัท Carlo Erba Reagenti จำกัด

11. แม่สีสีเขียวใบไม้ (SB-1) : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส.เค. สีและเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับผลิตสี

- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด
- เครื่องปั่นกวน : รุ่น RW20 digital บริษัท IKA จำกัด
- ใบพัดปั่นกวน
- แผ่นให้ความร้อนแบบเรียบ (Hot plate) : รุ่น C-MAG HS7 บริษัท IKA จำกัด

3.2.2 อุปกรณ์สำหรับงานสกรีน

- ผ้าฝ้าย 100% (Cotton) เบอร์ 40 ขนาด 4.5×4.5 นิ้ว
- กระดาษพิมพ์สกรีน ขนาด 4×4 นิ้ว
- บล๊อกสกรีน
- เครื่องฉายแสง : หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ตรง 18W จำนวน 20 หลอด (รูปที่ 3.1)
- รางปาด
- ยางปาดสกรีน
- ไดร์เป่าผม : รุ่น Modell 100-800, บริษัท Memmert จำกัด

รูปที่ 3.1 เครื่องฉายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

1) เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) : รุ่น RVT, บริษัท Brookfield Engineering Laboratory.Ing

2) กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Dino-Lite Digital Microscope Pro2) : รุ่น MiniScan XE plus, บริษัท ANMO Electromic Corparation จำกัด

3) เครื่องวัดเฉดสีมาตรฐาน ASTM D-1925

3.3 การเตรียมสารละลาย

3.3.1 การเตรียมสารละลาย PVA (เกรด JP-27) 10% ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

1) ชั่ง PVA 100 กรัมและน้ำกลั่น 900 กรัม

2) ปั่นกวนน้ำกลั่นด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที จากนั้นค่อย ๆ เติม PVA ลงไป

3) ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียสและนำพลาสติกปิดปากบีกเกอร์

4) ปั่นกวนเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้สารละลาย PVA ใสจึงนำไปใช้งานได้

3.3.2 การเตรียมสารละลาย L-PVA (เกรด NL-05) 10% ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

1) ชั่ง L-PVA 100 กรัมและน้ำกลั่น 900 กรัม

2) ปั่นกวนน้ำกลั่นด้วยความเร็วรอบเบอร์ 2 จากนั้นค่อย ๆ เติม PVA ลงไป

3) ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียสและนำพลาสติกปิดปากบีกเกอร์

4) ปั่นกวนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นจึงนำไปใช้งาน

3.3.3 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก (P*)

1) ชั่งสารละลาย PVA 10% ปริมาณ 250 กรัม กรดโอเลอิก 2.5 กรัม และ *p*-TSA 2.5 กรัม

2) เติมกรดโอเลอิกลงในสารละลาย PVA 10% คนให้เข้ากัน

3) เติม *p*-TSA ลงไปคนให้เข้ากัน

4) นำสารละลายไปปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 700 รอบ/นาที และนำพลาสติกมาปิดปากบีก-เกอร์

5) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลซียส เป็นเวลา 1 วัน

6) เมื่อครบเวลารอให้เย็นเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการเตรียมสี PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 1 pph ใช้สัญลักษณ์เป็น P*(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) การเตรียมสารละลาย PVA 10% ที่ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก 3 pph ใช้สัญลักษณ์เป็น P*(3) และ 5 pph ใช้สัญลักษณ์เป็น P*(5) โดยเปลี่ยนปริมาณกรดโอเลอิกเป็น 7.5 และ 12.5 กรัม ตามลำดับ

8) ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง Fourier Transformed Infrared Spectrometer (FTIR)

3.3.4 การเตรียมสารละลาย PVA ที่เติมกรดโอเลอิก (P)

1) ชั่งสารละลาย PVA 10% ปริมาณ 250 กรัม กรดโอเลอิก 2.5 กรัม และ *p*-TSA 2.5 กรัม

2) เติมกรดโอเลอิกลงในสารละลาย PVA 10% ปั่นกวนให้เข้ากัน

3) เติม *p*-TSA ปั่นกวนให้เข้ากัน ได้เป็นสารละลาย PVA ที่มีกรดโอเลอิก 1 pph ใช้สัญลักษณ์เป็น P(1)

4) การเตรียมสารละลาย PVA 10% ที่มีกรดโอเลอิก 3 pph ใช้สัญลักษณ์เป็น P(3) และ 5 pph ใช้สัญลักษณ์เป็น P(5) โดยเปลี่ยนปริมาณกรดโอเลอิกเป็น 7.5 และ 12.5 กรัมตามลำดับ

5) ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง Fourier Transformed Infrared Spectrometer (FTIR)

3.4 การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์ฐานน้ำ

1) ชั่ง PVA, L-PVA, P* หรือ PVAc ตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2 แล้วนำสารมาผสมกัน

2) จากนั้นนำไปให้ความร้อนปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 900 rpm

3) เติมแซนแทนกัม 1 pph และโซเดียมเบนโซเอต 0.1 pph ผสมจนเข้ากันและรอให้เย็น

4) เติมแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต 1 pph, กลีเซอรอล 15 pph, น้ำมันลินสีด 4 pph ตามลำดับ ทำการปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 500 rpm เป็นเวลา 30 นาที

5) เติมแม่สีสีเขียวใบไม้ 1 pph แล้วปั่นกวนต่ออีกเป็นเวลา 45 นาที

หมายเหตุ 1. ข้อ 2 และข้อ 3 ทำในสูตรที่มีการเติม L-PVA เป็นองค์ประกอบ

2. pph คือ part per hundred ของเนื้อหมึกพิมพ์ (สารละลาย PVA 10% โดยน้ำหนัก + สารละลาย L-PVA 10% โดยน้ำหนัก หรือ PVAc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของเนื้อหมึกพิมพ์สูตรต่าง ๆ

สูตร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก					
	สารละลาย PVA	P*	สารละลาย L-PVA	สารละลาย PVAc	Oleic acid (pph)	Xanthan gum (pph)
P*(1)	-	100	-	-	-	-
P*(3)	-	100	-	-	-	-
P*(5)	-	100	-	-	-	-
P*(1)40A60	-	40	-	60	-	-
P*(3)40A60	-	40	-	60	-	-
P*(5)40A60	-	40	-	60	-	-
P*(1)60A40	-	60	-	40	-	-
P*(3)60A40	-	60	-	40	-	-
P*(5)60A40	-	60	-	40	-	-
P(5)60A40	47.62	-	-	40	2.38	1
P*(3)40L60	-	40	60	-	-	1
P*(5)40L60	-	40	60	-	-	1
P*(3)60L40	-	60	40	-	-	1
P*(5)60L40	-	60	40	-	-	-

กำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

P แทน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เกรด JP-27

P* แทน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

P*(1) แทน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 1 pph

P*(3) แทน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 3 pph

P*(5) แทน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph

L แทน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เกรด NL-05

A แทน สารละลายพอลิไวนิลอะซิเทต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทดสอบสมบัติของวัตถุดิบและหมึกพิมพ์

3.5.1 การหาค่าความหนืด

เทตัวอย่างสีปริมาณ 80 มล. ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มล. จากนั้นจุ่มโรเตอร์เบอร์ 7 ลงในสี ตั้งรอบ 50 รอบ/นาที ปล่อยให้เครื่องหมุนวนเป็นเวลา 30 วินาที อ่านค่าและจดบันทึกเป็นทศนิยมตำแหน่งเดียว คำนวณค่าความหนืดในหน่วยเซนติพ้อยพ์ (cP)

3.5.2 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน

นำ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก และแม่สีเชื้อน้ำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มบาง จากนั้นนำไปตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี Fourier Transformed Infrared Spectrometer (FTIR) ในช่วงเลขคลื่น 400 cm^{-1} ถึง 4,000 cm^{-1} ด้วยเทคนิค Transmission

3.5.3 การทดสอบหาปริมาณของแข็งคงเหลือ

1) นำ PVA และ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มบาง แล้วนำฟิล์มที่มีความหนา 150±10 ไมโครเมตร มาตัดให้ได้ขนาด 1.5×1.5 ซม

2) ชั่งน้ำหนักฟิล์มก่อนแช่ในน้ำกลั่น (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3) ห่อด้วยตะแกรงลวด และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

4) แช่ตะแกรงลวดที่มีฟิล์มในน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

5) นำตะแกรงลวดที่มีฟิล์มอยู่ภายในไปอบจนแห้ง

6) ชั่งน้ำหนักฟิล์ม

7) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่เหลือจากสมการที่ 3.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของแข็งคงเหลือ} = \frac{\text{น้ำหนักของฟิล์มที่อบหลังแช่} \times 100}{\text{น้ำหนักของฟิล์มเริ่มต้น}} \qquad (3.1)$$

3.5.4 การทดสอบหาการบวมตัว

1) นำ PVA และ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มบาง แล้วนำฟิล์มที่มีความหนา 150±10 ไมโครเมตร มาตัดให้ได้ขนาด 1.5×1.5 ซม

2) ชั่งน้ำหนักฟิล์มก่อนแช่ในน้ำกลั่น (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3) ห่อด้วยตะแกรงลวด และชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักของฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แช่ตะแกรงลวดที่มีฟิล์มอยู่ภายในลงในน้ำกลั่น

5) ชั่งน้ำหนักที่ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

6) คำนวณหาการบวมตัว ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\%\text{การบวมตัว} = \frac{(\text{น้ำหนักฟิล์มที่บวมตัว-น้ำหนักของฟิล์มเริ่มต้น}) \times 100}{\text{น้ำหนักของฟิล์มเริ่มต้น}} \qquad (3.2)$$

3.6 การสกรีนสีลงบนผ้า

วิธีการและขั้นตอนการสกรีน

1) เตรียมแม่พิมพ์ ผ้าฝ้าย (Cotton) เบอร์ 40 ขนาด 4.5×4.5 นิ้ว บนโต๊ะพิมพ์

2) เทหมึกพิมพ์ลงบนตำแหน่งพิมพ์

3) ปาดหมึกพิมพ์ผ่านแม่พิมพ์ 1 รอบเพื่อให้สีเกาะติดที่แม่พิมพ์ก่อน

4) ปาดหมึกพิมพ์ผ่านภาพสกรีน 2 รอบเพื่อความคมชัด

5) ยกแม่พิมพ์ขึ้นจากตำแหน่งพิมพ์ และนำผ้าพิมพ์ออก

6) ทิ้งผ้าพิมพ์ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

7) นำผ้าที่แห้งแล้วมาให้ความร้อนโดยการใช้เตารีดรีดเป็นเวลา 20 วินาที

3.7 การทดสอบสมบัติของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการสกรีน

นำผ้าขนาด 4×4.5 นิ้ว ที่ผ่านการสกรีนด้วยลวดลายดังรูปที่ 3.2 ไปรีดแล้วนำไปซักล้างจำนวน 1 และ 5 ครั้ง เพื่อดูความทนทานของเนื้อสีบนชิ้นงาน โดยมีการประเมินด้วยการวัดเฉดสีและความคมชัดของลวดลาย โดยเปรียบเทียบสภาวะก่อนซักล้างและหลังซักล้าง

3.7.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบความทนทาน

3.7.1.1 ทำการซักด้วยน้ำยาซักฟอก

นำชิ้นงานที่ผ่านการสกรีนและรีดแล้วมาซัก (ใช้ผ้า 1 ชิ้นต่อการซัก 1 ครั้ง) โดยใช้น้ำปริมาณ 300 ml ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 ml ใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดน้ำ 1.75 กรัม จากนั้นแช่ผ้าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที แล้วปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นกวนเชิงกลที่ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที และปั่นกวนในน้ำเปล่าเพื่อล้างน้ำยาซักฟอกเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำชิ้นงานไปตากแห้งในตู้ดูดควัน (Hood) เพื่อนำมาทดสอบขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การซักล้าง 5 ครั้งทำโดยวิธีการเดียวกัน คือนำชิ้นงานที่ตากให้แห้งในตู้ดูดควัน นำไปแช่น้ำ และใช้ผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดน้ำ และดำเนินการตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจนครบ 5 รอบการซัก

3.7.1.2 ทำการซักด้วยน้ำเปล่า

นำชิ้นงานที่ผ่านการสกรีนและรีดแล้วมาซัก (ใช้ผ้า 1 ชิ้นต่อการซัก 1 ครั้ง) โดยใช้น้ำปริมาณ 300 ml ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 ml จากนั้นนำผ้าไปใส่และปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นกวนเชิงกลเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำชิ้นงานไปตากแห้งในตู้ดูดควัน (Hood) เพื่อนำมาทดสอบขั้นต่อไป

การซักล้าง 5 ครั้งทำโดยวิธีการเดียวกัน คือนำชิ้นงานที่ตากให้แห้งในตู้ดูดควัน นำไปปั่นซักด้วยน้ำเปล่าตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจนครบ 5 รอบการซัก

รูปที่ 3.2 ลวดลายที่ใช้ในการสกรีนเพื่อนำไปทดสอบ

3.7.2 การวัดเฉดสีด้วยเครื่องวัดสี

นำชิ้นงานที่มีลายสกรีนเป็นสี่เหลี่ยม ขนาด 1.5 × 1.5 นิ้ว มาทำการวัดเฉดสีด้วยเครื่องวัดสีตามมาตรฐาน ASTM D – 1925 (Colorimeter Spectrophotometer) โดยวางเครื่องวัดสีบนชิ้นงาน จากนั้นเครื่องวัดสีแสดงผลเป็นค่า L*, a* และ b* ซึ่งเครื่องวัดสีมีหลักการดังนี้

L* : ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

L* = 0 = Perfect black sample

L* = 100 = Perfect white sample

a* : ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (Red-green)

a* เป็น + สีไปในทิศทางของสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a* เป็น - สีไปในทิศทางของสีเขียว

b* : ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (Yellow-blue)

b* เป็น + สีไปในทิศทางของสีเหลือง

b* เป็น - สีไปในทิศทางของสีน้ำเงิน

Δe : การเปลี่ยนแปลงสี

สามารถคำนวณได้จาก $\Delta e = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$

ΔL_{SW1}^* = ความสว่างของสีที่เปลี่ยนแปลงหลังซักล้าง 1 ครั้ง

สามารถคำนวนได้จาก $\Delta L_{SW1}^* = (L_{W1}^* - L_S^*)$

L_{W1}^* = ความสว่างของหมึกพิมพ์หลังซักล้างครั้งที่ 1

L_S^* = ความสว่างของหมึกพิมพ์หลังรีด

ΔL_{SW5}^* = ความสว่างของสีที่เปลี่ยนแปลงหลังซักล้าง 5 ครั้ง

สามารถคำนวนได้จาก $\Delta L_{SW5}^* = (L_{W5}^* - L_S^*)$

L_{W5}^* = ความสว่างของหมึกพิมพ์หลังซักล้างครั้งที่ 5

L_S^* = ความสว่างของหมึกพิมพ์หลังรีด

Δa_{SW1}^* = ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีเขียว (-100) ถึงสีแดง (100) หลังการซักล้าง 1 ครั้ง

สามารถคำนวนได้จาก $\Delta a_{SW1}^* = (a_{W1}^* - a_S^*)$

a_{W1}^* = เฉดสีเขียว-แดงของหมึกพิมพ์หลังการซัก 1 ครั้ง

a_S^* = เฉดสีเขียว-แดงของหมึกพิมพ์หลังรีด

Δa_{SW5}^* = ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีเขียว (-100) ถึงสีแดง (100) หลังการซักล้าง 5 ครั้ง

สามารถคำนวนได้จาก $\Delta a_{SW5}^* = (a_{W5}^* - a_S^*)$

a_{W5}^* = เฉดสีเขียว-แดงของหมึกพิมพ์หลังการซัก 5 ครั้ง

a_S^* = เฉดสีเขียว-แดงของหมึกพิมพ์หลังรีด

Δb_{SW1}^* = ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำเงิน (-100) ถึงสีเหลือง (100) หลังการซักล้าง 1 ครั้ง

สามารถคำนวนได้จาก $\Delta b_{SW1}^* = (b_{W1}^* - b_S^*)$

b_{W1}^* = เฉดสีน้ำเงิน-เหลืองของหมึกพิมพ์หลังการซัก 1 ครั้ง

b_S^* = เฉดสีน้ำเงิน-เหลืองของหมึกพิมพ์หลังรีด

Δb_{SW5}^* = ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำเงิน (-100) ถึงสีเหลือง (100) หลังการซักล้าง 5 ครั้ง

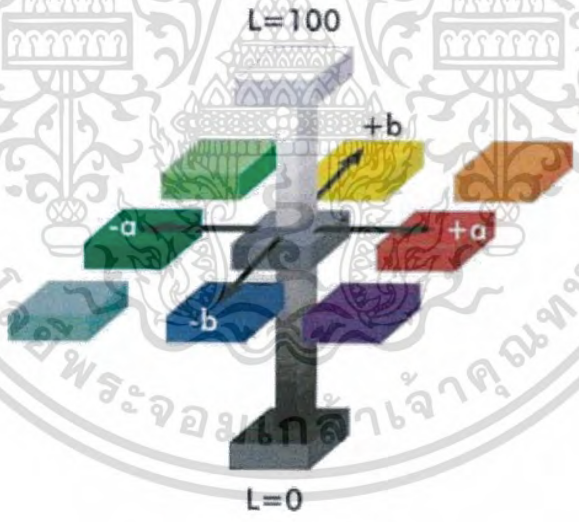
สามารถคำนวนได้จาก $\Delta b_{SW5}^* = (b_{W5}^* - b_S^*)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b_{W5}* = เฉดสีน้ำเงิน-เหลืองของหมึกพิมพ์หลังการซัก 5 ครั้ง

b_5* = เฉดสีน้ำเงิน-เหลืองของหมึกพิมพ์หลังรีด

รูปที่ 3.3 การทดสอบเฉดสีของชิ้นงานด้วยเครื่องวัดสี



รูปที่ 3.4 แบบจำลอง CIELab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 การวัดความคมชัดของลวดลาย

3.7.3.1 ทดสอบความคมชัดของลวดลายบนชิ้นงานด้วยเครื่องวัดกำลังขยาย (กล้องจุลทรรศน์แบบแสง) ดูความกว้างและความคมชัดของลวดลายที่สกรีน โดยวัดระยะห่างจากตำแหน่งที่กำหนดของบล็อกสกรีน (รูปที่ 3.3) ดังนี้

D_1 คือ ระยะของตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 0.296 mm D_2 คือ ระยะของตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 2.294 mm D_3 คือ ระยะของตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 2.204 mm D_4 คือ ระยะของตำแหน่งที่ 4 เท่ากับ 0.469 mm วัดระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะห่างจากตำแหน่งต่าง ๆ ของบล็อกสกรีนกับระยะห่างจากตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นงานหลังอบและหลังซักล้าง

3.7.3.2 ตรวจสอบจำนวนครั้งในการสกรีนต่อเนื่องบนกระดาษการ์ดโปร โดยตรวจสอบความคมชัดทุก ๆ 100 แผ่น หรือเมื่อพบการหลุดลอกบนกระดาษที่สกรีน

รูปที่ 3.5 ระยะห่างในตำแหน่งต่าง ๆ บนบล๊อคสกรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การปรับเปลี่ยนชนิดของวัสดุอื่นที่ใช้สกรีน

วัสดุหลักที่ใช้สกรีนในงานวิจัยนี้คือ ผ้าฝ้าย 100% เบอร์ 40 ซึ่งพบว่าหมึกพิมพ์เซื้อน้ำสามารถสกรีนและมีความสามารถในการยึดติดที่ดี ดังนั้นเพื่อการศึกษาการใช้งานกับวัสดุประเภทอื่นของหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้ งานวิจัยนี้จึงนำหมึกพิมพ์เซื้อน้ำมาสกรีนบนวัสดุอื่น ได้แก่ ผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์และผ้าไนลอน โดยเลือกสูตรหมึกพิมพ์เซื้อน้ำที่ดีที่สุดมาสกรีนลงบนวัสดุ จากนั้นนำชิ้นงานมารีดเป็นเวลา 20 วินาที และนำชิ้นงานมาประเมินความคมชัดของลวดลายเบื้องต้นด้วยสายตาและทดสอบการแห้งสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

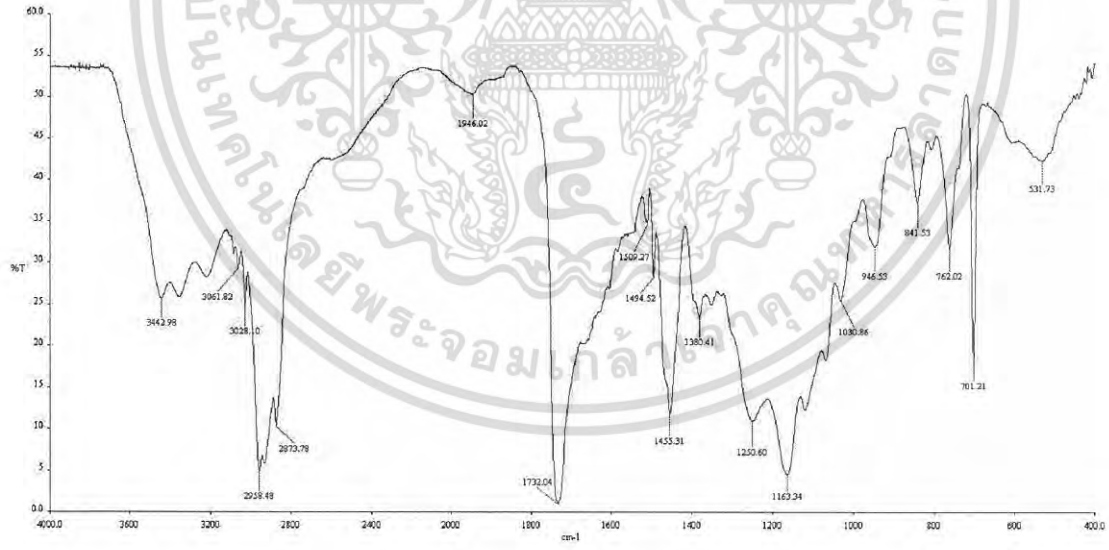
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมเนื้อสีฐานน้ำสำหรับงานซิลค์สกรีน โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอัล-กอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกที่อัตราส่วนต่าง ๆ จากนั้นนำหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่เตรียมได้มาศึกษาสมบัติต่าง ๆ เช่น ความหนืด การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน เสถียรภาพของหมึกพิมพ์และอายุการใช้งาน หลังจากนั้นนำหมึกพิมพ์ไปสกรีนลงบนผ้าฝ้าย 100% เบอร์ 40 แล้วศึกษาสมบัติความคงทนก่อนและหลังการซักล้าง ได้แก่ การยึดติดของหมึกพิมพ์บนผ้าฝ้าย ความคมชัดของลวดลายและการทดสอบเฉดสี

4.1 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของหมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้าและแม่สีเชื้อน้ำ

4.1.1 หมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้า



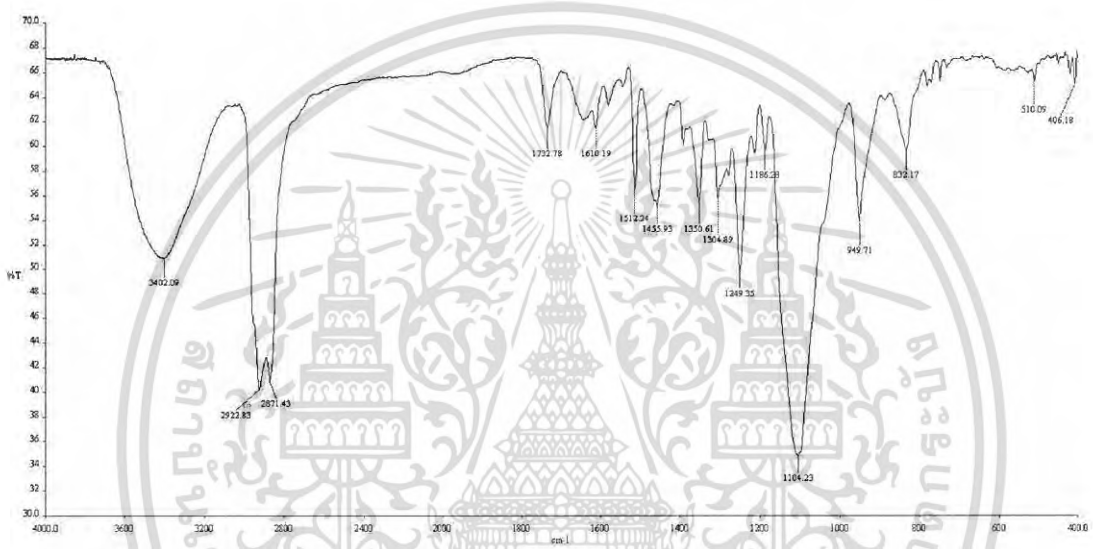
รูปที่ 4.1 สเปกทรัมของหมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้า

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของหมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้าด้วยเทคนิค FT-IR Spectrometry โดยแสดงสเปกทรัม IR ของหมึกพิมพ์ในรูปที่ 4.1 พบว่าปรากฏพีกที่ตำแหน่งประมาณ 3,200-3,500 cm^{-1} ของพันธะ O-H stretching, 3,028 cm^{-1} ของพันธะ =C-H stretching, 2,958 cm^{-1} และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2,874 cm^{-1} ของพันธะ C-H stretching ของ CH_2 และ CH_3 ตามลำดับ ตำแหน่งที่ 1,732 cm^{-1} ของพันธะ C=O stretching, 1,455 cm^{-1} ของพันธะ C-H bending ของหมู่ CH_3, ตำแหน่ง 1,163 cm^{-1} แสดงการสั่นของพันธะ C-O แบบ stretching และที่ตำแหน่ง 701 cm^{-1} แสดงการสั่นของพันธะ O-C=O bending จากพีกที่ปรากฏคาดว่าสารยึดติดที่นำมาใช้ในการทำหมึกพิมพ์สกรีนเกรดการค้า คือ พอลิเมอร์ในกลุ่มอะคริลิก อะคริเลตเอสเทอร์ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ หรือพอลิไวนิลอะซิเทต

4.1.2 แม่สีเชื้อน้ำ

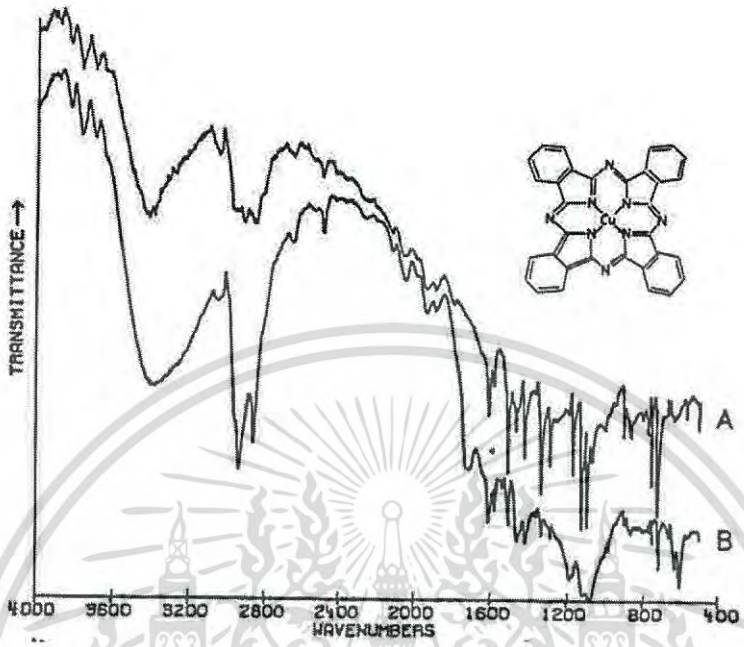


รูปที่ 4.2 สเปกทรัมของแม่สีเชื้อน้ำ

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของแม่สีเชื้อน้ำด้วยเทคนิค FT-IR Spectrometry โดยแสดงสเปกทรัม IR ของแม่สีเชื้อน้ำในรูปที่ 4.2 พบว่าปรากฏพีกที่ตำแหน่ง 3,400 cm^{-1} แสดงการสั่นแบบ stretching ของหมู่ O-H, 2,923 cm^{-1} และ 2,871 cm^{-1} ของพันธะ C-H stretching ของ CH_2 และ CH_3 ตามลำดับ ตำแหน่งที่ 1,610 cm^{-1} แสดงหมู่ C=C ของวงอะโรมาติก, 1,512 cm^{-1} แสดงการสั่นของหมู่ C=N แบบ stretching, 1,350 cm^{-1} แสดงการสั่นของ C–C แบบ stretching ใน isoindole, 1,104 cm^{-1} และ 832 cm^{-1} แสดงการสั่นของ C–H แบบ in plane และ out of plane ของฟีนอล ตามลำดับ พีกตำแหน่ง 1,304 cm^{-1}, 1,249 cm^{-1} และ 1,180 cm^{-1} แสดงการสั่นของ C–N แบบ stretching ใน isoindole, C-N in plane bending, C-H in plane bending ตามลำดับ จากการสืบค้นข้อมูลอ้างอิง [29] เพื่อเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชัน (รูปที่ 4.3) จากพีกที่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาดว่าแม่สีเชื้อน้ำที่นำมาใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเป็นสีประเภทหมู่พทาโลไซยานิน (Phthalocyanin)



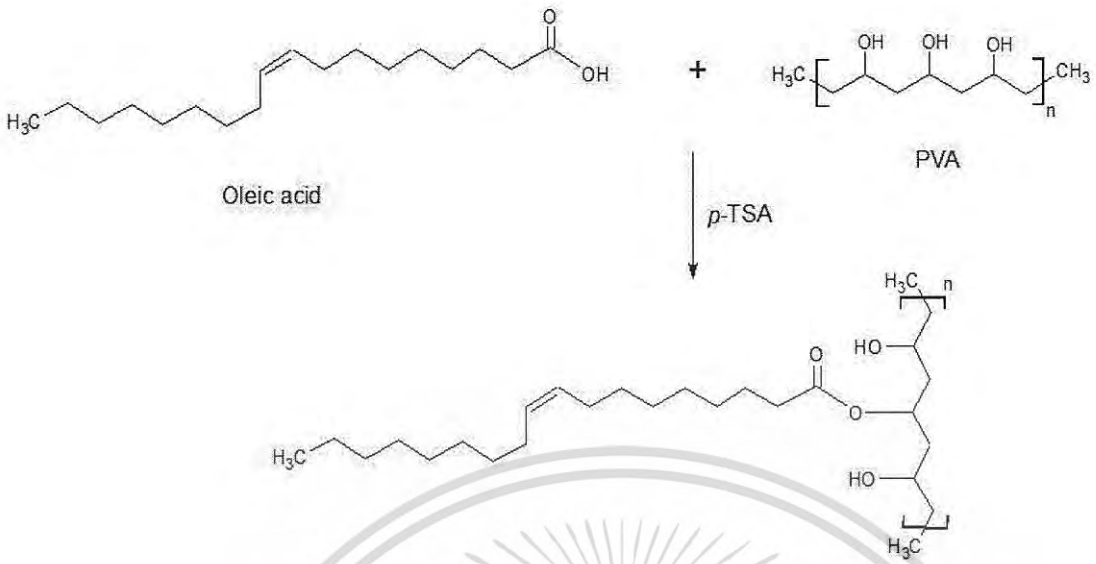
รูปที่ 4.3 โครงสร้างและสเปกทรัมของ Phthalocyanin blue pigments A. Phthalocyanin blue dry pigment B. Phthalocyanin blue oil paint [29]

4.2 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และกรดโอเลอิก

พอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิลที่มีความชอบน้ำ ทำให้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีสมบัติการต้านทานต่อน้ำหรือความชื้นต่ำ ดังนั้นเพื่อเพิ่มสมบัติความต้านทานน้ำ ในงานวิจัยนี้จึงมีการปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ด้วยกรดโอเลอิก โดยใช้กรดพาราโทลูอีนซัลโฟนิก (*p*-TSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ 2 ประเภท ได้แก่

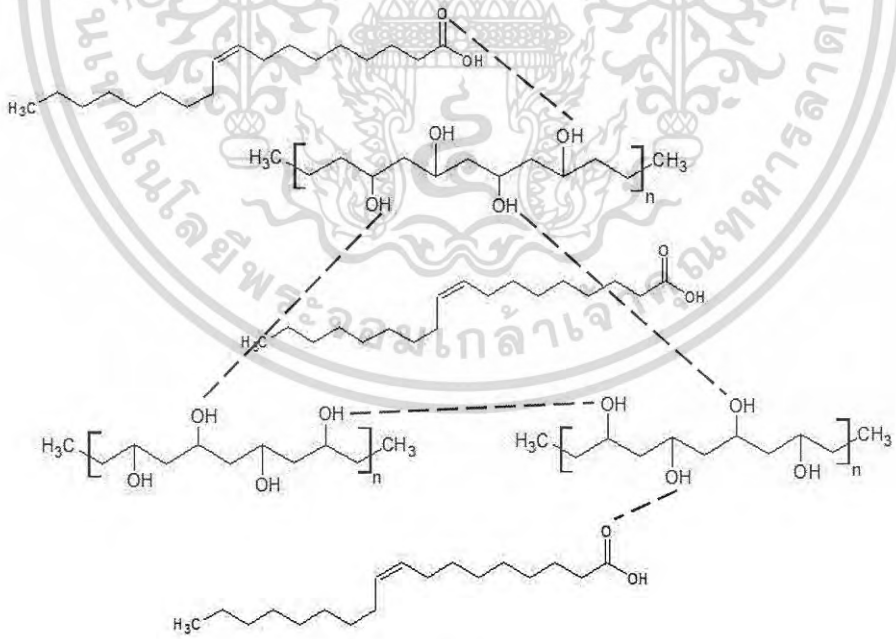
1. การเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterifcation) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดโอเลอิกและหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ ดังรูปที่ 4.4 โดยบริเวณสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนของกรดโอเลอิกเป็นส่วนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณกรดโอเลอิกในโครงสร้างของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ จึงทำให้มีส่วนที่ไม่มีขั้วมากขึ้น ส่งผลให้สมบัติความต้านทานน้ำเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และกรดโอเลอิก

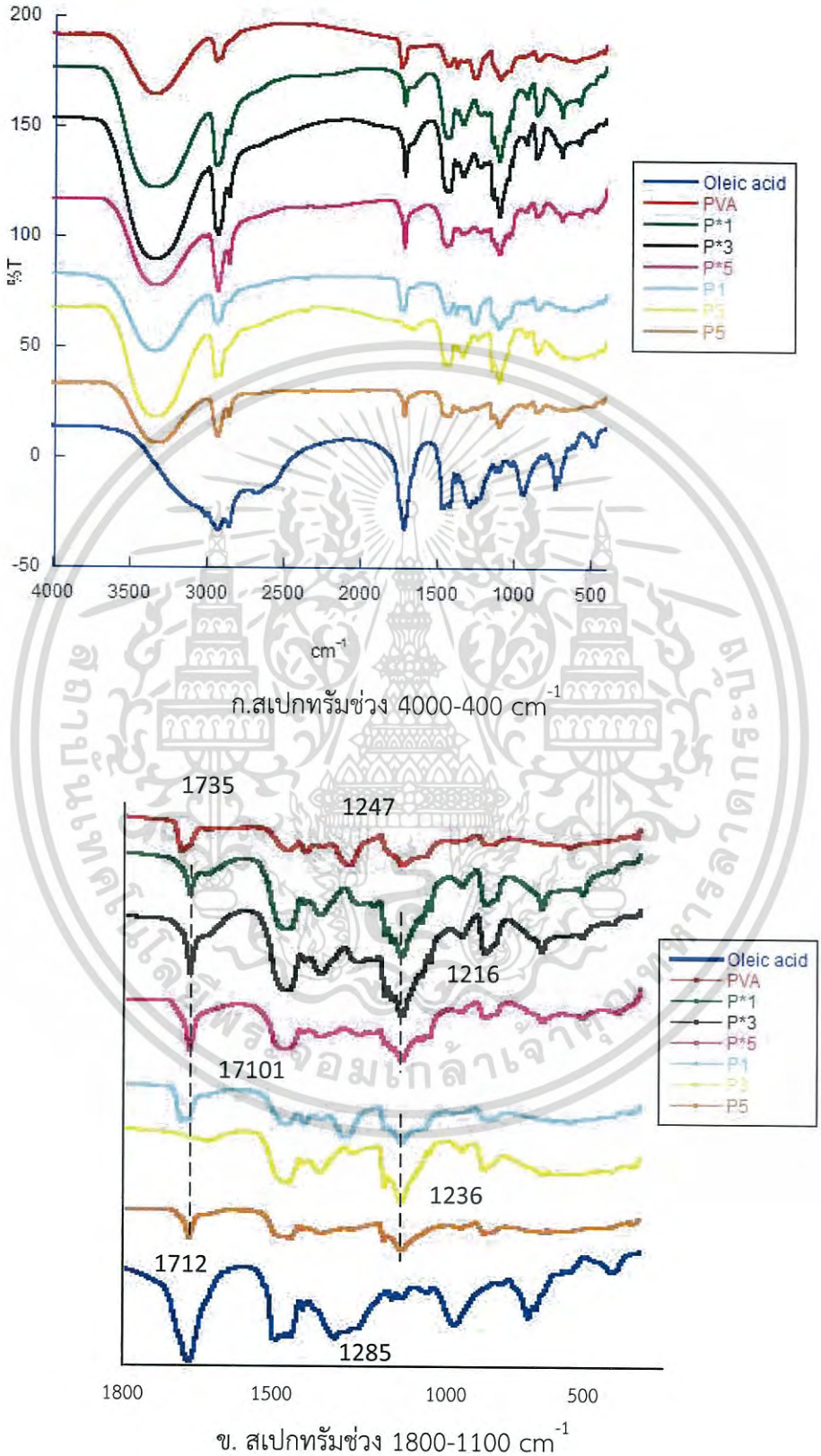
2. การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เอง โดยอาจมีการเกี่ยวพันและกักโมเลกุลของกรดโอเลอิกไว้ภายในโครงสร้าง และการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดโอเลอิก ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การเกิดพันธะไฮโดรเจนแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนไปของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก



ก.สเปกทรัมช่วง 4000-400 cm^{-1}

ข. สเปกทรัมช่วง 1800-1100 cm^{-1}

รูปที่ 4.6 สเปกทรัมของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกที่ปริมาณต่าง ๆ

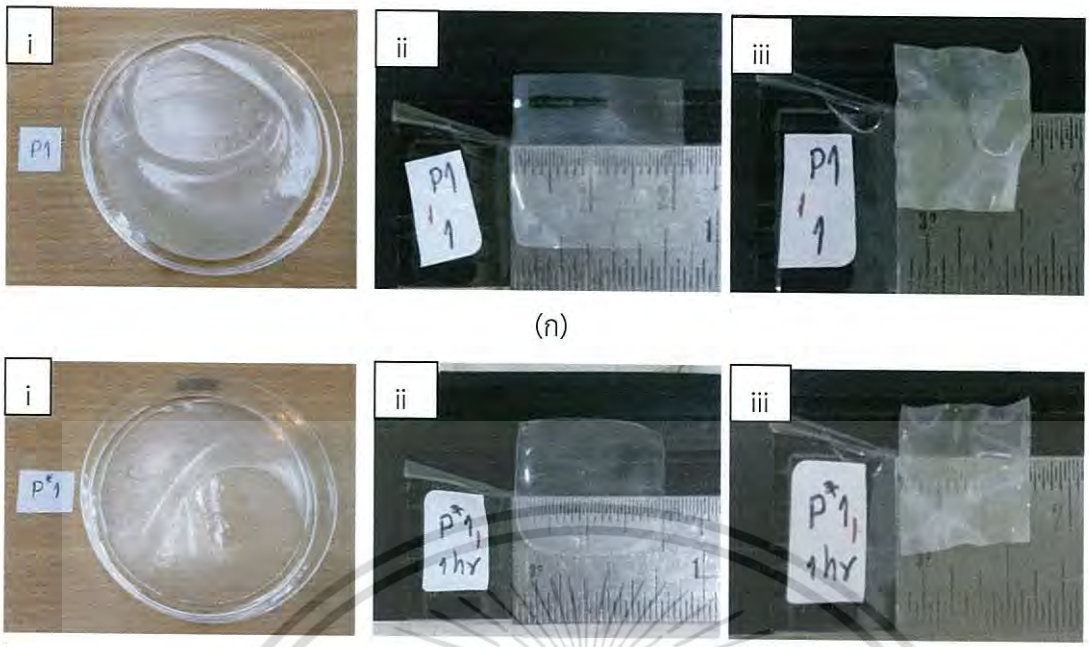
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 พบว่าพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีพีกของหมู่คาร์บอนิล (C=O stretching) และหมู่ C-O stretching ปรากฏที่ตำแหน่ง 1,735 cm^{-1} และ 1,247 cm^{-1} ตามลำดับ ส่วนกรดโอเลอิกมีพีกของหมู่ C=O stretching และหมู่ C-O stretching ปรากฏที่ตำแหน่ง 1,712 cm^{-1} และ 1,285 cm^{-1} ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพีกของหมู่ C=O stretching ในพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกที่ปริมาณต่าง ๆ (P* และ P) พบว่าพีก C=O stretching ใน PVA เปลี่ยนแปลงจาก 1,735 cm^{-1} เป็น 1,710 cm^{-1} ซึ่งอาจเป็นพีกของ C=O ในหมู่เอสเทอร์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันซ้อนทับกับพีก C=O ของกรดโอเลอิก เมื่อพิจารณาพีกของหมู่ C-O stretching พบว่ามีพีกปรากฏที่ตำแหน่ง 1,216 cm^{-1} (P*) และ 1,236 cm^{-1} (P) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพีกจากตำแหน่งพีก C-O stretching ของ PVA และ C-O stretching ของกรดโอเลอิก แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันจึงได้มีการทดสอบหาปริมาณของแข็งคงเหลือและเปอร์เซ็นต์การบวมตัว ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งคงเหลือและการบวมตัวของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์สูตรต่าง ๆ

สูตร	% ของแข็งคงเหลือ		% การบวมตัว	
	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
PVA	12.2	0.6	-	-
P1	82.4	79.4	555.2	227.9
P3	86.8	82.7	194.3	171.3
P5	88.3	85.5	178.2	159.0
P*(1)	85.4	83.7	247.8	222.6
P*(3)	86.7	85.4	161.6	172.1
P*(5)	89.6	87.9	157.3	151.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

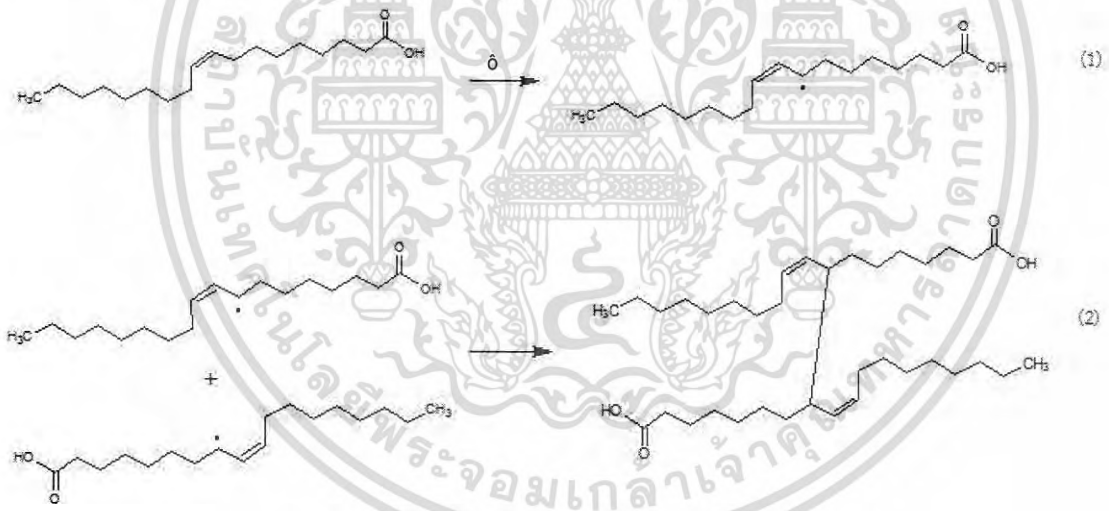


รูปที่ 4.7 ฟิล์มที่เตรียมได้ (ก) ฟิล์มสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีการเติมกรดโอเลอิก 1 pph (ข) ฟิล์มสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 1 pph (i) แผ่นฟิล์ม (ii) แผ่นฟิล์มหลังแช่น้ำกลั่น 1 ชั่วโมง (iii) แผ่นฟิล์มหลังอบแห้ง

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งคงเหลือพบว่าพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ไม่มีการทำปฏิกิริยากับกรดโอเลอิก (P) มีปริมาณของแข็งคงเหลือหลังการแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ในช่วง 82-88% และ 79-85% ตามลำดับ และพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (P*) มีปริมาณของแข็งคงเหลือหลังการแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ในช่วง 85-90%, 84–87% ตามลำดับ ลักษณะของแผ่นฟิล์มหลังการแช่น้ำแสดงดังรูปที่ 4.7 เมื่อเทียบกับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ไม่มีการใส่กรดโอเลอิก (PVA) พบว่ามีค่าปริมาณของแข็งคงเหลือที่ 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงต่ำเพียง 12.2% และ 0.6% ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีการใส่กรดโอเลอิกมีสมบัติการต้านทานน้ำสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ไม่มีการใส่กรดโอเลอิก แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาขึ้นระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และกรดโอเลอิกดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5 นอกจากนี้ยังพบว่าการปรับปรุงพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ด้วยปริมาณกรดโอเลอิกที่มากขึ้น ทำให้ฟิล์มที่ได้มีสมบัติการต้านทานน้ำสูงขึ้น เมื่อพิจารณาการบวมตัวพบว่าสูตร P มีค่าการบวมตัวที่ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ในช่วง 178-555% และ 159-227% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสูตร P* พบว่ามีค่าการบวมตัวที่ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ในช่วง 157-247% และ 151-222% ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสูตร P มีค่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัวสูงกว่าสูตร P* เล็กน้อยและมีค่าปริมาณของแข็งคงเหลือต่ำกว่าสูตร P*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กน้อย เนื่องจากสูตร P* พอลิไวนิลอัลกอฮอล์สามารถเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับกรดโอเลอิกและเกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะไฮโดรเจนดังที่กล่าวมาในหัวข้อ 4.2 นอกจากนี้ในขั้นตอนการเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มที่ตำแหน่งอัลไลลิกของกรดโอเลอิกยังสามารถเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ดังรูปที่ 4.8 แต่สูตร P พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ไม่เกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับกรดโอเลอิก แต่ยังคงเกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะไฮโดรเจนแสดงดังรูปที่ 4.5 และการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งอัลไลลิกของกรดโอเลอิกดังแสดงในรูปที่ 4.9 จึงทำให้เสถียรภาพของโครงสร้างต่อการบวมตัวในน้ำของสูตร P* ดีกว่าสูตร P โดยสูตรที่มีปริมาณกรดโอเลอิกสูงกว่ามีเสถียรภาพของโครงสร้างต่อการบวมตัวดีกว่า โดยสังเกตได้ว่าฟิล์มปรับปรุง (P* และ P) ทุกสูตรมีเสถียรภาพต่อการบวมตัวตั้งแต่หลังการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง (ค่าการบวมตัวที่ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มีค่าต่างกันอย่างไม่เป็นนัยสำคัญ) ยกเว้นสูตร P1 ซึ่งค่าการบวมตัวที่ 24 ชั่วโมง (227.9%) มีค่าต่ำกว่าที่ 1 ชั่วโมง (555.2) เนื่องจากมีการเชื่อมโยงที่ต่ำ โครงสร้างโมเลกุลไม่มีการยึดเหนี่ยวที่ดีพอ เมื่อน้ำแทรกเข้าไปในโครงสร้างในปริมาณที่มาก จึงทำให้เกิดการละลายของเนื้อฟิล์มบางส่วน ค่าการบวมตัวจึดลดลงมาก



รูปที่ 4.8 การเชื่อมโยงที่ตำแหน่งอัลไลลิกของกรดโอเลอิก

4.3 การวิเคราะห์สมบัติของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

4.3.1 ความหนืดและเสถียรภาพของหมึกพิมพ์

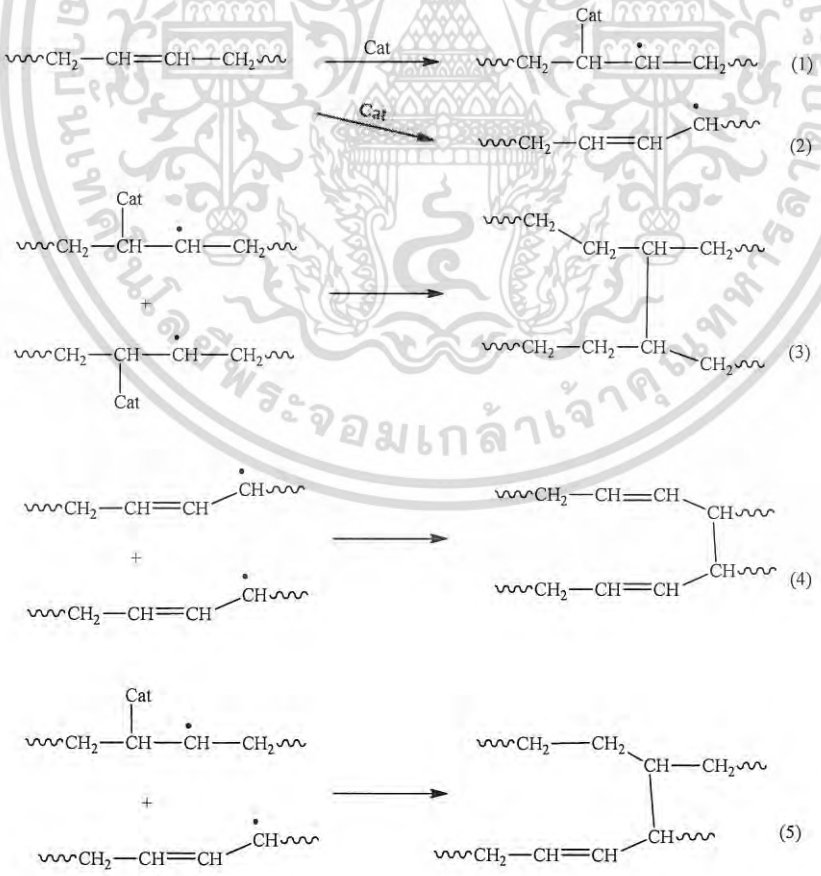
การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ในงานวิจัยนี้เป็นการนำพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกเป็นเนื้อหมึก โดยหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้มีลักษณะดังรูปที่ 4.10 เมื่อนำมาวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield พบว่ามีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 11,000 – 25,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cP แสดงผลดังตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาผลของปริมาณกรดโอเลอิกที่ปรับปรุงในโครงสร้างของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ พบว่าสูตรหมึกพิมพ์ที่มีการใส่กรดโอเลอิกมากขึ้นมีค่าความหนืดสูงขึ้น เนื่องจากกรดโอเลอิกสามารถเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ได้ เมื่อปริมาณกรดโอเลอิกมากขึ้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้มากขึ้น ทำให้โครงสร้างมีสายโซ่กิ่งที่ยาวขึ้นเกิดความเกะกะของโครงสร้างโมเลกุล ทำให้สายโซ่เคลื่อนที่ได้ยากความหนืดจึงสูงขึ้น จากการศึกษาเสถียรภาพและอายุการใช้งานของหมึกพิมพ์โดยการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าหมึกพิมพ์เกิดการจับตัวเป็นก้อนภายใน 24 ชั่วโมง อาจเกิดเนื่องจาก 2 สาเหตุดังนี้

1. ตัวเร่งปฏิกิริยา (*p*-TSA) ที่ใช้ยังคงทำให้เกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และกรดโอเลอิก หลังจากหยุดให้ความร้อน ส่งผลให้หมึกพิมพ์มีค่าความหนืดที่สูงขึ้น

2. ตัวริเริ่มปฏิกิริยา ($(NH_4)_2S_2O_8$) เข้าทำปฏิกิริยาบริเวณพันธะคู่ของกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีด ทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงทั้งภายในและระหว่างโมเลกุล ส่งผลให้ความหนืดของหมึกพิมพ์สูงขึ้นจนเกิดการเซ็ตตัว ซึ่งสามารถเกิดได้ 2 แบบ คือ ผ่านอนุมูลอิสระที่ตำแหน่งพันธะคู่และผ่านอนุมูลอิสระที่ตำแหน่งอัลไลลิก แสดงสมการการเกิดปฏิกิริยาดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การเกิดปฏิกิริยาของตัวริเริ่มผ่านอนุมูลอิสระที่ตำแหน่งพันธะคู่และตำแหน่งอัลไลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเพื่อลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวจึงนำพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (L-PVA) หรือพอลิไวนิลอะซิเทต (PVAc) มาผสมกับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกที่อัตราส่วน 40:60 และ 60:40 โดยน้ำหนัก เพื่อให้มีเสถียรภาพและอายุการใช้งานที่ดีขึ้น รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ความหนืดของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

สูตร	P*	Xanthan gum (pph)	$(NH_4)_2S_2O_8$ (pph)	Linseed (pph)	Glycerol (pph)	ความหนืด (cP)
P*(1)	100	1	1	4	15	11,440
P*(3)	100	1	1	4	15	14,000
P*(5)	100	1	1	4	15	25,200

รูปที่ 4.10 ลักษณะหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่เตรียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความหนืดของหมึกพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างกับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำหรือพอลิไวนิลอะซิเทต

สูตร	สารละลาย PVA	Oleic acid (pph)	P*	สารละลาย L-PVA	สารละลาย PVAc	Xanthan gum (pph)	ความหนืด (cP)
P*(1)40A60	-	-	40	-	60	-	15,040
P*(3)40A60	-	-	40	-	60	-	15,440
P*(5)40A60	-	-	40	-	60	-	20,480
P*(1)60A40	-	-	60	-	40	-	7,120
P*(3)60A40	-	-	60	-	40	-	9,200
P*(5)60A40	-	-	60	-	40	-	18,240
P(5)60A40	47.62	2.38	-	-	40	-	17,200
P*(3)40L60	-	-	40	60	-	1	4,900
P*(5)40L60	-	-	40	60	-	1	5,740
P*(3)60L40	-	-	60	40	-	1	13,170
P*(5)60L40	-	-	60	40	-	1	16,940
เกรดการค้า	-	-	-	-	-	-	11,340

หมายเหตุ กำหนดให้ปริมาณของ $(NH_4)_2S_2O_8$, น้ำมันลินสีดและกลีเซอรอล เท่ากับ 1 pph, 4 pph และ 15 pph ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.3 พบว่าสูตรหมึกพิมพ์ P*A มีความหนืดอยู่ในช่วง 9,200–20,500 cP และสูตรหมึกพิมพ์ P*L มีความหนืดอยู่ในช่วง 4,900–16,940 cP เมื่อพิจารณาการเพิ่มปริมาณ PVAc พบว่าทำให้ความหนืดของหมึกพิมพ์มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณของแข็งใน PVAc มีค่ามากกว่าในสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ เมื่อเพิ่มปริมาณ PVAc มากขึ้นจึงทำให้ความหนืดหมึกพิมพ์มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย และเมื่อตั้งหมึกพิมพ์ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีอายุการใช้งานได้ 3–4 สัปดาห์ โดยที่หมึกพิมพ์เกิดการแห้งบริเวณผิวหน้าลงไปเรื่อย ๆ เมื่อพิจารณาปริมาณของกรดโอเลอิก พบว่าสูตรหมึกพิมพ์ที่มีการใช้กรดโอเลอิก 5 pph มีความหนืดมากกว่าหมึกพิมพ์ที่มีการใช้กรดโอเลอิก 3 pph เนื่องจากปริมาณกรดโอเลอิกมากขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้มากขึ้น ทำให้โครงสร้างมีสายโซ่กิ่งที่ยาวขึ้น เคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยากความหนืดจึงสูงขึ้น เมื่อพิจารณาการเพิ่มปริมาณ L-PVA พบว่าหมึกพิมพ์มีความหนืดลดลง เนื่องจากความหนืดของ L-PVA มีค่าต่ำมาก เมื่อเติมลงไปทำให้ความหนืดของหมึกพิมพ์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อพิจารณาถึงเสถียรภาพและอายุการใช้งานพบว่าการเติม L-PVA ทำให้หมึกพิมพ์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น โดยสามารถตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ 5–6 สัปดาห์ หลังจากนั้นความเนียนของเนื้อหมึกพิมพ์จะลดลงและค่อย ๆ รวมกันเป็นก้อนจนแข็ง และยังพบว่ามีน้ำมันแยกออกจากเนื้อหมึกพิมพ์อีกด้วย เพราะฉะนั้นเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของหมึกพิมพ์ให้ยาวนานขึ้น การเก็บรักษาหมึกพิมพ์ควรเก็บในภาชนะที่มีการปิดอย่างแน่นหนา อาจมีการใช้แว็กหรือ พลาสติกปิดบริเวณผิวหน้าของหมึกพิมพ์ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างอากาศกับเนื้อหมึกพิมพ์ ซึ่งหมึกเกรดการค้ามีการพบปัญหาการแห้งบริเวณผิวหน้าหรือการเกิดเป็นไตในหมึกพิมพ์ได้เช่นกันถ้าเก็บรักษาไม่ดี

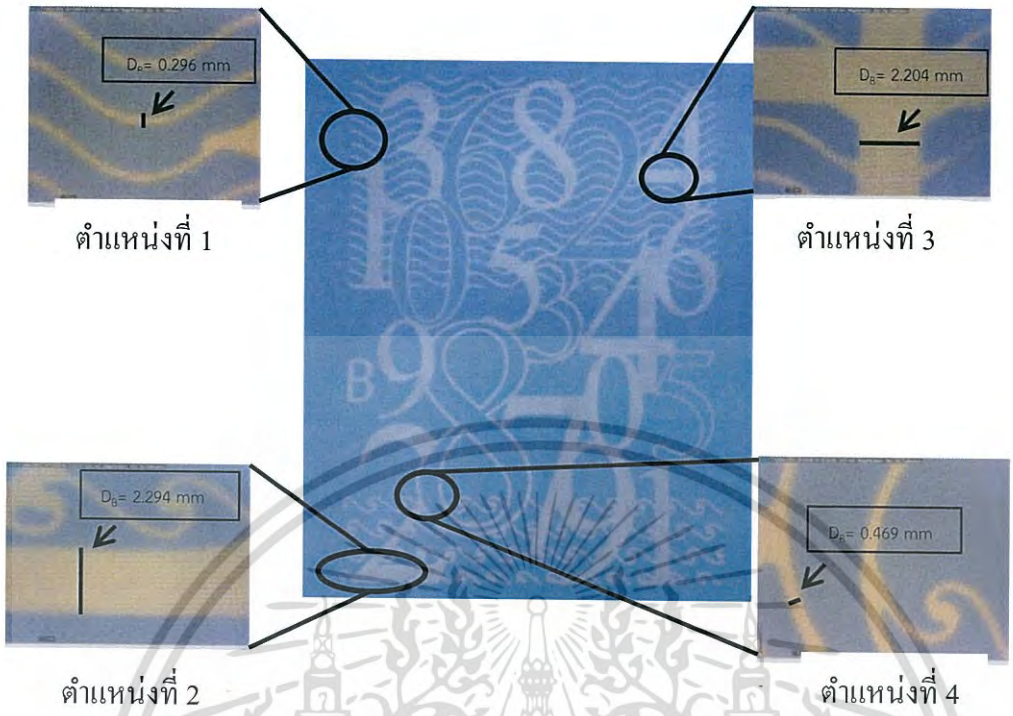
เมื่อนำความหนืดหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับความหนืดของหมึกพิมพ์เกรดการค้า พบว่าหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้ทุกสูตรมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 4,900–20,000 cP ซึ่งมีค่าความหนืดครอบคลุมความหนืดหมึกพิมพ์เกรดการค้า (11,340 cP) และหมึกพิมพ์ทุกสูตรที่เตรียมได้สามารถทำการสกรีนลงบนผ้าได้เช่นเดียวกับหมึกพิมพ์เกรดการค้า

4.4 ความคมชัดของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังสกรีน

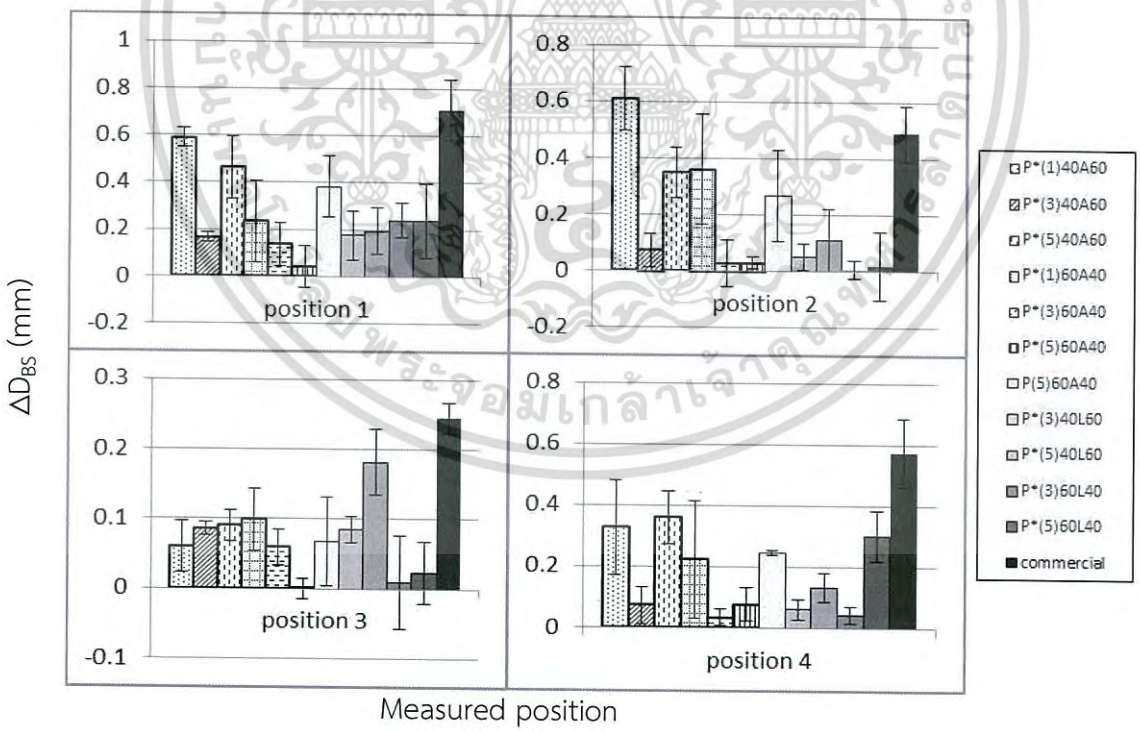
สมบัติความคมชัดของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำบนผ้าหลังสกรีน ถูกประเมินด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ซึ่งดูความคมชัดของลวดลายที่สกรีนบนผ้าโดยวัดระยะลวดลายที่ระบุที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบล็อกสกรีนดังแสดงดังรูปที่ 4.11

การวัดความคมชัดของลวดลายหลังการสกรีนแสดงด้วย ΔD_{BS} สามารถคำนวณได้จากผลต่างของระยะห่างของลวดลายบนบล็อกสกรีน (D_B) กับระยะห่างของลวดลายบนผ้าหลังสกรีน (D_S) ($\Delta D_{BS} = D_S - D_B$) ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ตำแหน่งของลวดลายบนบล็อกสกรีนที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด



รูปที่ 4.12 ผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายบนบล็อกสกรีนกับระยะห่างของลวดลายบนผ้าหลังการสกรีน (ΔD_{BS}) ของสีสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 แสดงผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายบนบล็อกสกรีนกับระยะห่างของลวดลายบนผ้าหลังสกรีน (ΔD_{BS}) ของสีสูตรต่าง ๆ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกรดโอเลอิกที่ใช้ปรับปรุง PVA ทำให้หมึกพิมพ์มีค่า ΔD_{BS} ลดลง เนื่องจากสายโซ่มีการเกี่ยวพันกันมากขึ้น เคลื่อนที่ได้ยากส่งผลให้ความหนืดของหมึกพิมพ์สูงขึ้น ทำให้เกิดการแผ่ขยายของลวดลายได้ยากขึ้น เมื่อเพิ่มสัดส่วนของ A ในหมึกพิมพ์ทำให้หมึกพิมพ์มีค่า ΔD_{BS} สูงขึ้น เนื่องจาก PVAc เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น โมเลกุลจึงเคลื่อนที่ได้ง่ายจึงเกิดการแผ่ขยายของลวดลายได้มากกว่าสูตรที่มีสัดส่วน A น้อย เมื่อพิจารณาปริมาณของ L พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ L ทำให้ค่า ΔD_{BS} มีค่ามากขึ้น เนื่องจาก L-PVA เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่มีความหนืดต่ำเมื่อนำมาผสมเป็นหมึกพิมพ์ส่งผลให้หมึกพิมพ์มีความหนืดลดลง เมื่อทำการสกรีนจึงเกิดการแผ่ขยายของลวดลายได้ง่าย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับหมึกเกรดการค้า พบว่าหมึกพิมพ์ทุกสูตรมีค่า ΔD_{BS} ต่ำกว่าหมึกเกรดการค้าทุกตำแหน่ง

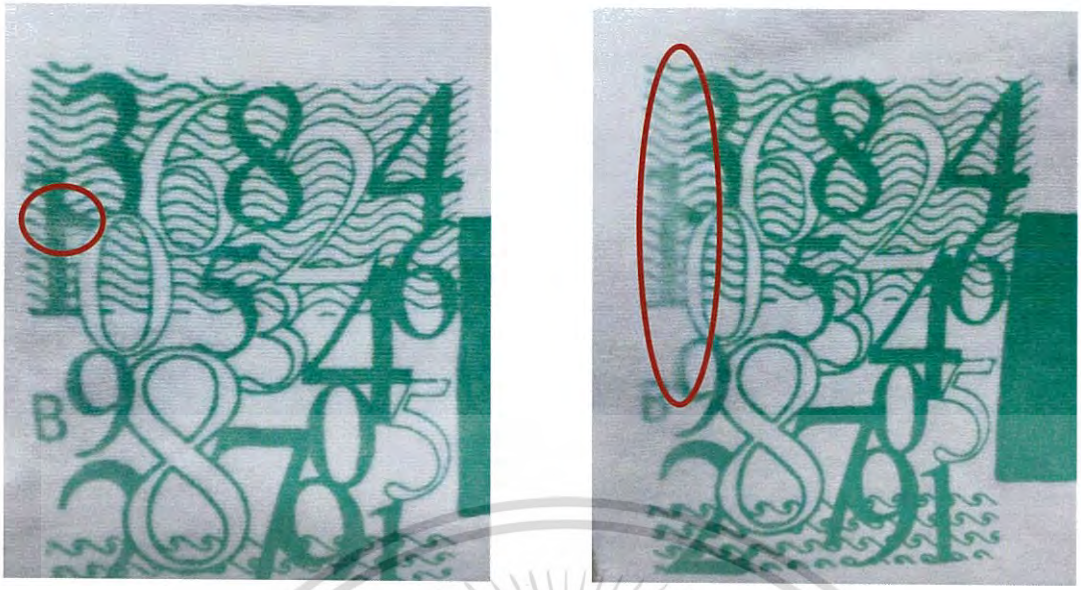
4.5 ความคงทนและเสถียรภาพของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง

ชิ้นงานที่แห้งหลังผ่านการรีดแล้วจะถูกนำมาทดสอบความคงทนโดยการซักล้าง โดยแบ่งการซักล้างเป็นการซักล้างด้วยน้ำเปล่าและการซักล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอก ผลการทดลองแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

4.5.1 การวัดความคมชัดของลวดลายหลักจากการซักล้าง 1 ครั้ง

ชิ้นงานที่ผ่านการซักล้างด้วยน้ำเปล่าและน้ำผสมผงซักฟอกจำนวน 1 ครั้ง พบว่าชิ้นงานที่สกรีนด้วยหมึกสูตร P(5)60A40 มีการหลุดของหมึกจากผ้า (ดังรูปที่ 4.13) ซึ่งแสดงถึงการยึดติดของหมึกบนผ้าไม่ดี ดังนั้นในการทดสอบความคงทนของหมึกบนผ้าโดยการซักล้าง จึงไม่นำผลการซักล้างของผ้าที่สกรีนด้วยหมึกสูตร P(5)60A40 มาพิจารณาต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การหลุดของหมึกพิมพ์สูตร P(5)60A40

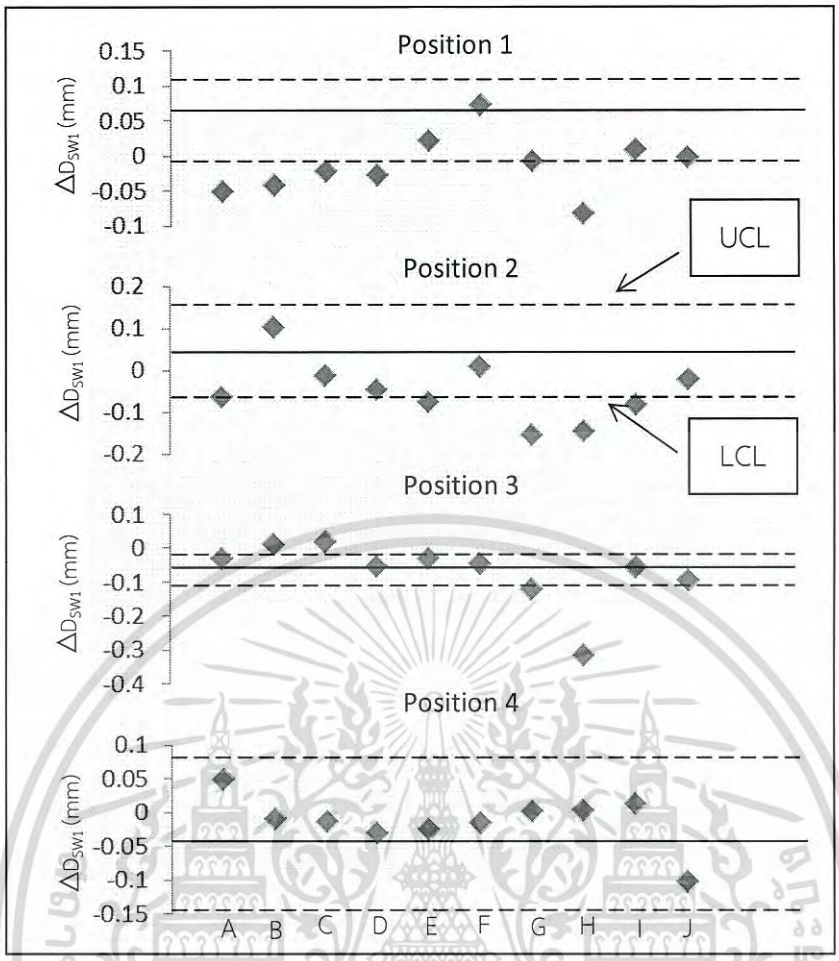
ความคมชัดของลวดลายวิเคราะห์ได้จากผ้าสกรีนลวดลายที่ผ่านการซักแล้วหมึกไม่หลุดออกจากผ้า โดยคำนวณจากผลต่างของระยะห่างลวดลายหลังซักล้าง 1 ครั้ง (D_{W1}) กับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (D_S) ($\Delta D_{SW1} = D_{W1} - D_S$) ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.14-4.15 โดยที่เส้นทึบคือค่าเฉลี่ยของ ΔD_{SW1} ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า และเส้นปะคือขีดจำกัดควบคุมด้านบน (UCL) และขีดจำกัดควบคุมด้านล่าง (LCL) โดยคำนวณดังสมการต่อไปนี้

$$UCL = \bar{x} + 3\sigma$$

$$LCL = \bar{x} - 3\sigma$$

เมื่อ σ คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของหมึกพิมพ์เกรดการค้า

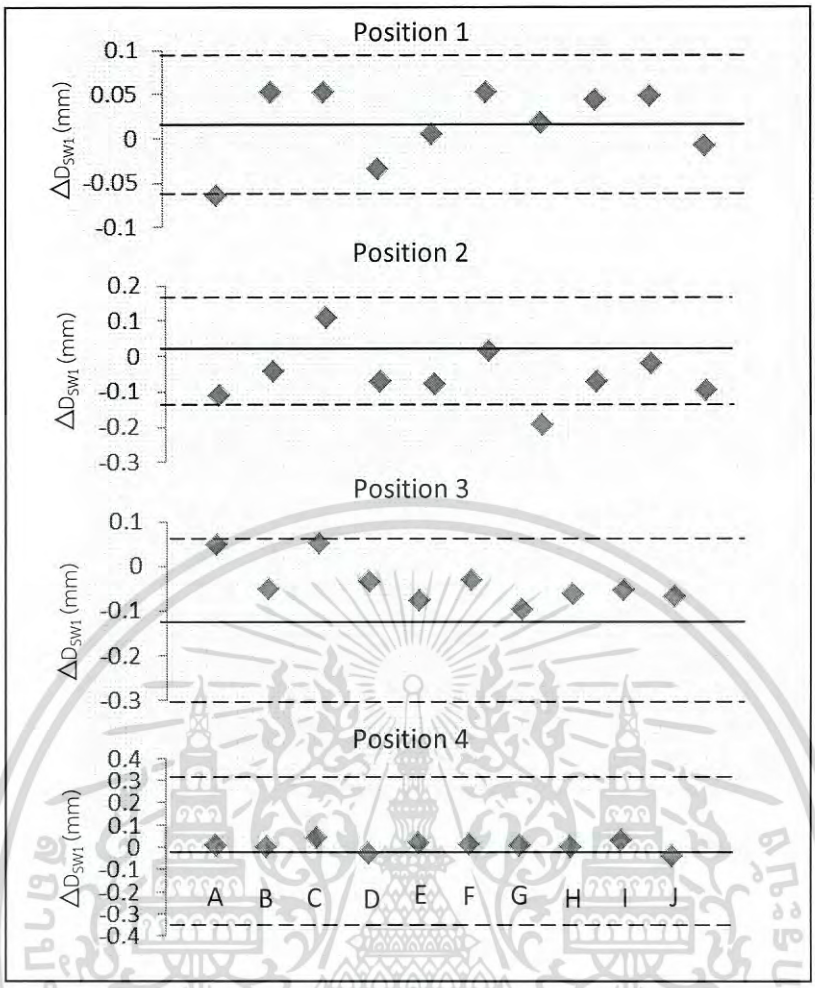
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังการซักล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอก 1 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังการสกรีน (ΔD_{SW1}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่ง 1-4

<u>หมายเหตุ</u> A = P*(1)40A60, B = P*(3)40A60, C = P*(5)40A60, D = P*(1)60A40, E = P*(3)60A40, F = P*(5)60A40, G = P*(3)40L60, H = P*(5)40L60, I = P*(3)60L40, J = P*(5)60L40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังการซักล้างด้วยน้ำเปล่า 1 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังการสกรีน (ΔD_{SW1}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่ง 1-4

จากรูปที่ 4.14 – 4.15 พบว่าค่า ΔD_{SW1} ของหมึกพิมพ์ทุกสูตรมีค่าต่ำ นอกจากนี้ค่าส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วง ΔD_{SW1} ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า แสดงถึงการยึดติดที่ดีของหมึกพิมพ์บนผ้าเทียบเคียงได้กับหมึกเกรดการค้า เนื่องจากหมึกพิมพ์มีองค์ประกอบของโมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว สามารถยึดติดกับผ้าฝ้ายที่มีโครงสร้างเป็นเซลลูโลสซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่แสดงความมีขั้วเช่นเดียวกันได้ นอกจากนี้แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟตยังเป็นสารช่วยเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมโยงในตำแหน่งพันธะคู่และตำแหน่งอัลไลลิกในโครงสร้างของกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีด ทำให้โมเลกุลเกี่ยวพันกับเนื้อผ้าได้ดี ทำให้หมึกพิมพ์ที่สกรีนบนผ้าฝ้ายมีความคงทนต่อการซักล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการซักล้าง 1 ครั้ง

ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังการซักล้าง 1 ครั้ง แสดงในตารางที่ 4.4 โดยแสดงค่าเป็น ΔL^*, Δa^*, Δb^* และ Δe ซึ่งค่า ΔL_{SW1}^* บ่งบอกถึงความสว่างของสีที่เปลี่ยนแปลงหลังการซักล้าง 1 ครั้ง คำนวณได้จากผลต่างของความสว่างของหมึกพิมพ์หลังการซักล้าง 1 ครั้ง (L_{W1}^*) กับความสว่างของหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (L_S^*) ($\Delta L_{SW1}^* = L_{W1}^* - L_S^*$) พบว่าค่า ΔL_{SW1}^* ของหมึกพิมพ์ทุกสูตรมีค่าน้อยมาก ซึ่งสูตรที่ซักล้างด้วยน้ำเปล่าและน้ำผสมผงซักฟอกมีค่าอยู่ในช่วง -1.00 ถึง 2.41 และ 0.70 ถึง 4.90 ตามลำดับ (ช่วงของ L* มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100) แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของหมึกพิมพ์น้อยมากหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยให้ผลเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์เกรดการค้า (ΔL_{SW1}^* หลังการซักน้ำเปล่าและน้ำผสมผงซักฟอก เท่ากับ -0.48 และ -1.00 ตามลำดับ) ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างดังกล่าวไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า

ค่า Δa^* คือ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีเขียว (-100) ถึงสีแดง (100) โดยค่า Δa^* คำนวณจากผลต่างเฉดสีเขียว-แดงของหมึกพิมพ์หลังการซัก 1 ครั้ง (a_{W1}^*) กับหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (a_S^*) ($\Delta a_{SW1}^* = a_{W1}^* - a_S^*$) และค่า Δb^* คือ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำเงิน (-100) ถึงสีเหลือง (100) โดยค่า Δb^* คำนวณจากผลต่างเฉดสีน้ำเงิน-เหลืองของหมึกพิมพ์หลังการซัก 1 ครั้ง (b_{W1}^*) กับหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (b_S^*) ($\Delta b_{SW1}^* = b_{W1}^* - b_S^*$) จากตารางที่ 4.4 พบว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A มีค่า Δa_{SW1}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -4.10 ถึง 1.37 และ -3.17 ถึง -1.59 ตามลำดับ และมีค่า Δb_{SW1}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -5.21 ถึง 3.54 และ -3.80 ถึง -2.03 ตามลำดับ ส่วนหมึกพิมพ์สูตร P*L มีค่า Δa_{SW1}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -4.10 ถึง 1.12 และ -5.85 ถึง -2.27 ตามลำดับ และมีค่า Δb_{SW1}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -6.09 ถึง -5.33 และ -4.26 ถึง -2.26 ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นพบว่าการซักล้างด้วยน้ำเปล่า, การเพิ่มปริมาณกรดโอเลอิกที่ใช้ปรับปรุงโครงสร้าง, การเพิ่มปริมาณ PVAc และการลดปริมาณ L-PVA ทำให้การเปลี่ยนแปลงสีมีช่วงที่แคบลง

ค่า Δe คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงสีคำนวณได้จาก $\Delta e = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ โดยค่า Δe_{SW1} ของหมึกพิมพ์สูตร P*A หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่ามีค่าในช่วง 3.82 ถึง 5.64 และ 3.03 ถึง 4.58 ตามลำดับ ส่วนหมึกพิมพ์สูตร P*L มีค่า Δe_{SW1} หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง 5.79 ถึง 7.44 และ 3.55 ถึง 7.20 ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นพบว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ต่ำกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L ซึ่งกล่าวได้ว่าหมึกพิมพ์สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P*A มีความทนทานต่อการซักล้างได้ดีกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L แต่ความทนทานต่อการซักล้างยังต่ำกว่าหมึกพิมพ์เกรดการค้า อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์สูตร P*A หลังการซักล้าง 1 ครั้งไม่เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า แต่กรณีของสูตร P*L พบว่าสังเกตเห็นการซีดของสีเล็กน้อยหลังการซักล้าง 1 ครั้ง

ตารางที่ 4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์สูตรต่าง ๆ หลังการซักล้าง 1 ครั้ง

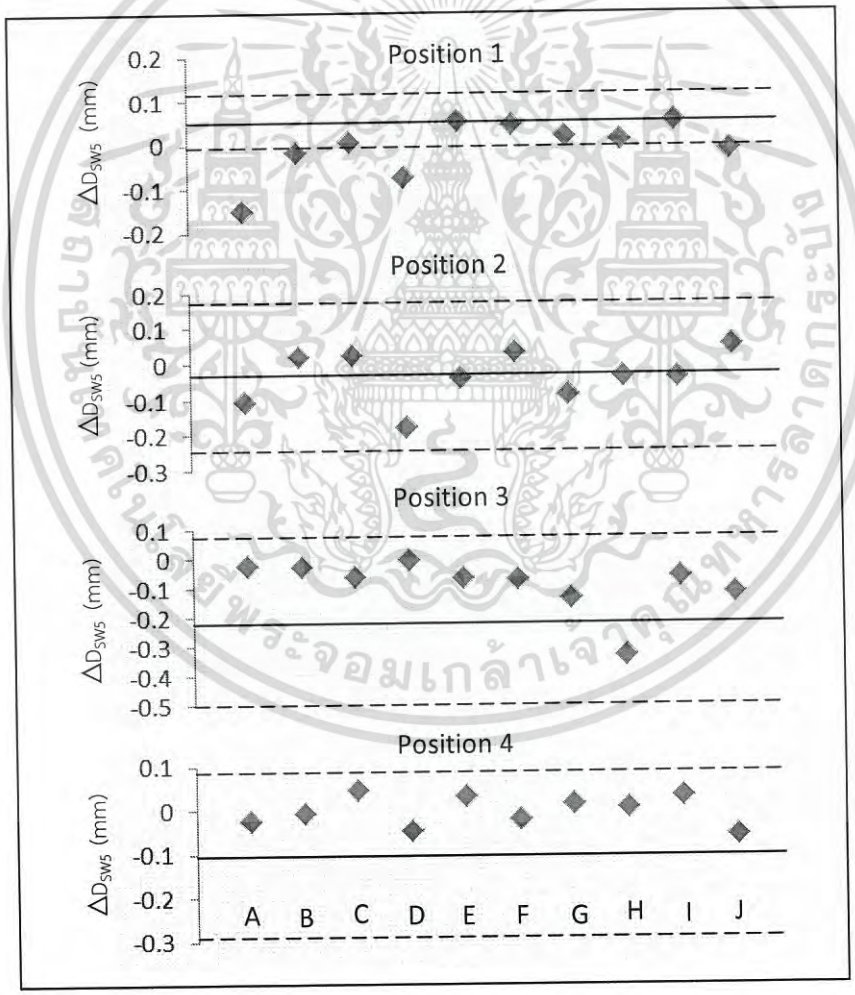
สูตร	การซักล้าง	ΔL_{SW1}^*	Δa_{SW1}^*	Δb_{SW1}^*	Δe
P*(1)40A60	ผงซักฟอก	0.70	-1.36	-3.51	3.82
	น้ำเปล่า	0.93	-1.59	-2.62	3.20
P*(3)40A60	ผงซักฟอก	1.85	-2.81	-3.42	4.79
	น้ำเปล่า	0.68	-2.37	-3.86	4.58
P*(5)40A60	ผงซักฟอก	1.12	-4.10	-2.16	4.76
	น้ำเปล่า	0.25	-2.10	-2.54	3.30
P*(1)60A40	ผงซักฟอก	1.68	1.37	-5.21	5.64
	น้ำเปล่า	-0.10	-1.74	-2.49	3.03
P*(3)60A40	ผงซักฟอก	1.26	-2.16	3.54	4.33
	น้ำเปล่า	0.69	-2.42	-3.24	4.10
P*(5)60A40	ผงซักฟอก	1.71	-3.15	-2.66	4.46
	น้ำเปล่า	1.26	-3.17	-2.03	3.96
P*(3)40L60	ผงซักฟอก	1.11	-2.17	-5.26	5.79
	น้ำเปล่า	2.41	-5.28	-4.26	7.20
P*(5)40L60	ผงซักฟอก	4.90	1.12	-5.49	7.44
	น้ำเปล่า	1.90	-3.34	-2.26	4.45
P*(3)60L40	ผงซักฟอก	2.51	-4.10	-5.33	7.17
	น้ำเปล่า	1.26	-2.27	-2.42	3.55
P*(5)60L40	ผงซักฟอก	3.64	0.35	-6.09	7.10
	น้ำเปล่า	0.82	-5.85	-2.81	6.54
commercial	ผงซักฟอก	-0.48	-0.29	0.01	0.56
	น้ำเปล่า	-1.00	-1.44	-0.60	1.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การวัดความคมชัดของลวดลายหลักจากการซักล้าง 5 ครั้ง

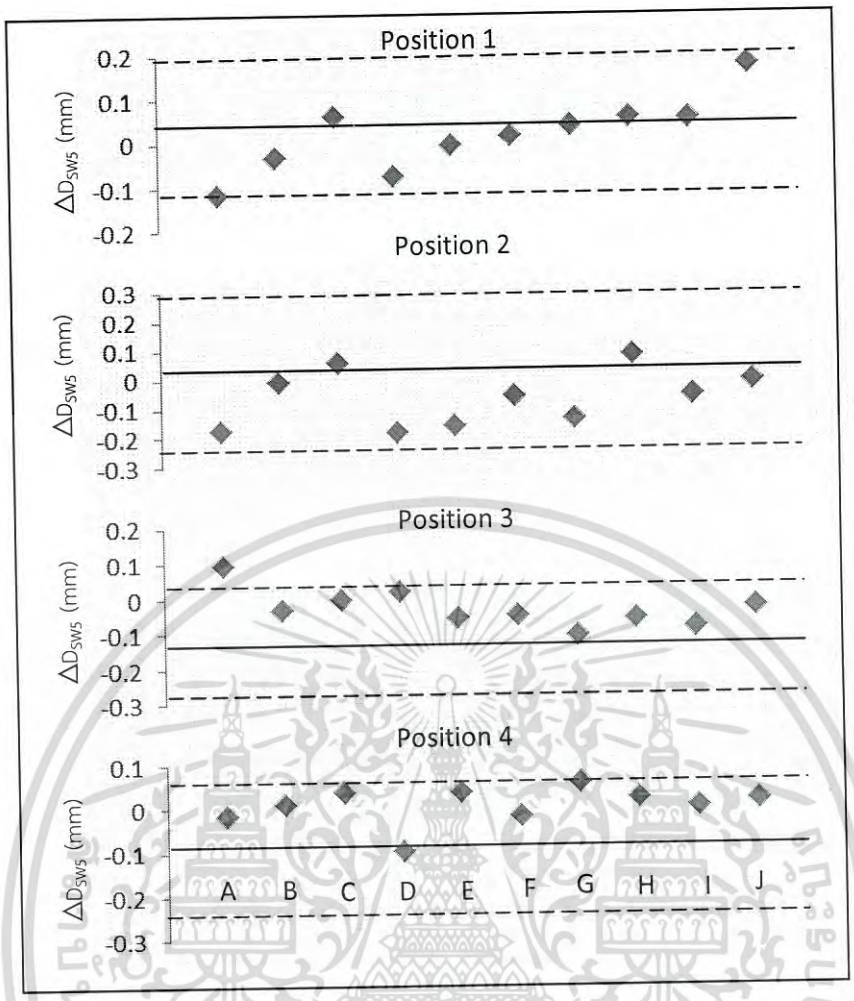
จากผลทดลองดังตารางที่ 4.4 พบว่าหมึกพิมพ์มีความคงทนที่ดีบนผ้าเมื่อผ่านการซัก 1 ครั้ง เพื่อประเมินความคงทนของหมึกพิมพ์จากการซักซ้ำ จึงใช้การซักล้างชิ้นงานซ้ำเป็นจำนวน 5 ครั้งและนำมาคำนวณความคงทนหลังการซัก 5 ครั้ง โดยคำนวณจากผลต่างของระยะห่างลวดลายหลังซักครั้งที่ 5 (D_{W5}) กับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (D_S) ($\Delta D_{SW5} = D_{W5} - D_S$) ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.16 และ 4.17

จากรูปที่ 4.16–4.17 พบว่าค่า ΔD_{SW5} ของหมึกพิมพ์สูตร P*A และ P*L มีค่าต่ำอยู่ในช่วง 0.173 ถึง -0.336 และส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง UCL และ LCL ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า แสดงถึงความคงทนต่อการซักล้างของหมึกพิมพ์อยู่ในเกณฑ์ที่เทียบเคียงได้กับหมึกพิมพ์เกรดการค้า



รูปที่ 4.16 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังการซักล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอก 5 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังการสกรีน (ΔD_{SW5}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่ง 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังการซักล้างด้วยน้ำเปล่า 5 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังการสกรีน (ΔD_{SW5}) ของหมึกสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่ง 1-4

4.5.4 การเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการซักล้าง 5 ครั้ง

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังซักล้างจำนวน 5 ครั้ง แสดงค่าเป็น ΔL_{SW5}^*, Δa_{SW5}^*, Δb_{SW5}^* และ Δe_{SW5} โดยค่า ΔL_{SW5} คำนวณได้จากผลต่างของความสว่างของหมึกพิมพ์หลังการซักล้าง 5 ครั้ง (L_{W5}) กับความสว่างของหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (L_S) ($\Delta L_{SW5} = L_{W5} - L_S$) พบว่าค่า ΔL_{SW5}^* ของหมึกพิมพ์สูตร P*A หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักน้ำด้วยเปล่าอยู่ในช่วง 1.69 ถึง 3.42 และ 0.40 ถึง 2.56 ตามลำดับ และหมึกพิมพ์สูตร P*L มีค่า ΔL_{SW5}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักน้ำด้วยเปล่าอยู่ในช่วง 4.37 ถึง 9.05 และ 2.29 ถึง 3.95 ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความสว่างของหมึกพิมพ์สูตร P*L มีค่าเปลี่ยนแปลงมากกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Δa^* คือ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีเขียว (-100) ถึงสีแดง (100) โดยค่า Δa^* คำนวณจากผลต่างเฉดสีเขียว-แดงของหมึกพิมพ์หลังการซัก 5 ครั้ง (a_{W5}^*) กับหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (a_S^*) ($\Delta a_{SW5}^* = a_{W5}^* - a_S^*$) และค่า Δb^* คือ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำเงิน (-100) ถึงสีเหลือง (100) โดยค่า Δb^* คำนวนจากผลต่างเฉดสีน้ำเงิน-เหลืองของหมึกพิมพ์หลังการซัก 5 ครั้ง (b_{W5}^*) กับหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (b_S^*) ($\Delta b_{SW5}^* = b_{W5}^* - b_S^*$) จากตารางที่ 4.6 พบว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A มีค่า Δa_{SW5}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -5.21 ถึง 1.36 และ -5.71 ถึง 0.51 ตามลำดับ และมีค่า Δb_{SW5}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง 6.38 ถึง -3.96 และ -4.76 ถึง -3.42 ตามลำดับ ส่วนหมึกพิมพ์สูตร P*L มีค่า Δa_{SW5}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -4.34 ถึง 5.39 และ -5.27 ถึง -2.35 ตามลำดับ และมีค่า Δb_{SW5}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -12.52 ถึง -6.63 และ 5.89 ถึง -3.9 ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นพบว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L มีช่วงในการเปลี่ยนแปลงสีที่กว้างกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A แสดงให้เห็นว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L มีความทนทานต่อการซักล้างต่ำกว่า

ค่า Δe คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงสีคำนวณได้จาก $\Delta e = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ โดยค่า Δe_{SW5}ของหมึกพิมพ์สูตร P*A หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่ามีค่าในช่วง 4.6 ถึง 8.22 และ 3.48 ถึง 7.61 ตามลำดับ ส่วนหมึกพิมพ์สูตร P*L มีค่า Δe_{SW5} หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและการซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง 9.05 ถึง 16.36 และ 5.54 ถึง 8.35 ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นพบว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ต่ำกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L ซึ่งกล่าวได้ว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A มีความทนทานต่อการซักล้างได้ดีกว่า เนื่องจาก PVAc มีความหนืดสูงทำให้สายโซ่เคลื่อนที่ได้ยาก ส่วน L-PVA มีความหนืดต่ำสายโซ่เคลื่อนที่ได้ง่าย เมื่อมีแรงเชิงกลกระทำต่อสีบนผ้าจึงทำให้โมเลกุลของ L-PVA หลุดออกได้ง่าย จึงทำให้ความทนทานต่อการซักล้างต่ำ โดยสังเกตได้จากสีที่ซีดลงมากกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A และหมึกพิมพ์เกรดการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์สูตรต่าง ๆ หลังการซักล้าง 5 ครั้ง

สูตร	การซักล้าง	ΔL_{SW5}^*	Δa_{SW5}^*	Δb_{SW5}^*	Δe_{SW5}
P*(1)40A60	ผงซักฟอก	1.69	-1.64	-3.96	4.60
	น้ำเปล่า	1.03	0.18	-4.72	4.83
P*(3)40A60	ผงซักฟอก	3.42	-5.21	-5.37	8.22
	น้ำเปล่า	2.00	-3.13	-4.76	6.03
P*(5)40A60	ผงซักฟอก	2.97	-4.48	-4.44	6.97
	น้ำเปล่า	2.56	-3.89	-3.87	6.05
P*(1)60A40	ผงซักฟอก	2.48	1.36	-6.38	6.97
	น้ำเปล่า	0.40	0.51	-3.42	3.48
P*(3)60A40	ผงซักฟอก	3.30	-4.62	-5.30	7.76
	น้ำเปล่า	1.87	-3.63	-4.27	5.90
P*(5)60A40	ผงซักฟอก	2.97	-4.64	-5.52	7.80
	น้ำเปล่า	2.44	-5.71	-4.40	7.61
P*(3)40L60	ผงซักฟอก	4.37	-4.34	-6.63	9.05
	น้ำเปล่า	3.79	-4.55	-5.89	8.35
P*(5)40L60	ผงซักฟอก	6.92	3.16	-8.61	11.49
	น้ำเปล่า	3.95	-4.24	-3.9	6.98
P*(3)60L40	ผงซักฟอก	4.72	-4.03	-7.07	9.4
	น้ำเปล่า	2.29	-2.35	-4.47	5.54
P*(5)60L40	ผงซักฟอก	9.05	5.39	-12.52	16.36
	น้ำเปล่า	2.54	-5.27	-5.16	7.8
Commercial	ผงซักฟอก	-0.15	1.46	-0.66	1.61
	น้ำเปล่า	-1.02	1.86	-2.13	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลของปริมาณกลีเซอรอลต่อการแห้งของสีบนแบบสกรีน

นำสูตรสีที่ให้ผลการทดสอบด้านความคมชัดและความทนทานต่อการซักล้างดี จากหัวข้อที่ 4.4 และ 4.5 โดยเลือกหมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60 และ P*(5)60A40 มาปรับเปลี่ยนปริมาณกลีเซอรอลที่ปริมาณ 15, 25 และ 35 pph โดยให้สารเติมแต่งที่เหลือมีปริมาณคงที่ จากนั้นทำการสกรีนลงบนผ้า ทดสอบสมบัติความความคมชัดและคงทนต่อการซักล้าง และทำการสกรีนลงบนกระดาษการ์ดโปรอย่างต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบจำนวนครั้งที่สามารถพิมพ์สีผ่านแบบสกรีน และยังคงความคมชัดของลวดลาย

4.6.1 ความหนืดและจำนวนครั้งของการสกรีนต่อเนื่อง

ตารางที่ 4.6 ความหนืดและจำนวนครั้งของการสกรีนต่อเนื่องของสีสูตรต่าง ๆ

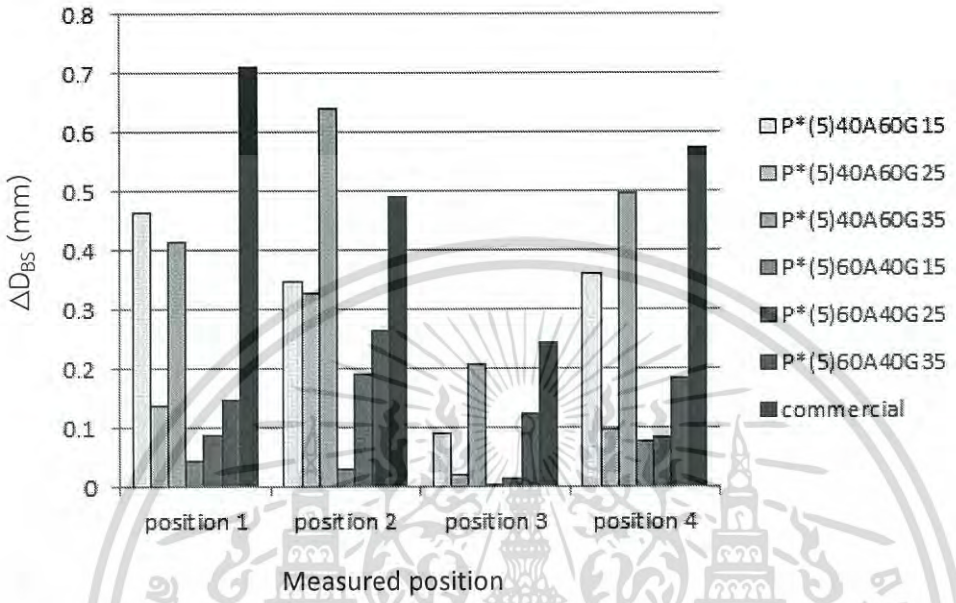
สูตร	ความหนืด	จำนวนผ้าที่สกรีน (ชิ้น)
P*(5)40A60G15	20,480	20
P*(5)40A60G25	19,773	102
P*(5)40A60G35	17,600	287
P*(5)60A40G15	18,240	15
P*(5)60A40G25	16,770	29
P*(5)60A40G35	15,040	61
Commercial	11,330	>500

จากตารางที่ 4.6 พบว่าสูตร P*(5)40Pc60G35 ที่มีการเติมกลีเซอรอลในปริมาณ 35 pph สามารถสกรีนภาพต่อเนื่องได้จำนวนมากที่สุด โดยสามารถสกรีนภาพต่อเนื่องได้ 287 ภาพ ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีจุดเดือดสูงและระเหยได้ยากกว่า และสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำในหมึกพิมพ์ได้ เมื่อมีปริมาณกลีเซอรอลที่มาก โมเลกุลของกลีเซอรอลสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำทำให้น้ำอยู่ในรูปที่ไม่อิสระและระเหยออกไปได้ยาก ทำให้สีสามารถรักษาความชื้นไว้ได้นานขึ้น จึงส่งผลให้สีแห้งช้าลงและแม่พิมพ์สกรีนอุดตันน้อยลง ส่วนกรณีสูตร P*(5)60A40 ไม่สามารถสกรีนต่อเนื่องและให้ภาพที่คมชัดได้ อาจเนื่องจากโมเลกุลของ P*(5) ซึ่งมีปริมาณ 60 ส่วนในเนื้อหมึกพิมพ์ มีจำนวนพันธะคู่จากส่วนของกรดโอเลอิกมากกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60 (มีปริมาณ P*(5) 40 ส่วนในเนื้อหมึกพิมพ์) ทำให้เมื่อทำการสกรีนหมึกพิมพ์ถูกรีดเป็นแผ่นฟิล์มทำให้มีโอกาสสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนได้มากขึ้นและทำให้มีโอกาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่หรือตำแหน่งอัลไลลิกได้มากขึ้น เกิดเป็นฟิล์มของแข็งไปอุดตันช่องว่างของผ้าสกรีนบางส่วน ทำให้ความคมชัดลดลงเมื่อสกรีนต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่ง

4.6.2 สมบัติความคมชัดของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการสกรีน



รูปที่ 4.18 ผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายบนบล็อกสกรีนกับระยะห่างของลวดลายบนผ้าหลังสกรีน (ΔD_{BS}) ของสีสูตรต่าง ๆ ที่ตำแหน่งที่ 1–4

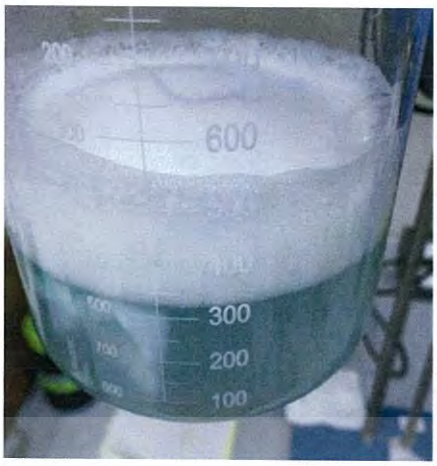
จากรูปที่ 4.18 พบว่าการเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลทำให้ค่า ΔD_{BS} ที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่ามากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลส่งผลให้หมึกพิมพ์มีความหนืดลดลง เมื่อทำการสกรีนหมึกที่มีความหนืดต่ำทำให้เกิดการแผ่ขยายของลวดลายได้ง่าย แต่ยังมีค่าต่ำกว่าหมึกพิมพ์เกรดการค้า ยกเว้นหมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60G35 ซึ่งมีการเติมกลีเซอรอลที่ปริมาณ 35 pph ซึ่งมีค่า ΔD_{BS} มากกว่าหมึกพิมพ์เกรดการค้าเล็กน้อยที่ตำแหน่งการวัดที่ 2 และ 4

4.6.3 ความคงทนและเสถียรภาพของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง

4.6.3.1 การวัดความคมชัดของลวดลายหลักจากการซักล้าง 1 ครั้ง

ชิ้นงานที่แห้งหลังผ่านการรีดแล้วจะถูกนำมาทดสอบความคงทนโดยการซักล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและน้ำเปล่า พบว่าหมึกสูตร P*(5)40A60G35 มีการหลุดของหมึกจากผ้า (ดังรูปที่ 4.19) ซึ่งแสดงถึงการยึดติดที่ไม่ดีของหมึกพิมพ์บนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

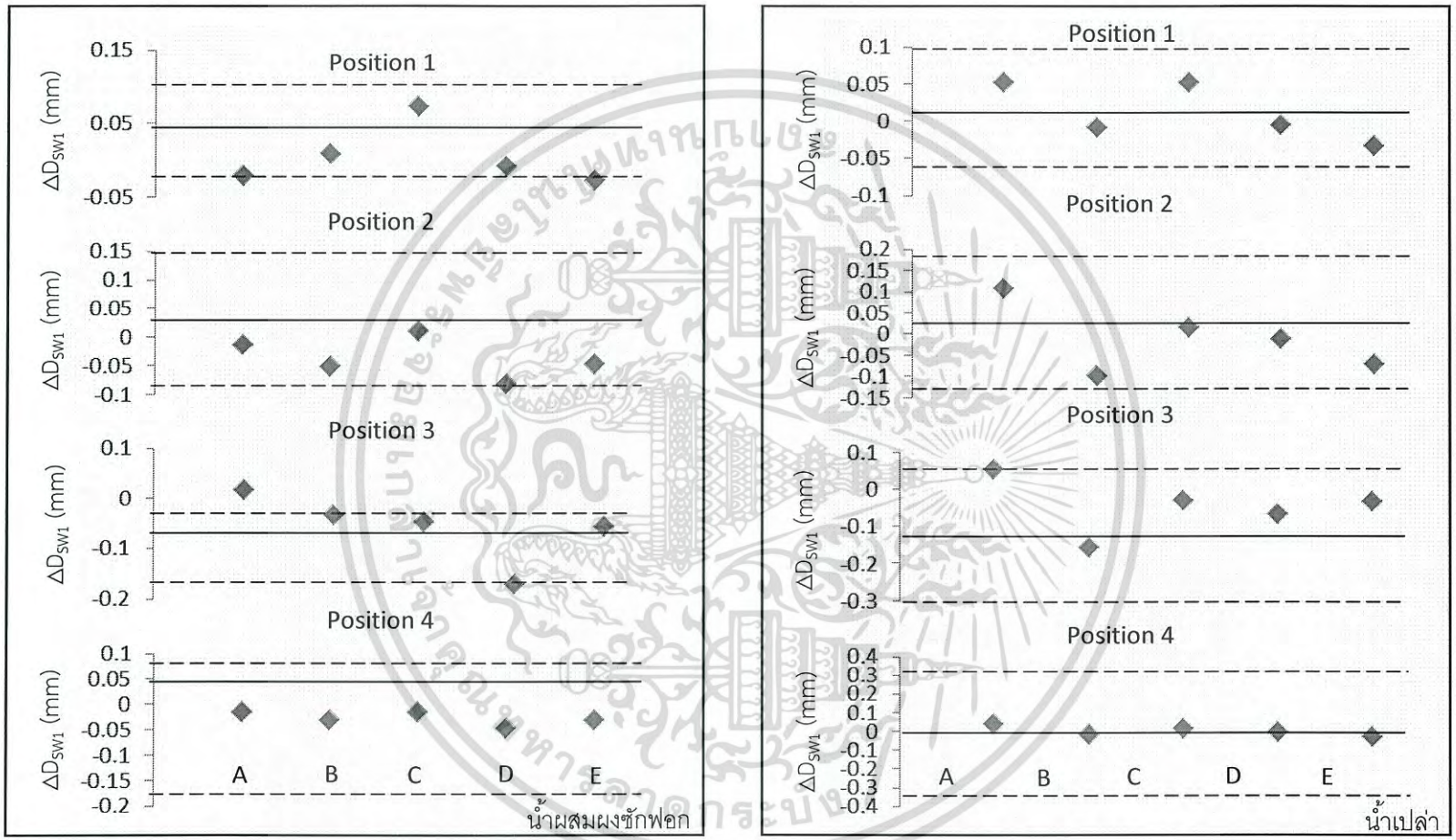


ก. น้ำหลังการซักล้างผ้า ข.ภาพแสดงการหลุดของหมึกพิมพ์

รูปที่ 4.19 การหลุดของหมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60G35

ความคมชัดของลวดลายวิเคราะห์ได้จากผ้าสกรีนลวดลายที่ผ่านการซักแล้วหมึกไม่หลุดออกจากผ้า โดยคำนวณจากผลต่างของระยะห่างลวดลายหลังการซักล้าง 1 ครั้ง (D_{W1}) กับระยะห่างลวดลายหลังการสกรีน (D_S) ($\Delta D_{SW1} = D_{W1} - D_S$) ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.20 โดยที่เส้นทึบคือค่าเฉลี่ยของ ΔD_{SW1} ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า และเส้นประคือขีดจำกัดควบคุมด้านบน (UCL) และขีดจำกัดควบคุมด้านล่าง (LCL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้าง 1 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW1}) ของหมึกพิมพ์ที่ตำแหน่งที่ 1-4

<u>หมายเหตุ</u> A = P*(5)40A60G15, B = P*(5)40A60G25, C = P*(5)60A40G15, D = P*(5)60A40G25, E = P*(5)60A40G35

จากรูปที่ 4.20 พบว่าค่า ΔD_{SW1} ของหมึกพิมพ์ทุกสูตรมีค่าต่ำและส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง UCL และ LCL ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า แสดงถึงความคงทนต่อการซักล้าง 1 ครั้งของหมึกพิมพ์

4.6.3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังการซักล้าง 1 ครั้ง

ตารางที่ 4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง 1 ครั้ง

สูตร	การซักล้าง	ΔL_{SW1}^*	Δa_{SW1}^*	Δb_{SW1}^*	Δe_{SW1}
P*(5)40Pc60G15	ผงซักฟอก	1.12	-4.1	-2.16	4.76
	น้ำเปล่า	0.25	-2.1	-2.54	3.02
P*(5)40Pc60G25	ผงซักฟอก	1.69	1.52	-4.36	4.91
	น้ำเปล่า	0.21	-1.00	-1.95	2.20
P*(5)40Pc60G35	ผงซักฟอก	4.20	4.1	-7.41	9.45
	น้ำเปล่า	1.12	0.6	-3.38	3.61
P*(5)60Pc40G15	ผงซักฟอก	1.71	-3.15	-2.66	4.46
	น้ำเปล่า	1.26	-3.17	-2.03	3.97
P*(5)60Pc40G25	ผงซักฟอก	1.88	1.92	-4.4	5.15
	น้ำเปล่า	0.49	-1.51	1.3	2.05
P*(5)60Pc40G35	ผงซักฟอก	1.53	4.25	-4.63	6.46
	น้ำเปล่า	1.36	4.37	-3.46	5.73

ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังการซักล้าง 1 ครั้ง แสดงในตารางที่ 4.7 โดยแสดงค่าเป็น ΔL^*, Δa^*, Δb^* และ Δe ซึ่งค่า ΔL_{SW1}^* บ่งบอกถึงความสว่างของสีที่เปลี่ยนแปลงหลังการซักล้าง 1 ครั้ง คำนวณได้จากผลต่างของความสว่างของหมึกพิมพ์หลังการซักล้าง 1 ครั้ง (L_{W1}^*) กับความสว่างของหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (L_S^*) ($\Delta L_{SW1}^* = L_{W1}^* - L_S^*$) พบว่าค่า ΔL_{SW1}^* หลังการซักล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและซักล้างด้วยน้ำเปล่ามีค่าอยู่ในช่วง 1.12 ถึง 4.20 และ 0.21 ถึง 1.36 ตามลำดับ จากผลแสดงให้เห็นว่าความสว่างของหมึกพิมพ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ช่วงค่า L* มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Δa^* คือ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีเขียว (-100) ถึงสีแดง (100) โดยค่า Δa^* คำนวณจากผลต่างเฉดสีเขียว-แดงของหมึกพิมพ์หลังการซัก 1 ครั้ง (a_{W1}^*) กับหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (a_S^*) ($\Delta a_{SW1}^* = a_{W1}^* - a_S^*$) และค่า Δb^* คือ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำเงิน (-100) ถึงสีเหลือง (100) โดยค่า Δb^* คำนวณจากผลต่างเฉดสีน้ำเงิน-เหลืองของหมึกพิมพ์การหลังซัก 1 ครั้ง (b_{W1}^*) กับหมึกพิมพ์หลังการสกรีน (b_S^*) ($\Delta b_{SW1}^* = b_{W1}^* - b_S^*$) จากตารางที่ 4.7 พบว่าหมึกพิมพ์มีค่า Δa_{SW1}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -4.1 ถึง 4.25 และ -3.17 ถึง 4.37 ตามลำดับ และมีค่า Δb_{SW1}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -7.41 ถึง -2.16 และ -3.46 ถึง -1.30 ตามลำดับ จากผลข้างต้นพบว่าการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลในปริมาณ 35 pph ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปงเฉดสีไปทางสีแดง (มีค่า a* ไปทางบวกมากขึ้น) และน้ำเงิน (มีค่า b* ไปทางลบมากขึ้น) แสดงถึงการหลุดออกของเนื้อสีบางส่วน ซึ่งทำให้ผ้ามีสีซีดลง

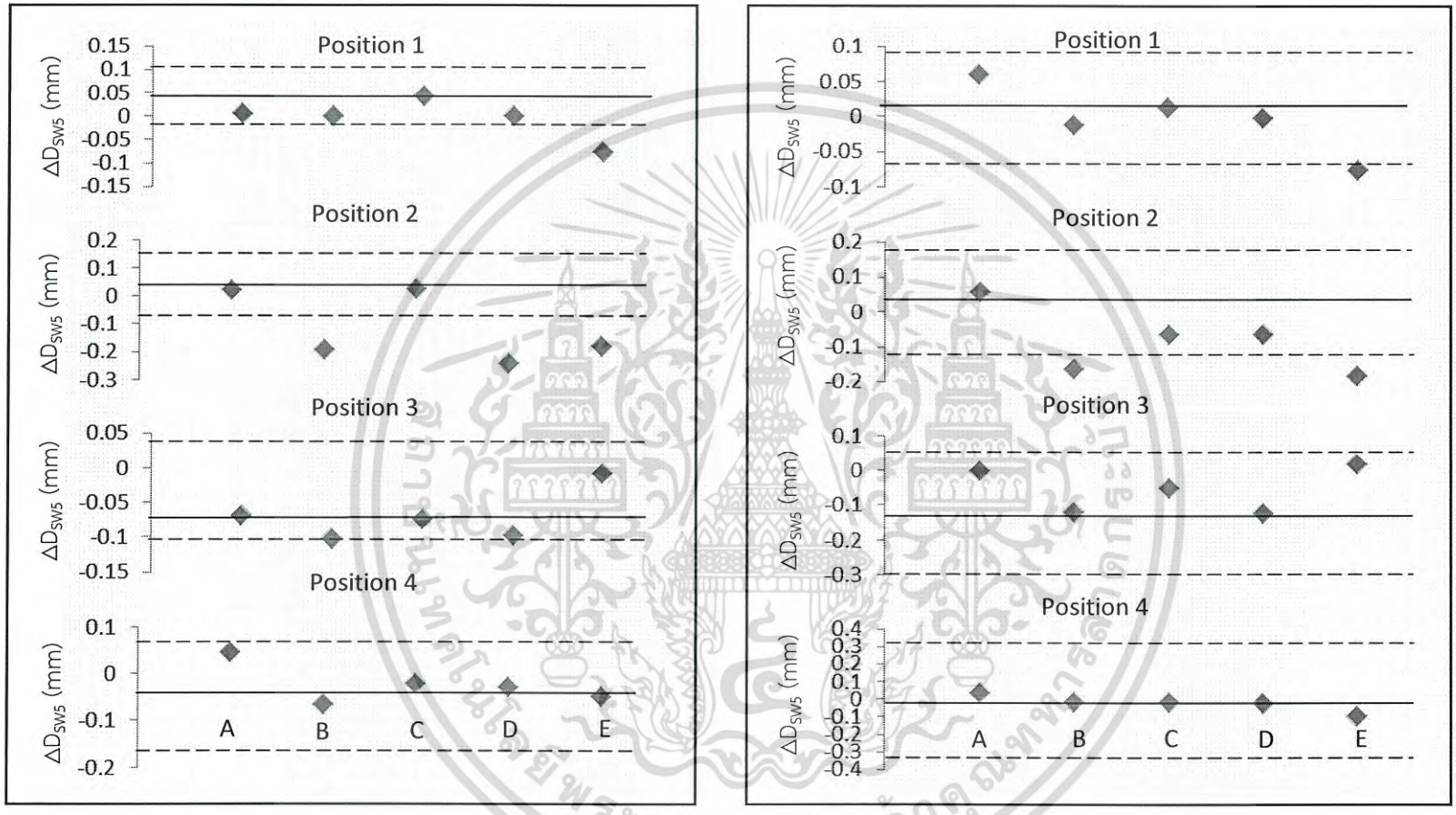
ค่า Δe คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงสีคำนวณได้จาก $\Delta e = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ โดยค่า Δe_{SW1} ของหมึกพิมพ์ซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและซักด้วยน้ำเปล่ามีค่าในช่วง 4.46 ถึง 9.45 และ 2.05 ถึง 5.73 ตามลำดับ จากผลของ Δe พบว่าการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลทำให้การเปลี่ยนแปลงสีมีค่ามากขึ้น ซึ่งกล่าวได้ว่าการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลทำให้หมึกพิมพ์มีความทนทานต่อการซักล้างต่ำลง

4.6.3.3 การวัดความคมชัดของลวดลายหลังจากการซักล้าง 5 ครั้ง

เมื่อประเมินความคงทนของหมึกพิมพ์จากการซักซ้ำ โดยการซักล้างชิ้นงานซ้ำเป็นจำนวน 5 ครั้ง และนำมาคำนวณความคงทนหลังการซัก 5 ครั้ง โดยคำนวณจากผลต่างของระยะห่างลวดลายหลังการซักครั้งที่ 5 (D_{W5}) กับระยะห่างลวดลายหลังการสกรีน (D_S) ($\Delta D_{SW5} = D_{W5} - D_S$) ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.21

จากรูปที่ 4.21 พบว่าค่า ΔD_{SW5} ของหมึกพิมพ์และส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง UCL และ LCL ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า แต่จะมีบางสูตรที่ตำแหน่งลวดลายละเอียดจะมีค่าอยู่นอกช่วง UCL และ LCL ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า ซึ่งเกิดจากการหลุดออกของหมึกพิมพ์ที่ตำแหน่งนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ผลต่างระยะห่างลวดลายหลังซักล้าง 5 ครั้งกับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (ΔD_{SW5}) ของหมึกพิมพ์ที่ตำแหน่งที่ 1-4

หมายเหตุ A = P*(5)40A60G15, B = P*(5)40A60G25, C = P*(5)60A40G15, D = P*(5)60A40G25, E = P*(5)60A40G35

4.6.3.4 การเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง 5 ครั้ง

ตาราง 4.8 ผลการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังซักล้าง 5 ครั้ง

สูตร	การซักล้าง	ΔL_{SW5}^*	Δa_{SW5}^*	Δb_{SW5}^*	Δe_{SW5}
P*(5)40A60G15	ผงซักฟอก	2.97	-4.48	-4.44	6.97
	น้ำเปล่า	2.56	-3.89	-3.87	6.05
P*(5)40A60G25	ผงซักฟอก	1.83	3.05	-5.54	6.58
	น้ำเปล่า	-0.40	1.98	-3.20	3.78
P*(5)60A40G15	ผงซักฟอก	2.97	-4.64	-5.52	7.79
	น้ำเปล่า	2.44	-5.71	-4.4	7.61
P*(5)60A40G25	ผงซักฟอก	1.93	3.29	-5.56	6.74
	น้ำเปล่า	0.12	1.98	-3.77	4.26
P*(5)60A40G35	ผงซักฟอก	2.31	5.43	-5.53	8.08
	น้ำเปล่า	0.97	4.68	-3.36	5.84

ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์หลังการซักล้าง 5 ครั้ง แสดงในตารางที่ 4.8 โดยแสดงค่าเป็น ΔL^*, Δa^*, Δb^* และ Δe ซึ่งค่า ΔL_{SW5}^* บ่งบอกถึงความสว่างของสีที่เปลี่ยนแปลงหลังการซักล้าง 5 ครั้ง โดยพบว่าค่า ΔL_{SW5}^* หลังการซักล้างด้วยน้ำเปล่าและน้ำผสมผงซักฟอกมีค่าน้อยมากซึ่งอยู่ในช่วง 1.83 ถึง 2.97 และ -0.40 ถึง 2.56 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความสว่างของหมึกพิมพ์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยไม่มีนัยสำคัญ (ช่วงค่า L* มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าหมึกพิมพ์มีค่า Δa_{SW5}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -4.64 ถึง 5.43 และ -5.71 ถึง 4.68 ตามลำดับ และมีค่า Δb_{SW5}^* หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและซักด้วยน้ำเปล่าในช่วง -5.56 ถึง -4.44 และ -4.44 ถึง -3.20 ตามลำดับ และค่า Δe_{SW5} ของหมึกพิมพ์หลังการซักด้วยน้ำผสมผงซักฟอกและซักด้วยน้ำเปล่ามีค่าในช่วง 6.58 ถึง 8.08 และ 3.78 ถึง 7.61 ตามลำดับ จากผลข้างต้นพบว่าปริมาณของกลีเซอรอลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี โดยการเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลทำให้หมึกพิมพ์มีความทนทานต่อการซักล้างต่ำลง เนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถในการละลายน้ำที่ดีกว่าสารอื่น ๆ ที่อยู่ในเนื้อหมึก กลีเซอรอลจึงพาเนื้อสีบางส่วนออกจากเนื้อผ้าขณะทำการซักล้าง ทำให้หมึกพิมพ์สูตรที่มีการเติมกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35 pph มีประสิทธิภาพของความคงทนหลังการซักล้างต่ำลง อย่างไรก็ตามสูตร P*(5)40A60G25 มีประสิทธิภาพความคงทนหลังการซักล้างในเกณฑ์ที่น่าพอใจ โดยสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยตาเปล่าเพียงเล็กน้อยและมีจำนวนครั้งของภาพพิมพ์สกรีนต่อเนื่องได้มากกว่า 100 ชิ้น ดังนั้นในงานพิมพ์สกรีนที่ต้องการการพิมพ์ต่อเนื่อง สูตรหมึกพิมพ์ที่เหมาะสม คือ สูตร P*(5)40A60G25

4.7 การปรับเปลี่ยนชนิดของวัสดุอื่นที่ใช้สกรีน

นำหมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60 และ P*(5)60A40 ซึ่งเป็นหมึกพิมพ์ที่ให้ผลการทดสอบด้านความคมชัดและความทนทานต่อการซักล้างดี มาทดสอบการพิมพ์สกรีนบนวัสดุต่าง ๆ ได้แก่ กระดาษการ์ดโปร, ผ้าฝ้าย 100% เบอร์ 70, ผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์ และผ้าไนลอน ผลการพิมพ์สกรีนแสดงดังรูปที่ 4.22 – 4.25 โดยปัจจัยที่มีผลต่อการสกรีนบนวัสดุต่าง ๆ มีหลายปัจจัย เช่น โครงสร้างทางเคมีของวัสดุ ลักษณะการทอของผ้าและขนาดของเส้นใยผ้า ซึ่งส่งผลถึงขนาดของรูพรุนและความหนาของผ้าชนิดนั้น ๆ

ก. สูตรหมึก P*(5)40A60 ข. สูตรหมึก P*(5)60A40

รูปที่ 4.22 การสกรีนลงวัสดุกระดาษ

รูปที่ 4.22 แสดงผลการสกรีนหมึกพิมพ์บนวัสดุกระดาษการ์ดโปร ซึ่งเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลที่แสดงถึงความมีขั้ว พบว่าหมึกพิมพ์ทั้ง 2 สูตรไม่มีการขยายตัวไม่มีการซึดของสีเมื่อแห้งตัว และหมึกพิมพ์มีลักษณะนูนขึ้นจากพื้นวัสดุเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากรูพรุนของกระดาษมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

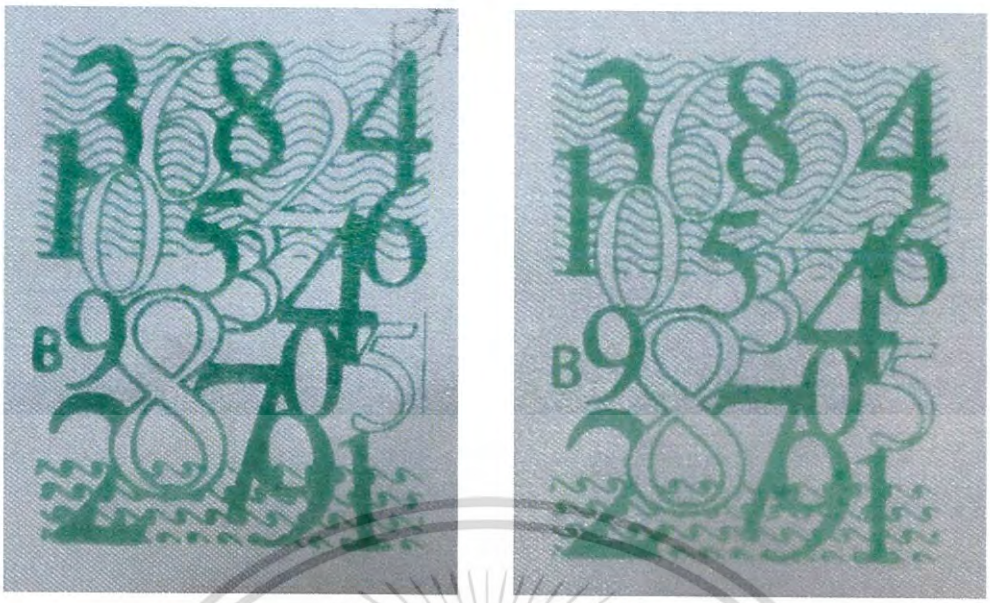
ขนาดเล็กทำให้ซึมลงรูพรุนของกระดาษได้น้อย แต่เมื่อทดสอบการแห้งสัมผัสด้วยมือไม่พบการหลุดร่อนของหมึกพิมพ์ แสดงว่าเกิดการยึดติดที่ดี

ก. สูตรหมึก P*(5)40A60 ข. สูตรหมึก P*(5)60A40

รูปที่ 4.23 การสกรีนลงผ้าฝ้าย 100 % เบอร์ 70

รูปที่ 4.23 แสดงผลการสกรีนหมึกพิมพ์บนวัสดุผ้าฝ้าย 100 % เบอร์ 70 ซึ่งผ้าฝ้ายเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลแสดงความมีขั้ว พบว่าหมึกพิมพ์ทั้ง 2 สูตรไม่มีการขยายตัวและการซึดของสี แต่ผ้ามีความบางมากเกินไปส่งผลให้เกิดการซึมหลังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. สูตรหมึก P*(5)40A60 ข. สูตรหมึก P*(5)60A40

รูปที่ 4.24 การสกรีนลงวัสดุผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์

รูปที่ 4.24 แสดงผลการสกรีนหมึกพิมพ์บนวัสดุผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์ (ทางการค้าเรียกว่า ผ้าซาติน) โดยผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์มีโครงสร้างทางเคมีที่มีหมู่เอสเทอร์ซึ่งแสดงถึงความมีขั้ว เมื่อทำการสกรีนหมึกลงบนผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์พบว่ามีการขยายตัวออกและหมึกมีสีซีดลง เนื่องจากผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์มีการทอแบบต่วนทำให้เส้นใยชิดกันมาก ขนาดรูพรุนจึงมีขนาดเล็กและผ้ามีความมันเงามาก

ก. สูตรหมึก P*(5)40A60 ข. สูตรหมึก P*(5)60A40

รูปที่ 4.25 การสกรีนลงวัสดุผ้าไนลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.25 แสดงผลการสกรีนหมึกพิมพ์บนวัสดุผ้าไนลอน ซึ่งผ้าไนลอนมีโครงสร้างทางเคมีที่มีหมู่คาร์บอนิลซึ่งแสดงถึงความมีขั้ว พบว่ามีการขยายตัวของหมึกพิมพ์ เนื่องจากผ้าไนลอนมีความบางของเนื้อผ้ามาก หมึกจึงสามารถซึมเข้ารูพรุนของผ้าได้มากและแผ่ออกเป็นบริเวณกว้าง

หมึกพิมพ์ในงานวิจัยนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่มีขั้ว จึงทำการสกรีนลงวัสดุต่าง ๆ ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีที่มีขั้ว เพื่อจะได้มีการยึดติดที่ดีของหมึกพิมพ์และวัสดุ แต่จากการทดลองหมึกพิมพ์มีการแพร่ขยายหรือซึมลงรูพรุนได้แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเส้นใย เช่น ลักษณะการทอผ้าและขนาดของเส้นใยที่ทำให้ขนาดของรูพรุนและความหนาของผ้าต่างกัน ซึ่งปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่ขยายหรือซึมลงรูพรุนของหมึกพิมพ์มากกว่าปัจจัยทางโครงสร้างทางเคมีของวัสดุ การปรับเปลี่ยนชนิดของวัสดุ พบว่าหมึกพิมพ์เหมาะกับการสกรีนลงผ้าฝ้าย 100% เบอร์ 70 มากที่สุด เนื่องจากหมึกพิมพ์มีการซึมลงรูพรุนของผ้าได้ดี โดยไม่มีการขยายตัวของลวดลายและการซีดของสี

4.8 การเปรียบเทียบราคาและประสิทธิภาพของหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้กับหมึกพิมพ์เกรดการค้า

ตารางที่ 4.9 ราคาต้นทุนวัตถุดิบในการเตรียมหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

สารตั้งต้น	หน่วยบรรจุ	ราคาต้นทุน/หน่วย
พอลิไวนิลอัลกอฮอล์	20 กิโลกรัม	90 บาท/กิโลกรัม
พอลิไวนิลอะซิเทต	1.8 กิโลกรัม	69.50 บาท/กิโลกรัม
กรดโอเลอิก	1 ลิตร	822 บาท/กิโลกรัม
กรดพาราโทลูอีนซัลฟูนิก	500 กรัม	3,200 บาท/กิโลกรัม
แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต	500 กรัม	980 บาท/กิโลกรัม
กลีเซอรอล	2.5 ลิตร	470 บาท/กิโลกรัม
น้ำมันลินสีด	1 กิโลกรัม	200 บาท/กิโลกรัม
แม่สีสีเขียวใบไม้ (SB-1)	1 กิโลกรัม	259 บาท/กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้กับหมึกเกรดการค้า

ชนิด / สมบัติ	หมึกพิมพ์ที่เตรียมได้			หมึกพิมพ์เกรดการค้า
เนื้อสี	P*(5)40A60	P*(5)60A40	P*(5)40A60G25	Acrylic
ความหนืด	20,480 cP	18,240 cP	19,770 cP	11,300 cP
กลิ่น	มีกลิ่นเล็กน้อย			มีกลิ่นเหม็นฉุน
จำนวนครั้งในการสกรีนผ่านบล็อก (แผ่น)	20	15	102	>500
การเก็บรักษา	เก็บที่อุณหภูมิห้อง			เก็บที่อุณหภูมิห้อง
อายุการเก็บรักษา	1 เดือน	1 เดือน	1 เดือน	> 1ปี
ราคาต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)	127	130.50	152.50	169

จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 แสดงราคาต้นทุนและประสิทธิภาพของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก ซึ่งหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก ไม่มีตัวทำละลายและส่วนผสมที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน ราคาต้นทุนสารเคมีที่เตรียมได้จากงานวิจัยมีค่าอยู่ในช่วง 127-153 บาท/กิโลกรัม ซึ่งมีราคาที่ต่ำกว่าราคาขายของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำในท้องตลาด (ราคาจากหจก.เอส.เค. สีและเคมี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมเนื้อสีฐานน้ำสำหรับงานซิลค์สกรีน โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอัล-กอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกที่อัตราส่วนต่าง ๆ เป็นเนื้อหมึกพิมพ์ โดยในการเตรียมหมึกพิมพ์มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวริเริ่มปฏิกิริยา กลีเซอรอล และน้ำมันลินสีด ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า

1. หมึกพิมพ์สูตร P*1, P*3 และ P*5 มีความหนืดอยู่ในช่วง 11,000-25,000 cP โดยการใส่กรดโอเลอิกมากขึ้นหมึกพิมพ์มีค่าความหนืดสูงขึ้น แต่เมื่อตั้งหมึกพิมพ์ทิ้งไว้เกิดการจับตัวเป็นก้อนภายใน 24 ชั่วโมง จึงมีการนำ PVAc หรือ L-PVA มาผสมที่อัตราส่วน 40:60 และ 60:40 โดยน้ำหนัก เพื่อให้มีเสถียรภาพและอายุการใช้งานที่ดีขึ้น

2. หมึกพิมพ์สูตร P*A มีความหนืดในช่วง 9,200-20,500 cP ซึ่งการเพิ่มปริมาณ PVAc ทำให้ความหนืดของหมึกพิมพ์มีค่าสูงขึ้น ส่วนหมึกพิมพ์สูตร P*L มีความหนืดในช่วง 4,600–16,900 cP การเพิ่มปริมาณ L-PVA ทำให้หมึกพิมพ์มีความหนืดลดลง หมึกพิมพ์ทั้ง 2 สูตร สามารถยืดเสถียรภาพและอายุการใช้งานจากหมึกพิมพ์สูตรเดิมได้ 1-2 เดือน

3. การศึกษาความคมชัดของลวดลายหลังการสกรีน พบว่าหมึกพิมพ์ทั้ง 2 สูตรมีความคมชัดของลวดลายหลังสกรีน โดยมีค่า ΔD_{BS} ต่ำกว่าของหมึกเกรดการค้า

4. หมึกพิมพ์ทั้ง 2 สูตรมีความคมชัดของลวดลายหลังการซักล้าง 1 ครั้งที่ดี โดยมีค่า ΔD_{SW1} ต่ำและอยู่ในช่วงของหมึกเกรดการค้า ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์สูตร P*A มีค่าน้อยกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L และพบว่าการซักล้างด้วยน้ำเปล่า, การเพิ่มปริมาณของกรดโอเลอิกที่ใช้ในการปรับปรุงโครงสร้าง, การเพิ่มปริมาณของ PVAc และการลดปริมาณของ L-PVA ช่วยให้การเปลี่ยนแปลงสีน้อยลง

5. ความคมชัดของลวดลายหลังกการซักล้าง 5 ครั้ง ชิ้นงานมีความคมชัดที่ดีและอยู่ในช่วง ΔD_{SW1} ของหมึกพิมพ์เกรดการค้า ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของหมึกพิมพ์สูตร P*L มีการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่าหมึกพิมพ์สูตร P*A แสดงให้เห็นว่าหมึกพิมพ์สูตร P*L มีความทนทานต่อการซักล้างต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การเติมกลีเซอรอลที่มากขึ้นทำให้พิมพ์สกรีนได้ต่อเนื่องมากขึ้น โดยสูตร P*(5)40A60G35 ที่มีการใส่กลีเซอรอล 35 pph สามารถสกรีนต่อเนื่องได้มากที่สุดถึง 287 แผ่น แต่การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลทำให้ความคงทนต่อการซักล้างต่ำลง

7. จากการใช้หมึกพิมพ์สูตร P*(5)40A60 และ P*(5)60A40 สกรีนลงวัสดุอื่น ๆ พบว่าหมึกพิมพ์มีการยึดติดที่ดีกับวัสดุอื่น ๆ แต่เหมาะกับการสกรีนลงผ้าฝ้าย 100 % มากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ปรับปรุงสูตรหมึกพิมพ์ให้มีเสถียรภาพและอายุการใช้งานที่ดีขึ้น เช่น ใส่สารดักจับออกซิเจน หรือน้ำมันละหุ่ง

2. พัฒนาหมึกพิมพ์ให้มีความทนทานน้ำที่สูงขึ้น โดยเติมสารที่ไม่ชอบน้ำเข้าไปในสูตรของหมึกพิมพ์ เช่น น้ำมันละหุ่ง, น้ำมันถั่วเหลือง

3. ทดสอบหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้ในสภาวะการใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วรา ชัยนิตย์. 2539. **การพิมพ์สกรีน Screen printing.** กรุงเทพฯ : วิทยาลัยช่างศิลป์.

[2] กฤติยา หอมชู, ภานุพงศ์ พันธ์พืช และวันวิวาห์ ชื่นสำนวล.2555. "การพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำสำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และน้ำยางธรรมชาติ" โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[3] วิเชียร จิระกรานนท์ และนงเยาว์ จิระกรานนท์. 2546. **การพิมพ์สกรีน Screen Print techniques.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : อุษาการพิมพ์.

[4] ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์. 2548. **การพิมพ์ซิลค์สกรีน Silk Screen Printing.** กรุงเทพฯ : สิปประภา.

[5] บริษัท ปตท เคมีคอล จำกัด (มหาชน). 2548. **พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ หรือ พีวีโอเอ็ช.** [Online]. Available : http://www.pttchemical.com/library/dictionary/polyvinylalcohol/index.shtml

[6] MTEC. 2550. **พอลิไวนิลอัลกอฮอล์.** [Online]. Available : http://www.mtec.or.th/labs/mech/tips16.html

[7] บริษัท ไทยโพลีเคมิคอล จำกัด. 2557. **Polyvinyl Alcohol.** [Online]. Available : http://thaipolychemicals.blogspot.com/2014/01/polyvinylalcohol.html

[8] Food network solution. 2553. **Xanthane gum.** [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1112/xanthan-gum

[9] อรอุษา สรวารี. 2542. **สารเคลือบผิว.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] Cyberlab. 2548. **น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ.** [Online]. Available : http://cyberlab.lhl.ku.ac.th/elearn/faculty/veterin/vet69/Biochemistry%20Web%20Job/lipid/fatty%20acid.htm

[11] Matichon. 2548. **น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ.** [Online]. Available : http://www.matichon.co.th/matichon/view_news.php?newsid=01cho041909527 &sectionid= 0144&day=2009-09-19

[12] เกษตรพอเพียง. 2548. **น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ.** [Online]. Available : www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=5782.0

[13] การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดในน้ำมัน. 2548. ASTM D 1639: Standard Method for Acid Value of Organic Materials

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] ค่าสะพอนิฟิเคชันของน้ำมัน. 2548. ASTM D 1962: Standard Test Method for Saponification Value of Drying Oils, Fatty Acids, and Polymerized Fatty Acids

[15] ค่าไฮดรอกซิล. 2548. ASTM D 1957: Standard Test Method for Hydroxyl Value of Fatty Oils and Acids

[16] Wikipedia. 2548. **Linseed oil.** [Online]. Available : : http://en.wikipedia.org/wiki/Drying_oil

[17] Wikipedia. 2548. **Linseed oil.** [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed_oil

[18] Wikipedia. 2550. **Linseed oil.** [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/ Linseed_oil

[19] Wikipedia. **Oleic acid.** [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Oleic_acid

[20] Thaigoodview. 2015. **ตัวเร่งปฏิกิริยา.** [Online]. Available : http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/nongkhai/onuma-b/chemical/sec01p16.htm

[21] Wikipedia. 2015. **P-toluenesulfonic acid.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/P-Toluenesulfonic_acid

[22] สยามเคมี.คอม. **กลีเซอรีน/กลีเซอรอล.** [Online]. Available : http://www.siamchemi.com/กลีเซอรีน/

[23] ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์, ธนาภรณ์ สหัสสานนท์ และพีรพร สัจจพันธ์พงษ์. 2555. "การพัฒนากาวอัดจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และพอลิไวนิลอะซิเทตปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน". โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[24] ธนาคม ไวยติดต่อ, ศิริวรรณ ปิ่นสกุล และสรชา สมบัติภัทรโชค. 2554. "การพัฒนาสีพลาสติซอลจาก EVA สำหรับงานพิมพ์สกรีน". โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[25] S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn. 2007. "Water-resistant enhancement of Drying oil Modified Poly(vinyl alcohol)". Special Project Book, International Polymer Science and Technology program, Faculty of science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[26] ภคพล ลัคนาพรวิสิฐ. 2555. "กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ติเคิล". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[27] ณัฐชา ปานกุล. 2552. "การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูริเทนด้วยน้ำมันลินสีด". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[28] Jiang. Y, Lu. J, Sun. K, Ma. L, Ding. J. 2013. "Esterification of oleic acid with ethanol catalyzed by sulfonated cation exchange resin: Experimental and kinetic studies", **Energy Conversion and Management**. 76 : 980–985.

[29] Richard Newman, 1979. "Some applications of infrared spectroscopy in the examination of painting materials", **Journal of the American Institute for Conservation.** Volume 19, Number 1, Article 6 : 42-62.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลความคมชัดหลังการสกรีนของหมึกพิมพ์สกีนฐานน้ำ

ตารางที่ ก.1 ผลต่างระหว่างระยะห่างลวดลายบนบล็อกสกรีน D_B กับระยะห่างลวดลายบนผ้าหลังสกรีน D_S ($\Delta D_{BS} = D_S - D_B$)

สูตร	ตำแหน่งที่	D_S (mm) ผงซักฟอก			D_S (mm) น้ำ			Average of D_S (mm)		ΔD_{BS} (mm)		%การเปลี่ยนแปลง	
		D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ
commercial	1	0.8635	1.0311	1.1213	1.0053	0.8506	1.1471	1.005	1.001	0.709	0.705	70.54	70.42
	2	2.9643	2.8483	2.7710	3.0288	2.8097	2.3715	2.861	2.736	0.489	0.364	17.09	13.30
	3	2.4101	2.4488	2.4488	2.4101	2.2812	2.3328	2.435	2.341	0.244	0.150	10.02	6.40
	4	1.0504	1.2230	1.0106	1.2014	0.9026	1.0515	1.094	1.051	0.572	0.529	52.28	50.33
P*(1)40A60	1	0.8377	0.7733	0.8506	0.6315	0.7862	0.7862	0.820	0.734	0.588	0.502	253.44	216.37
	2	3.0159	2.7968	2.8612	2.6808	2.7452	2.6163	2.891	2.680	0.610	0.399	26.74	17.49
	3	2.1266	2.1781	2.2941	2.1524	2.1781	2.2168	2.199	2.182	0.060	0.042	2.80	1.96
	4	0.9701	0.7301	0.6766	0.8151	0.8927	0.8111	0.792	0.839	0.327	0.374	70.36	80.48
P*(3)40A60	1	0.3866	0.3866	0.4253	0.3351	0.3093	0.2964	0.399	0.313	0.167	0.081	71.98	34.91
	2	2.3199	2.3199	2.1910	2.4230	2.2426	2.2637	2.354	2.309	0.073	0.028	3.20	1.21
	3	2.2426	2.2426	2.1910	2.2297	2.1781	2.0621	2.225	2.156	0.085	0.017	3.97	0.79
	4	0.4483	0.5630	0.5991	0.4812	0.4691	0.4483	0.536	0.466	0.072	0.001	15.49	0.21

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่งที่	D_S (mm) ผงซักฟอก			D_S (mm) น้ำ			Average of D_S (mm)		ΔD_{BS} (mm)		%การเปลี่ยนแปลง	
		D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ
P*(5)40A60	1	0.6186	0.6186	0.8506	0.5542	0.5284	0.5284	0.695	0.537	0.463	0.305	199.56	131.46
	2	2.5261	2.6679	2.6937	2.5684	2.3843	2.4359	2.629	2.461	0.348	0.180	15.25	7.89
	3	2.2168	2.2168	2.2555	2.2297	2.2683	2.2039	2.229	2.233	0.090	0.094	4.20	4.39
	4	0.7622	0.9252	0.7875	0.7214	0.6685	0.6970	0.824	0.695	0.360	0.230	77.46	49.49
P*(1)60A40	1	0.2835	0.6249	0.4898	0.4124	0.3093	0.7089	0.466	0.476	0.234	0.244	100.86	105.17
	2	2.4617	2.8483	2.6163	2.6550	2.6034	2.6292	2.642	2.629	0.360	0.348	15.78	15.25
	3	2.2426	2.2812	2.1910	2.2297	2.2039	2.1781	2.238	2.203	0.098	0.064	4.58	2.99
	4	0.5706	0.9089	0.5828	0.6806	0.5013	0.8029	0.687	0.661	0.222	0.196	47.77	42.17
P*(3)60A40	1	0.2835	0.4640	0.3609	0.3093	0.2449	0.2835	0.369	0.279	0.137	0.047	59.05	20.25
	2	2.2683	2.4070	2.2568	2.3652	2.3199	2.3328	2.310	2.339	0.029	0.058	1.27	2.54
	3	2.1910	2.2297	2.1781	2.1781	2.1524	2.1910	2.199	2.173	0.060	0.034	2.80	1.58
	4	0.4891	0.5340	0.4852	0.5219	0.4852	0.4891	0.502	0.481	0.038	0.016	8.17	3.44
P*(5)60A40	1	0.3738	0.2578	0.1933	0.2320	0.2707	0.2578	0.274	0.253	0.042	0.021	18.10	9.05
	2	2.3070	2.3328	2.2910	2.3070	2.3426	2.2168	2.310	2.288	0.029	0.007	1.27	0.30
	3	2.1492	2.1492	2.1228	2.1195	2.3039	2.0864	2.140	2.169	0	0.030	0	1.40
	4	0.6037	0.5223	0.5013	0.4753	0.4632	0.4769	0.542	0.471	0.077	0.007	16.56	1.50

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่งที่	D_S (mm) ผงซักฟอก			D_S (mm) น้ำ			Average of D_S (mm)		ΔD_{BS} (mm)		%การเปลี่ยนแปลง	
		D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ
P(5)60A40	1	0.6831	0.6960	0.4640	0.6960	0.7217	0.5542	0.614	0.657	0.382	0.425	164.65	183.19
	2	2.7066	2.5519	2.3843	2.6421	2.5777	2.3715	2.547	2.530	0.266	0.249	11.66	10.91
	3	2.2812	2.1781	2.1652	2.1781	2.2812	2.2297	2.208	2.229	0.068	0.090	3.17	4.20
	4	0.7135	0.7174	0.7014	0.7866	0.9049	0.7708	0.710	0.820	0.246	0.356	52.93	76.60
P*(3)40L60	1	0.4253	0.2964	0.5026	0.3093	0.2578	0.3351	0.408	0.300	0.176	0.068	75.86	29.31
	2	2.3715	2.2812	2.3457	2.2579	2.2924	2.3312	2.332	2.293	0.051	0.012	2.23	0.52
	3	2.2297	2.2426	2.2039	2.0879	2.1524	2.2524	2.225	2.164	0.085	0.024	3.97	1.12
	4	0.5506	0.4852	0.5421	0.4769	0.4812	0.4483	0.525	0.468	0.061	0.004	13.12	0.86
P*(5)40L60	1	0.5217	0.4253	0.3222	0.5026	0.2320	0.4124	0.423	0.382	0.127	0.086	30.02	29.05
	2	2.3457	2.5679	2.4359	2.3715	2.3012	2.4488	2.449	2.373	0.077	0.001	3.14	0.04
	3	2.3524	2.3395	2.4266	2.2297	2.1524	2.2266	2.372	2.202	0.181	0.011	8.26	0.50
	4	0.6079	0.7051	0.6534	0.6283	0.5384	0.9100	0.655	0.692	0.133	0.170	25.47	32.56
P*(3)60L40	1	0.5284	0.3866	0.5026	0.4640	0.3351	0.5542	0.472	0.451	0.240	0.219	103.44	94.39
	2	2.2637	2.2724	2.3241	2.4488	2.2652	2.2297	2.286	2.314	0.005	0.033	0.21	1.42
	3	2.1652	2.0750	2.2081	2.2024	2.1621	2.0621	2.149	2.142	0.009	0.002	0.42	0.09
	4	0.4975	0.4852	0.5382	0.5543	0.4891	0.5284	0.506	0.523	0.042	0.059	9.03	12.69

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่งที่	D_S (mm) ผงซักฟอก			D_S (mm) น้ำ			Average of D_S (mm)		ΔD_{BS} (mm)		%การเปลี่ยนแปลง	
		D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ
P*(5)60L40	1	0.5800	0.6631	0.3609	0.3070	0.3093	0.2953	0.534	0.303	0.238	0.007	80.40	2.36
	2	2.5226	2.3715	2.2812	2.3740	2.3297	2.4874	2.391	2.397	0.019	0.025	0.80	1.05
	3	2.2426	2.2395	2.1621	2.2883	2.1364	2.1621	2.214	2.195	0.023	0.004	1.05	0.18
	4	0.8472	0.8941	0.7321	0.5474	0.4474	0.6532	0.824	0.549	0.302	0.027	57.85	5.17
P*(5)40A60G25	1	0.3738	0.3222	0.4124	0.3738	0.3222	0.2835	0.369	0.326	0.137	0.094	37.12	28.83
	2	2.5906	2.6550	2.5777	2.5648	2.6163	2.5390	2.607	2.573	0.326	0.292	12.50	11.34
	3	2.2250	2.1137	2.1395	2.1506	2.1266	2.1621	2.159	2.146	0.019	0.006	0.88	0.27
	4	0.5340	0.5828	0.5706	0.5382	0.5136	0.4444	0.562	0.498	0.097	0.034	17.25	6.82
P*(5)40A60G35	1	0.6444	0.6186	0.5026	0.5800	0.5542	0.6702	0.588	0.601	0.412	0.369	70.06	61.39
	2	2.8870	3.0159	2.8612	2.8999	2.7323	2.9643	2.921	2.865	0.640	0.584	21.91	20.38
	3	2.3199	2.2941	2.423	2.4101	2.4101	2.4746	2.345	2.431	0.206	0.292	8.78	12.01
	4	1.0026	1.0197	0.8642	0.8600	0.6236	1.1210	0.962	0.868	0.497	0.403	51.66	46.42
P*(5)60A40G25	1	0.3995	0.2835	0.2707	0.2578	0.2835	0.2645	0.317	0.268	0.085	0.036	26.81	13.43
	2	2.5003	2.3715	2.5390	2.3843	2.3843	2.3457	2.470	2.371	0.189	0.090	7.65	3.79
	3	2.1848	2.1266	2.1508	2.0848	2.1821	2.1537	2.154	2.140	0.014	0	0.64	0
	4	0.5951	0.4852	0.4852	0.4739	0.5219	0.4321	0.548	0.475	0.084	0.011	15.32	2.31

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่งที่	D_S (mm) ผงซักฟอก			D_S (mm) น้ำ			Average of D_S (mm)		ΔD_{BS} (mm)		%การเปลี่ยนแปลง	
		D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	D_{S1}	D_{S2}	D_{S3}	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ	ผงซักฟอก	น้ำ
P*(5)60A40G35	1	0.3738	0.3480	0.4124	0.3222	0.2835	0.2964	0.378	0.300	0.146	0.068	38.62	22.66
	2	2.5003	2.6194	2.5132	2.4230	2.6034	2.5519	2.544	2.526	0.263	0.244	10.33	9.65
	3	2.2683	2.2039	2.3199	2.2555	2.3457	2.1781	2.264	2.259	0.124	0.120	5.47	5.31
	4	0.6113	0.5991	0.7336	0.5584	0.5748	0.6155	0.648	0.582	0.183	0.118	28.24	20.27

<u>หมายเหตุ</u> %การเปลี่ยนแปลง = $\frac{\Delta D_{BS}}{D_S} \times 100$

D_B คือ ระยะห่างของลวดลายบนบล๊อกสกรีน

D_{B1} คือ ระยะห่างของบล๊อกสกรีนตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 0.296 mm

D_{B2} คือ ระยะห่างของบล๊อกสกรีนตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 2.294 mm

D_{B3} คือ ระยะห่างของบล๊อกสกรีนตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 2.204 mm

D_{B4} คือ ระยะห่างของบล๊อกสกรีนตำแหน่งที่ 4 เท่ากับ 0.469 mm

D_{S1} คือ ระยะห่างของลวดลายบนผ้าสกรีนครั้งที่ 1

D_{S2} คือ ระยะห่างของลวดลายบนผ้าสกรีนครั้งที่ 2

D_{S3} คือ ระยะห่างของลวดลายบนผ้าสกรีนครั้งที่ 3

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลความคมชัดของลวดลายหลังจาการซักล้าง 1 ครั้ง

ตารางที่ ข.1 ผลต่างของระยะห่างลวดลายหลังซักล้าง 1 ครั้ง (D_{W1}) กับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (D_S) ($\Delta D_{SW1} = D_{W1} - D_S$)

สูตร	ตำแหน่ง	ผงซักฟอก			น้ำ		
		D_S (mm)	D_{W1} (mm)	ΔD_{SW1} (mm)	D_S (mm)	D_{W1} (mm)	ΔD_{SW1} (mm)
commercial	1	1.005	1.052	0.047	1.001	1.018	0.017
	2	2.861	2.891	0.030	2.736	2.762	0.026
	3	2.435	2.358	-0.077	2.341	2.221	-0.120
	4	1.094	1.046	-0.048	1.051	1.045	-0.006
P*(1)40A60	1	0.820	0.769	-0.051	0.734	0.670	-0.064
	2	2.891	2.826	-0.065	2.680	2.569	-0.111
	3	2.199	2.165	-0.034	2.182	2.229	0.047
	4	0.792	0.839	0.047	0.839	0.845	0.006
P*(3)40A60	1	0.399	0.356	-0.043	0.313	0.365	0.052
	2	2.354	2.457	0.103	2.309	2.251	-0.058
	3	2.225	2.234	0.009	2.156	2.105	-0.051
	4	0.536	0.525	-0.011	0.466	0.468	0.002
P*(5)40A60	1	0.695	0.674	-0.021	0.537	0.588	0.051
	2	2.629	2.616	-0.013	2.461	2.569	0.107
	3	2.229	2.246	0.017	2.233	2.285	0.052
	4	0.824	0.810	-0.014	0.695	0.733	0.038
P*(1)60A40	1	0.466	0.438	-0.028	0.476	0.442	-0.034
	2	2.642	2.594	-0.048	2.629	2.556	-0.073
	3	2.238	2.182	-0.056	2.203	2.169	-0.034
	4	0.687	0.656	-0.031	0.661	0.634	-0.027
P*(3)60A40	1	0.369	0.390	0.021	0.279	0.283	0.004
	2	2.310	2.234	-0.076	2.339	2.259	-0.080
	3	2.199	2.165	-0.034	2.173	2.096	-0.077
	4	0.502	0.477	-0.025	0.481	0.498	0.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่ง	ผงซักฟอก			น้ำ		
		D_S (mm)	D_{W1} (mm)	ΔD_{SW1} (mm)	D_S (mm)	D_{W1} (mm)	ΔD_{SW1} (mm)
P*(5)60A40	1	0.274	0.347	0.073	0.253	0.305	0.052
	2	2.310	2.319	0.009	2.288	2.302	0.014
	3	2.140	2.092	-0.048	2.169	2.139	-0.030
	4	0.542	0.525	-0.017	0.471	0.482	0.011
P(5)60A40	1	0.614	0.558	-0.056	0.657	0.661	0.004
	2	2.547	2.517	-0.030	2.530	2.573	0.043
	3	2.208	2.199	-0.009	2.229	2.272	0.043
	4	0.710	0.668	-0.042	0.820	0.857	0.037
P*(3)40L60	1	0.408	0.399	-0.009	0.300	0.317	0.017
	2	2.332	2.178	-0.154	2.293	2.100	-0.193
	3	2.225	2.100	-0.125	2.164	2.066	-0.098
	4	0.525	0.546	0.021	0.468	0.472	0.004
P*(5)40L60	1	0.423	0.408	-0.015	0.382	0.425	0.043
	2	2.449	2.337	-0.112	2.373	2.302	-0.071
	3	2.372	2.057	-0.315	2.202	2.139	-0.063
	4	0.655	0.658	0.003	0.692	0.690	-0.002
P*(3)60L40	1	0.472	0.481	0.009	0.451	0.498	0.047
	2	2.286	2.203	-0.083	2.314	2.293	-0.021
	3	2.149	2.087	-0.062	2.142	2.087	-0.055
	4	0.506	0.519	0.013	0.523	0.551	0.028
P*(5)60L40	1	0.534	0.532	-0.002	0.303	0.312	0.009
	2	2.391	2.371	-0.020	2.397	2.298	-0.099
	3	2.214	2.118	-0.096	2.195	2.126	-0.069
	4	0.824	0.720	-0.104	0.549	0.510	-0.039

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่ง	ผงซักฟอก			น้ำ		
		D_S (mm)	D_{W1} (mm)	ΔD_{SW1} (mm)	D_S (mm)	D_{W1} (mm)	ΔD_{SW1} (mm)
P*(5)40A60 G25	1	0.369	0.378	0.008	0.326	0.317	-0.008
	2	2.607	2.556	-0.051	2.573	2.474	-0.098
	3	2.159	2.126	-0.032	2.146	1.987	-0.158
	4	0.562	0.531	-0.031	0.498	0.482	-0.016
P*(5)60A40 G25	1	0.317	0.309	-0.008	0.268	0.262	-0.006
	2	2.470	2.388	-0.081	2.371	2.358	-0.012
	3	2.154	1.983	-0.170	2.140	2.070	-0.069
	4	0.548	0.501	-0.04	0.475	0.470	-0.005
P*(5)60A40 G35	1	0.378	0.322	-0.055	0.300	0.270	-0.030
	2	2.544	2.470	-0.074	2.526	2.358	-0.167
	3	2.264	2.165	-0.137	2.259	2.178	-0.081
	4	0.648	0.544	-0.103	0.582	0.558	-0.024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลความคมชัดของลวดลายหลังจากการซักล้าง 5 ครั้ง

ตารางที่ ค.1 ผลต่างของระยะห่างลวดลายหลังซักล้าง 5 ครั้ง (D_{W1}) กับระยะห่างลวดลายหลังสกรีน (D_S) ($\Delta D_{SW5} = D_{W5} - D_S$)

สูตร	ตำแหน่ง	ผงซักฟอก			น้ำ		
		D_S (mm)	D_{W5} (mm)	ΔD_{SW5} (mm)	D_S (mm)	D_{W5} (mm)	ΔD_{SW5} (mm)
commercial	1	1.005	1.061	0.056	1.001	1.048	0.047
	2	2.861	2.826	-0.035	2.736	2.764	0.028
	3	2.435	2.216	-0.219	2.341	2.216	-0.125
	4	1.094	0.987	-0.107	1.051	0.960	-0.091
P*(1)40A60	1	0.820	0.670	-0.150	0.734	0.618	-0.116
	2	2.891	2.783	-0.108	2.680	2.504	-0.176
	3	2.199	2.170	-0.029	2.182	2.276	0.094
	4	0.792	0.766	-0.026	0.839	0.823	-0.016
P*(3)40A60	1	0.399	0.382	-0.017	0.313	0.279	-0.034
	2	2.354	2.371	0.017	2.309	2.298	-0.011
	3	2.225	2.195	-0.030	2.156	2.122	-0.034
	4	0.536	0.527	-0.009	0.466	0.475	0.009
P*(5)40A60	1	0.695	0.700	0.005	0.537	0.597	0.060
	2	2.629	2.650	0.021	2.461	2.517	0.056
	3	2.229	2.160	-0.069	2.233	2.229	-0.004
	4	0.824	0.868	0.044	0.695	0.729	0.034
P*(1)60A40	1	0.466	0.390	-0.076	0.476	0.399	-0.077
	2	2.642	2.461	-0.181	2.629	2.444	-0.185
	3	2.238	2.229	-0.009	2.203	2.221	0.018
	4	0.687	0.638	-0.049	0.661	0.564	-0.097
P*(3)60A40	1	0.369	0.421	0.052	0.279	0.270	-0.009
	2	2.310	2.268	-0.042	2.339	2.178	-0.161
	3	2.199	2.126	-0.073	2.173	2.113	-0.060
	4	0.502	0.531	0.029	0.481	0.516	0.035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่ง	ผงซักฟอก			น้ำ		
		D_S (mm)	D_{W5} (mm)	ΔD_{SW5} (mm)	D_S (mm)	D_{W5} (mm)	ΔD_{SW5} (mm)
P*(5)60A40	1	0.274	0.317	0.043	0.253	0.266	0.013
	2	2.310	2.337	0.027	2.288	2.225	-0.063
	3	2.140	2.066	-0.074	2.169	2.117	-0.052
	4	0.542	0.519	-0.023	0.471	0.452	-0.019
P(5)60A40	1	0.614	0.584	-0.030	0.657	0.644	-0.013
	2	2.547	2.646	0.099	2.530	2.612	0.082
	3	2.208	2.166	-0.042	2.229	2.216	-0.013
	4	0.710	0.705	-0.005	0.820	0.843	0.023
P*(3)40L60	1	0.408	0.424	0.016	0.300	0.335	0.035
	2	2.332	2.242	-0.090	2.293	2.151	-0.142
	3	2.225	2.083	-0.142	2.164	2.053	-0.111
	4	0.525	0.536	0.011	0.468	0.524	0.056
P*(5)40L60	1	0.423	0.431	0.008	0.382	0.437	0.055
	2	2.449	2.408	-0.041	2.373	2.448	0.075
	3	2.372	2.036	-0.336	2.202	2.139	-0.063
	4	0.655	0.658	0.003	0.692	0.712	0.020
P*(3)60L40	1	0.472	0.524	0.052	0.451	0.502	0.051
	2	2.286	2.242	-0.044	2.314	2.251	-0.063
	3	2.149	2.083	-0.066	2.142	2.055	-0.087
	4	0.506	0.536	0.030	0.523	0.524	0.001
P*(5)60L40	1	0.534	0.519	-0.015	0.303	0.476	0.173
	2	2.391	2.440	0.049	2.397	2.380	-0.017
	3	2.214	2.092	-0.122	2.195	2.166	-0.029
	4	0.824	0.763	-0.061	0.549	0.565	0.016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่ง	ผงซักฟอก			น้ำ		
		D_S (mm)	D_{W5} (mm)	ΔD_{SW5} (mm)	D_S (mm)	D_{W5} (mm)	ΔD_{SW5} (mm)
P*(5)40A60 G25	1	0.369	0.369	0	0.326	0.313	-0.012
	2	2.607	2.414	-0.193	2.573	2.410	-0.163
	3	2.159	2.056	-1.027	2.146	2.023	-0.122
	4	0.562	0.494	-0.067	0.498	0.480	-0.017
P*(5)60A40 G25	1	0.317	0.317	0	0.268	0.266	-0.002
	2	2.470	2.225	-0.244	2.371	2.307	-0.064
	3	2.154	2.056	-0.097	2.140	2.013	-0.126
	4	0.548	0.520	-0.028	0.475	0.451	-0.024
P*(5)60A40 G35	1	0.378	0.305	-0.073	0.300	0.253	-0.047
	2	2.544	2.405	-0.138	2.526	2.294	-0.231
	3	2.264	2.173	-0.090	2.259	2.135	-0.124
	4	0.648	0.535	-0.112	0.582	0.524	-0.058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลเฉดสีของหมึกพิมพ์หลังการสกรีน

ตารางที่ ง.1 ค่าความสว่าง ค่าเฉดสีเขียว-แดง และค่าเฉดสีเหลือง-น้ำเงินของหมึกพิมพ์

สูตร	ผงซักฟอก			น้ำ		
	L_S*	a_S*	b_S*	L_S*	a_S*	b_S*
commercial	66.31	-43.90	12.28	67.69	-42.82	12.69
P*(1)40A60	63.10	-41.39	15.47	63.50	-38.76	15.24
P*(3)40A60	61.95	-35.23	17.96	63.12	-37.14	18.25
P*(5)40A60	59.20	-37.33	18.57	59.01	-35.72	19.10
P*(1)60A40	69.21	-37.68	12.97	69.34	-37.53	13.37
P*(3)60A40	64.37	-35.97	17.93	65.31	-38.28	18.85
P*(5)60A40	63.29	-41.55	21.21	62.29	-40.49	21.93
P(5)60A40	66.84	-37.76	14.69	66.85	-37.67	13.63
P*(3)40L60	65.44	-28.22	17.25	65.63	-30.74	17.98
P*(5)40L60	66.20	-38.77	15.72	64.57	-37.14	16.72
P*(3)60L40	64.30	-36.44	20.05	67.31	-37.46	17.28
P*(5)60L40	65.61	-39.17	18.30	65.49	-38.71	19.86
P*(5)40A60G25	67.02	-44.07	15.74	67.29	-43.36	15.9
P*(5)60A40G25	71.62	-40.26	12.13	71.07	-40.37	13.43
P*(5)60A40G35	66.81	-47.59	16.02	66.16	-48.59	17.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลเฉดสีของหมึกพิมพ์หลังซัก 1 ครั้ง

ตารางที่ จ.1 ค่าความสว่างของหมึกพิมพ์ ค่าเฉดสีเขียว-แดง และค่าเฉดสีเหลือง-น้ำเงินของหมึกพิมพ์

สูตร	ผงซักฟอก			น้ำ		
	L_{W1}*	a_{W1}*	b_{W1}*	L_{W1}*	a_{W1}*	b_{W1}*
commercial	65.83	-44.20	12.29	66.68	-44.26	12.03
P*(1)40A60	63.80	-42.75	11.96	64.00	-40.35	12.62
P*(3)40A60	63.20	-38.04	14.54	63.80	-39.51	14.39
P*(5)40A60	60.32	-41.43	16.41	59.26	-37.82	16.56
P*(1)60A40	70.66	-37.70	8.70	69.24	-37.53	13.37
P*(3)60A40	65.63	-38.13	14.39	66.00	-40.70	15.61
P*(5)60A40	65.00	-44.70	18.55	63.55	-43.66	19.90
P(5)60A40	67.86	-39.42	11.03	66.97	-38.78	11.26
P*(3)40L60	67.55	-30.39	11.99	68.04	-36.02	13.72
P*(5)40L60	71.10	-37.65	10.23	66.48	-40.41	14.46
P*(3)60L40	66.81	-40.54	14.72	68.57	-39.73	14.86
P*(5)60L40	69.25	-38.81	12.21	66.31	-44.54	17.04
P*(5)40A60G25	68.71	-42.55	11.38	67.51	-44.36	13.95
P*(5)60A40G25	73.51	-38.33	7.73	71.56	-41.89	12.13
P*(5)60A40G35	68.34	-43.34	11.39	67.53	-44.21	13.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ผลเฉดสีของหมึกพิมพ์หลังซัก 5 ครั้ง

ตารางที่ ฉ.1 ค่าความสว่างของหมึกพิมพ์ ค่าเฉดสีเขียว-แดง และค่าเฉดสีเหลือง-น้ำเงินของหมึกพิมพ์

สูตร	ผงซักฟอก			น้ำ		
	L_{W5}*	a_{W5}*	b_{W5}*	L_{W5}*	a_{W5}*	b_{W5}*
commercial	66.16	-42.45	11.62	67.67	-40.96	10.56
P*(1)40A60	64.79	-43.03	11.51	64.53	-38.58	10.52
P*(3)40A60	64.77	-40.44	12.59	65.12	-40.27	13.49
P*(5)40A60	62.17	-41.81	14.13	61.57	-39.61	15.23
P*(1)60A40	71.47	-37.71	7.53	69.74	-37.02	9.95
P*(3)60A40	67.67	-40.59	12.63	67.18	-41.91	14.58
P*(5)60A40	66.26	-46.19	15.69	64.73	-46.20	17.53
P(5)60A40	68.04	-27.56	10.50	66.65	-37.64	10.98
P*(3)40L60	70.81	-32.56	10.62	69.42	-35.29	12.09
P*(5)40L60	73.12	-35.60	7.10	68.52	-41.37	12.82
P*(3)60L40	69.02	-40.47	12.98	69.60	-39.81	12.81
P*(5)60L40	74.65	-32.77	5.78	68.03	-43.98	14.69
P*(5)40A60G25	68.86	-41.01	10.19	66.89	-41.38	12.69
P*(5)60A40G25	73.56	-36.97	6.57	71.19	-38.39	9.66
P*(5)60A40G35	69.13	-42.16	10.49	67.13	-43.90	13.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวฐิตาทร บุญวัฒนโสภณ
วัน เดือน ปีเกิด	3 กุมภาพันธ์ 2534
ที่อยู่	74/248 ม.7 หมู่บ้านกฤษดาแกรนด์พาร์ค ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
ประวัติการศึกษา	2555 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม เกรดเฉลี่ย 3.02 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	Thitatorn Boonwattanasophon, Pathavuth Monvisade and Vara Chaiyanitaya, Development of Water-based Ink for Silk Screen Printing from Modified Poly(vinyl alcohol) and Natural Rubber, PACCON 2015, Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand, 21-23 January 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้