



การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก  
พอลิไวนิลอะซิเตต และน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน

DEVELOPMENT OF SCREEN LATEX FILM FROM OLEIC ACID-  
MODIFIED PVA/PVAc/LINSEED OIL FOR SILK SCREEN PRINTING



นางสาวรัชฎ์สุดา สวรรค์ดอน

นายรุ่งเรืองชัย คำเมืองไหว

นางสาวลลิตา อูโรสกุล

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ปีการศึกษา 2557

DEVELOPMENT OF SCREEN LATEX FILM FROM OLEIC ACID-  
MODIFIED PVA/PVAc/LINSEED OIL FOR SILK SCREEN PRINTING



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE  
IN INDUSTRIAL CHEMISTRY  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่แบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ACADEMIC YEAR 2014

หัวข้อโครงการพิเศษ การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก  
พอลิไวนิลอะซิเตต และน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน  
DEVELOPMENT OF SCREEN LATEX FILM FROM OLEIC ACID-  
MODIFIED PVA/PVAc/LINSEED OIL FOR SILK SCREEN PRINTING

ชื่อนักศึกษา นางสาวรัชสุดา สวรรค์ดอน รหัสนักศึกษา 54050253  
นายรุ่งเรืองชัย คำเมืองไหว รหัสนักศึกษา 54050255  
นางสาวลลิตา อุไรสกุล รหัสนักศึกษา 54050256

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)

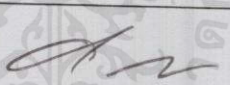
ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์วรา ชัยนิตย์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เคมี  
อุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธิ กรรมการ	
ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
อาจารย์วรา ชัยนิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิได้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเตต และน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวรัชชสุดา สวรรค์ดอน	รหัสนักศึกษา	54050253
	นายรุ่งเรืองชัย คำเมืองไหว	รหัสนักศึกษา	54050255
	นางสาวลลิตา อุไรสกุล	รหัสนักศึกษา	54050256
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	เคมี		
ปีการศึกษา	2557		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วรา ชัยนิตย์		

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน โดยมีองค์ประกอบหลักเป็น พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc) และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) หรือพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก ปรับปรุงสมบัติของฟิล์มกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด และใช้สารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) และไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น แผ่นฟิล์มเตรียมได้จากการผสมกาวอัดกับน้ำยาไวแสงแล้วปาดลงบนแผ่นใส ฟิล์มที่ได้มีความหนา  $35 \pm 5$  ไมครอน จากนั้นนำฟิล์มไปทำแม่พิมพ์สกรีน ตรวจสอบความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบและทดสอบสมบัติต่างๆ ของฟิล์มกาวอัด พบว่าฟิล์มกาวอัดที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph : พอลิไวนิลอะซิเตต เท่ากับ 4:6 และปรับปรุงสมบัติของฟิล์มกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด 4 pph โดยใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 2.5 นาที ( $\text{P}^*(5)4\text{T}6\text{L}4$ ) สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้คมชัดและชะล้างลวดลายได้ง่าย แต่เมื่อทิ้งฟิล์มกาวอัดไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้ จึงเติมสารดูดซับออกซิเจนพบว่าฟิล์มกาวอัดสูตรที่เติมโซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{P}^*(5)4\text{T}6\text{L}4\text{A}500$ ) และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{P}^*(5)4\text{T}6\text{L}4\text{B}500$ ) ที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนเมื่อทิ้งฟิล์มไว้ 30 วันได้ จากนั้นนำไปทดสอบความคงทนเบื้องต้นและสภาวะการใช้งานจริง พบว่าฟิล์มกาวอัดที่เหมาะสมที่สุดคือ  $\text{P}^*(5)4\text{T}6\text{L}4\text{B}500$  เนื่องจากมีสมบัติการใช้งานใกล้เคียงกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

เอกสารนี้ **คุณภาพสูง** ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปขึ้นประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คำสำคัญ :** น้ำมันลินสีด พอลิไวนิลอะซิเตต พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ฟิล์มกาวอัด สารดูดซับออกซิเจน

<b>Title</b>	DEVELOPMENT OF SCREEN LATEX FILM FROM OLEIC ACID-MODIFIED PVA/PVAc/LINSEED OIL FOR SILK SCREEN PRINTING		
<b>Students</b>	Miss Raksuda	Sawandon	Student ID 54050254
	Mr. Rungrueangchai	Kammueangwai	Student ID 54050255
	Miss Lalita	Ouraisakul	Student ID 54050255
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Industrial chemistry)		
<b>Department</b>	Chemistry		
<b>Academic Year</b>	2014		
<b>Advisor</b>	Asst.Prof.Dr. Pathavuth Monvisade		
<b>Co-advisor</b>	Mr. Vara Chaiyanitaya		

### Abstract

In this research, latex films were prepared for silk screen printing. Poly(vinyl acetate) (PVAc) and poly(vinyl alcohol) (PVA) or oleic acid-modified poly(vinyl alcohol) were used as main components. The properties of the latex films were modified with linseed oil and oxygen scavengers, such as, sodium sulfite ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), sodium metabisulfite ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ), and hydroquinone in various ratios to elongate their lifetimes. The latex films were prepared with latex adhesive and photosensitizer before passing onto the plastic sheet. The latex films are  $35 \pm 5$  micron thickness. After that, the latex films were used as a screen block. The pattern sharpness and other properties of the latex films were investigated. It was found that P\*(5)4T6L4 containing 5 pph of oleic acid-modified poly(vinyl alcohol) : poly(vinyl acetate) in the ratio of 4:6, and 4 pph of linseed oil, provided sharp pattern and was washed out easily after 2.5 min of crosslinking time. Unfortunately, when leaving the latex film for a day, the pattern could not be screened without the addition of oxygen scavengers. It was found that the pattern of the latex films added 500 ppm concentration of sodium sulfite (P\*(5)4T6L4A500) or sodium metabisulfite (P\*(5)4T6L4B500) could be screened after 30 days of film preparation. After durability tests, both in general and on duty testing, the results suggested that P\*(5)4T6L4B500 was the most applicable latex film because most properties of the latex film was similar to high grade commercial screen latex film.

**Keywords:** Linseed oil, Poly(vinyl acetate), Poly(vinyl alcohol), Screen latex film, Oxygen scavenger

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทธวุธ มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับความรู้ อบรมให้ทำงานอย่างมีระเบียบแบบแผน พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือและ ตรวจสอบโครงการพิเศษนี้ ทำให้การจัดทำโครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ศึกษา ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วรา ชัยนิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการพิเศษ ที่ช่วยให้ คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงการพิเศษนี้ให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด และ ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการตรวจทานและเสนอแนะความคิดเห็นเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางและนักศึกษาศาสาภาคพิมพ์ วิทยาลัย ช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ เขตลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ประเมินความพึงพอใจการใ้ งานของฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีนและให้ความช่วยเหลืองานที่เกี่ยวข้องกับงานประเมินนี้

ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ เขตลาดกระบัง ที่เอื้อเพื่อ สถานที่และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือสำหรับดำเนินโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี และเจ้าหน้าที่ของศูนย์เครื่องมือฯ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์งานต่างๆ จนโครงการพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา เพื่อนและพี่น้องศึกษาปริญญโทและเอก ที่ให้คำแนะนำ เป็น กำลังใจ และช่วยเหลือให้คำปรึกษาในการดำเนินโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การศึกษาดลอดระยะเวลา 4 ปี และให้ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ประโยชน์และความรู้อันพึงมีจากโครงการพิเศษฉบับนี้ขอมอบแต่บิดามารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและ ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวรัชนีสุดา สวรรค์ดอน

นายรุ่งเรืองชัย คำเมืองไหว

นางสาวลลิตา อโรสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ข
กิตติกรรมประกาศ .....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป .....	ฅ
คำย่อ/สัญลักษณ์ .....	ฉ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย/ปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>3</b>
2.1 การพิมพ์สกรีน.....	3
2.1.1 หลักการพิมพ์สกรีน .....	3
2.1.2 องค์ประกอบของการพิมพ์สกรีน .....	3
2.1.2.1 ผ้าสกรีน (Screen fabric).....	3
2.1.2.2 กรอบสกรีน (Frame) .....	3
2.1.2.3 รางปาด (Coating trough) .....	4
2.1.2.4 ตู้ไฟถ้ายบลิ้อกสกรีน (Exposure lamp) .....	4
2.1.3 เคมีภัณฑ์และฟิล์ม.....	5
2.1.3.1 กาวอัด.....	5
2.1.3.2 น้ำยาไวแสง .....	9
2.1.3.3 ฟิล์มทำแม่พิมพ์สกรีน .....	10
2.1.3.4 น้ำยาเคลือบบลิ้อกสกรีน .....	11
2.1.3.5 หมึกพิมพ์ (Based ink) .....	11
2.2 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol)).....	13
2.2.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ .....	14
2.2.2 การใช้งานพอลิไวนิลแอลกอฮอล์.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นข้อมูลสาธารณะและต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate)) .....	15
2.4 น้ำมัน (Oil).....	16
2.4.1 องค์ประกอบของน้ำมัน .....	16
2.4.2 กรดไขมัน.....	16
2.4.3 ชนิดของน้ำมัน.....	18
2.4.4 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oil).....	18
2.4.5 น้ำมันลินสีด (Linseed oil) .....	20
2.4.5.1 สมบัติและการใช้งาน.....	21
2.4.6 กรดโอเลอิก (Oleic acid) .....	24
2.5 ตัวเร่งปฏิกิริยา.....	24
2.5.1 หน้าที่และหลักการทำงาน.....	24
2.6 สารดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenger).....	25
2.6.1 ซัลไฟต์ (Sulfites).....	25
2.6.1.1 โซเดียมซัลไฟต์ (Sodium sulfite).....	25
2.6.1.2 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite).....	26
2.6.2 ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) .....	26
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	27
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>31</b>
3.1 สารเคมี .....	31
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ .....	31
3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการผลิตกาวอัด .....	31
3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการผลิตฟิล์มกาวอัด.....	32
3.2.3 อุปกรณ์สำหรับงานสกรีน .....	32
3.2.4 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ .....	33
3.3 การเตรียมสารละลาย .....	33
3.3.1 การเตรียมสารละลาย PVA 10% ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร.....	33
3.3.2 การเตรียมสารละลาย $\text{NaHCO}_3$ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ .....	33
3.3.3 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก (P*).....	33
3.4 การเตรียมกาวอัดสูตรต่างๆ .....	34

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 ทดสอบความหนืดของกาวอัด .....	34
3.6 การเตรียมฟิล์มกาวอัด .....	36
3.7 การทำแม่พิมพ์สกรีน.....	36
3.8 การทดสอบสมบัติของฟิล์มกาวอัด.....	37
3.8.1 การทดสอบขั้นต้น.....	37
3.8.2 การทดสอบการปาดสี.....	37
3.8.3 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด .....	37
3.8.4 การทดสอบฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า และเปรียบเทียบผลกับฟิล์มกาวอัดที่เตรียมขึ้น .....	37
3.9 การวัดความคมชัดของลวดลายเทียบกับแม่แบบ .....	37
3.10 การประเมินความพึงพอใจการใช้งานของฟิล์มกาวอัด .....	38
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล .....</b>	<b>40</b>
4.1 การปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยกรดโอเลอิก.....	41
4.2 ความหนาของฟิล์มกาวอัดที่มีผลต่อการถ่ายแบบพิมพ์สกรีน .....	42
4.3 การเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงทางเคมีของฟิล์มกาวอัด.....	42
4.4 การทดสอบความสามารถในการสร้างลวดลาย .....	44
4.5 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดและความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ .....	46
4.6 การทดสอบความคงทนเบื้องต้นของลวดลาย.....	51
4.7 การทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะการใช้งานจริง .....	53
4.8 ความสามารถในการเก็บรายละเอียดเมื่อใช้ลวดลายที่มีความละเอียดสูง.....	54
4.9 ความสามารถในการใช้งานกับหมึกพิมพ์ชนิดต่างๆ .....	56
4.10 การประเมินความพึงพอใจการใช้งานของฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน.....	57
4.11 การเปรียบเทียบสมบัติฟิล์มกาวอัดที่เตรียมขึ้นกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า .....	59
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>61</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	61
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	62
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า	63
ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	66

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก ผลของความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีน.....	67
ภาคผนวก ข ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข .....	68
ภาคผนวก ค ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข.....	71



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์.....	15
2.2 สมบัติของพอลิไวนิลอะซิเตต.....	15
2.3 โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว.....	17
2.4 โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว.....	17
2.5 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของเส้นใยลินิน (Flax fibers).....	21
2.6 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันลินสีด.....	22
2.7 กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันลินสีด (Linseed oil).....	22
2.8 สมบัติของ <i>p</i> -toluenesulfonic acid.....	25
3.1 อัตราส่วนของการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก.....	34
3.2 อัตราส่วนผสมของกาวอัดสูตรต่างๆ.....	35
3.3 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานของฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน.....	39
4.1 คำอธิบายสัญลักษณ์ของฟิล์มกาวอัด.....	40
4.2 ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดแต่ละสูตร.....	44
4.3 ผลการทดสอบอายุการใช้ของฟิล์มกาวอัดสูตรต่างๆ.....	47
4.4 เปอร์เซ็นต์ของผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D <sub>A</sub> ) กับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D <sub>B</sub> ).....	49
4.5 ผลการทดสอบความคงทนเบื้องต้นของฟิล์มกาวอัดแต่ละสูตร.....	52
4.6 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อฟิล์มกาวอัดสูตรต่างๆ.....	58
4.7 การเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4B500 กับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า....	59
4.8 ราคาสารเคมี.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กรอบสกรีนไม้ และอะลูมิเนียม	4
2.2 รางปาดกาวอัดแบบโค้งที่ส่วนกลาง	4
2.3 ตู้ไฟฟ้ายบล็อกสกรีนสำเร็จรูปที่มีหลอดไฟฟ้าอยู่ส่วนล่าง	5
2.4 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	13
2.5 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส	14
2.6 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ิซิส	14
2.7 ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลอะซิเตต	15
2.8 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid)	22
2.9 โครงสร้างโมเลกุลของกรดโอเลอิก (Oleic acid)	23
2.10 โครงสร้างโมเลกุลของกรดปาล์มมิก (Palmitic acid)	23
2.11 โครงสร้างโมเลกุลของกรดไมริสติก (Myristic acid)	23
2.12 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid)	23
2.13 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ <i>p</i> -TSA	24
2.14 สูตรโครงสร้างทางเคมีของโซเดียมซัลไฟต์	25
2.15 สูตรโครงสร้างทางเคมีของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	26
2.16 โครงสร้างและไอโซเมอร์ของไฮโดรควิโนน	27
3.1 ตำแหน่งของลวดลายบนแม่แบบที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด	38
4.1 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ที่เค้นระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และกรดโอเลอิก	41
4.2 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4 และฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	42
4.3 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอิเล็กตรอน	43
4.4 ปฏิกิริยาเชื่อมโยงของฟิล์มกาวอัด	43
4.5 ลวดลายส่วนหยาบและละเอียดของฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4	44
4.6 ตัวอย่างลักษณะของลวดลายที่คมชัด และลวดลายที่ไม่คมชัด	45
4.7 ลวดลายการถ่ายแบบจากฟิล์มกาวอัดสูตร P*(3)4T6L4, P*(5)4T6L1, P*(5)4T6L2, P*(5)4T6L3, P*(5)4T6L4 และฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	45
4.8 ลวดลายจากฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4 ที่เก็บไว้ 1 วัน	46
4.9 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่มีลวดลายคมชัด	47
4.10 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่มีลวดลายไม่คมชัด	47
4.11 กาวอัดสูตร P*(5)4T6L4C100 หลังเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ	48

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 ปฏิกริยาออกซิเดชันของไฮโดรควิโนนที่สภาวะต่าง.....	48
4.13 ปฏิกริยาออกซิเดชันของโซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ .....	49
4.14 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D <sub>B</sub> ) ของฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4A500 .....	50
4.15 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D <sub>B</sub> ) ของฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4B500 .....	50
4.16 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D <sub>B</sub> ) ของฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า.....	51
4.17 ฟิล์มกาวสูตร P*(5)4T6L4A500 เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 2.5 นาที.....	53
4.18 ฟิล์มกาวสูตร P*(5)4T6L4B500 เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 2.5 นาที.....	53
4.19 ฟิล์มกาวสูตรเกรดการค้า เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 4.5 นาที.....	54
4.20 ลวดลายที่ได้จากฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4B500 และฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า.....	55
4.21 ลวดลายที่มีความละเอียดสูงที่ได้จากฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4A500, สูตร P*(5)4T6L4B500 และฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า .....	55
4.22 การเปรียบเทียบการเก็บรายละเอียดของลวดลายที่มีความละเอียดสูง ฟิล์มแม่แบบ, ฟิล์ม กาวอัดเกรดการค้า, ฟิล์มกาวอัดสูตร P*(5)4T6L4A500 และสูตร P*(5)4T6L4B500.....	56
4.23 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื่อน้ำ .....	57
4.24 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื่อน้ำมันชนิดแห้งช้า .....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำย่อ/สัญลักษณ์

PVA	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol))
PVAc	พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate))
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	โซเดียมซัลไฟต์ (Sodium sulfite)
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite)
$\text{NaHCO}_3$	โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate)
$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$	ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone)
<i>p</i> -TSA	กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก ( <i>p</i> -toluenesulfonic acid)
PVC	พอลิไวนิลคลอไรด์ (Poly(vinyl chloride))
pph	ส่วนในร้อยส่วน (Parts per hundred)
ppm	ส่วนในล้านส่วน (Parts per million)
rpm	รอบต่อนาที (Round per minute)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพิมพ์ซิลค์สกรีน (Silk screen) เป็นระบบการพิมพ์ที่สามารถพิมพ์บนวัสดุหลายชนิด เช่น กระดาษ ผ้า พลาสติก โลหะ และวัสดุสังเคราะห์อื่นๆ ที่มีรูปทรงหลากหลาย รวมทั้งสามารถพิมพ์ให้เกิดลวดลายพิเศษโดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ เทคนิคการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้กาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงเป็นเทคนิคที่ง่าย ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก เครื่องมือและอุปกรณ์หาซื้อได้สะดวก จึงทำให้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีเทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนแบบผสม (Mixed media method) เป็นการทำแม่พิมพ์ที่ใช้กาวอัดและฟิล์มกาวอัดร่วมกัน ซึ่งฟิล์มกาวอัดจะมีสมบัติไวแสงเมื่อใช้ร่วมกับกาวไวแสง ทำให้ลวดลายเหมือนต้นแบบและคมชัดกว่าการถ่ายแบบด้วยกาวอัดธรรมดา เนื่องจากความคมชัดของเส้นขอบเกิดจากแผ่นฟิล์ม โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ [1] ได้พัฒนาการอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) และพอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc) ปรับปรุงสมบัติของกาวอัดด้วยกรดโอเลอิก (Oleic acid) และน้ำมันลินสีด (Linseed oil) กาวอัดที่ได้สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายและทนต่อแรงเสียดสีจากยางปาตได้ดี ซึ่งปัญหาของการใช้กาวอัดนั้นไม่สามารถเพิ่มความหนาให้กับลวดลายได้ งานวิจัยนี้จึงพัฒนาต่อยอดนำกาวอัดสูตรดังกล่าวมาเตรียมให้อยู่ในรูปแบบของฟิล์มก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งจะต้องผสมกับน้ำยาไวแสง เช่น น้ำยาไวแสงประเภทไดโครเมต (Dichromate) หรือน้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซ (Diazo) ก่อนการเคลือบลงบนแผ่นพลาสติกใส เมื่อแห้งจะได้แผ่นฟิล์มกาวอัดที่มีส่วนผสมของน้ำยาไวแสง อย่างไรก็ตามก่อนการใช้งานฟิล์มกาวอัดควรหลีกเลี่ยงการถูกแสงโดยตรง เนื่องจากฟิล์มจะเสถียรภาพ ทำให้มีอายุการใช้งานสั้นลง ในปัจจุบันฟิล์มกาวอัดนี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ อายุการใช้งานมีขีดจำกัด และมีราคาแพง จึงไม่เหมาะแก่การสต็อกสินค้า การใช้งานจึงไม่แพร่หลาย งานวิจัยนี้จึงพัฒนาผลิตฟิล์มกาวอัดเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาถูกลง โดยข้อดีของฟิล์มกาวอัด คือสามารถควบคุมความหนาได้ ซึ่งความหนาของฟิล์มจะส่งผลต่อความหนาของลวดลายที่สกรีนลงบนวัสดุรองรับ ฟิล์มกาวอัดนิยมใช้งานพิมพ์ นามบัตร ประกาศนียบัตร กระຈก และบัตรเครดิต เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมฟิล์มกาวอัดที่มีองค์ประกอบของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิไวนิลอะซิเตต โดยปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยกรดโอเลอิก และใช้น้ำมันลินสีดเป็นส่วนผสม เพื่อปรับปรุงสมบัติของฟิล์มกาวอัดให้มีสมบัติดีขึ้นในด้านการยึดติด ความคมชัด และความคงทน รวมถึงสมบัติการต้านทานน้ำสำหรับงานพิมพ์ที่ใช้หมึกพิมพ์เชื่อน้ำ อีกทั้งใช้สารดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenger) ชนิดต่างๆ ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) และไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) เพื่อยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น

และมีสมบัติเทียบเท่ากับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า โดยมีต้นทุนต่ำและสามารถผลิตฟิล์มกาวอัดโดยใช้วัตถุดิบที่สามารถจัดหาได้ภายในประเทศ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาฟิล์มกาวอัด โดยมีองค์ประกอบหลักของเนื้อกาวเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) และพอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc)
- 2) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถของสารดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenger) ชนิดต่างๆ และปริมาณที่มีต่ออายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) เตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก ในอัตราส่วน 3 และ 5 pph
- 2) เตรียมสูตรผสมของฟิล์มกาวอัด โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และพอลิไวนิลอะซิเตตเป็นเนื้อฟิล์ม และมีน้ำมันลินสีดเป็นส่วนผสม ในอัตราส่วน 1, 2, 3 และ 4 pph
- 3) เตรียมแม่พิมพ์สกรีนลวดลายด้วยเทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีน
- 4) เปรียบเทียบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด โดยใช้สารดูดซับออกซิเจนชนิดต่างๆ ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) และไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) ที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 ppm
- 5) ศึกษาสมบัติต่างๆ ของฟิล์มกาวอัด ได้แก่
  - ความหนาของฟิล์มกาวอัด
  - ความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ
  - ความคงทนของฟิล์มกาวอัดหลังการทดสอบ
  - ความสามารถในการชะล้าง
  - อายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด
- 6) เปรียบเทียบสมบัติกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถเตรียมฟิล์มกาวอัดที่มีสมบัติเทียบเท่ากับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้าคุณภาพดีได้
- 2) สามารถเตรียมแม่พิมพ์สกรีนที่พิมพ์ลายนูนลงบนวัสดุได้
- 3) สามารถลดต้นทุนในงานพิมพ์สกรีน และลดการนำเข้าฟิล์มกาวอัดจากต่างประเทศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การพิมพ์สกรีน [2-5]

#### 2.1.1 หลักการพิมพ์สกรีน

การพิมพ์สกรีนเป็นระบบการพิมพ์ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวคือ เป็นการพิมพ์โดยการปาดหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดที่เหมาะสมด้วยยางปาดผ่านรูเปิดของผ้าสกรีนบนแม่พิมพ์สกรีนเพื่อให้หมึกไหลลงบนวัสดุรองรับ แล้วเกิดเป็นลวดลายต่างๆ ตามแม่แบบที่อยู่บนแม่พิมพ์สกรีน ทั้งนี้การพิมพ์สกรีนจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ พร้อมทั้งกรรมวิธีและเทคนิคการพิมพ์ เพื่อให้สามารถพิมพ์ลงบนวัสดุที่ต้องการโดยไม่ต้องพิจารณาถึงรูปร่าง ขนาด พื้นผิว ฯลฯ ที่นำมาใช้พิมพ์ ในขณะเดียวกันอุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์สกรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ผู้พิมพ์ต้องคัดเลือกและนำมาใช้ให้ได้ตรงตามความต้องการของชิ้นงานที่พิมพ์ เช่น หมึกพิมพ์ กรอบสกรีน ผ้าสกรีน ยางปาด เครื่องพิมพ์สกรีน เป็นต้น

เนื่องจากการพิมพ์สกรีนสามารถพิมพ์ลงบนวัสดุหลายประเภท เช่น ไม้ ผ้า กระดาษ โลหะ พลาสติก และวัสดุสังเคราะห์อื่นๆ เป็นจำนวนมาก และมีรูปร่างที่แตกต่างกัน เช่น แผ่นราบ ทรงกลม ทรงกระบอก รวมทั้งสามารถพิมพ์ให้เกิดลวดลายพิเศษ เช่น นูนขึ้นจากพื้นวัสดุ เทคนิคที่ใช้เพื่อให้การพิมพ์ลงบนวัสดุเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสมจำเป็นต้องศึกษาให้เข้าใจถึงหลักการพิมพ์เป็นอย่างดี อีกทั้งควรจะศึกษาเครื่องมือเครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ หมึกพิมพ์ชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้พิมพ์บนวัสดุแต่ละประเภท และวิธีการทำแม่พิมพ์สกรีน มิฉะนั้นการพิมพ์ที่ปราศจากความเข้าใจที่ถูกต้อง จะทำให้ผลงานพิมพ์ที่ได้ไม่ตรงกับความต้องการ

#### 2.1.2 องค์ประกอบของการพิมพ์สกรีน

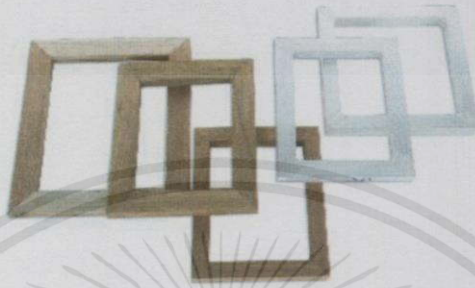
##### 2.1.2.1 ผ้าสกรีน (Screen fabric)

ผ้าสกรีนเป็นโครงสร้างในการสร้างภาพบนสกรีนหรือช่วยยึดกาวอัด และแผ่นฟิล์มชนิดต่างๆ ที่ใช้สร้างภาพบนสกรีนให้เกิดเป็นลายภาพต่างๆ ที่ต้องการ ปัจจุบันผ้าสกรีนมีให้เลือกหลายชนิด หลายขนาด ได้แก่ ผ้าสกรีนเส้นใยสังเคราะห์ประเภทไนลอน เส้นใยสังเคราะห์ประเภทพอลิเอสเตอร์ และผ้าสกรีนชนิดสแตนเลส ตามความเหมาะสมของงานพิมพ์ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงการเลือกใช้ผ้าสกรีนให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงานพิมพ์ มีองค์ประกอบหลักในการพิจารณาเลือกใช้โดยทั่วไป ได้แก่ ชิ้นงานหรือวัสดุที่พิมพ์ ภาพต้นฉบับหรือลวดลายที่ต้องการพิมพ์ ความหยาบความละเอียดของผ้าสกรีน และประเภทของหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์

##### 2.1.2.2 กรอบสกรีน (Frame)

กรอบสกรีนทำหน้าที่เป็นกรอบให้ผ้าสกรีนยึดซึ่งให้ตั้งตามที่ต้องการ และให้ผ้าสกรีนที่ซึ่งนั้นสามารถคงความตึงได้ รวมทั้งควบคุมขนาดของลวดลายบนผ้าสกรีนให้คงที่และมีความเที่ยงตรงในการพิมพ์ กรอบสกรีนควรผลิตจากวัสดุที่แข็งแรงเพื่อที่จะไม่ให้รูปทรงเปลี่ยนแปลงเมื่อ

มีการขึงให้ผ้าสกรีนมีความตึงสูงหรือในระหว่างการพิมพ์ กรอบสกรีนที่บิดงอในขณะที่พิมพ์จะทำให้แรงกดของยางปาดไม่สม่ำเสมอและหมึกที่พิมพ์ออกมาจะหนาไม่เท่ากัน อีกทั้งกรอบสกรีนควรจะทนต่อสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์สกรีน และทนต่อตัวทำละลายที่ใช้ผสมในหมึกพิมพ์ และล้างทำความสะอาดหลังจากขั้นตอนการพิมพ์ กรอบสกรีนสามารถผลิตได้จากวัสดุหลายประเภท เช่น ไม้ อะลูมิเนียม เหล็ก เป็นต้น



รูปที่ 2.1 กรอบสกรีนไม้ และอะลูมิเนียม

### 2.1.2.3 รางปาด (Coating trough)

รางปาดกาวอัดส่วนใหญ่ทำด้วยสแตนเลสที่มีการตัด พับ และต่อเชื่อมกันเป็นรูปลักษณะของรางปาดกาวอัดขึ้น มีการออกแบบสำหรับใช้มือจับเพื่อให้เกิดความสะดวกในการปาดกาวอัด ปลายด้านข้างทั้ง 2 ปลาย จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กาวอัดไหลออกนอกรางปาดได้ แต่จะไหลเก็บกลับไปในฐานะที่จะเป็นรูปโค้งหรือเทเป็นรูปสามเหลี่ยม รางปาดกาวอัดที่มีความยาวมากจะต้องใช้สแตนเลสที่หนาขึ้นและรางจะต้องลึกขึ้น

ขอบรางปาดกาวอัดในด้านที่จะต้องสัมผัสกับผ้าสกรีนควรจะมีผิวเรียบ ไม่ขรุขระ กล่าวคือ เมื่อวางแนบกับผ้าสกรีนในขณะปาดนั้น จะต้องราบเรียบขนานไปกับผ้าที่อยู่บนกรอบสกรีน เพื่อที่จะทำให้การเคลือบกาวอัดออกมามีความเรียบและหนาโดยสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.2 รางปาดกาวอัดแบบโค้งที่ส่วนกลาง

### 2.1.2.4 ตู้ไฟฉายบล็อกสกรีน (Exposure lamp)

ตู้ไฟฉายเป็นแหล่งกำเนิดแสงในการทำปฏิกิริยาของกาวอัด โดยแสงจะผ่านจากตู้ไฟฉายไปยังบล็อกสกรีนที่เคลือบด้วยกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้ว บล็อกสกรีนจะถูกดันติดกับกระจกที่หนาพอสมควร และบล็อกสกรีนควรจะติดกับกระจกให้แนบสนิทมากที่สุดเพื่อให้แสงที่ส่องผ่าน

กระจกตรงไปที่บล็อกสกรีนแล้วเกิดการหักเหของแสงน้อยที่สุด ลวดลายส่วนที่ไม่ถูกบังแสงด้วยฟิล์มแม่แบบ ซึ่งเป็นฟิล์มพอสITIVE (Positive film) จะทำปฏิกิริยากับแสงจะเกิดการเชื่อมโยงทางเคมีและแข็งตัว โดยส่วนที่แข็งตัวแล้วจะไม่ละลายน้ำ ส่วนที่ถูกฟิล์มแม่แบบบังจะไม่เกิดปฏิกิริยา และเมื่อนำบล็อกสกรีนไปล้างด้วยน้ำ ส่วนนี้จะถูกน้ำล้างออกไปคงเหลือแต่ลวดลายส่วนที่ไม่มีฟิล์มแม่แบบบัง อย่างไรก็ตามการถ่ายไฟด้วยอัตราความเข้มแสงและเวลาที่พอเหมาะจะทำให้ลวดลายกาวอัดมีความคมชัด



รูปที่ 2.3 ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนสำเร็จรูปที่มีหลอดไฟถ่ายอยู่ส่วนล่าง

### 2.1.3 เคมีภัณฑ์และฟิล์ม

#### 2.1.3.1 กาวอัด

งานพิมพ์สกรีนมีวิธีการสร้างแม่พิมพ์ 2 วิธี คือ วิธีโดยไม่ใช้แสง (Non-exposure) และวิธีการถ่ายด้วยแสง (Exposure) ในการสร้างแม่พิมพ์ด้วยวิธีการถ่ายด้วยแสง แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. สร้างแม่พิมพ์ด้วยวิธีการอัดการชนิดต่างๆ เช่น แม่พิมพ์กาวอัดชนิดไดโครเมต แม่พิมพ์กาวอัดชนิดไดอาโซ และแม่พิมพ์กาวอัดชนิดพอลิเมอร์แบบผสมสำเร็จ
2. สร้างแม่พิมพ์ด้วยฟิล์มถ่ายแบบต่างๆ ได้แก่ แม่พิมพ์วิธีฟิล์มถ่ายมวง และแม่พิมพ์วิธีฟิล์มถ่ายไฟสตาร์ เป็นต้น

การสร้างแม่พิมพ์ด้วยวิธีถ่ายด้วยแสง (Direct photostencil) เป็นการสร้างแม่พิมพ์บนผ้าสกรีนโดยตรง ด้วยการนำกาวอัดผสมกับน้ำยาไวแสงในอัตราส่วนที่กำหนด เคลือบบนผ้าสกรีนโดยตรง จากนั้นอบให้แห้งในห้องควบคุมแสง แล้วติดฟิล์มหรือถ่ายแบบที่ต้องการบนด้านที่สัมผัสกับชิ้นงาน (Print side) จากนั้นนำไปถ่ายด้วยแสงโดยใช้เวลาที่เหมาะสม แล้วจึงนำไปล้างน้ำเพื่อเก็บลวดลายภาพ โดยอาศัยหลักการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสงคือ บริเวณใดที่แสงไม่สามารถผ่านได้เนื้อฟิล์มจะถูกชะล้างออกได้ ทำให้เกิดเป็นช่องว่างให้สีผ่านและบริเวณใดที่แสงผ่านได้ เนื้อกาวที่ถูกเคลือบไว้บนผ้าสกรีนจะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงและมีความแข็งแรงยึดเกาะบนผ้าสกรีนคล้ายแผ่นฟิล์ม

หมึกพิมพ์จึงไม่สามารถผ่านได้เวลาพิมพ์ เมื่อเนื้อกาวแห้งจะมีลักษณะคล้ายฟิล์มที่มีสมบัติพิเศษที่สามารถทนต่อหมึกพิมพ์ แรงเสียดสีของการปาดหมึกพิมพ์ และทนต่อการชะล้างได้ดี

การสร้างแม่พิมพ์ด้วยวิธีการอัดเป็นวิธีที่นิยมที่สุด เนื่องจากให้ภาพหรืองานพิมพ์ที่มีรายละเอียดเหมือนต้นฉบับ เหมาะสำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการความคมชัดหรือลายภาพที่มีความละเอียดสูง และงานพิมพ์ที่ต้องการขึ้นงานจำนวนมากๆ เพราะแม่พิมพ์มีความคงทนต่อแรงเสียดสีได้ดี การสร้างแม่พิมพ์ด้วยวิธีการอัดด้วยแสงจะต้องใช้ความละเอียดอ่อนเป็นพิเศษและการฝึกฝน จึงจะทำให้ผลผลิตงานพิมพ์ออกมาได้คุณภาพและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้กาวอัดแต่ละชนิด จึงควรศึกษาสมบัติเฉพาะตัวของเนื้อกาวอัด และความเหมาะสมกับการใช้หมึกพิมพ์ เพื่อความสมบูรณ์ของขึ้นงาน

### ประเภทของกาวอัด

กาวอัดที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิมทำมาจากเจลาตินที่ได้จากหนังสัตว์ต่างๆ นำมาละลายน้ำ เติมน้ำยาไวแสง แล้วจึงนำมาเคลือบบนบล็อกสกรีนและถ่ายไฟ แม่พิมพ์สกรีนที่ได้จากกรรมวิธีนี้จะไม่คมชัดและเกิดเป็นรอยฟันปลา กาวอัดที่ใช้ในงานพิมพ์สกรีนและน้ำยาไวแสงที่ใช้สำหรับทำให้เกิดลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน มี 3 ประเภท

#### 1. กาวอัดแบบดั้งเดิม (Traditional emulsion)

กาวอัดแบบดั้งเดิมหรือแบบทั่วไป เป็นกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงประเภทไดโครเมต และน้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซ ซึ่งเนื้อกาวจะมีสีชมพู สีฟ้า สีม่วง สีเขียว แล้วแต่ผู้ผลิต การใช้งานจะแตกต่างกันตามลักษณะของน้ำยาไวแสงที่ใช้ เช่น ผู้ที่ทำแม่พิมพ์สกรีนจำนวนน้อย ไฟถ่ายเป็นแบบฟลูออเรสเซนต์ ควรเลือกใช้กาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงประเภทไดโครเมต เนื่องจากสามารถผสมน้ำยาไวแสงครั้งต่อครั้งให้พอใช้งานใน 1 วัน หากเก็บกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงชนิดนี้ไว้ข้ามวัน ความหนืดและความเข้มข้นของกาวจะลดลง ไม่สามารถนำมาปาดบนบล็อกสกรีนได้อีก (หากต้องการยืดอายุของกาวที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้ว ควรเก็บกาวไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส) อัตราส่วนในการผสมน้ำยาไวแสงขึ้นอยู่กับผู้ผลิตกาวอัดจากประเทศต่างๆ เช่น จากประเทศสหรัฐอเมริกา สวิตเซอร์แลนด์เป็นผู้กำหนด โดยมีอัตราส่วนกาวอัด 5 ส่วนต่อน้ำยาไวแสง 1 ส่วน หรืออัตราส่วนของกาวอัด 10 ส่วนต่อน้ำยาไวแสง 1 ส่วน เป็นต้น

ในกรณีที่มีงานทำแม่พิมพ์อยู่เป็นประจำและมีจำนวนมากพอสมควร อีกทั้งไฟถ่ายมีกำลังไฟที่ดี ควรเลือกใช้กาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงไดอาโซ โดยผสมน้ำยาไวแสงกับกาวอัดเพียงครั้งเดียวก็สามารถใช้งานได้ตลอดอายุของกาวอัด การผสมน้ำยาไวแสงไดอาโซชนิดต้องผสมน้ำ ทำได้โดยเทน้ำอุ่นลงในขวดน้ำยาไวแสงตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วปิดฝาเขย่าให้น้ำยาไวแสงละลาย จากนั้นนำไปผสมในกระป๋องกาวอัด ให้น้ำยาไวแสงและกาวอัดรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าน้ำยาไวแสงไดอาโซ

เอกสารนี้  
ชนิดที่ไม่ต้องละลายน้ำก่อน ให้ผสมกับกาวอัดได้ทันที ตัวอย่างกาวอัดที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น ะ โยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### - กาวอัดสีชมพู

กาวอัดสีชมพูมีความละเอียด ใช้เวลาในการถ่ายด้วยแสงน้อย เหมาะสำหรับงานพิมพ์กราฟฟิกที่เน้นความคมชัด และเก็บรายละเอียดได้ดี มีความคงทนต่อหมึกพิมพ์เชื่อน้ำมัน ประเภทแห้งช้าดรูไลท์ (Drulite ink) และประเภทแห้งเร็ว (สีที่มีส่วนผสมของ PVC) หากเคลือบด้วยน้ำยาแพทลี่ (Patly) จะคงทนต่อหมึกเชื่อน้ำ กาวอัดชนิดนี้ใช้ผสมกับน้ำยาไวแสงชนิดไดโครเมต

### - กาวอัดสีฟ้าอ่อน

เนื้อกาวเป็นสีฟ้าอ่อน สามารถจัดวางตำแหน่งภาพได้ง่าย เนื้อกาวมีความละเอียด เหมาะสำหรับงานพิมพ์กราฟฟิกที่เน้นความคมชัด และมีความคงทนต่อหมึกพิมพ์เชื่อน้ำและเชื่อน้ำมัน หมึกพิมพ์เชือพลาสติกซอลหรือหมึกพิมพ์ยูวี เนื้อกาวมีความคงทนต่อแรงเสียดสีได้ดี กาวอัดชนิดนี้ใช้ผสมกับน้ำยาไวแสงชนิดไดอาโซ

### - กาวอัดสีม่วงอ่อน

เนื้อกาวอัดเป็นสีม่วงอ่อน สีของกาวอัดในกรอบสกรีนที่แห้งแล้ว มีความสามารถในการมองเห็นได้ง่าย ทำให้จัดตำแหน่งแบบถ่ายได้ง่าย เนื้อกาวอัดมีความละเอียดเหมาะสำหรับงานพิมพ์ผ้าทุกชนิด ทั้งผ้ายัด ผ้าผืน และผ้าหลา หรือชิ้นงานที่ต้องการความคมชัดเป็นพิเศษ สามารถเก็บรายละเอียดของแบบภาพได้ดี มีความทนทานต่อหมึกพิมพ์เชื่อน้ำเป็นพิเศษ กาวอัดชนิดนี้ใช้ผสมกับน้ำยาไวแสงชนิดไดอาโซ

### - กาวอัดประเภทโฟโต้พอลิเมอร์ชนิดผสมเสร็จ

กาวอัดประเภทโฟโต้พอลิเมอร์ชนิดผสมเสร็จ เป็นเนื้อกาวอัดแบบชนิดผสมน้ำยาไวแสงสำเร็จรูป เนื้อกาวเมื่อแห้งมีสีอ่อน เนื้อกาวอัดมีความเข้มข้นสูงเหมาะสำหรับใช้กับงานพิมพ์คุณภาพสูงในอุตสาหกรรมหรืองานพิมพ์ที่ต้องการให้หมึกลงหนาเป็นพิเศษ ให้ความคมชัดได้ดี เนื้อกาวทนทานต่อหมึกพิมพ์ มีราคาแพง

การเก็บรักษา ควรเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นหรือที่มีอุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-60% และไว้ในห้องมืดจะเก็บได้นาน 4-6 สัปดาห์ สำหรับบล็อกสกรีนที่เคลือบกาวอัด แล้วยังไม่ได้ถ่ายด้วยไฟ สามารถเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่ำ

## 2. กาวอัดแบบคูอัลเคียว (Dual cure emulsion)

กาวอัดแบบคูอัลเคียวเป็นกาวอัดที่มีการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง ซึ่งแตกต่างจากกาวอัดแบบอื่นๆ ซึ่งจะทำปฏิกิริยาเพียงครั้งเดียว ภายในเนื้อกาวอัดจะมีส่วนผสมของน้ำยาไวแสงอยู่จำนวนหนึ่ง โดยทั่วไปจะเรียกกาวอัดชนิดนี้ว่า โฟโต้พอลิเมอร์ (Photopolymer) กาวอัดแบบนี้มีสมบัติต่างจากกาวอัดแบบดั้งเดิมที่ใช้น้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซที่กล่าวมาแล้ว คือในเนื้อกาวอัดเองจะทำปฏิกิริยาแข็งตัวแต่ยังไม่สมบูรณ์พอที่จะเปลี่ยนสถานะของกาวอัดให้เป็นของแข็งได้ จนกว่าจะเติมน้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซอีกจำนวนตามที่คุณผลิตจัดเตรียมไว้เข้าไป น้ำยาไวแสงไดอาโซนี้จะไปเร่งปฏิกิริยาให้มากขึ้นเมื่อได้รับแสงจากแสงไฟในช่วงคลื่น 410 นาโนเมตร กาวอัดแบบคูอัลเคียวนี้มีสมบัติที่สามารถทนทานต่อหมึกพิมพ์ฐานน้ำมันและหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ทั้งยังมีสมบัติเก็บรายละเอียด

(Resolution) และความคมชัด (Definition) ของลวดลายได้ดีกว่าการอัดแบบดั้งเดิม รวมทั้งใช้เวลาในการถ่ายไฟน้อยกว่า การเก็บรักษาการอัดที่ยังไม่ได้ผสมน้ำยาไวแสงจากผู้ผลิตจะมีอายุเก็บรักษาได้ 1 ปีขึ้นไป แต่ถ้าผสมน้ำยาไวแสงแล้วและเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จะเก็บได้ประมาณ 3-4 สัปดาห์ สำหรับบล็อกสกรีนที่ปาดการอัดแล้วเก็บอยู่ในที่มีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นานประมาณ 2 เดือน

### 3. การอัดแบบสำเร็จรูป (One component emulsions)

การอัดแบบสำเร็จรูปเป็นเนื้อการอัดที่มีน้ำยาไวแสงผสมอยู่เรียบร้อยแล้วจากผู้ผลิต เนื้อการอัดกับน้ำยาไวแสงจะทำปฏิกิริยากันเอง แต่ยังไม่เปลี่ยนสถานะจนกว่าจะได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ช่วงคลื่น 365 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงที่การอัดได้รับแล้วจะทำปฏิกิริยากับสารไวแสงโดยสมบูรณ์และเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งยึดกับผ้าสกรีน ในการใช้งานสามารถเปิดใช้งานได้ทันทีในห้องที่มีแสงสีแดงหรือสีเหลือง (Safe light) บล็อกสกรีนที่ยังไม่ได้ผ่านการถ่ายไฟสามารถเก็บในสถานที่ที่อุณหภูมิต่ำ ความชื้นต่ำ และในที่มืดได้ 1 วัน ส่วนการอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงเก็บได้ประมาณ 6 เดือน สำหรับอายุการใช้งานของการอัดนั้นสามารถเก็บรักษาได้นาน 1-2 ปี

#### ส่วนประกอบของการอัด มีดังนี้

1. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol))
2. พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate))
3. สารเคมีที่ใช้เติมแต่งเพื่อเพิ่มสมบัติ

การอัดผลิตจากการนำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์หรือพอลิไวนิลอะซิเตตตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองตัวมาผสมโดยผ่านกรรมวิธีปั่นบด และเติมสารเคมีชนิดอื่นๆ เพื่อให้มีสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่น สีของการอัด ความหนืด เปอร์เซ็นต์ของเนื้อการอัด (Solid content) เป็นต้น

#### สมบัติของการอัด

สมบัติของการอัดเมื่อนำส่วนประกอบต่างๆ มาผสมกันแล้วเติมสารเคมีลงไป ทำให้มีสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. สี (Color) สีไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงสมบัติใดๆ เพียงแต่เป็นสารเติมแต่ง เพื่อให้สามารถแยกชนิดให้รู้ว่าเป็นการอัดประเภทใดของผู้ผลิต และสีของการอัดจะให้ความทึบหรือโปร่งแสงเพื่อสะดวกต่อการพิมพ์

2. ความหนืด (Viscosity) มีความสำคัญในขั้นตอนการปาดการอัด การอัดที่มีความหนืดสูง ผู้ปาดต้องใช้แรงในการปาดมากกว่าการอัดที่มีความหนืดต่ำ

3. เนื้อการอัด (Solid content) หมายถึง ปริมาณของสารเรซินและสารอื่นๆ ที่เป็นของแข็ง โดยสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อมวลทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ที่ไม่ได้ระบุไว้จะเป็นของเหลว เช่น

การอัดมีเนื้อการอัด 48% หมายถึงมีปริมาณของแข็งอยู่ร้อยละ 48 ส่วนที่เหลือร้อยละ 52 เป็นของเหลว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความสามารถในการเก็บรายละเอียด (Resolution) หมายถึง เม็ดสกรีนและลายเส้นที่ปรากฏบนฟิล์มแม่แบบ (Dispositive film) ที่เล็กที่สุดที่ก้าวอัดแต่ละชนิดสามารถเคลือบบนแม่พิมพ์สกรีนได้และสามารถนำไปพิมพ์ให้เกิดเป็นภาพได้ ก้าวอัดแต่ละประเภทจะมีสมบัติในด้านนี้แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการเก็บรายละเอียดและขนาดให้เท่ากับแม่แบบต่างกัน

5. ความคมชัด (Definition) หมายถึง ความสามารถในการทำแม่พิมพ์สกรีนที่มีเม็ดสกรีนหรือลายเส้นให้มีขนาดเท่ากับแม่แบบ และเมื่อนำแม่พิมพ์สกรีนนั้นไปพิมพ์ ลวดลายที่พิมพ์ได้จะมีขนาดเท่ากับแม่แบบเช่นกัน ส่วนที่ขาดหรือเกินจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้อยจะหมายถึง ความคมชัดที่ดีซึ่งจะปรากฏให้เห็นจากขอบของลวดลายที่พิมพ์

6. ความทนทานที่มีต่อหมึกฐานน้ำมัน (Solvent resistant) หมายถึง ความทนทานต่อหมึกพิมพ์ที่มีส่วนประกอบของน้ำมันเพื่อไม่ให้ก้าวอัดละลายหรือหลุดลอกเมื่อสัมผัสกับน้ำมัน

7. ความทนทานต่อหมึกฐานน้ำ (Water resistant) หมายถึง ความทนทานต่อหมึกพิมพ์ที่มีส่วนประกอบของน้ำเป็นส่วนผสม

8. ความทนทานต่อแรงกระแทกและแรงเสียดสี (Mechanical resistant) หมายถึง ความทนทานต่อแรงกระแทกของเครื่องพิมพ์ และทนการเสียดสีจากยางปาดในการพิมพ์

9. การถ่ายไฟเพิ่มเติม (Post-exposure) หมายถึง การถ่ายไฟซ้ำหลังจากถ่ายไฟและล้างลายได้ตามแบบแล้วอบให้แห้งและนำมาถ่ายไฟซ้ำหรือนำไปตากแดด เพื่อให้ก้าวอัดแข็งตัวมากขึ้น ทนทานต่อการพิมพ์งานจำนวนมาก และสามารถล้างก้าวอัดออกง่าย

10. การล้าง (Removal หรือ Ease of decoating) หมายถึง การล้างลายที่เกิดจากก้าวอัดออกจากผ้าสกรีนให้เป็นผ้าสกรีนสีขาวหรือสีเหลืองเช่นเดิมด้วยน้ำยาล้างก้าวอัดหรือคลอรีน

11. การใช้ฮาร์ดเดนเนอร์ (Chemical hardening) แม่พิมพ์สกรีนที่ต้องการความทนทานต่อหมึกพิมพ์มากกว่าปกติ เช่น แม่พิมพ์สกรีนที่ใช้กับหมึกพิมพ์ฐานน้ำ สามารถหาฮาร์ดเดนเนอร์ลงบนก้าวอัดที่ถ่ายไฟแล้ว โดยปฏิบัติตามคำแนะนำในการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เมื่อหาฮาร์ดเดนเนอร์แล้วก้าวอัดจะแข็งตัวมีความทนต่อการพิมพ์ได้มากขึ้น

### 2.1.3.2 น้ำยาไวแสง

ปัจจุบันน้ำยาไวแสงที่มีจำหน่ายอยู่คู่กับก้าวอัดมีหลายประเภท ดังนี้

#### 1. น้ำยาไวแสงประเภทไดโครเมต (Dichromate)

น้ำยาไวแสงประเภทนี้มีส่วนประกอบของธาตุโลหะหนัก (Heavy metal) ผสมอยู่คือ โครเมียม (Chromium) ซึ่งเป็นสารพิษต่อร่างกาย ในต่างประเทศโดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศแถบยุโรป ประเทศญี่ปุ่น ได้มีคำสั่งห้ามใช้น้ำยาไวแสงประเภทนี้อย่างเด็ดขาด เพราะนอกจากจะเป็นพิษต่อร่างกายแล้ว ยังสร้างมลภาวะทำให้น้ำเป็นพิษอีกด้วย ส่วนในประเทศไทยยังคง

เอกสารนี้เป็นน้ำยาไวแสงประเภทนี้กันอยู่พอสมควร เนื่องจากมีราคาถูก และสามารถรับคลื่นแสงที่ใช้เวลาในการทำการถ่ายไฟไม่นานมากนัก งานพิมพ์สกรีนที่ได้จะมีคุณภาพดีพอสมควร

## 2. น้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซ (Diazo)

น้ำยาไวแสงประเภทนี้มีลักษณะเป็นผงสีเขียวแก่ มีคุณภาพดีกว่าน้ำยาไวแสงประเภทไดโครเมต นอกจากนี้ยังเป็นสารที่มีความปลอดภัย ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable) จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในต่างประเทศ น้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซนี้มี 2 ชนิด ตามลักษณะการใช้งาน คือ ชนิดที่ต้องละลายน้ำก่อนที่จะผสมกาวอัดและชนิดที่ไม่ต้องละลายน้ำ หรือเรียกว่า ไดแอต โดยสามารถผสมลงไปในการกาวอัดได้เลยจึงจะสะดวกในการนำมาใช้งาน กาวอัดที่ใช้ น้ำยาไวแสงประเภทนี้จะมีเนื้อกาวอัด (Solid content) สูงหลังจากผสมน้ำยาไวแสงแล้ว เนื่องจาก กาวอัดไม่มีส่วนผสมของน้ำที่ใช้ละลายน้ำยาไวแสง การเก็บรักษาน้ำยาไวแสงทั้งสองชนิดนี้ ควรเก็บไว้ในสถานที่ปราศจากความร้อน ควรเป็นที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 20-25 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่านี้ ความชื้นสัมพัทธ์ 50-60% และเก็บไว้ในที่มืดจะสามารถเก็บได้ประมาณ 1 ปี เมื่อน้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซหมดอายุ สารจะเปลี่ยนสีเป็นสีดำ

## 3. น้ำยาไวแสงประเภทเอสบีคิว (SBQ)

น้ำยาไวแสงประเภทนี้เป็นจำพวก Styrlythyridinium หรือ SBQ ผู้ผลิตกาวอัดจะผสมน้ำยาไวแสงชนิดนี้ลงในกาวอัดเลย ค้นพบโดยชาวญี่ปุ่น เมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว มีราคาแพง แต่ปัจจุบันมีผู้นิยมใช้กันมากขึ้นจึงทำให้สามารถปรับราคาลดลง น้ำยาไวแสงชนิดนี้สามารถปรับสารไวแสงได้ดีที่สุดในช่วงคลื่น 365 นาโนเมตร ซึ่งรับแสงได้เร็วกว่าน้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซถึง 5 เท่า การเก็บรักษาเหมือนประเภทไดอาโซโดยมีอายุการใช้งานประมาณ 2 ปี

### 2.1.3.3 फिल्मทำแม่พิมพ์สกรีน

นอกเหนือจากการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยกาวอัดแล้ว การใช้ฟิล์มก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนได้ ฟิล์มดังกล่าวเป็นฟิล์มที่ผลิตขึ้นเพื่อทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีน โดยเฉพาะการทำแม่พิมพ์ด้วยฟิล์มนี้ สะดวก รวดเร็วและสามารถควบคุมความหนาของกาวอัดได้ ลวดลายมีความคมชัด ฟิล์มที่ใช้ทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนมี 2 ชนิด คือ

#### 1. फिल्मทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยการตัด (Hand cut film)

ฟิล์มชนิดนี้ผลิตขึ้นมาสำหรับทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนแบบเรียบง่าย โดยใช้การตัดหรือการกรีดเป็นลายที่ต้องการและลอกเนื้อฟิล์มในส่วนของลายที่ต้องการพิมพ์ออก แล้วติดบนบล็อกสกรีนด้วยน้ำหรือทินเนอร์ นำไปพิมพ์งานได้ทันที จึงมีความสะดวก รวดเร็วและไม่ยุ่งยากในขั้นตอนการถ่ายไฟ ฟิล์มชนิดนี้ประกอบด้วยสารเจลาตินเคลือบบนแผ่นฟิล์มพอลิเอสเตอร์เป็นแผ่นรองรับ ซึ่งมีความหนาแตกต่างกันไป สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

##### 1.1 फिल्मตัดที่ยึดติดด้วยน้ำ ฟิล์มชนิดนี้มีเนื้อฟิล์มสีส้มอ่อน โปร่งแสงมาก

เพื่อสะดวกในการประกบเวลาตัดหรือกรีดฟิล์ม ใช้เป็นสารยึดติดกับผ้าซิลค์สกรีนจึงเหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรนำออกจำหน่าย

##### 1.2 फिल्मตัดที่ยึดติดด้วยน้ำมัน ฟิล์มชนิดนี้มีเนื้อฟิล์มสีเขียวย่อมน โปร่งแสง

มาก เพื่อสะดวกในการประกบลายขณะตัดหรือกรีดฟิล์ม ใช้ทินเนอร์ที่มีคุณภาพดีเป็นสารที่ใช้ในการ

ติดกับผ้าซิลค์สกรีน เหมาะสำหรับงานพิมพ์ฐานน้ำ เช่น หมึกพิมพ์ผ้า และเนื่องจากฟิล์มชนิดนี้มี สีเขียวจึงมักเรียกว่า ฟิล์มเขียว

## 2. ฟิล์มทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยไฟถ่าย

ในการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยไฟถ่ายที่ต้องการความละเอียดสูง ต้องใช้แผ่นฟิล์ม แทนการปาดกาวอัด ฟิล์มที่ใช้แทนกาวอัดในการทำแม่พิมพ์ด้วยไฟถ่าย มี 2 ชนิด คือ

2.1 ฟิล์มทำแม่พิมพ์แบบไฟถ่ายก่อนตัด (Indirect film) ฟิล์มชนิดนี้ผลิต จากสารเจลาตินใสสีหรือกาวอัดผสมกับสารไวแสง นำมาเคลือบลงบนแผ่นพลาสติกพอลิเอสเตอร์เป็น ฟิล์มที่มีความไวแสง การใช้งานทำได้โดยติดฟิล์มที่ผ่านการถ่ายไฟ ใช้น้ำยาล้างฟิล์ม (Hydrogen peroxide) และล้างสายผ้าซิลค์สกรีนเรียบร้อย เหมาะสำหรับงานที่ต้องการเก็บรายละเอียดมาก และ ไม่ทำให้เกิดฟองปลาถึงแม้จะใช้กับผ้าซิลค์สกรีนเบอร์หยาบ อย่างไรก็ตาม ควรใช้กับผ้าซิลค์สกรีนเบอร์ 77 หรือสูงกว่า ส่วนสีของผ้าซิลค์สกรีนใช้เป็นสีขาวได้ เนื่องจากไม่มีผลกระทบในการถ่ายไฟและให้ ความเรียบของกาวที่อยู่บนบล็อกสกรีนอย่างสม่ำเสมอ หมึกที่ใช้ในการพิมพ์ไม่เหมาะกับหมึกพิมพ์ ฐานน้ำ ฟิล์มชนิดนี้ต้องเก็บรักษาเป็นอย่างดี เพราะมีความไวต่อแสง ควรเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นไม่สูงนัก ฟิล์มประเภทนี้มีจำหน่ายในชื่อต่างๆ กัน เช่น บริษัท Ulano มีชื่อว่า Red Ti

2.2 ฟิล์มทำแม่พิมพ์แบบผสม (Indirect direct film) การทำแม่พิมพ์ แบบผสม หมายถึง การนำแผ่นฟิล์มที่เคลือบกาวอัดที่ยังไม่ผสมสารไวแสงมาติดกับผ้าซิลค์สกรีน โดย ใช้กาวอัดและฟิล์มอินไดเร็กต์รวมกัน ข้อดีของการใช้ฟิล์มชนิดนี้ คือ ฟิล์มให้ความคมชัด ส่วนกาวอัดให้ ความทนทาน โดยทั่วไปจะใช้ผ้าซิลค์สกรีนเบอร์ 90 หรือต่ำกว่า เพื่อให้หมึกพิมพ์ลงบนพื้นงานมากขึ้น แต่ยังคงให้ความคมชัดของลาย

ฟิล์มที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน มีทั้งที่เป็นสีม่วงและสีแดง ซึ่งผู้ซื้อจะเรียกตาม สีของเนื้อฟิล์มว่าฟิล์มม่วงและฟิล์มแดง บริษัทยูลาโนให้ชื่อสินค้าว่า ฟิล์ม 20P ซึ่งมีความหนา 20 ไมครอน และ 30P มีความหนา 30 ไมครอน งานที่นิยมใช้ เช่น งานพิมพ์นามบัตร หัวจดหมาย หรือ งานที่ต้องการความคมชัด

### 2.1.3.4 น้ำยาเคลือบบล็อกสกรีน

น้ำยาเคลือบบล็อกสกรีนเป็นเคมีภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการเคลือบแม่พิมพ์ ซิลค์สกรีนที่มีลวดลายพร้อมพิมพ์ เมื่อเคลือบแล้วสามารถทนต่อหมึกฐานน้ำและน้ำมัน ความทนทาน นี้จะทนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้กาวอัดให้ถูกกับชนิดของหมึกพิมพ์ด้วย อีกทั้งยังสามารถเพิ่มความทนทานต่อการเสียดสีของเครื่องพิมพ์

### 2.1.3.5 หมึกพิมพ์ (Based ink) [6]

หมึกพิมพ์เป็นส่วนสำคัญที่สุดในการพิมพ์ทุกระบบ สำหรับหมึกพิมพ์สกรีนนั้น จะมี ความเข้มข้นและความละเอียดสูงเป็นพิเศษ และมีอยู่หลายชนิดเพื่อให้เหมาะสมกับการพิมพ์บนวัสดุ ต่างๆ เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า โลหะ พลาสติก กระจก หรือแผ่นวงจรไฟฟ้า ดังนั้นผู้พิมพ์ต้องเลือกใช้ หมึกพิมพ์ให้ถูกต้อง และเหมาะสมกับชนิดหรือประเภทของวัสดุชิ้นงาน

ปัจจุบันหมึกพิมพ์สกรีนมีให้เลือกใช้หลายประเภท อาจจำแนกได้ตามชนิดและสมบัติได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. หมึกพิมพ์เชื่อน้ำ (Water-based ink)
2. หมึกพิมพ์เชื่อน้ำมัน (Solvent-based ink)
3. หมึกพิมพ์พลาสติกซอล (Plastisol-based ink)
4. หมึกพิมพ์เชื่อยูวี (UV-based ink)

โดยหมึกพิมพ์สกรีน 3 ประเภทแรก มีองค์ประกอบหลัก 4 อย่าง คือ สารให้สี ตัวทำละลายเรซินและสารเติมแต่ง สำหรับหมึกพิมพ์สกรีนยูวีประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 5 อย่าง คือ สารให้สี มอนอเมอร์ พรีพอลิเมอร์ สารเติมแต่ง และสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง

**1. หมึกพิมพ์เชื่อน้ำ (Water-based ink)** เป็นหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายให้หมึกอยู่ในสถานะของเหลว หมึกพิมพ์สกรีนเชื่อน้ำ มีสมบัติของเนื้อสี และเฉดสีที่แตกต่างกันออกไป เนื้อสีแห้งได้โดยการระเหยของน้ำ หากเนื้อสีมีความเข้มข้นมากเกินไป ให้ผสมด้วยน้ำยาผสมสี (Softy) เนื้อสีไม่มึนเหนียว หมึกพิมพ์เชื่อน้ำเหมาะสำหรับการพิมพ์บนวัสดุบางประเภทเท่านั้น เช่น กระดาษ ผ้า และพลาสติกประเภทพอลิไวนิลคลอไรด์ โดยสามารถล้างออกได้ด้วยน้ำสะอาด การใช้งานหมึกพิมพ์เชื่อน้ำแบ่งตามประเภทสีที่ใช้ ดังนี้

- สีธรรมชาติ (สีจม) ใช้สำหรับพิมพ์ผ้าสีขาวหรือสีอ่อนและพิมพ์บนกระดาษบางชนิด เนื้อหมึกพิมพ์จะจมลงในเนื้อผ้า ทำให้นุ่มนวลต่อการสัมผัสและทนทานต่อการซักล้าง

- สีลอย ใช้สำหรับพิมพ์ผ้าสีดำหรือผ้าสีเข้ม ซึ่งมีเส้นฝ้ายผสม เมื่อสีแห้งจะลอยเด่น มีความสดของสี

- สียาง ใช้สำหรับการพิมพ์ผ้าสีอ่อนและสีเข้ม เมื่อสีแห้งจะมีลักษณะเป็นยา มันเงา และยึดได้ เนื้อสีมีความเข้มข้นชนิดทึบแสงและโปร่งแสง

- สีสะท้อนแสง ใช้สำหรับการพิมพ์สีอ่อนและสีเข้มที่เนื้อมีความพิเศษ คือ มีความสดและสีสว่างกว่าชนิดอ่อน

- สีนูน ใช้สำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้าย (Cotton) ทุกสี เมื่อหมึกพิมพ์แห้ง นำไปผ่านความร้อนจะทำให้ฟูขึ้นมา

**2. หมึกพิมพ์เชื่อน้ำมัน (Solvent-based ink)** เป็นหมึกพิมพ์ที่ต้องอาศัยน้ำมันเป็นตัวทำละลายและใช้น้ำมันล้างสีเฉพาะตามสมบัติที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประเภทของหมึกพิมพ์ เนื้อสีแห้งได้โดยอุณหภูมิปกติจากการระเหยของน้ำมันผสม เนื้อสีมีกลิ่นเหม็นจากน้ำมันที่ใช้เป็นตัวทำละลายและน้ำมันใช้ล้าง โดยแยกประเภทได้ดังนี้

- หมึกพิมพ์ดรูไลท์ (Drulite ink) เป็นหมึกพิมพ์แห้งช้า ต้องผสมกับน้ำมันเฉพาะหรือน้ำมันสนในการล้างทำความสะอาด ใช้สำหรับงานพิมพ์โลหะ ไม้ กระดาษ กระดาษ และพลาสติกบางประเภท เหมาะที่สุดกับงานพิมพ์ที่ต้องการให้หมึกพิมพ์นูน เช่น นามบัตร การ์ด

- หมึกพิมพ์พีวีซี (PVC ink) เป็นหมึกพิมพ์ที่แห้งเร็ว ต้องใช้น้ำมันผสมเพื่อให้แห้งช้า มีน้ำมันสำหรับล้างโดยเฉพาะ เนื้อสีหมึกพิมพ์มีทั้งโปร่งแสงและทึบแสง เหมาะสำหรับการพิมพ์บนกระดาษพลาสติกเนื้ออะคริลิก สติกเกอร์ และฉลากผลิตภัณฑ์บนขวดพลาสติก

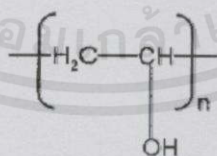
3. หมึกพิมพ์พลาสติกซอล (Plastisol-based ink) เป็นหมึกพิมพ์ประเภทพอลิเมอร์ที่มีสารพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) เป็นองค์ประกอบหลัก หมึกพิมพ์แบบธรรมชาติและสีลอยเหมาะสำหรับการพิมพ์ลงบนผ้าทุกประเภท และผ้าสังเคราะห์พิเศษ เนื้อหมึกไม่สามารถแห้งเองได้ โดยอุณหภูมิปกติสามารถทำให้แห้งได้โดยการใช้คลื่นแสงจากหลอดยูวีที่ให้พลังงานความร้อน 130-180 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเหมาะกับงานพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูงและรายละเอียดมากๆ มีทั้งแบบ 1 สี, หลากสี และการพิมพ์ชุดสอดสี (Process color) เนื้อสีสามารถล้างออกได้โดยน้ำมัน จากสมบัติพิเศษของสีทำให้ต้องมีอุปกรณ์อื่นเสริมในการทำงาน เนื้อสีมีราคาแพง เป็นที่นิยมใช้กับงานพิมพ์ระบบอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพของชิ้นงานสูง

สีพลาสติกซอล เป็นสีที่ใช้พิมพ์งานที่มีความละเอียดคมชัดสูง แต่สีพลาสติกซอลมีข้อจำกัดมากมายหลายด้าน เนื่องจากใช้พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) เป็นส่วนผสมของเนื้อสีจึงต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันของอนุภาค PVC ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และเมื่อได้รับความร้อนสูงจะทำให้เกิดการเสียดสภาพทางความร้อนเกิดก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen chloride) ขึ้น ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

4. หมึกพิมพ์เชื้อยูวี (UV-based ink) เป็นหมึกพิมพ์ที่ต้องได้รับแสงยูวี โดยการใช้เครื่องอบฉายลงบนชั้นฟิล์มของหมึกหลังจากที่พิมพ์ลงบนวัสดุเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ใช้สำหรับงานพิมพ์ที่มีอุณหภูมิสูงในระบบอุตสาหกรรม

## 2.2 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol)) [7]

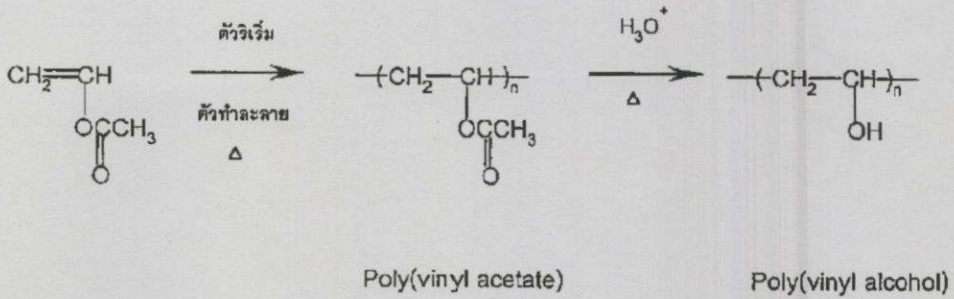
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีสูตรโครงสร้าง คือ



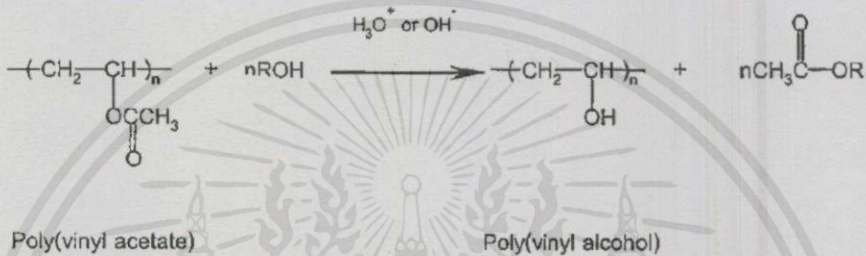
PVA

รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

พอลิเมอร์นี้ไม่สามารถเตรียมได้โดยตรงจากมอนอเมอร์ไวนิลแอลกอฮอล์ (Vinyl alcohol) เพราะเป็นสารที่ไม่เสถียร จึงต้องเตรียมโดยวิธีทางอ้อม คือ จากพอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate)) โดยปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส หลังจากการเตรียมพอลิไวนิลอะซิเตตจากไวนิลอะซิเตต (Vinyl acetate) ดังปฏิกิริยา



รูปที่ 2.5 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส



รูปที่ 2.6 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ลิซิส

### 2.2.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความหนาแน่น 1.298 g/cm<sup>3</sup> อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature; T<sub>g</sub>) 80°C มีสมบัติคล้ายแป้ง คือ เกิดสีน้ำเงินกับไอโอดีน ละลายได้ในน้ำและต่างอ่อน มีความเป็นผลึกมากพอสมควร น้ำหนักโมเลกุล (M<sub>n</sub>) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีอยู่ 4 ช่วง คือ 250,000-300,000 ; 170,000-220,000 ; 120,000-150,000 และ 25,000-35,000 ตามลำดับ สมบัติทางกายภาพขึ้นอยู่กับดีกรีของพอลิเมอไรเซชัน (Degree of polymerization) และการไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากความชื้นในสิ่งแวดล้อม เพราะน้ำเป็นพลาสติกไฮเซอร์ที่มีผลต่อความทนแรงดึงและความทนแรงฉีกขาด เกี่ยวกับสมบัติการละลายน้ำ พบว่าการละลายน้ำจะสูงสุดเมื่อมีดีกรีของการเปลี่ยนหมู่เป็นหมู่ไฮดรอกซิล 88 % ทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์ได้หลายชนิด

### 2.2.2 การใช้งานพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

การนำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปใช้ประโยชน์อาจแยกเป็น 2 ลักษณะ โดยที่ลักษณะแรก เนื่องจากพอลิเมอร์นี้ละลายน้ำได้และทนต่อแรงดึงสูง จึงใช้ทำฟิล์มบรรจุของที่ละลายน้ำได้ เช่น สีย้อมผ้า ยาฆ่าแมลง ทำน้ำยาถอดแบบ กาว เป็นต้น ส่วนอีกลักษณะคือ สมบัติที่เปลี่ยนจากละลายน้ำได้เป็นไม่ละลายน้ำเมื่อผ่านปฏิกิริยาเคมีแล้วจึงนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเส้นใย พองน้ำ การกักเก็บน้ำ การเคลือบผิว และอื่น ๆ อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

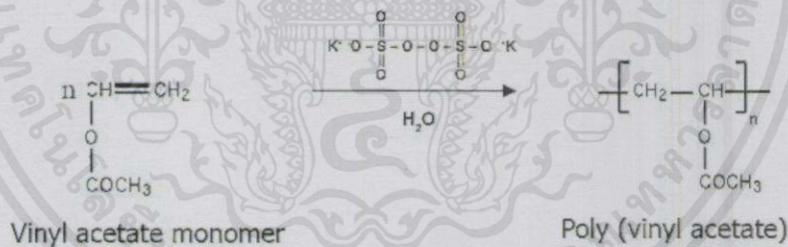
ตารางที่ 2.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ชื่ออื่นๆ	Polyviol, Vinol, Alvyol, Alkotex, Covol, Gelvatol, Lemol, Mowiol
ลักษณะภายนอก	เม็ดสีขาวจนถึงครีม
ความหนาแน่น	1.19-1.31 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
อุณหภูมิหลอมเหลว	230 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	228 องศาเซลเซียส
จุดวาบไฟ	79.44 องศาเซลเซียส

### 2.3 พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate)) [8-10]

พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate)) หรือพอลิเอทิลเอทานอยด์ (Poly(ethyl ethanoate)) เป็นพอลิเมอร์ที่มีแขนงหนาแน่นมากกว่าชนิดอื่น มีลักษณะโมเลกุลแบบอะแทกติก (Atactic) ไม่มีความเป็นผลึก จึงมีลักษณะอ่อนนุ่มมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น จึงทำให้มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด มีสีขาวขุ่น เมื่อแห้งจะใสมาก เนื่องจากความอ่อนนุ่มจนมีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด จึงไม่สามารถหล่อขึ้นรูปด้วยวิธีแม่พิมพ์ใดๆได้

การใช้งาน เรซินชนิดนี้ใช้ทำกาวในรูปอิมัลชัน สำหรับติดไม้ กระดาษ ผ้า และหนังเทียม มักเรียกกาวชนิดนี้ว่า กาวลาเท็กซ์ ใช้เป็นสารเหนียวในหมากฝรั่ง ทำสี และเคลือบหลอดไฟสำหรับถ่ายรูปรูปสมัยก่อน



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลอะซิเตต

ตารางที่ 2.2 สมบัติของพอลิไวนิลอะซิเตต

ชื่ออื่นๆ	Poly (1-acetyloxiethene), Gelva, Vinylite, Evaflex, Rhodopas,
ลักษณะภายนอก	ของเหลวข้นหนืด สีขาวขุ่น
ความหนาแน่น	1.19 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
ปริมาณของแข็ง	22-25%
จุดเยือกแข็ง	0 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	100 องศาเซลเซียส
จุดวาบไฟ	ไม่ระบุ

## 2.4 น้ำมัน (Oil) [11-12]

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวมานานแล้ว แต่ในปัจจุบันการนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดผิวมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีการใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมของวาร์นิชหรือสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์มทำให้ไม่เปราะหรือเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย

น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ คือ น้ำมันพืช และน้ำมันจากทะเลซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันปลา

### 2.4.1 องค์ประกอบของน้ำมัน

น้ำมันเป็นสารไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) กล่าวคือเป็นไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอล (Glycerol) กับกรดไขมัน (Fatty acid)



ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นถ้าหากไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) น้ำมัน จะได้กลีเซอรอล (Glycerol) และกรดไขมัน (Fatty acid)

ไขมัน (Fat) จัดเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เหมือนกัน แต่ไขมันต่างจากน้ำมันตรงที่ว่าที่อุณหภูมิห้อง ไขมันมีสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมันมีสถานะเป็นของเหลว

### 2.4.2 กรดไขมัน

สมบัติของน้ำมันทั้งหลายขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้าง โดยกรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน

กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่ออยู่กับสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม

กรดไขมัน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) คือกรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ (Double bond) ในโครงสร้าง คาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่ออยู่กับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ ดังนั้นน้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้างจะมีสมบัติไม่แห้งตัว ตัวอย่างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดสเตียริก (Stearic acid) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว แสดงดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว [13-15]

Common name	Systematic Name	Structure	Melting Point (°C)
Lauric acid	Dodecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44.2
Myristic acid	Tetradecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	52.0
Palmitic acid	Hexadecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63.1
Stearic acid	Octadecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69.6
Arachidic acid	Eicosanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	75.4
Behenic acid	Docosanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	81.0
Lignoceric acid	Tetracosanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	84.2

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันไป พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมัน มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำมัน ยังมีพันธะคู่มากเท่าไรการแข็งตัวก็จะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน ถ้ามีพันธะคู่สลับเดี่ยว (Conjugate) จะเกิดปฏิกิริยาและแข็งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่สลับห่าง (Non-conjugate) โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว [13-15]

Common Name	Systematic Name	Structure	Melting Point (°C)
Palmitoleic acid	9-Hexadecenoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-0.5
Oleic acid	9-Octadecenoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	13.4
Linoleic acid	9,12-Octadecadienoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-9.0
$\alpha$ -Linolenic acid	9,12,15-Octadecatrienoic acid	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-17.0
$\gamma$ -Linolenic acid	6,9,12,-Octadecatrienoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	-11.0
Arachidonic acid	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	-49.5
Eleostearic acid	5,8,11,14,17-Eicosapentanoic acid	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_5(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	-54.0
Nervonic acid	15-Tetracosenoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$	39.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3 ชนิดของน้ำมัน

การแบ่งชนิดของน้ำมันอาจแบ่งตามสมบัติในการแห้งตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันนั้นๆ โดยแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. น้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil) แห้งตัวได้เร็วที่สุด คือ สามารถดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง ไม่ละลายในตัวทำละลายที่สามารถละลายน้ำมันได้ ไม่ยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้ และมีความทนทานต่อสารเคมี น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ 3 พันธะ ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทัง เป็นต้น

2. น้ำมันแห้งช้า (Semi-drying oil) จะดูดออกซิเจนจากอากาศได้น้อย และเกิดเป็นฟิล์มที่แห้งช้ากว่าน้ำมันแห้งเร็ว กรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่จะมีพันธะคู่อยู่ 2 พันธะ น้ำมันชนิดนี้นำมาใช้เป็นสารประกอบในอัลคิเดรอินที่ไม่ขึ้นเหลือง (Non-yellowing alkyl) ตัวอย่างของน้ำมันแห้งช้า ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง (Soy bean oil) น้ำมันคำฝอย เป็นต้น

3. น้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil) ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติกไฮเซอรส์สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดในแลกเกอร์ ตัวอย่างของน้ำมันไม่แห้ง ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

### 2.4.4 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oil)

ก่อนที่จะนำน้ำมันมาใช้งานควรต้องตรวจสอบคุณภาพก่อน โดยทำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐาน B.S (British Standard) มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Material) มาตรฐาน AOCS (American oil Chemist Society) เป็นต้น สำหรับประเทศไทยมีมาตรฐาน มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) นำมาใช้ในการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ

1. ค่าความเป็นกรด (Acid value) นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในน้ำมัน 1 กรัม

ค่าความเป็นกรดเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีในน้ำมัน มีวิธีการหาดังนี้ ซึ่งน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในตัวกลางที่เป็นกลาง แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N KOH) ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{56.1 \times \text{ความเข้มข้นของ KOH} \times \text{มิลลิลิตรของ KOH ที่ใช้}}{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมันที่ใช้}}$$

\*สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1639 [16]

2. ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification value) นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการสะพอนิฟิเคชันเอสเทอร์ และสารอื่นๆ ที่สามารถเกิดสะพอนิฟิเคชันได้ในน้ำมันหนัก 1 กรัม

การหาค่าสะพอนิฟิเคชันทำได้โดยชั่งน้ำมัน เติมสารละลายแอลกอฮอล์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Alcohol KOH) จากนั้นนำไปกลั่นไหลกลับ (Reflux) จนปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.5 N (0.5N HCl) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบบล่งค์ (Blank titration) ด้วย คำนวณหาค่าสะพอนิฟิเคชันโดยใช้สูตร

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

S

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบบล่งค์

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

\*สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1962 [17]

**3. สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (Unsaponifiable matter)** สารเหล่านี้เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมันแต่จะไม่เกิดสบู่ เมื่อให้ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารเหล่านี้จะละลายในตัวทำละลายน้ำมัน เช่น ปีโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น

การหาค่าสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ ทำได้โดยหลังจากนำน้ำมันไปทำสะพอนิฟิเคชัน แล้วนำส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน ก็สามารถแบ่งเปอร์เซ็นต์ของสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ ซึ่งอยู่ในน้ำมันได้

**4. ค่าไฮดรอกซิล (Hydroxyl value)** เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในน้ำมัน นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมมูล (Equivalent) กับปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีในน้ำมันหนัก 1 กรัม

น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ยกเว้นน้ำมันสะหุงจะพบหมู่ไฮดรอกซิลในส่วนของกรดไขมันที่อยู่ในโครงสร้างของน้ำมัน คือ กรดริซิโนลีนิก ถึง 90%

การหาค่าไฮดรอกซิลทำได้โดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของแอซิดิกแอนไฮไดรด์ไพริดีน (Pyridine solution of acetic anhydride) จากปฏิกิริยาแอซิดิกแอนไฮไดรด์ที่มากเกินไป จะถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็นกรดแอซิดิก ซึ่งสามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอัลกอฮอล์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

\*สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1957 [18]

**5. ค่าไอโอดีน (Iodine value)** เป็นการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน นิยามไว้ว่า

เป็นจำนวนมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดโดยน้ำมัน 1 กรัม เช่น น้ำมันชนิดหนึ่งมีค่าไอโอดีนเท่ากับ 140 หมายความว่า น้ำมัน 100 กรัม จะทำปฏิกิริยาพอดีกับไอโอดีน 140 กรัม

การหาค่าไอโอดีนทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ฮาโลเจนอิสระที่รู้ปริมาณแน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ จะเกิดไอโอดีนออกมา นำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N ( $0.1 \text{ N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) ใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบบวงค์โดยใช้สูตร

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

S

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบบวงค์

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

\*สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1959 [19]

#### 2.4.5 น้ำมันลินสีด (Linseed oil) [20-21]

น้ำมันลินสีดได้จากเมล็ดแฟลกซ์ (Flax) ต้นแฟลกซ์เป็นพืชในเขตอบอุ่น ปลูกได้ทั้งในอินเดีย ออสเตรเลีย อูรุกวัย แคนาดา และรัสเซีย สำหรับประเทศไทยได้เริ่มนำเข้ามาปลูกตั้งแต่ พ.ศ. 2552 ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และได้ขยายพื้นที่การปลูกออกไปอีกหลายแห่ง ต้นแฟลกซ์สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในรูปของน้ำมันที่สกัดจากส่วนของเมล็ดและเส้นใยที่ได้จากส่วนของลำต้น ปริมาณน้ำมันในเมล็ดแฟลกซ์ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและดิน พืชชนิดนี้มีการนำไปใช้ประโยชน์ 2 ประเภท คือ

1. น้ำมันลินสีด ในกรณีที่ปลูกเพื่อนำเมล็ดไปใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมัน โดยน้ำมันที่สกัดได้มีลักษณะพิเศษ คือ แห้งเร็ว เรียกทั่วไปว่า น้ำมันชักแห้ง จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำสี น้ำมันชักเงา น้ำมันเคลือบไม้ หมึกพิมพ์ ผ้าพลาสติก น้ำยาฟอกหนัง จารบี และสารหล่อลื่น

2. เส้นใยลินิน ในกรณีที่ใช้ประโยชน์จากเส้นใยจากส่วนของลำต้น เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ เช่น ผ้าลินิน เชือก ผ้าใบ กระจา ด้าย วัสดุกันความร้อน และพรมปูพื้น

นอกจากนี้กากที่ได้หลังจากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดลินสีดยังมีคุณค่าทางอาหารสูง และเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะวัวที่ชอบบริโภคเป็นอย่างมาก กากที่ได้มีปริมาณโปรตีนถึง 24-36% และสามารถย่อยได้ถึง 85% สามารถใช้เลี้ยงสัตว์พวกที่ให้น้ำนมและให้เนื้อ รวมทั้งยังใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีปริมาณของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมประมาณ 0.5, 1.4 และ 1.8% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของเส้นใยลินิน (Flax fibers)

ส่วนประกอบ	ประมาณ (%)
เซลลูโลส	76
น้ำหรือความชื้น	9
เถ้า	1
ลิกนินและเพคติน	10
สารอื่นๆ ที่สามารถสกัดได้	4

เมล็ดลินินมีปริมาณน้ำมันประมาณ 35-45% ซึ่งจัดเป็นพืชน้ำมันหลักที่มีปริมาณกรดไขมันลิโนเลนิก (C18:3) สูงถึงประมาณ 40-65% และมีสมบัติไวต่อการเกิด Auto-oxidation ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำมันลินินมีคุณสมบัติแห้งเร็ว เหมาะสมที่ใช้ในอุตสาหกรรมสีย้อม และสีเคลือบเงา น้ำมันลินินสกัดบ อาจถูกใช้ในแง่โภชนาการได้เช่นกัน

### 2.4.5.1 สมบัติและการใช้งาน

การสกัดน้ำมันลินินสกัดได้จากเมล็ดแฟลกซ์ไปตากแห้งแล้วเก็บไว้ระยะหนึ่ง ทั้งนี้เพราะการบีบจะได้ผลดีเมื่อเมล็ดสุกเต็มที่และมีน้ำอยู่ไม่เกิน 9% จากนั้นล้างเอาฝุ่นและสิ่งสกปรกออกให้หมด ผ่านเข้าไปในเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Roller mill) เพื่อกะเทาะเปลือกออก นำเมล็ดที่กะเทาะเปลือกออกไปผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ผนังเซลล์แตกออก จากนั้นนำไปบีบในเครื่องบีบ (Screw press) เรียกว่า เอกซ์เพลเลอร์ (Expellers) ในขั้นนี้จะบีบน้ำมันออกมาได้ประมาณ 30% ส่วนกากที่เหลือสามารถเอาไปทำให้ร้อนแล้วบีบน้ำมันออกที่ความดันสูงๆ ได้ แต่ส่วนมากมักนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายต่อ สำหรับกากที่เหลือจะมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 1-6% แล้วแต่วิธีการสกัดที่ใช้ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนรวมทั้งสารอื่นๆ เช่น สารประกอบไนโตรเจนปนอยู่ด้วย ซึ่งใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ น้ำมันดิบที่ได้จากการสกัดนี้จะมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ เพราะมีพวกเมล็ดปนอยู่ด้วย ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานจึงต้องนำไปกรองก่อน

น้ำมันลินินที่ได้จากแหล่งต่างๆ กันจะมีค่าไอโอดีนในช่วงระหว่าง 170-200 สำหรับน้ำมันลินินที่ได้จากการปลูกในประเทศไทย ทั้งน้ำมันดิบและน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์แล้ว มีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 นอกจากนี้ น้ำมันลินินมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันลินสีด

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

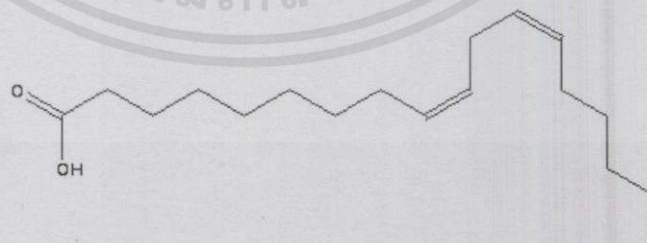
ตารางที่ 2.7 กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันลินสีด (Linseed oil)

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

โดยทั่วไปน้ำมันลินสีดดิบถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะแห้งเองภายใน 4-10 วัน ขึ้นอยู่กับสภาวะ ถ้าจะให้แห้งเร็วขึ้นต้องเติมสารเร่งแห้ง เช่น สารประกอบของตะกั่ว แมงกานีสหรือโคบอลต์ เป็นต้น

#### องค์ประกอบในน้ำมันลินสีด

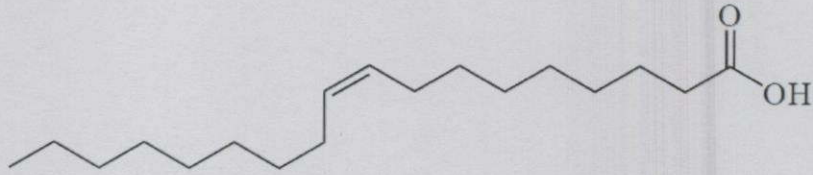
1. กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต



รูปที่ 2.8 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรดโอเลอิก (Oleic acid) มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง



รูปที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลของกรดโอเลอิก (Oleic acid)

3. กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) หรืออีกชื่อเรียกว่า Hexadecanoic acid ไม่มีพันธะคู่ภายในโครงสร้าง



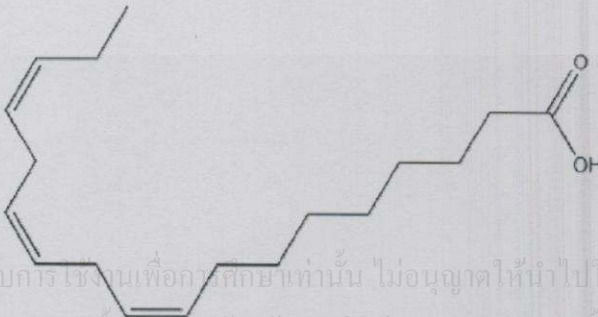
รูปที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลของกรดปาล์มมิติก (Palmitic acid)

4. กรดไมริสติก (Myristic acid) ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง



รูปที่ 2.11 โครงสร้างโมเลกุลของกรดไมริสติก (Myristic acid)

5. กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) มีพันธะคู่ 3 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต



รูปที่ 2.12 โครงสร้างโมเลกุลของกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปเผยแพร่ต่อสาธารณชนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

## 2.4.6 กรดโอเลอิก (Oleic acid) [22]

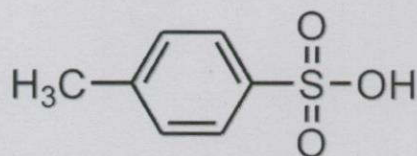
กรดโอเลอิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชและสัตว์เกือบทุกชนิด เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสถานะเป็นของเหลว จึงเหมาะแก่การนำมาศึกษาในปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กรดไขมันไม่ได้มาจากระบบชีวภาพโดยตรง แต่กรดไขมัน เช่น กรดโอเลอิกเกิดจากสารประกอบเอสเทอร์ของตัวมันเองหรือไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำมันธรรมชาติทั่วไป โดยเมื่อผ่านกระบวนการสะพอนิฟิเคชัน (Saponification process) จะทำให้ได้กรดไขมันออกมา

กรดโอเลอิก มีชื่อทางเคมีว่า Octadecenoic acid เป็นกรดไขมันประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ที่มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 จัดเป็น Monounsaturated fatty acid เนื่องจากมีตำแหน่งพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง ดังนั้นรูปร่างที่ถูกต้องของโมเลกุลของกรดโอเลอิกจึงไม่ได้เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะหักมุมที่ตำแหน่งพันธะคู่ ลักษณะของกรดโอเลอิก คือ ไม่มีกลิ่น และไม่มีสี แต่ในทางการค้าถูกแต่งเติมให้เป็นสีเหลืองอ่อน คำว่า "Oleic" มาจากคำว่า "Olive" หรือน้ำมันมะกอก หมายถึง น้ำมันที่มีส่วนประกอบหลักเป็นกรดโอเลอิก

## 2.5 ตัวเร่งปฏิกิริยา [23-24]

### 2.5.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นหรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาอาจมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วยหรือไม่ก็ได้ แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา ตัวเร่งจะต้องมีปริมาณเท่าเดิมและมีสมบัติเหมือนเดิม การที่ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาให้ต่ำลง ทำให้โมเลกุลที่มีพลังงานสูงหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์มีจำนวนมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้นแต่ไม่ทำให้พลังงานของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ *p*-toluenesulfonic acid (*p*-TSA) ซึ่งเป็นกรดแก่ชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถละลายได้ในน้ำ อัลกอฮอล์ และตัวทำละลาย โครงสร้างและสมบัติบางประการแสดงดังรูปที่ 2.13 และตารางที่ 2.8 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.13 โครงสร้างโมเลกุลของ *p*-TSA ภาคนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 สมบัติของ *p*-toluenesulfonic acid

สูตรโมเลกุล	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> S
น้ำหนักโมเลกุล	172.20 กรัม/โมล
ความหนาแน่น	1.07 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
จุดเดือด	116 องศาเซลเซียส
ค่าดัชนีหักเห	1.3825-1.3845

## 2.6 สารดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenger) [25-29]

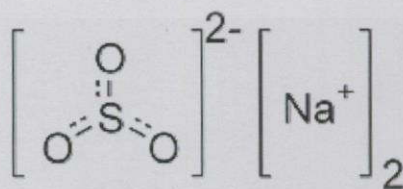
สารดูดซับออกซิเจนเป็นสารกำจัดออกซิเจนและมีสมบัติสามารถดูดซับ (Absorb) ออกซิเจนได้ อาจเรียกว่า Oxygen absorber โดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง สารดูดซับออกซิเจนใช้งานอย่างแพร่หลายในด้านอาหารและระบบหม้อไอน้ำ

### 2.6.1 ซัลไฟต์ (Sulfites)

สารกลุ่มซัลไฟต์ อาจเรียกว่า Sulfiting agent ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร เมื่อถูกความร้อนจะสลายให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide : SO<sub>2</sub>) หรือซัลฟิวรัสแอนไฮไดรด์ (Sulfurous anhydride) หรือซัลฟิวรัสออกไซด์ (Sulfurous oxide) SO<sub>2</sub> เป็นก๊าซที่มีสถานะเป็นกรด ไม่ติดไฟ มีกลิ่นฉุนรุนแรง ทำให้หายใจไม่ออก มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ 2.264 เท่า ละลายได้ดีในน้ำ ละลายในน้ำแล้วให้กรดซัลฟิวรัส สารกลุ่มซัลไฟต์ ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกลือซัลไฟต์ เกลือโซเดียมและโพแทสเซียมของไบซัลไฟต์ (bisulfite)

#### 2.6.1.1 โซเดียมซัลไฟต์ (Sodium sulfite)

โซเดียมซัลไฟต์เป็นเกลือโซเดียมของซัลไฟต์ที่ละลายน้ำได้ของกรดซัลฟิวรัส (Sulfurous acid) มีสูตรโมเลกุลเป็น Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> โซเดียมซัลไฟต์ชนิดแอนไฮไดรด์ มีน้ำหนักโมเลกุล 126.04 g/mol และ Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>·7H<sub>2</sub>O ชนิดเฮปตะไฮเดรต มีน้ำหนักโมเลกุล 252.16 g/mol ชนิดแอนไฮไดรด์เป็นผงสีขาว โซเดียมซัลไฟต์ชนิดเฮปตะไฮเดรตเป็นผลึกโปร่งใสหรือมีสีขาว ทั้งสองชนิดให้กลิ่นอ่อนๆ ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ละลายได้ดีในน้ำและกลีเซอรอล ไม่ละลายในแอมโมเนียกับคลอรีน ความสามารถในการละลายน้ำ 67.8 g/100 ml (18 °C, Heptahydrate)



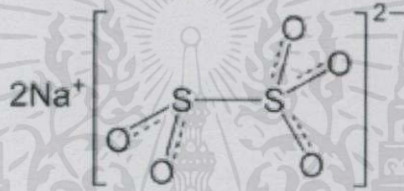
รูปที่ 2.14 สูตรโครงสร้างทางเคมีของโซเดียมซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมซัลไฟต์ใช้ป้องกันไม่ให้ผลไม้แห้งเปลี่ยนสี และกันเนื้อสัตว์เน่าเสีย ใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับโซเดียมไฮโอซัลเฟตเพื่อเปลี่ยนธาตุฮาโลเจนเป็นกรดไฮโดรซัลฟิติก ใช้ในการถนอมเนื้อสัตว์และลดระดับคลอรีนในสระว่ายน้ำ

### 2.6.1.2 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite)

โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารกลุ่มซัลไฟต์ (Sulfites) ที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  น้ำหนักโมเลกุล 190.10 g/mol มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือออกสีเหลือง สามารถละลายในน้ำ กลีเซอริน และละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล ความสามารถในการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 20 °C ละลายได้ 54 g/100 ml สารละลายเป็นกรด โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะสลายตัวเมื่อมีความเข้มข้นสูง เมื่อสัมผัสอากาศจะถูกออกซิไดส์เป็นโซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate) และเมื่อสัมผัสกับกรดแก่ จะให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สลายตัวที่อุณหภูมิ 150 °C



รูปที่ 2.15 สูตรโครงสร้างทางเคมีของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) เป็นสารอนินทรีย์ที่ทำหน้าที่เป็น Reducing agent ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ละลายในน้ำกระด้าง เกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้



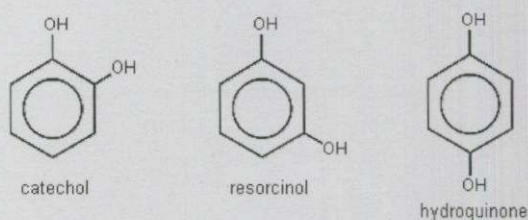
จากปฏิกิริยาจะได้โซเดียมซัลเฟตเป็นผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับค่า pH ของน้ำควรสูงกว่า 7.0 อัตราการเกิดปฏิกิริยาตามปกติจะเกิดได้ช้ามาก ใช้เวลา 20-30 นาที สำหรับการรวมตัวของโซเดียมซัลไฟต์กับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยานี้ได้โดยใช้โลหะไอออน เช่น โคบอลต์ (Co) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) และเหล็ก (Fe)

โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) เป็นสารในกลุ่มของซัลไฟต์ที่นิยมใช้ในเชิงเศรษฐกิจมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความเป็นกรด และอาจจะต้องมีการเติมโซดาไฟ เพื่อให้สารสามารถดูดซับออกซิเจนได้ดีขึ้น

### 2.6.2 ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone)

ไฮโดรควิโนนจัดเป็นสารพวกฟีนอล ประเภท Hydroxyphenol มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$  มีไอโซเมอร์ทั้งหมด 3 ไอโซเมอร์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อการเผยแพร่เท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางต้นฉบับได้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างและไอโซเมอร์ของไฮโดรควิโนน

สารไฮโดรควิโนนที่บริสุทธิ์ จะมีลักษณะเป็นผลึกขาวรูปเข็มสีขาว ไม่มีกลิ่น น้ำหนักโมเลกุล 110.11 g/mol มีจุดหลอมเหลวที่ 173-174 องศาเซลเซียส จุดเดือดที่ 287 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.332 ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และมีความดันไอ เท่ากับ  $2.4 \times 10^{-3}$  Pa ที่อุณหภูมิ 25 °C ละลายได้ดีมากในแอลกอฮอล์และอีเทอร์ ละลายได้ดีในน้ำ ละลายได้เล็กน้อยในเบนซีน ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายในอากาศ และเมื่อถูกแสงจะกลายเป็นสีน้ำตาล ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายไฮโดรควิโนนที่กลายเป็นสีน้ำตาลจะเกิดเร็วมากในสภาวะที่แตกต่าง

ไฮโดรควิโนนถูกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับไฮดรอกซิ ซึ่งจะสามารถทำงานได้ด้วยตัวมันเอง ในการดูดซับออกซิเจน การเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนจะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิน้อยกว่าตัวดูดซับออกซิเจนตัวอื่นๆ และยังให้ผลอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรควิโนนกับออกซิเจน ได้แก่ กรดอะซิติก, คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ไฮโดรควิโนนจะมีเสถียรภาพในสภาวะอุณหภูมิและความดันที่สูง และใช้ได้ในสภาวะที่ pH อยู่ในช่วง 8-10 นอกจากนี้ไฮโดรควิโนนยังเป็นตัวยับยั้งที่ดี

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัตนาพร ทองสุข และพรพรรณ พูนแสง [30] ศึกษาการใช้ไขมันทั้ง เพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวติดไม้ที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่เตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำ โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนไขมันทั้งเป็น 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิค (*p*-TSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โพลีเมทิลเมทาคริเลต (KPS) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา และโซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) เป็นสารลดแรงตึงผิว โดยมีการปรับปริมาณ SLS เป็น 2 และ 4% โดยน้ำหนัก และทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด (Solid content (%)) และเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้อูคาลิปตัส เบอร์ 2 และเบอร์ 3 และปรับปริมาณกาวต่อไม้เป็น 15%, 20% และ 25% โดยน้ำหนัก แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้นำไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 ของแผ่นพาร์ทิเคิล ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงดัดโค้ง โมดูลัสยืดหยุ่น และ

เอกสารนี้ศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าสูตรกาวที่มีปริมาณไขมันทั้ง 15%, SLS 2% (สูตร 5) การค้าไม่ว่ากรณีให้ปริมาณไขมันทั้ง 20% ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลด้วยไม้เบอร์ 3 ให้ค่าการทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก. 876 ทุกค่า ยกเว้นค่าการพองตัวทางความหนา

S. Tharhate และ J. Ngamcharoentavorn [31] ศึกษาการใช้กรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิกร่วมกับน้ำมันลินสีด เป็นสารเชื่อมโยงสำหรับการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นสารตั้งต้น ใช้พาราโทลูอินซัลโฟนิก (*p*-TSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โพลีแซลไซมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และโซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) เป็นสารลดแรงตึงผิว เพื่อช่วยให้กาวมีการกระจายตัวที่ดี โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกาวติดไม้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ : กรดโอเลอิก : กรดลิโนเลอิก เป็น 90:5:5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการต้านทานน้ำสำหรับไม้มีค่าเพิ่มขึ้น และค่าความแข็งแรงเฉือนมีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็น 12.52 MPa เนื่องจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกและหมู่ไฮดรอกซิล และเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคูในกรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิก

P. Lakkanapronwisit และ N. Rattanaapiromyakit [32] ศึกษาการใช้ น้ำมันลินสีด เพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ที่เตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยใช้ น้ำมันลินสีดที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 10%, 15%, และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้พาราโทลูอินซัลโฟนิก (*p*-TSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โพลีแซลไซมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และโซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) เป็นสารลดแรงตึงผิว จากนั้นนำกาวที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส 4 ชนิด ซึ่งมีลักษณะของชิ้นไม้ที่แตกต่างกันดังนี้ ชนิดที่ 1 หยาบและสั้น ความชื้น 9% ชนิดที่ 2 หยาบและยาว ความชื้น 9% ชนิดที่ 3 หยาบและยาว ความชื้น 4% และชนิดที่ 4 ละเอียดและสั้น ความชื้น 9% จากนั้นนำแผ่นพาร์ทิเคิลที่เตรียมได้มาทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันลินสีดช่วยเพิ่มความแข็งแรงดัดโค้ง แต่ลดความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (Internal bonding) โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากไม้ชนิดที่ 4 จะให้ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่นสูงสุด ความแข็งแรงโค้งงอสูงสุด ความหนาแน่นต่ำสุด การดูดซับความชื้นต่ำสุด และการบวมตัวต่ำสุดเช่นกัน ซึ่งไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (Swelling test)

ภคพล ลัคนาพรวิศิษฐ์ [33] ศึกษาการนำน้ำมันลินสีดและน้ำมันทั้งมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เพื่อเตรียมกาวไม้ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับงานพาร์ทิเคิลบอร์ด โดยใช้ปริมาณของน้ำมันลินสีดและน้ำมันทั้งในอัตราส่วน 15% โดยน้ำหนัก จากการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าน้ำมันทั้งช่วยปรับปรุงให้ PVA มีสมบัติเชิงกลโดยรวมดีกว่าน้ำมันลินสีด เนื่องจากน้ำมันทั้งมีพันธะคู่ซึ่งอยู่ในระบบคอนจูเกต ขณะที่น้ำมันลินสีดมีพันธะคู่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต เป็นเหตุให้น้ำมันทั้งมีความแข็งแรงมากกว่าน้ำมันลินสีด จากการทดสอบการหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว โดยการนำฟิล์มกาวไปแช่น้ำและวัดค่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมฟิล์มกาวเป็นการทำให้

เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของกาวขึ้นอย่างสมบูรณ์ ทำให้ฟิล์มที่เตรียมได้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ส่งผลให้ค่าการบวมตัวของฟิล์มกาวลดลงเมื่อแช่น้ำ

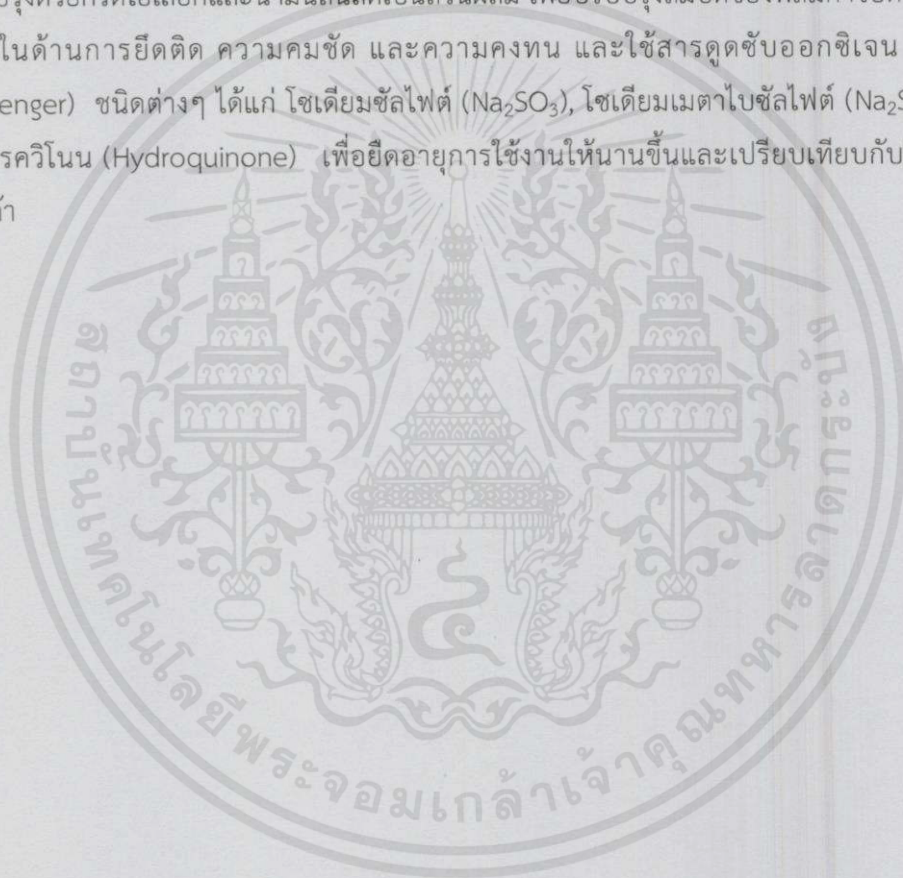
**ณัฐชา ปานกุล [34]** ศึกษาการนำน้ำมันลินสีดมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตกับน้ำมันลินสีดด้วย การใช้เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีด เพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำมันลินสีดต่อสมบัติต่างๆ ของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน พบว่ากาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติการต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด โดยกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีด 15% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด

**Z.O Oymane และคณะ [35]** ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันแห้งเร็วที่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต (น้ำมันลินสีด) และระบบคอนจูเกต (น้ำมันทัง) โดยใช้ Co(II)-2-ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้จะมีกลไกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดซึ่งไม่เป็นระบบคอนจูเกต การแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นผ่านอัลไลลิกไฮโดรเจนอะตอม ออกซิเจนปริมาณมากที่ใส่ลงไปนำไปสู่การเกิด Hydroperoxide ซึ่งสามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ Alkoxy และ Peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยงและผลิตภัณฑ์ร่วม น้ำมันทังที่มีระบบคอนจูเกตเป็นหลัก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก Monoallylic โดยเมื่อเทียบกับน้ำมันลินสีดจะใช้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่า และเกิด Hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ร่วมมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็นระบบคอนจูเกตมากกว่า

**ชมพูนุช ฉันทะจรัสศิลป์ และคณะ [1]** ศึกษาและพัฒนาการวัดสำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และพอลิไวนิลอะซิเตต (PVAc) ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีด ทำการปรับปรุงสมบัติของกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีดและกรดโอเลอิกในอัตราส่วนต่างๆ โดยกาวอัดที่ได้นำมาผสมกับน้ำยาไวแสง แล้วปาดลงบนแม่พิมพ์สกรีน ทำการถ่ายแบบด้วยแสงสีขาวที่เวลาต่างๆ นำแม่พิมพ์ไปล้างด้วยน้ำจะปรากฏเป็นลายภาพ พบว่าลวดลายที่ได้มีความคมชัด สามารถเก็บรายละเอียดได้ทั้งส่วนที่หยาบและละเอียด เซลล์กาวออกจากผ้าสกรีนได้ง่าย เมื่อนำมาทดสอบความคงทนเบื้องต้นและความคงทนในสภาวะการใช้งาน พบว่ากาวอัดสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ กาวอัดที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph ต่อ

เอกสารนี้เป็นพอลิไวนิลอะซิเตต เท่ากับ 4:6 และปรับปรุงสมบัติของกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด 4 pph โดยใช้เวลาในการล้างไม่ว่ากรณีการถ่ายแบบด้วยแสงอยู่ในช่วงเวลา 2.5-3.5 นาที

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้า [35] เปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันแห้งเร็วที่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต (น้ำมันลินสีด) และระบบคอนจูเกต (น้ำมันถั่ง) เนื่องจากน้ำมันลินสีดมีพันธะคู่ที่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต ดังนั้นความว่องไวของอนุมูลอิสระในการเข้าทำปฏิกิริยาในตำแหน่งพันธะคู่จึงน้อยกว่าน้ำมันที่มีระบบคอนจูเกต ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ใช้น้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาฟิล์มกาวอัด เนื่องจากฟิล์มที่ได้จะมีเสถียรภาพที่ดีกว่าการใช้ใช้น้ำมันถั่ง แม้ว่าน้ำมันลินสีดจะมีพันธะคู่ที่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต แต่ยังมีพันธะคู่ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพของฟิล์มกาวอัดที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาานานลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และพอลิไวนิลอะซิเตตปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีดเป็นส่วนผสม เพื่อปรับปรุงสมบัติของฟิล์มกาวอัดให้มีสมบัติดีขึ้นในด้านการยึดติด ความคมชัด และความคงทน และใช้สารดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenger) ชนิดต่างๆ ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) และไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) เพื่อยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้นและเปรียบเทียบกับฟิล์มเกรดการค้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 สารเคมี

- 1) พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA): เกรด JP – 27, บริษัท Japan Vam & Poval จำกัด

คุณสมบัติ	JP – 27	หน่วย
มวลโมเลกุล	12000	g/mol
ความหนืด	48-56	mPa.s
ไฮโดรไลซิส	87.0-85.0	เปอร์เซ็นต์โมล
ปริมาณการระเหยสูงสุด	5	เปอร์เซ็นต์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5-7	-
ปริมาณเถ้าสูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์

- 2) พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc) : เกรด LA-22S, บริษัท ทีโอเอ เคมีคอล อินดัสตรีส์ จำกัด
- 3) น้ำมันลินสีด (Linseed oil) : บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด
- 4) กรดโอเลอิก (Oleic acid) : บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด
- 5) *p*-Toluenesulfonic acid : บริษัท CARLO ERBA Reagenti จำกัด
- 6) ฟิล์มกาวอัด : เกรดการค้า, ตัวแทนจำหน่าย บริษัท ชัยบูรณ์ บราเดอร์ส จำกัด
- 7) น้ำยาเคลือบแพทลี : เกรดการค้า, Patly clear red บริษัท ชัยบูรณ์ บราเดอร์ส จำกัด
- 8) น้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซ : บริษัท สกาล่า ซิลค์สกรีน จำกัด
- 9) โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) : บริษัท CARLO ERBA Reagenti จำกัด
- 10) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) ชนิดแอนไฮดรัส : บริษัท CARLO ERBA Reagenti จำกัด
- 11) ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) : บริษัท Fluka chemika จำกัด
- 12) โซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) : บริษัท CARLO ERBA Reagenti จำกัด

#### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

##### 3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการผลิตกาวอัด

- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในงานวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้อัปโหลดข้อมูลบนระบบคอมพิวเตอร์สาธารณะที่มีการนำไปใช้
- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด : รุ่น SI-234, บริษัท Denver instrument
  - เครื่องปั่นกวน : รุ่น EUROSTAR 60 digital, บริษัท IKA จำกัด

- แผ่นให้ความร้อนแบบเรียบ (Hot plate) : รุ่น MSH-20D, บริษัท WiseStir จำกัด
- ใบพัดปั่นกวน

### 3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการผลิตฟิล์มกาวอัด

- แผ่นใสสำหรับถ่ายเอกสาร
- กระดาษแลคซีน
- รางปาด
- เครื่องเป่าลมร้อนหรือลมเย็น
- คัตเตอร์ และกรรไกร
- กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์
- ปิเปตต์
- ลูกลายปิเปต (ลูกลายดูดสารเคมี)
- ขวดวัดปริมาตร
- แท่งแก้วคนสาร
- ซ้อนตักสาร

### 3.2.3 อุปกรณ์สำหรับงานสกรีน

- ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 1 ขนาด 120x80x20 เซนติเมตร<sup>3</sup> กระจกหนา 5 มิลลิเมตร ประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ แสงสีขาว (Day light T8) จำนวน 9 หลอด ระยะห่างของหลอดไฟกับกระจกใส 11 เซนติเมตร
- ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 2 ขนาด 150x100x30 เซนติเมตร<sup>3</sup> กระจกหนา 6 มิลลิเมตร ประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ แสงสีขาว จำนวน 10 หลอด ระยะห่างของหลอดไฟกับกระจกใส 20 เซนติเมตร และมีระบบลมดูดสูญญากาศ
- กระดาษสำหรับพิมพ์สกรีน (White paperboard) 240 แกรม, ความหนา 32 ไมครอน : บริษัท SCG Paper จำกัด
- หมึกพิมพ์สีเขื่อน้ำ (สีจม) TO340-1K สีเหลืองทอง : บริษัท ชัยบูรณ์ บราเดอร์ส จำกัด
- ผ้าสกรีนเส้นใยสังเคราะห์ประเภทไนลอน เบอร์ 1200 : บริษัท สกาล่า ซิลค์สกรีน จำกัด
- บล็อกสกรีนไม้
- แผ่นใสสำหรับถ่ายเอกสาร ผลิตจากพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และยังขาดงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งเครื่องเป่าลมร้อนหรือลมเย็น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

- เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) : รุ่น RVT, บริษัท Brookfield Engineering Labora.Ing จำกัด
- กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Digital Microscope) : รุ่น Dino-Lite Digital Microscope Pro 2, บริษัท ANMO Electronics Corporation จำกัด
- ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) : รุ่น H-20, บริษัท OZAKI MFG. จำกัด

### 3.3 การเตรียมสารละลาย

#### 3.3.1 การเตรียมสารละลาย PVA 10% ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

- 1) ชั่ง PVA 100 กรัม
- 2) ตวงน้ำกลั่นใส่บีกเกอร์ 900 มิลลิลิตร
- 3) ปั่นกวนน้ำกลั่นด้วยความเร็วรอบ 500 rpm จากนั้นค่อยๆ ใส่ PVA ลงไป
- 4) ปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มห่ออาหาร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ปั่นต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 5) เมื่อครบเวลา ทิ้งไว้ให้สารละลาย PVA ใส เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

#### 3.3.2 การเตรียมสารละลาย $\text{NaHCO}_3$ ความเข้มข้น 1 โมลาร์

- 1) ชั่ง  $\text{NaHCO}_3$  4.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น
- 2) ปั่นกวนโดยใช้เครื่องปั่นกวน เพื่อให้  $\text{NaHCO}_3$  ละลายหมด
- 3) ปรับปริมาตรในขวดปริมาตร 50 มิลลิลิตร

#### 3.3.3 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก (P\*)

- 1) ชั่งสารละลาย PVA 10% ปริมาณ 250 กรัม กรดโอเลอิก 7.5 กรัม (กรณี P\*(3)) หรือ 12.5 กรัม (กรณี P\*(5)) และ *p*-TSA 2.5 กรัม
- 2) เติมกรดโอเลอิกลงในสารละลาย PVA 10% คนให้เข้ากัน
- 3) เติม *p*-TSA ลงไป คนให้เข้ากัน
- 4) นำสารละลายไปปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที
- 5) เมื่อครบเวลาปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มห่ออาหาร เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนของการเตรียมกาวอัด PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างนี้มีปริมาณกรดโอเลอิก 3 และ 5 pph ใช้สัญลักษณ์เป็น P\*(3) และ P\*(5) ตามลำดับ
- 6) ตั้งสารละลายทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7) จากนั้นนำกาวอัดมาปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 400 rpm เติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) ความเข้มข้น เท่ากับ 1 M (mol/L) ปรับ pH ให้มีค่าเท่ากับ 7-8 โดยวัดค่า pH ของสารด้วยยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์
- 8) ตั้งทิ้งไว้ เพื่อให้ฟองอากาศลดลง จึงนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

PVA ปรับปรุง ด้วยกรดโอเลอิก	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก		
	PVA (%)	Oleic acid (pph)	p-TSA (pph)
P*(3)	100	3	1
P*(5)	100	5	1

กำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

P\*(3) คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 3 pph

P\*(5) คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph

### 3.4 การเตรียมกาวอัดสูตรต่างๆ

- 1) ชั่ง PVAc และ PVA หรือ P\* ตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2
- 2) นำสารมาผสมกัน จากนั้นนำไปปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm
- 3) เติมน้ำมันลินสีด ตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2 ปั่นกวนเป็นเวลา 15 นาที
- 4) หยดสีลงไป 20 หยด แล้วปั่นกวนต่ออีกเป็นเวลา 45 นาที
- 5) เติมสารดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenger) ตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2 ปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 400 rpm เป็นเวลา 15 นาที
- 6) เมื่อครบเวลา ปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มห่ออาหาร ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ฟองอากาศลดลง แล้วนำไปวัดความหนืด

### 3.5 ทดสอบความหนืดของกาวอัด

- 1) เทตัวอย่างกาวอัดปริมาตร 120 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร
- 2) จุ่มโรเตอร์ เบอร์ 7 ลงในกาวอัด แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง Brookfield viscometer จากนั้นเลื่อนโรเตอร์ลงมาจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้
- 3) ตั้งรอบ 100 rpm ที่ต้องการใช้ หลังจากมอเตอร์หมุนเป็นเวลา 3 นาที อ่านค่าและจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารเป็นทศนิยมตำแหน่งเดียว ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่จำกัดใดๆ 4) ก็คำนวณค่าความหนืดในหน่วยเซนติพอยท์ (cP) ทำนองถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของกาวอัดสูตรต่างๆ

สูตร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก					
	P*	สารละลาย PVAc	น้ำมันลินสีด (pph)	สารดูดซับออกซิเจน (ppm)		
				Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Hydroquinone
P*(3)4T6L4	40	60	4	-	-	-
P*(5)4T6L1	40	60	1	-	-	-
P*(5)4T6L2	40	60	2	-	-	-
P*(5)4T6L3	40	60	3	-	-	-
P*(5)4T6L4	40	60	4	-	-	-
P*(5)4T6L4A100	40	60	4	100	-	-
P*(5)4T6L4A300	40	60	4	300	-	-
P*(5)4T6L4A500	40	60	4	500	-	-
P*(5)4T6L4B100	40	60	4	-	100	-
P*(5)4T6L4B300	40	60	4	-	300	-
P*(5)4T6L4B500	40	60	4	-	500	-
P*(5)4T6L4C100	40	60	4	-	-	100

กำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

P คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

P\* คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

T คือ พอลิไวนิลอะซิเตต

P\*(3) คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 3 pph

P\*(5) คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph

L คือ น้ำมันลินสีด

A คือ โซเดียมซัลไฟต์

B คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

C คือ ไฮโดรควิโนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การเตรียมฟิล์มขาวอัด

- 1) ตวงขาวอัดและน้ำยาไวแสงในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับชนิดของขาว คนให้เข้ากัน (ทำในห้องมืดที่มีแสงสีแดงหรือสีเหลืองเท่านั้น)
- 2) การทำบล็อกฟิล์ม โดยนำแผ่นใสถ่ายเอกสารมาตัดตามขนาดที่ต้องการแล้วปิดขอบแผ่นใสทั้ง 4 ด้าน ด้วยกระดาษแลคซัน
- 3) นำบล็อกฟิล์มที่ได้ไปติดกับวัสดุที่สามารถรองรับน้ำหนักในการปาดขาวได้
- 4) เทขาวอัดที่ผสมเสร็จแล้วใส่ในรางปาดขาวในปริมาณที่เหมาะสม อาจใช้แท่งแก้วช่วยในการกำจัดฟองอากาศที่อยู่ในขาวอัด
- 5) นำบล็อกฟิล์มตั้งเอียงเป็นมุมประมาณ 60 องศา แล้วปาดขาวเคลือบเป็นฟิล์มบางๆ จากด้านล่างไปหาด้านบนสม่ำเสมอ
- 6) นำบล็อกฟิล์มไปเป่าให้แห้งโดยใช้เครื่องเป่าลมเย็น และตัดฟิล์มที่ได้ออกจากบล็อกฟิล์ม
- 7) ใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาของฟิล์มขาวอัดที่เตรียมได้ ทั้งหมด 5 ตำแหน่ง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย คำนวณความหนาในหน่วยไมครอน
- 8) เก็บฟิล์มขาวอัดไว้ในที่มืด

### 3.7 การทำแม่พิมพ์สกรีน

- 1) เตรียมขาวอัดปริมาณ 30 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ แล้วหยดน้ำยาไวแสง 25 หยด (1 ml) คนให้เข้ากัน (ทำในห้องมืดที่มีแสงสีแดงหรือสีเหลืองเท่านั้น)
- 2) ตัดฟิล์มขาวอัดให้ใหญ่กว่าแบบที่จะพิมพ์เล็กน้อย แล้วนำมาวางบนกระจก โดยเอาด้านเนื้อฟิล์มหงายขึ้น ให้ด้านที่เป็นพลาสติกใสแนบชิดกับกระจก
- 3) ใช้บล็อกสกรีนวางทาบลงบนแผ่นฟิล์มให้แนบสนิท เทขาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้ว ลงบนบล็อกสกรีน ใช้ยางปาดปาดขาวอัดให้ราบเรียบเสมอกัน
- 4) ยกกรอบสกรีนขึ้นจากกระจก แผ่นฟิล์มจะติดอยู่กับผ้าสกรีน จากนั้นปาดขาวอัดให้ทั่วผ้าสกรีนทั้งสองด้าน ระวังอย่าปาดขาวอัดให้ถูกเนื้อฟิล์ม
- 5) นำบล็อกสกรีนเป่าขาวอัดให้แห้ง เมื่อแห้งสนิทแล้วให้ลอกแผ่นพลาสติกใสทิ้ง (ขั้นตอนนี้ไม่ควรให้บล็อกสกรีนถูกแสง)
- 6) วางแบบที่จะถ่ายให้ติดกับฟิล์มขาวอัดด้านที่ลอกแผ่นพลาสติกใสทิ้งไป แล้วนำไปถ่ายตู้ไฟ ใช้เวลาในการถ่าย 2.5 นาที
- 7) เมื่อถ่ายเสร็จเรียบร้อยแล้วใช้น้ำฉีดไล่ตามลวดลาย
- 8) นำบล็อกสกรีนไปเป่าให้แห้ง ตรวจสอบความคมชัดของลวดลายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง
- 9) ติดบล็อกสกรีนด้านในด้วยเทปกาวให้เรียบร้อยพร้อมที่จะนำไปพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 การทดสอบสมบัติของฟิล์มขาวอัด

#### 3.8.1 การทดสอบขั้นต้น

- 1) นำลึอกสกรีนที่ผ่านการฉายแสงแล้วมายึดด้วยที่จับบล็อก
- 2) จากนั้นนำผ้าชุบน้ำมาขัดบริเวณลายเป็นวงกลมด้วยแรงมือ
- 3) ตรวจสอบความคงทนและความคมชัดของลวดลายจากฟิล์มเมื่อทำการขัดทุกๆ 1 นาทีด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง

#### 3.8.2 การทดสอบการปาดสี

- 1) นำลึอกสกรีนที่ผ่านการฉายแสงแล้ววางลงบนกระดาษและยึดด้วยที่จับบล็อก
- 2) นำหมึกพิมพ์สีปาดบริเวณลวดลายโดยทำการสกรีนอย่างต่อเนื่อง
- 3) ตรวจสอบความคมชัดของลวดลายเมื่อทำการปาดสีทุกๆ 200 แผ่นด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง

#### 3.8.3 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มขาวอัด

- 1) นำฟิล์มที่เตรียมได้เก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1 วัน, 5 วัน, 14 วัน และ 30 วัน
- 2) นำฟิล์มขาวอัดที่เก็บไว้ที่เวลาดังกล่าว มาสร้างลายบนบล็อกสกรีนตามวิธีการในหัวข้อ 3.7 และทดสอบสมบัติตามหัวข้อ 3.8.1 และ 3.8.2
- 3) นำลึอกสกรีนที่เตรียมได้มาทดสอบความคมชัดของลวดลายตามหัวข้อ 3.9

#### 3.8.4 การทดสอบฟิล์มขาวอัดเกรดการค้า และเปรียบเทียบผลกับฟิล์มขาวอัดที่เตรียมขึ้น

- 1) นำฟิล์มมาสร้างลายบนบล็อกสกรีนตามวิธีการในหัวข้อ 3.7 และทดสอบสมบัติตามหัวข้อ 3.8.1 และ 3.8.2
- 2) นำลึอกสกรีนที่เตรียมได้มาทดสอบความคมชัดของลวดลายตามหัวข้อ 3.9
- 3) เปรียบเทียบสมบัติฟิล์มขาวอัดเกรดการค้ากับฟิล์มขาวอัดที่เตรียมได้

### 3.9 การวัดความคมชัดของลวดลายเทียบกับแม่แบบ

วัดลวดลายของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ดูความกว้างและความคมชัดของลวดลายที่ถ่ายลงบนแม่พิมพ์สกรีน โดยวัดระยะห่างจากตำแหน่งที่กำหนดของแม่พิมพ์สกรีน ดังนี้

- $D_{T_1}$  คือ ระยะของตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 1.804 mm
- $D_{T_2}$  คือ ระยะของตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 1.160 mm
- $D_{T_3}$  คือ ระยะของตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 0.606 mm

วัดระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งต่างๆ ของแม่พิมพ์สกรีนกับระยะห่างจากตำแหน่งต่างๆ ของแม่แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของลวดลายบนแม่แบบที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด

การคำนวณผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบกับระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $D_{TB}$ ) แสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเทียบกับระยะห่างของลวดลายแม่แบบ ( $\% \Delta D_{TB}$ ) ดังสมการ

$$\% \Delta D_{TB} = \frac{\Delta D_{TB}}{D_T} \times 100$$

- เมื่อ  $D_T$  คือ ระยะห่างของลวดลายแม่แบบ  
 $D_B$  คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน  
 $\Delta D_{TB}$  คือ ผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบกับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน

### 3.10 การประเมินความพึงพอใจการใช้งานของฟิล์มขาวอัด

ฟิล์มขาวอัดจะถูกนำไปประเมินความพึงพอใจทางการใช้งานของฟิล์มขาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน ตามแบบประเมินดังตารางที่ 3.3 โดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง (4 คน) และนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ (11 คน) จากวิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ เขตลาดกระบัง จังหวัดนนทบุรี กรุงเทพมหานคร รวมทั้งหมดจำนวน 15 คน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานของฟิล์มขาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
<b>1. ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มขาวอัด</b>					
1.1 พื้นผิวสัมผัสของฟิล์มขาวอัด					
1.2 ความเข้มสีของเนื้อฟิล์มขาวอัด					
1.3 กลิ่นของฟิล์มขาวอัด					
<b>2. ลักษณะการใช้งานของฟิล์มในขั้นตอนการถ่ายแม่พิมพ์สกรีน</b>					
2.1 ความสามารถในการลอกแผ่นพลาสติกใส					
2.2 เวลาที่ใช้ในการถ่ายแบบด้วยแสง					
2.3 ความสามารถในการชะล้างลวดลายด้วยน้ำ					
2.4 การยึดติดของเนื้อฟิล์มกับผ้าสกรีน					
2.5 ความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ					
2.6 ฟิล์มขาวอัดสามารถใช้ได้กับผ้าสกรีนที่มีความละเอียดต่ำ					
2.7 ใช้กับแบบลายพิมพ์ที่มีงานลายเส้นและเม็ดสกรีนที่ละเอียดได้					
<b>3. สภาพะการใช้งานจริงของฟิล์มขาวอัด</b>					
3.1 ความคมชัดของลวดลายหลังการปาดสี					
3.2 ความคงทนของฟิล์มขาวอัด					
3.3 การใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื่อน้ำ					
3.4 การใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื่อน้ำมัน					
3.5 ความสามารถในการล้างฟิล์มออกจากบล็อกสกรีนด้วยผงคลอรีน					

โดยมีระดับความพึงพอใจเป็นหมายเลขดังนี้

ระดับความพึงพอใจ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับความพึงพอใจ 4 หมายถึง ดี

ระดับความพึงพอใจ 3 หมายถึง พอใช้

ระดับความพึงพอใจ 2 หมายถึง ปรับปรุง

ระดับความพึงพอใจ 1 หมายถึง ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

## ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเตต และน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบหลักในเนื้อฟิล์ม และปรับปรุงเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัดด้วยสารดูดซับออกซิเจนโดยปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณต่างๆ นำฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มาทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น ความหนาของฟิล์มกาวอัด ความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ อายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด ความคงทนเบื้องต้นของฟิล์มกาวอัด และการทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะใช้งานจริง โดยรายละเอียดแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

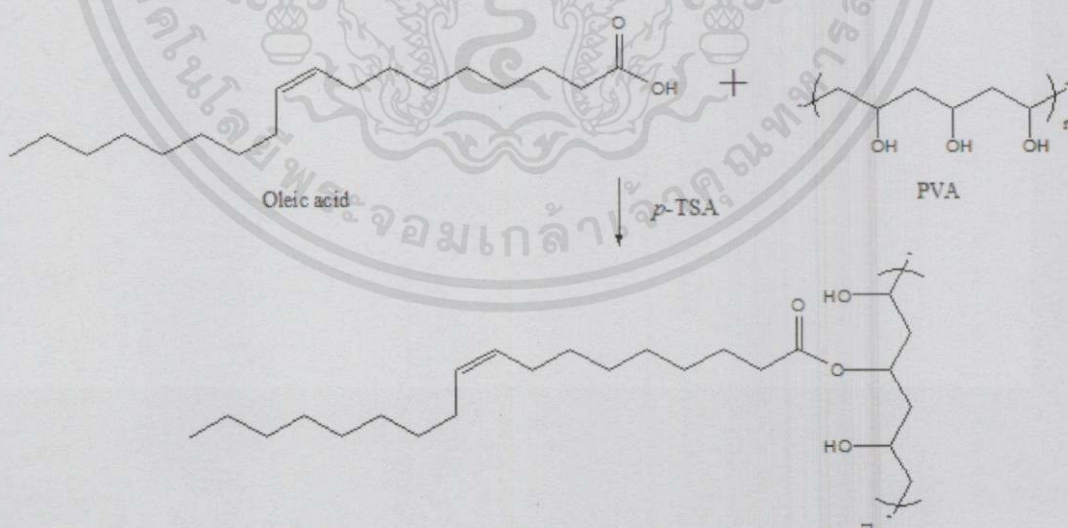
ตารางที่ 4.1 คำอธิบายสัญลักษณ์ของฟิล์มกาวอัด

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
P*(3)	สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วย Oleic acid 3 pph
P*(5)	สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วย Oleic acid 5 pph
P*(3)4T6L4	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(3) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph
P*(5)4T6L1	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 1 pph
P*(5)4T6L2	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 2 pph
P*(5)4T6L3	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 3 pph
P*(5)4T6L4	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph
P*(5)4T6L4A100	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (A) 100 ppm
P*(5)4T6L4A300	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (A) 300 ppm
P*(5)4T6L4A500	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (A) 500 ppm

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
P*(5)4T6L4B100	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (B) 100 ppm
P*(5)4T6L4B300	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (B) 300 ppm
P*(5)4T6L4B500	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (B) 500 ppm
P*(5)4T6L4C100	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ P*(5) : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Hydroquinone (C) 100 ppm

#### 4.1 การปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยกรดโอเลอิก

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิลที่มีความชอบน้ำ ดังนั้นเพื่อเพิ่มสมบัติความต้านทานน้ำจึงได้ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก โดยการทำให้ปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับกรดโอเลอิก ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (*p*-TSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดโอเลอิกและหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ดังรูปที่ 4.1 โดยบริเวณสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนของกรดโอเลอิกเป็นส่วนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณกรดโอเลอิกในโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จึงทำให้ส่วนที่ไม่มีขั้วมากขึ้น ส่งผลให้สมบัติความต้านทานน้ำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.1 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และกรดโอเลอิก [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ความหนาของฟิล์มกาวอัดที่มีผลต่อการถ่ายแบบพิมพ์สกรีน

ฟิล์มกาวอัดเตรียมจากการปาดกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงลงบนแผ่นพลาสติกใส จากนั้นเป่าให้แห้ง วัดความหนาของฟิล์มกาวอัด 5 ตำแหน่ง โดยใช้ไมโครมิเตอร์ นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยหน่วยของความหนาเป็นไมครอน ฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มีความหนาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

- 1) ความหนืดของกาวอัด
- 2) ความเชี่ยวชาญของผู้ทำงาน

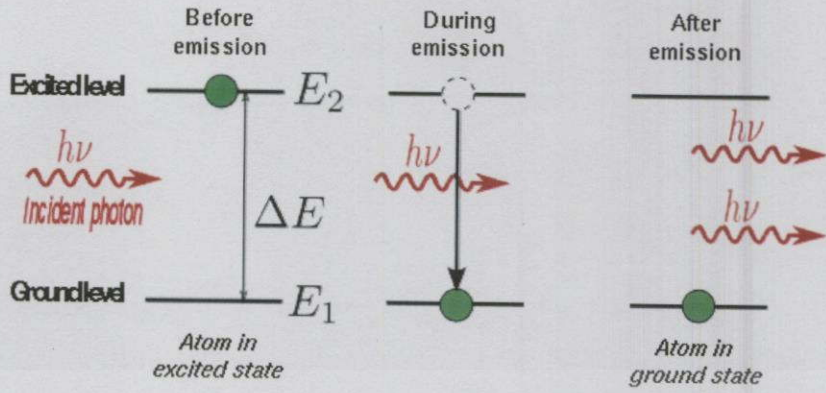
ฟิล์มกาวอัดที่มีความหนาต่ำสามารถถ่ายแบบลวดลายได้ละเอียดและมีความคมชัดได้ง่ายกว่าฟิล์มกาวอัดที่มีความหนาสูง เนื่องจากแสงทำปฏิกิริยากับฟิล์มได้ไม่ทั่วถึง เกิดการเชื่อมโยงของฟิล์มบางส่วน เมื่อชะล้างลวดลายด้วยน้ำ เนื้อฟิล์มส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงหรือเกิดปฏิกิริยาได้น้อย จึงเกิดการหลุดออก ไม่ยึดติดกับผ้าสกรีน ความหนาของฟิล์มกาวอัดที่เหมาะสมกับการถ่ายแบบพิมพ์สกรีนในงานวิจัยนี้อยู่ในช่วง  $35 \pm 5$  ไมครอน โดยพบว่าเมื่อความหนาของฟิล์มกาวอัดมากกว่า 40 ไมครอน จะไม่สามารถถ่ายแบบได้ลวดลายที่คมชัด โดยฟิล์มกาวอัดนี้จะศึกษาเปรียบเทียบกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้าที่มีความหนาเฉลี่ย 30 ไมครอน



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 (ซ้าย) และฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า (ขวา)

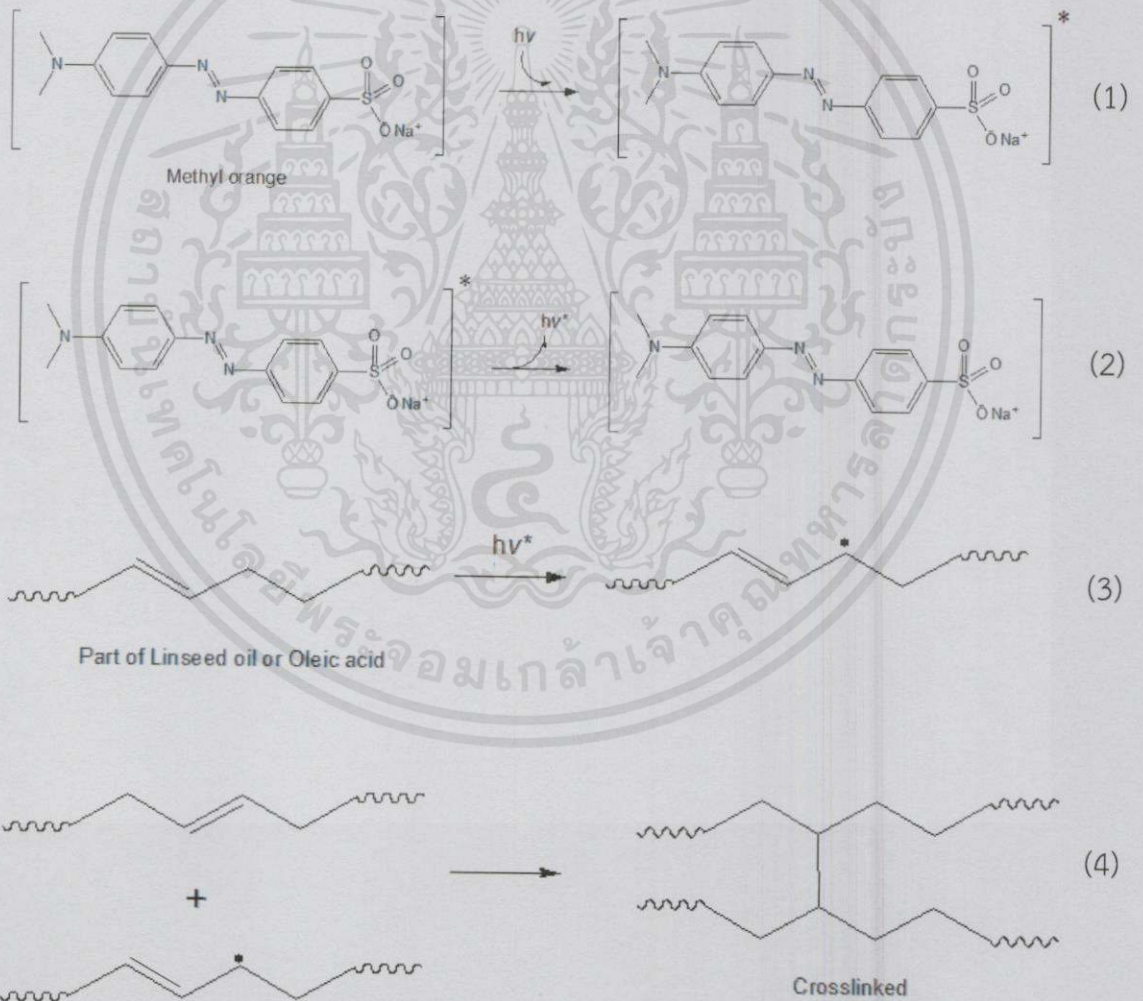
## 4.3 การเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงทางเคมีของฟิล์มกาวอัด

นำฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มายึดเข้ากับผ้าสกรีนด้วยกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้ว จากนั้นนำบล็อกสกรีนไปถ่ายแบบด้วยแสงเป็นระยะเวลา 2.5 นาที ระหว่างขั้นตอนการถ่ายแบบด้วยแสง อิเล็กตรอนในโมเลกุลของน้ำยาไวแสง (เมทิลออเรนจ์) ได้รับพลังงานจากภายนอก ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนจากสถานะพื้น (Ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (Excited state) ซึ่งไม่เสถียร (รูปที่ 4.3) จึงคายพลังงานออกมาอยู่ในรูปพลังงานแสง (รูปที่ 4.4) โดยพลังงานจะไปกระตุ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีด เกิดการแตกออกของพันธะไพเป็นอนุมูลอิสระ (รูปที่ 4.4) ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ของสายโซ่อื่น เกิดเป็นพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุล (รูปที่ 4.4)



$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$

รูปที่ 4.3 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอิเล็กตรอน [36]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 4.4 ปฏิกิริยาเชื่อมโยงของฟิล์มการอัด  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

#### 4.4 การทดสอบความสามารถในการสร้างลวดลาย

นำฟิล์มกาวอัดแต่ละสูตรที่เตรียมได้โดยคัดเลือกจากสูตรกาวอัดที่ให้ผลทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดีจากงานวิจัยของชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์ และคณะ [1] นำมาใช้งานร่วมกับกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้วปาดลงบนแม่พิมพ์สกรีน จากนั้นนำไปถ่ายแบบด้วยแสงเป็นระยะเวลา 2.5 นาที (ระยะเวลาที่เหมาะสมหลังทำการปรับเปลี่ยนเวลาในช่วง 2.0 ถึง 3.0 นาที) หลังการชะล้างลวดลายด้วยน้ำ นำลายภาพที่ปรากฏมาตรวจสอบความคมชัดของลวดลายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง โดยตรวจสอบว่าฟิล์มกาวอัดสูตรต่างๆ สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายทั้งในส่วนที่หยาบและส่วนที่ละเอียดได้หรือไม่ โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดแต่ละสูตร

สูตร	ความคมชัด	การชะล้าง
P*(3)4T6L4	คมชัด	ง่าย
P*(5)4T6L1	คมชัด	ง่าย
P*(5)4T6L2	คมชัด	ง่าย
P*(5)4T6L3	คมชัด	ง่าย
P*(5)4T6L4	คมชัด	ง่าย
ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	คมชัด	ง่าย

#### หมายเหตุ

ความสามารถในการเก็บรายละเอียด หมายถึง เม็ดสกรีนและลายเส้นที่ปรากฏบนฟิล์มแม่แบบ (Dispositive film) ที่เล็กที่สุดที่ฟิล์มกาวอัดแต่ละชนิดสามารถเคลือบบนแม่พิมพ์สกรีนได้ และสามารถนำไปพิมพ์ให้เกิดเป็นภาพได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.5 ลวดลายส่วนหยาบและละเอียดของฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 ระโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความคมชัด** หมายถึง ความสามารถในการทำแม่พิมพ์สกรีนที่มีเม็ดสกรีนหรือลายเส้นให้มีขนาดเท่ากับแม่แบบ และเมื่อนำแม่พิมพ์สกรีนนั้นไปพิมพ์ ลวดลายที่พิมพ์ได้จะมีขนาดใกล้เคียงกับแม่แบบ

**การชะล้างลาย** หมายถึง การล้างลายหลังการถ่ายด้วยแสงให้กาวหลุดออกเป็นลวดลายตามแผ่นฟิล์มต้นฉบับด้วยน้ำ

- **ง่าย** หมายถึง สามารถใช้น้ำฉีดให้กาวหลุดเป็นลวดลายตามต้องการได้ ภายใน 1 นาที
- **ยาก** หมายถึง สามารถใช้น้ำฉีดให้กาวหลุดเป็นลวดลายตามต้องการได้ แต่ใช้เวลามากกว่า 1 นาที



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างลักษณะของลวดลายที่คมชัด (ซ้าย) และลวดลายที่ไม่คมชัด (ขวา)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าฟิล์มกาวอัดทุกสูตรสามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ในระดับคมชัด และขั้นตอนการชะล้างลวดลายทำได้ง่าย เทียบเท่าฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า จึงนำฟิล์มกาวอัดทุกสูตรมาทำการทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 4.7 ลวดลายการถ่ายแบบจากฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(3)4T6L4 (ก), P\*(5)4T6L1 (ข), P\*(5)4T6L2 (ค), P\*(5)4T6L3 (ง), P\*(5)4T6L4 (จ) และฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า (ฉ)

#### 4.5 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดและความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ

นำฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 มาทดสอบอายุการใช้งานโดยเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1 วัน พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้ และเมื่อลดปริมาณน้ำมันลินสีดโดยใช้อัตราส่วน 3, 2 และ 1 pph ตามลำดับ และเก็บฟิล์มกาวอัดทั้ง 3 สูตร เป็นระยะเวลา 1 วัน พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตรทั้ง 3 สูตร (P\*(5)4T6L3, P\*(5)4T6L2 และ P\*(5)4T6L1) ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้เช่นกัน สำหรับสูตรที่ลดปริมาณกรดโอเลอิกที่ใช้ปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยใช้อัตราส่วน 3 pph (P\*(3)4T6L4) พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตรดังกล่าว หลังจากทิ้งไว้ 1 วัน ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้เช่นกัน

จากปรากฏการณ์ข้างต้น สันนิษฐานว่าฟิล์มกาวอัดทุกสูตรที่ทำการทดสอบอยู่ในรูปของแข็ง เมื่อวางแผ่นฟิล์มทิ้งไว้ ฟิล์มจะสัมผัสกับอากาศและสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่น้ำมันลินสีดและส่วนของกรดโอเลอิก ทำให้ฟิล์มเกิดการเชื่อมโยงบางส่วน เมื่อนำไปถ่ายแบบด้วยแสง ประสิทธิภาพการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่นี้ส่วนที่ต้องการให้เกิดการเชื่อมโยงลดลง ในขณะที่ส่วนไม่ต้องการให้เกิดการเชื่อมโยง มีการเชื่อมโยงบางส่วนก่อนนำฟิล์มมาใช้งาน รวมถึงประสิทธิภาพในการยึดติดกันระหว่างฟิล์มกาวอัดกับกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงต้อยลง เมื่อชะล้างลวดลายจึงทำให้ฟิล์มบางส่วนหลุดออก ไม่ยึดติดกับผ้าสกรีนและลวดลายที่ได้ไม่คมชัด ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ลวดลายจากฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 ที่เก็บไว้ 1 วัน

ฟิล์มกาวอัดทุกสูตรที่เตรียมได้ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้ เมื่อเก็บฟิล์มกาวอัดไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน จากงานวิจัยของชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์ และคณะ [1] พบว่ากาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้คมชัดและคงทนต่อแรงเสียดทานของยางปาดได้ดี ดังนั้นจึงเลือกฟิล์มกาวอัดที่เตรียมจากสูตร P\*(5)4T6L4 มาปรับปรุงเสถียรภาพการใช้งาน โดยเติมสารดูดซับออกซิเจนชนิดต่างๆ

สารดูดซับออกซิเจนที่พิจารณานำมาผสมในสูตรฟิล์มกาวอัด เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัด ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) และไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) ที่ความเข้มข้น 100, 300 และ 500 ppm แล้วจึงทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มขาวอัดสูตรต่างๆ

สูตร	อายุฟิล์ม			
	1 วัน	5 วัน	14 วัน	30 วัน
P*(5)4T6L4A100	✓	✓	x	-
P*(5)4T6L4A300	✓	✓	x	-
P*(5)4T6L4A500	✓	✓	✓	✓
P*(5)4T6L4B100	✓	✓	x	-
P*(5)4T6L4B300	✓	✓	✓	x
P*(5)4T6L4B500	✓	✓	✓	✓
P*(5)4T6L4C100	✓	x	-	-

หมายเหตุ

เครื่องหมาย “✓” หมายถึง ฟิล์มขาวอัดที่เตรียมได้มีความสามารถในการเก็บรายละเอียดได้คมชัด ลวดลายที่พิมพ์ต้องมีขนาดใกล้เคียงหรือเท่ากับแม่แบบ



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างฟิล์มขาวอัดที่มีลวดลายคมชัด

เครื่องหมาย “x” หมายถึง ฟิล์มขาวอัดที่เตรียมได้ไม่สามารถเก็บรายละเอียดได้ ลวดลายที่พิมพ์ได้มีขนาดไม่เท่ากับแม่แบบ จึงทำให้ฟิล์มขาวอัดในสูตรนั้นไม่ผ่านการทดสอบอายุการใช้งาน



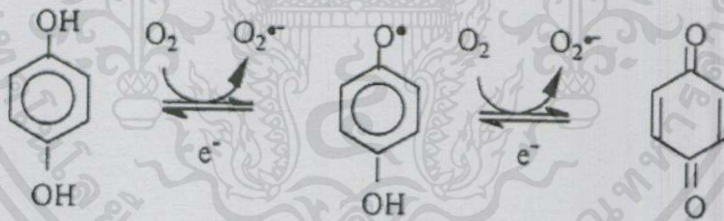
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างฟิล์มขาวอัดที่มีลวดลายไม่คมชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้กับกองโสตทัศนศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4C100 ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนที่ระยะเวลาตั้งแต่ 5 วัน โดยขณะที่เตรียมกาวอัดก่อนขึ้นรูปฟิล์ม พบว่าไฮโดรควิโนนทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เนื่องจากไฮโดรควิโนนเป็นตัวรีดิวซ์และเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ดี หลังจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเปลี่ยนจากไฮโดรควิโนนเป็นควิโนน ดังปฏิกิริยาในรูปที่ 4.12 ซึ่งโครงสร้างของควิโนนมีพันธะคู่ที่เป็นระบบคอนจูเกต ทำให้สีของกาวอัดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ดังรูปที่ 4.11 โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่าง โดยในสภาวะตัวกลางที่มีความเป็นด่าง (Alkaline solution) จะทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว [37] ทำให้ปริมาณของไฮโดรควิโนนลดลงก่อนขึ้นรูปฟิล์ม ส่งผลต่ออายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด ดังนั้นจึงไม่นำไฮโดรควิโนนมาทดสอบที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 4.11 กาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4C100 หลังเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

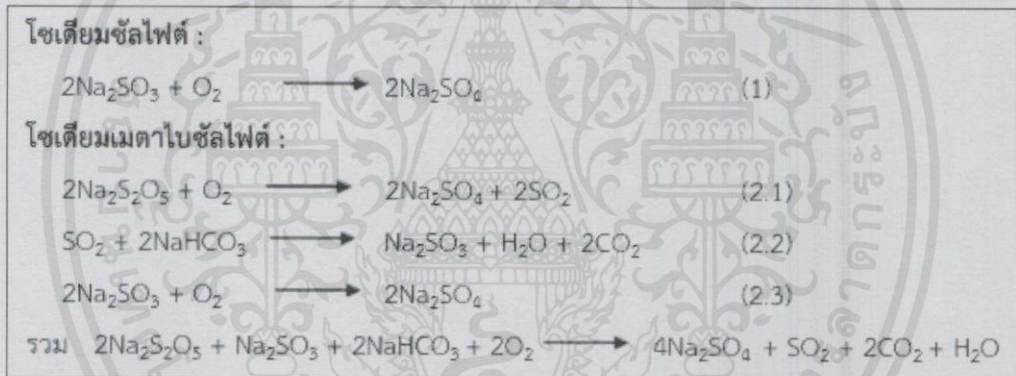


รูปที่ 4.12 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรควิโนนที่สภาวะต่าง

โซเดียมซัลไฟด์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์เป็นสารดูดซับออกซิเจนในกลุ่มซัลไฟด์ เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นโซเดียมซัลเฟต สารดูดซับออกซิเจนเหล่านี้จะทำหน้าที่ป้องกันออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับส่วนของกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีดที่ตำแหน่งพันธะคู่ โดยการจับโมเลกุลของออกซิเจนและเกิดปฏิกิริยาดังรายละเอียดในรูปที่ 4.13 จากตารางที่ 4.3 พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 ที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้คมชัดจากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบกับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $\% \Delta D_{TB}$ ) ของฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของลวดลายบริเวณหยาบ

(ตำแหน่งที่ 1 และ 2) และลวดลายบริเวณละเอียด (ตำแหน่งที่ 3) มีค่าเท่ากับ 10, 13 และ -23% ตามลำดับ ส่วนฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 มีค่าดังกล่าวเท่ากับ 9, 7 และ -23% ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.14-4.16) ตำแหน่งที่ 1 และ 2 เป็นการวัดระยะห่างของลวดลายบริเวณทึบแสง หลังจากถ่ายแบบด้วยแสงให้  $\% \Delta D_{TB}$  เป็นค่าบวก แสดงถึงระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $D_B$ ) มีค่าน้อยกว่าระยะห่างของลวดลายแม่แบบ ( $D_T$ ) ส่วนตำแหน่งที่ 3 เป็นการวัดบริเวณโปร่งแสงให้  $\% \Delta D_{TB}$  เป็นค่าลบ แสดงถึงระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $D_B$ ) มีค่ามากกว่าระยะห่างของลวดลายแม่แบบ ( $D_T$ ) ทั้งนี้การเลือกตำแหน่งในการวัดเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของลวดลายให้ทั้งค่าบวกและลบ ขึ้นกับบริเวณที่ทำการตรวจวัด อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ที่ได้มีค่าไม่เกิน 25% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 มีความคลาดเคลื่อนของลวดลายหลังการถ่ายแบบน้อยกว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 และเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า มีความคลาดเคลื่อนของลวดลายหลังการถ่ายแบบมากกว่าเพียงเล็กน้อย

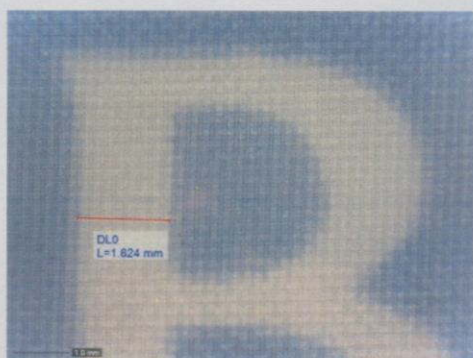


รูปที่ 4.13 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของโซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

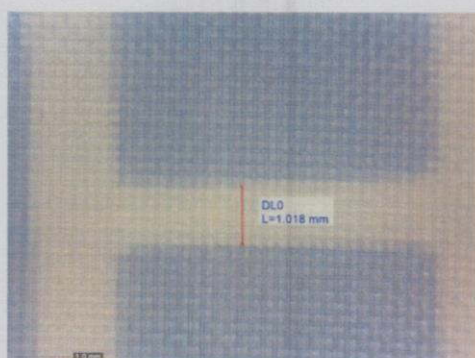
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซนต์ของผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบกับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $\% D_{TB}$ )

สูตร	ค่าเฉลี่ย $\% D_{TB}$		
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
P*(5)4T6L4A500	10	13	-23
P*(5)4T6L4B500	9	7	-23
ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	4	4	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งที่ 1



ตำแหน่งที่ 2



ตำแหน่งที่ 3

รูปที่ 4.14 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $D_8$ ) ของฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500



ตำแหน่งที่ 1



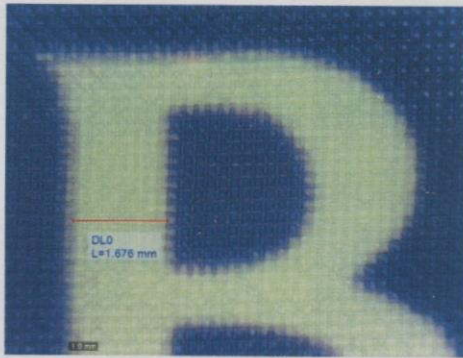
ตำแหน่งที่ 2



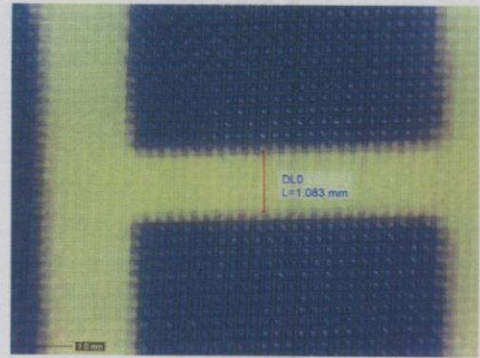
ตำแหน่งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังผู้ใดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $D_8$ ) ของฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500



ตำแหน่งที่ 1



ตำแหน่งที่ 2



ตำแหน่งที่ 3

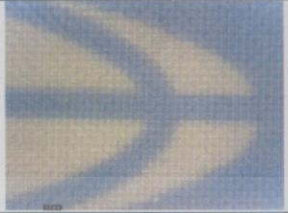
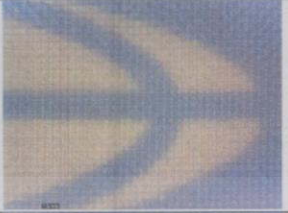










รูปที่ 4.16 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $D_B$ ) ของฟิล์มกาวอัดเกรดการค้ำ

#### 4.6 การทดสอบความคงทนเบื้องต้นของลวดลาย

ในการทดสอบความคงทนเบื้องต้นของลวดลายนำฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 ที่เดิมสารดูดซับออกซิเจนและผ่านการทดสอบอายุการใช้งานแล้ว มาทำแม่พิมพ์สกรีนที่ได้จากการถ่ายแบบด้วยแสงสีขาว นำมาทดสอบเบื้องต้นโดยการขีดบริเวณลวดลายเป็นวงกลมด้วยแรงมือ และตรวจสอบความคงทนของลวดลายหลังการขีดทุกๆ 1 นาที ทั้งหมด 5 รอบ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5 โดยพบว่าความคงทนเบื้องต้นของลวดลายทุกสูตรผ่านการทดสอบหลังการขีด 5 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความคงทนเบื้องต้นของฟิล์มกาวอัดแต่ละสูตร

สูตร	อายุการใช้งาน (วัน)	ก่อนขัด	หลังขัด 5 รอบ	สรุปผล
P*(5)4T6L4A500	14			ผ่าน
P*(5)4T6L4A500	30			ผ่าน
P*(5)4T6L4B300	14			ผ่าน
P*(5)4T6L4B500	14			ผ่าน
P*(5)4T6L4B500	30			ผ่าน
ฟิล์มกาวอัด เกรดการค้า	-			ผ่าน

**หมายเหตุ** ฟิล์มกาวอัดที่เตรียมขึ้น เวลาที่ใช้ในการถ่ายแบบด้วยแสง 2.5 นาที  
ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า เวลาที่ใช้ในการถ่ายแบบด้วยแสง 4.5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7 การทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะการใช้งานจริง

นำฟิล์มกาวอัดสูตรที่ผ่านการทดสอบความคงทนของลวดลายเบื้องต้น หลังจากเก็บฟิล์มกาวอัดไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน ได้แก่สูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 มาสร้างลวดลายภาพโดยใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสงที่ 2.5 นาที นำหมึกพิมพ์มาสกรีนผ่านแม่พิมพ์สกรีนที่ได้จากฟิล์มกาวอัดลงบนกระดาษ โดยการปาดสีบริเวณลวดลายด้วยยางปาด และตรวจสอบความคงทนของลวดลายเมื่อปาดสีทุกๆ 200 แผ่น ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500, P\*(5)4T6L4B500 และฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า แสดงดังรูปที่ 4.17 - 4.19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 फिल्मกวาด์เกรดการค้ำ เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 4.5 นาที

จากผลการทดสอบ พบว่าฟิล์มกวาด์เกรดการค้ำ ที่เวลาถ่ายแบบด้วยแสง 4.5 นาที สามารถปาดสีได้จำนวนมากกว่า 1,200 แผ่น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับฟิล์มกวาด์ทั้ง 2 สูตร ที่ใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 2.5 นาที พบว่า ฟิล์มกวาด์สูตร P\*(5)4T6L4A500 และสูตร P\*(5)4T6L4B500 สามารถปาดสีลงบนกระดาษได้จำนวนมากกว่า 1,200 แผ่นเช่นกัน

จากข้อมูลการทดสอบข้างต้น พบว่าฟิล์มกวาด์สูตร P\*(5)4T6L4A500 และสูตร P\*(5)4T6L4B500 สามารถถ่ายแบบลวดลายได้คมชัดและมีความคงทนสูง เทียบเท่ากับฟิล์มกวาด์เกรดการค้ำ ทั้งนี้ในสูตรฟิล์มกวาด์ดังกล่าวมีน้ำมันลินสีดและกรดโอเลอิกเป็นองค์ประกอบ ซึ่งโครงสร้างของน้ำมันลินสีดและกรดโอเลอิกมีพันธะคู่ สามารถเกิดการเชื่อมโยงได้เมื่อถ่ายแบบด้วยแสง ส่งผลให้เนื้อของฟิล์มกวาด์มีความแข็งแรงขึ้น สามารถทนต่อแรงปาดของยางปาดได้เป็นอย่างดี และสารดูดซับออกซิเจน (โซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์) ในปริมาณ 500 ppm สามารถยืดอายุการใช้งานของฟิล์มกวาด์ได้ (ข้อมูลเบื้องต้นอย่างน้อย 30 วัน)

#### 4.8 ความสามารถในการเก็บรายละเอียดเมื่อใช้ลวดลายที่มีความละเอียดสูง

นำฟิล์มกวาด์สูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 มาถ่ายแบบด้วยแสงเป็นเวลา 2.0 นาที (ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 2) ใช้ลายภาพที่มีความละเอียดสูงขึ้น โดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง จากวิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ นำแม่พิมพ์สกรีนมาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงว่าฟิล์มกวาด์สามารถเก็บรายละเอียดในส่วนที่มีความละเอียดสูงได้หรือไม่ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.20, 4.21 และ 4.22 พบว่าฟิล์มกวาด์สูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 สามารถเก็บรายละเอียดในส่วนที่มีความละเอียดสูงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มกวาด์เกรดการค้ำ พบว่าฟิล์มกวาด์ทั้ง 2 สูตรสามารถเก็บรายละเอียดได้น้อยกว่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

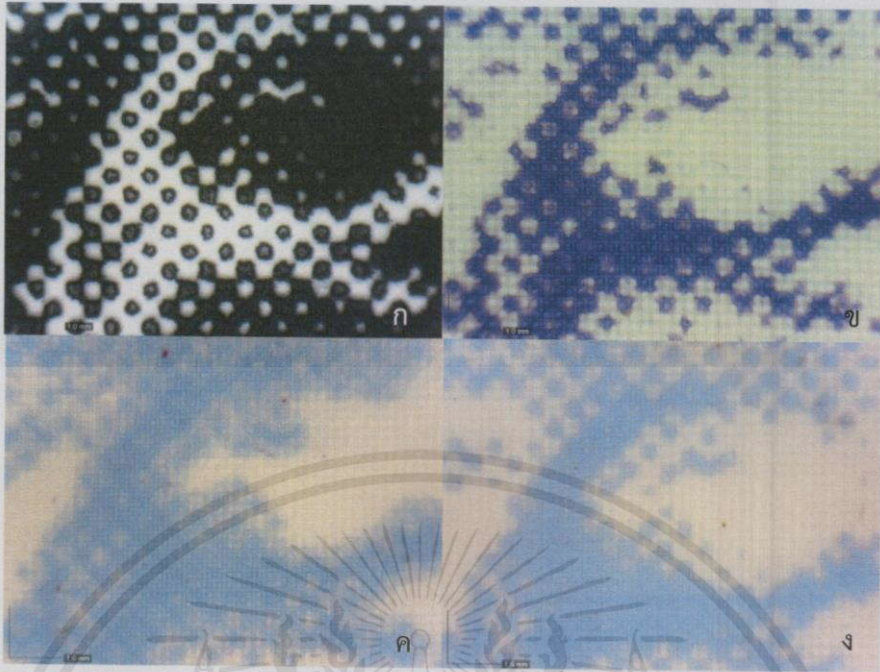


รูปที่ 4.20 ลวดลายที่ได้จากฟิล์มขาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 (ก) และฟิล์มขาวอัดเกรดการค้า (ข)



รูปที่ 4.21 ลวดลายที่มีความละเอียดสูงที่ได้จากฟิล์มขาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 (ก), สูตร P\*(5)4T6L4B500 (ข) และฟิล์มขาวอัดเกรดการค้า (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบการเก็บรายละเอียดของลวดลายที่มีความละเอียดสูง ฟิล์มแม่แบบ (ก), ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า (ข), ฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 (ค) และสูตร P\*(5)4T6L4B500 (ง)

#### 4.9 ความสามารถในการใช้งานกับหมึกพิมพ์ชนิดต่างๆ

นำฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 มาสร้างลวดลายภาพโดยใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสงที่ 2.0 นาที (ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 2) จากนั้นนำหมึกพิมพ์เชื่อน้ำและเชื่อน้ำมันมาปาดผ่านบล็อกสกรีนที่เตรียมได้ลงบนกระดาษ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.23 และ 4.24 พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 สามารถใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื่อน้ำและเชื่อน้ำมันชนิดแห้งช้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื่อน้ำ



รูปที่ 4.24 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื่อน้ำมันชนิดแห้งช้า

#### 4.10 การประเมินความพึงพอใจการใช้งานของฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน

จากการทดสอบข้างต้นจึงนำฟิล์มกาวอัดจำนวน 2 สูตร คือ P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 มาประเมินความพึงพอใจในการใช้งานด้านการพิมพ์สกรีนในหัวข้อดังตารางที่ 4.6 โดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง (4 คน) และนักศึกษาสาขาภาพพิมพ์ (11 คน) จากวิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร รวมทั้งหมดจำนวน 15 คน โดยแบ่งระดับความพึงพอใจในระดับ 1-5 และหาค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ แสดงในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อฟิล์มกาวยัดสูตรต่างๆ

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ			
	P*(5)4T6L4A500		P*(5)4T6L4B500	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
<b>1. ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มกาวยัด</b>				
1.1 พื้นผิวสัมผัสของฟิล์มกาวยัด	4.1	0.52	5.0	0.00
1.2 ความเข้มข้นของเนื้อฟิล์มกาวยัด	2.5	0.74	3.3	0.59
1.3 กลิ่นของฟิล์มกาวยัด	3.9	0.64	4.3	0.62
<b>2. ลักษณะการใช้งานของฟิล์มในขั้นตอนการถ่ายแม่พิมพ์สกรีน</b>				
2.1 ความสามารถในการลอกแผ่นพลาสติกใส	3.8	0.68	4.9	0.26
2.2 เวลาที่ใช้ในการถ่ายแบบด้วยแสง	3.5	0.52	4.4	0.51
2.3 ความสามารถในการชะล้างลวดลายด้วยน้ำ	3.3	0.49	4.5	0.52
2.4 การยึดติดของเนื้อฟิล์มกับผ้าสกรีน	3.9	0.99	4.5	0.52
2.5 ความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ	3.5	0.64	4.6	0.51
2.6 ฟิล์มกาวยัดสามารถใช้ได้กับผ้าสกรีนที่มีความละเอียดต่ำ	4.1	0.64	5.0	0.00
2.7 ใช้กับแบบลายพิมพ์ที่มีงานลายเส้นและเม็ดสกรีนที่ละเอียดได้	4.1	0.64	5.0	0.00
<b>3. สภาวะการใช้งานจริงของฟิล์มกาวยัด</b>				
3.1 ความคมชัดของลวดลายหลังการปาดสี	3.7	0.59	4.8	0.41
3.2 ความคงทนของฟิล์มกาวยัด	4.1	0.80	5.0	0.00
3.3 การใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื่อน้ำ	4.1	0.80	4.9	0.26
3.4 การใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื่อน้ำมัน	4.4	0.83	4.9	0.26
3.5 ความสามารถในการล้างฟิล์มออกจากบล็อกสกรีนด้วยผงคลอรีน	5.0	0.00	5.0	0.00
<b>ผลรวม</b>	<b>3.9</b>		<b>4.7</b>	

**หมายเหตุ** เกณฑ์การประเมินระดับความพึงพอใจโดยรวมในการใช้งานฟิล์มกาวยัดดังนี้

5.0	หมายถึง	พึงพอใจในระดับดีมาก
4.0 – 4.9	หมายถึง	พึงพอใจในระดับดี
3.0 – 3.9	หมายถึง	พึงพอใจในระดับพอใช้
2.0 – 2.9	หมายถึง	ควรปรับปรุง
< 2.0	หมายถึง	ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการประเมินระดับความพึงพอใจในการใช้งานฟิล์มกาวอัดทั้ง 2 สูตร พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับพอใช้ โดยค่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในทุกหัวข้อมีค่า 3.3-5.0 ยกเว้นหัวข้อย่อยที่ 1.2 ความเข้มข้นของเนื้อฟิล์มกาวอัดมีความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 อยู่ในระดับที่ควรปรับปรุง ส่วนฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับดี โดยค่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในทุกหัวข้อมีค่าเกิน 4.0 ยกเว้นหัวข้อย่อยที่ 1.2 มีความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ จากผลการประเมินสมบัติโดยรวมข้างต้นของฟิล์มกาวอัดสูตรทั้ง 2 สูตร พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 มีความพึงพอใจในการใช้งานมากกว่าสูตร P\*(5)4T6L4A500 จึงนำฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆ กับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้าในหัวข้อถัดไป

#### 4.11 การเปรียบเทียบสมบัติฟิล์มกาวอัดที่เตรียมขึ้นกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 กับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

สมบัติ	ชนิด	ฟิล์มกาวอัด สูตร P*(5)4T6L4B500	ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า
ลักษณะทางกายภาพ		- ฟิล์มมีลักษณะนิ่ม - เมื่อมีรอยยับ สามารถใช้งานได้	- ฟิล์มมีลักษณะแข็ง - เมื่อมีรอยยับ ไม่สามารถใช้งานได้
สีของฟิล์มกาวอัด*		น้ำเงิน	ม่วง
ความหนา		35±5 µm	30 µm
เวลาในการถ่ายแบบ**		2.5 นาที	4.5 นาที
การเก็บรักษา		เก็บในที่มืด	เก็บในที่มืด
การติดตั้งพลาสติกออก		ง่าย	ค่อนข้างยาก
การเก็บรายละเอียดของลวดลายที่มีความละเอียดสูง		เก็บรายละเอียดได้น้อยกว่า	เก็บรายละเอียดได้มากกว่า
ความคงทนในการปาดสี		มากกว่า 1,200 แผ่น	มากกว่า 1,200 แผ่น
ใช้งานกับผ้าสกรีนที่มี ความละเอียดต่ำ		ได้	ได้
ใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื่อน้ำ		ได้	ได้
ใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื่อน้ำมัน ชนิดแห้งช้า (Drulite ink)		ได้	ได้
ความยากง่ายของการล้างฟิล์ม กาวอัดออกจากบล็อกสกรีน		ล้างออกง่าย	ล้างออกง่าย
ราคา*** (ขนาด 120x100 cm <sup>2</sup> )		10 บาท <sup>a</sup>	600 บาท <sup>b</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 02-214-9434 หรือ e-mail: info@kmutt.ac.th

\*สีของฟิล์มขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้สี โดยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของการถ่ายแบบลวดลาย

\*\*ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 1

\*\*\*<sup>a</sup> การคำนวณราคาต้นทุนในการผลิตฟิล์มกาวอัด (ไม่รวมค่าเครื่องมือและอุปกรณ์) จากตาราง  
ที่ 4.8

\*\*\*<sup>b</sup> ราคาขายปลีก

#### ตารางที่ 4.8 ราคาสารเคมี

สารเคมี	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	1,000	207
พอลิไวนิลอะซิเตต	1,800	125
กรดโอเลอิก	800	740
น้ำมันลินสีด	1,000	200
กรดพาราโทลูอินซิลโฟนิก	500	1,600
น้ำยาไวแสง	80	30
โซเดียมซัลไฟด์	500	230
โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์	450	80
ไฮโดรควิโนน	100	1,200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยการพัฒนาฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นพอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc) และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) หรือพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก ปรับปรุงสมบัติของฟิล์มกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด และใช้สารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) และไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อยืดอายุการใช้งาน โดยควบคุมความหนาของฟิล์มกาวอัดทุกสูตรที่  $35 \pm 5$  ไมครอน ซึ่งความหนาที่ได้มากกว่าฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า (30 ไมครอน) เล็กน้อย

เมื่อนำฟิล์มกาวอัดทุกสูตรมาสร้างลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน โดยใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 2.5 นาที พบว่าฟิล์มกาวอัดทุกสูตรสามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้คมชัด และการชะล้างลวดลายด้วยน้ำสามารถทำได้ง่าย จึงนำฟิล์มกาวอัดทุกสูตรเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1 วัน พบว่าฟิล์มกาวอัดทุกสูตรไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้ จากงานวิจัยของ ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์ และคณะ [1] พบว่ากาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้คมชัดและคงทนต่อแรงเสียดทานของยางปาดได้ดี จึงเลือกฟิล์มกาวอัดที่เตรียมจากกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4 มาเติมสารดูดซับออกซิเจนชนิดต่างๆ

จากการศึกษาอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้คมชัดที่ระยะเวลา 1, 5, 14 และ 30 วัน แต่ฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4C100 ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนที่ระยะเวลาตั้งแต่ 5 วันขึ้นไป

จากการวัดความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ โดยพิจารณาผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบกับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $\Delta D_{TB}$ ) ของฟิล์มกาวอัดทั้ง 2 สูตร พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของลวดลายบริเวณหยาบ (ตำแหน่งที่ 1 และ 2) และลวดลายบริเวณละเอียด (ตำแหน่งที่ 3) ของฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 มีค่ามากกว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 เล็กน้อย แสดงถึงความคลาดเคลื่อนของลวดลายหลังการถ่ายแบบของฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 มีมากกว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500

จากการทดสอบความคงทนเบื้องต้นโดยการขัดบริเวณลวดลายเป็นวงกลมด้วยแรงมือ พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 และ P\*(5)4T6L4B500 ที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน ผ่าน

การทดสอบ จากนั้นนำไปทดสอบความคงทนที่สภาวะการใช้งานจริง พบว่าฟิล์มกาวอัดทั้ง 2 สูตรสามารถปาดสีได้จำนวนมากกว่า 1,200 แผ่น เช่นเดียวกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

จากการทดสอบความสามารถในการเก็บรายละเอียดของลวดลายที่มีความละเอียดสูง และ การใช้งานกับหมึกพิมพ์ชนิดต่างๆ พบว่าฟิล์มกาวอัดทั้ง 2 สูตร สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลาย ในส่วนที่มีความละเอียดสูง อีกทั้งสามารถใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำและเชื้อน้ำมันชนิดแห้งซ้ำ (Drulite ink) ได้

จากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของฟิล์มกาวอัด โดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ ทางและนักศึกษาสาขาภาพพิมพ์ จากวิทยาลัยช่างศิลป์ พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4A500 มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับพอใช้ และสูตร P\*(5)4T6L4B500 มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับดี

เมื่อนำการทดสอบทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร P\*(5)4T6L4B500 มีสมบัติการใช้งานใกล้เคียงกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้ามากที่สุด

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ปรับปรุงความเข้มสีของเนื้อฟิล์มกาวอัด เพื่อเพิ่มความพึงพอใจในการใช้งาน
- 2) ศึกษาสารดูดซับออกซิเจนที่ความเข้มข้นมากกว่า 500 ppm เพื่อยืดอายุการใช้งานของฟิล์ม กาวอัด
- 3) ศึกษาสารดูดซับออกซิเจนชนิดอื่นที่สามารถยืดอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดได้
- 4) นำฟิล์มกาวอัดไปทดลองใช้งานจริงในอุตสาหกรรมพิมพ์สกรีน เก็บข้อมูลและประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์, ธนาภรณ์ สหัสสานนท์ และพีรพร สัจจพันธ์พงษ์. 2555. การพัฒนาการอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และพอลิไวนิลอะซิเตดปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน. โครงการพิเศษ สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์. 2548. การพิมพ์ซิลค์สกรีน. กรุงเทพฯ : ลิปประภา.
- [3] วิเชียร จิระกรานนท์ และนงเยาว์ จิระกรานนท์. 2546. การพิมพ์สกรีน Screen Print techniques. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : อูษาการพิมพ์.
- [4] วรา ชัยนิตย์. 2539. การพิมพ์สกรีน Screen printing. กรุงเทพฯ : วิทยาช่างศิลป์.
- [5] ปิยะ วงกิจพิมพ์ และยงยุทธ ตั้งจิตปิยะนนท์. 2536. เทคนิคการพิมพ์สกรีน. กรุงเทพฯ : เอส.วี.พริ้นติ้ง.
- [6] ศิริกุล ไทพิทักษ์. 2549. การพิมพ์ซิลค์สกรีน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.
- [7] วิไลรัตน์ วงศ์เทพ. 2553. “อนุภาคยางธรรมชาติกราฟต์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และเยื่อเลือกผ่านผสมของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิอะคริลิกแอซิด.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [8] Wikipedia. 2015. Polyvinyl acetate. [Online]. Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/polyvinyl\\_acetate](http://en.wikipedia.org/wiki/polyvinyl_acetate).
- [9] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2551. คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงไว้นิลอะซิเตดมอนอเมอร์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] TOA Paint (Thailand). 2015. กาวลาเท็กซ์ ทีโอเอ แอลเอ 22S [Online]. Available : <http://www.toagroup.com/th/product/48/219-กาวลาเท็กซ์-ทีโอเอ-แอลเอ-22S.html>.
- [11] อรุษา สรวารี. 2542. สารเคลือบผิว. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- [12] Potts, R.H. and Muckercide, V.J. 1968. “Production of Fatty Acids.” Fatty Acids and their Industrial Applications. Edited By Pattison, E.S., New York : Marcel Dekker : 21-45.
- [13] Voet, D. and Voet, J.G. 1995. “Lipid and membranes.” Biochemistry, Edited by Rose, N., Newyork, John Wiley & Sons, : 277-329,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Oleochemicals growth should continue. 1993. "International News on Fats." Oils and Related Materials, Vol. 4 : 174-176.
- [15] ครุบุญอรอด วงษ์สวาท. 2015. ชนิดของกรดไขมัน [Online]. Available : [http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd\\_site/kind\\_of\\_fattyacid.htm](http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/kind_of_fattyacid.htm)
- [16] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. Acid value: D 1639. Standard Method for Acid Value of organic Materials.
- [17] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. Saponification value: D 1962. Test for saponification value of drying oil, fats and polymerized fatty acids.
- [18] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. Hydroxyl value: D 1957. Standard Test Method for Hydroxyl Value of Fatty Oils and Acids.
- [19] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. Iodine value: D 1959. Test for Iodine Value of drying Oils and their Derivatives.
- [20] Wikipedia. 2015. Linseed oil [Online]. Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/Drying\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Drying_oil).
- [21] Wikipedia. 2015. Linseed oil [Online]. Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed\\_oil](http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed_oil).
- [22] Wikipedia. 2015. Oleic acid [Online]. Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/Oleic\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Oleic_acid).
- [23] Thaigoodview. 2015. ตัวเร่งปฏิกิริยา [Online]. Available : <http://thaigoodview.com/library/teachershow/nongkhai/chemical/sec01p16.htm>.
- [24] Wikipedia. 2015. P-toluenesulfonic acid [Online]. Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/P-toluenesulfonic\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/P-toluenesulfonic_acid).
- [25] นนทรีย์ เกียรติสมบุญ. 2552. "คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ที่เติมสารสกัดจากพริกที่ผ่านการเอนแคปซูลเลชัน." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [26] Wikipedia. 2015. Sodium sulfite [Online]. Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_sulfite](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_sulfite).
- [27] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิม และนิธิยา รัตนาปน. 2015. Sodium metabisulfite. [Online]. Available : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1684/sodium-metabisulfite-โซเดียมเมแทไบซัลไฟต์>

- [28] Aqua-Serv. 2015. The Fundamentals of oxygen scavengers [Online]. Available: <http://hvac-talk.com/vbb/attachment.php?attachmentid=137901&d=1289782733>.
- [29] ปรีชา ศิริศรีโร และกัญญา เกิดศิริ. 2550. การพิสูจน์เอกลักษณ์และวิเคราะห์ไฮโดรควิโนนในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- [30] รัตนาพร ทองสุข และพรพรรณ พูนแสวง. 2552. การเตรียมกาวติดไม้ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์จาก PVA และน้ำมันทัง. โครงการพิเศษ สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [31] S. Tharhate and J. Ngamcharoentavorn. 2007. Water-resistant enhancement of Drying oil Modified Poly(vinyl alcohol). Special Project Book International programs, Faculty of science King Mongkut's Institute of Technolgy Ladkrabang.
- [32] P. Lakkanapronwisit and N. Rattanaapiromyakit. 2008. Preparation and modification of wood-adhesive using PVOH and natural-drying oil. Special Project Book International programs, Faculty of science King Mongkut's Institute of Technolgy Ladkrabang.
- [33] ภคพล ลัคนาพรวิสิฐ. 2555. กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันซิกแซกธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ติเคิล. วิทยานิพนธ์ สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [34] ณัฐชา ปานกุล. 2552. การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด. วิทยานิพนธ์ สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [35] Z.O. Oyman, W. Ming and R. van der Linde. 2005. Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bond catalyzed by a cobalt catalyzed. Organic Coatings 54, 198-204,
- [36] Wikipedia. 2015. เลเซอร์ [Online]. Available : <http://th.wikipedia.org/เลเซอร์>
- [37] M. Gillner, G.S. Moore, H. Cederberg and Dr K. Gustafsson. 1994. Environmental Health Criteria 157, Hrdroquinone. [Online]. Available: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc157.htm#SectionNumber:2.2>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### ผลของความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีน

ตารางที่ ก.1 ผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ ( $D_T$ ) กับระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน ( $D_B$ )

สูตร	ตำแหน่ง ที่	$D_B$ (mm)			Average of $D_B$ (mm)	$\Delta D_{TB}$ (mm)	% $D_{TB}$
		$D_{B1}$	$D_{B2}$	$D_{B3}$			
ฟิล์มกาวอัด เกรดการค้ำ	1	1.676	1.793	1.701	1.723	0.081	4.47
	2	1.083	1.147	1.095	1.108	0.052	4.45
	3	0.580	0.554	0.575	0.570	0.036	6.00
P*(5)4T6L4A500	1	1.624	1.637	1.611	1.624	0.180	9.98
	2	1.018	1.006	1.005	1.010	0.150	12.96
	3	0.722	0.748	0.773	0.748	-0.142	-23.38
P*(5)4T6L4B500	1	1.650	1.637	1.663	1.650	0.154	8.54
	2	1.083	1.108	1.031	1.074	0.086	7.41
	3	0.799	0.709	0.722	0.743	-0.137	-22.66

หมายเหตุ  $\% \Delta D_{TB} = \frac{\Delta D_{TB}}{D_T} \times 100$

$D_T$  คือ ระยะห่างของลวดลายแม่แบบ

$D_{T1}$  คือ ระยะของลวดลายแม่แบบตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 1.804 mm

$D_{T2}$  คือ ระยะของลวดลายแม่แบบตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 1.160 mm

$D_{T3}$  คือ ระยะของลวดลายแม่แบบตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 0.606 mm

$D_B$  คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน

$D_{B1}$  คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีนครั้งที่ 1

$D_{B2}$  คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีนครั้งที่ 2

$D_{B3}$  คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีนครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข

ตารางที่ ข.1 ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
<ul style="list-style-type: none"> <li>● หลังจากติดฟิล์มด้วยกาวอัดแล้วต้องใช้เวลาในการทำแม่พิมพ์สกรีนแห้งนานเกินไป</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. บริเวณที่ใช้ตากแม่พิมพ์สกรีนมีความชื้นสูง</li> <li>2. ฟิล์มที่ติดบนผ้าสกรีนด้วยกาวอัดนั้นติดไม่แน่นพอ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตากไว้ในห้องปรับอากาศ หรือในห้องที่มีความชื้นต่ำ</li> <li>2. ติดฟิล์มในผ้าสกรีนบนพื้นผิวที่ลื่นและเรียบ เพื่อให้การเกาะติดระหว่างฟิล์มกับผ้าสกรีนแน่นยิ่งขึ้น</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● เกิดรูพรุน หรือตามดบนแม่พิมพ์สกรีน</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การทำความสะอาดผ้าสกรีนไม่ถูกวิธี</li> <li>2. มีฝุ่นละอองเกาะติดอยู่บนแม่แบบ แผ่นฟิล์ม หรือกระจก</li> <li>3. เวลาถ่ายไฟน้อยเกินไป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ต้องทำความสะอาดจัดคราบไขคราบสกปรก โดยใช้น้ำยาล้างไซ</li> <li>2. เช็ดฟิล์มแม่แบบ แผ่นฟิล์ม หรือกระจกให้สะอาดปราศจากฝุ่นละอองก่อนนำมาใช้งาน</li> <li>3. ทดสอบหาเวลาในการถ่ายไฟให้ถูกต้อง</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ขอบของลายไม่คมชัด</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ยางปาดที่ใช้ปาดกาวอัดในเวลาติดฟิล์ม มีความแข็ง และคมมากเกินไป</li> <li>2. เวลาถ่ายไฟน้อยเกินไป</li> <li>3. ใช้เวลาในการล้างลายน้อยเกินไป</li> <li>4. ฟิล์มแม่แบบแนบไม่สนิทกับผ้าสกรีนขณะถ่ายไฟ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้ยางปาดที่มีความแข็งขนาดกลางและออกแรงกดพอ สมควรขณะติดฟิล์มกับผ้าสกรีน</li> <li>2. ทดสอบหาเวลาในการถ่ายไฟให้ถูกต้อง</li> <li>3. ล้าง หรือฉีดน้ำจนกว่าตำแหน่งของลายจะเปิดออกโดยสมบูรณ์</li> <li>4. ควรใช้เครื่องลมดูด (Vacuum) ช่วยในการถ่ายไฟหรือในกรณีใช้ตู้ไฟถ่ายธรรมดา ควรใช้กระจกที่มีขนาดเล็กกว่าขอบในของกรอบสกรีนทับและนำของหนักๆทับอีกครั้งจนมั่นใจว่าแม่แบบแนบสนิทกับกับกระจกแล้ว</li> </ol>

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ลายของแม่พิมพ์สกปรกแตกต่างขณะพิมพ์</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้หมึกไม่เหมาะสมกับชนิดของฟิล์ม</li> <li>2. ผ้าสกปรกยืดตัว</li> <li>3. เวลาถ่ายไฟน้อยเกินไป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกใช้ประเภทของหมึกให้เหมาะกับฟิล์มแต่ละชนิด</li> <li>2. ซึงผ้าสกปรกให้ถูกวิธี และเลือกใช้ผ้าสกปรกให้ถูกต้อง เหมาะสมกับงานที่จะพิมพ์</li> <li>3. ทดสอบหาเวลาในการถ่ายไฟให้ถูกต้อง</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ส่วนของกาวอัดที่นอกเหนือจากลายหลุดลอกในระหว่างที่ล้างลาย</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เวลาถ่ายไฟน้อยเกินไป</li> <li>2. การทำความสะอาดผ้าสกปรกไม่ถูกวิธี</li> <li>3. ใช้หัวฉีดน้ำที่มีแรงดันน้ำสูงเกินไป หรือล้างลายนานเกินไป</li> <li>4. ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงไม่ถูกต้องตามอัตราส่วน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทดสอบหาเวลาในการถ่ายไฟให้ถูกต้องหรือเพิ่มกำลังไฟให้แรงขึ้น</li> <li>2. ต้องทำความสะอาดจัดคราบไขคราบสกปรก โดยใช้ น้ำยาล้างไข</li> <li>3. ฉีดล้างเฉพาะตำแหน่งของลายให้ออกจนชัดเจน และลดกำลังแรงดันของน้ำล้าง อย่าล้างนานเกินไป ควรตรวจสอบเวลาในการถ่ายไฟใหม่ ในกรณีที่ล้างลายออกได้ยาก</li> <li>4. ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงให้อยู่ในอัตราส่วนตามคำแนะนำของผู้ผลิต</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● เกิดรอยคราบหมึกในพื้นที่พิมพ์</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ล้างแม่พิมพ์ไม่สะอาดและไม่ทั่วบริเวณ</li> <li>2. ไม่ได้เข็ดรอบคราบหมึกออกจากแม่พิมพ์</li> <li>3. น้ำที่ค้างอยู่จะเป็นตัวพารอยคราบหมึกไปปรากฏบนพื้นที่ๆ ต้องการพิมพ์</li> <li>4. ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงไม่เข้ากัน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ล้างแม่พิมพ์สกปรกให้ทั่วทั้งด้านหน้าและด้านหลัง</li> <li>2. ใช้ผ้าที่ไม่มีขนซับรอยคราบหมึกก่อนพิมพ์</li> <li>3. วางแม่พิมพ์ในแนวตั้ง เข็ดอีกครั้งให้แห้งสนิท ก่อนนำไปพิมพ์</li> <li>4. ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงตามกรรมวิธีและคำแนะนำของผู้ผลิต</li> </ol>

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
<ul style="list-style-type: none"> <li>เกิดฟองอากาศบนฟิล์มที่ติดอยู่บนผ้าสกกรีน</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>เวลาถ่ายไฟน้อยเกินไป</li> <li>ยางปาดที่ใช้ปาดกาวอัดในเวลาติดฟิล์มมีลักษณะแหลมและแข็งเกินไป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทดสอบเวลาในการถ่ายไฟให้ถูกต้อง</li> <li>ควรใช้ยางปาดที่มีความแข็งขนาดปานกลาง และออกแรงกดพอสมควรขณะติดฟิล์มบนผ้าสกกรีน</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>เมื่อล้างลายแล้วพบว่าลายตัน</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>เวลาถ่ายไฟนานเกินไป</li> <li>ติดฟิล์มด้วยกาวอัดบนผ้าสกกรีนไว้นานเกินไป ก่อนที่จะนำไปถ่ายไฟ (สำหรับกาวอัดที่ใช้ไวแสงแบบไดโครเมต)</li> <li>ฟิล์มแม่แบบมีรูพรุน ทำให้แสงผ่านได้</li> <li>ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงไม่ถูกต้องตามอัตราส่วน</li> <li>กาวอัดและน้ำยาไวแสงหมดอายุการใช้งาน เนื่องจากเก็บไว้นานเกินเวลาที่กำหนด</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทดสอบหาเวลาในการถ่ายไฟให้ถูกต้อง</li> <li>การถ่ายไฟและล้างลาย ควรกระทำต่อเนื่องทันที เมื่อได้ติดฟิล์มด้วยกาวอัดบนผ้าสกกรีนและทำให้แห้งแล้ว</li> <li>นำฟิล์มแม่แบบวางบนโต๊ะไฟเพื่อให้แสงผ่านตามรูที่พรุน ใช้หมึกทึบแสงแต้มแต่งตามจุดให้เรียบร้อย และตรวจสอบความสะอาดก่อนนำมาใช้</li> <li>ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงให้อยู่ในอัตราส่วน ตามคำแนะนำของผู้ผลิต</li> <li>กาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแบบไดโครโซ ถ้าเก็บไว้ในตู้เย็น จะมีอายุได้นานถึง 6 เดือน ส่วนกาวอัดที่ผสมไวแสงแบบโครม (Chrome) จะเก็บได้นาน 2 สัปดาห์</li> </ol>

## ภาคผนวก ค

### ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข

ตารางที่ ค.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
<ul style="list-style-type: none"> <li>• พิมพ์ขึ้นงานลักษณะสอดสีหรือหลากสี ลายพิมพ์ไม่ตรง และมีการเหลื่อมกันของสีเกิดช่องว่างของพื้นที่ของสี</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้แรงกดขยงปาดมากเกินไปและไม่สม่ำเสมอในแต่ละสี</li> <li>2. เกิดการยืดของผ้าสกรีนขณะปาดขยงสกรีน</li> <li>3. รอยมาร์คบนแผ่นฟิล์มไม่ตรงกัน</li> <li>4. วางแบบลายพิมพ์และกระดาษไม่ตรงกระดาษพิมพ์เคลื่อนตัวได้ขณะพิมพ์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ควรใช้แรงกดขยงปาดให้สม่ำเสมอ</li> <li>2. ตรวจสอบและควรให้ผ้าสกรีนตึงเท่ากันทุกแม่พิมพ์</li> <li>3. ตรวจสอบรอยมาร์คบนแผ่นฟิล์มตรงกันหรือไม่</li> <li>4. การเขียนฟิล์มดำควรให้รอยต่อของสีเสมอกัน จัดวางตำแหน่งของการพิมพ์ให้เที่ยงตรง</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• สีหมักติดบนชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ บางครั้งเกิดรอยเยิ้มของสีนอกขอบเขตของตำแหน่งพิมพ์</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขณะพิมพ์ใช้แรงกดขยงปาดไม่สม่ำเสมอและหน้ายางปาดรีดหมึกไม่สม่ำเสมอ</li> <li>2. ระยะห่างระหว่างผ้าสกรีน (Print side) มีระยะห่างที่ไม่เท่ากัน แรงสปริงของผ้าน้อย ทำให้สีย้อนกลับบนผ้า</li> <li>3. ยางปาดมีขนาดเล็กเกินไป เมื่อเทียบกับตำแหน่งพิมพ์ บริเวณมุมยางปาดชิดขอบพื้นที่งานพิมพ์มากเกินไป</li> <li>4. หมึกพิมพ์เหลวเกินไป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้แรงกดให้สม่ำเสมอและจัดวางตำแหน่งของการจับยางปาดสกรีนให้ถูกต้อง</li> <li>2. จัดวางระยะห่างของผ้าสกรีนกับกระดาษพิมพ์ให้เหมาะสมเท่ากันทุกด้าน</li> <li>3. ใช้ยางปาดที่มีขนาดใหญ่กว่าแบบภาพและตำแหน่งที่พิมพ์อย่างน้อยข้างละ 3 – 4 เซนติเมตร</li> <li>4. ควรใช้หมึกพิมพ์ที่มีความข้นพอเหมาะ</li> </ol>

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ขณะพิมพ์หมึกสีมักติดยางปาดเป็นก้อนๆ ต้องใช้แรงเคาะยางปาดสี</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. หมึกพิมพ์ข้นเกินไป</li> <li>2. การวางยางปาดและหน้าสัมผัสของยางปาดเอียงเข้าหาตัวมากเกินไป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เพิ่มความเหลวของหมึกพิมพ์ด้วยการผสมน้ำยา Softy</li> <li>2. จัดวางตำแหน่งของหน้ายางปาดให้ตั้งมากขึ้นขณะพิมพ์งาน</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ยกกรอบสกรีนขึ้นหลังจากทำการพิมพ์สกรีน สีไหลง่ายจนเคลือบบนลายพิมพ์ เมื่อแห้ง สีซีดจาง</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. หมึกพิมพ์เหลวเกินไปด้วยการผสมน้ำยา Softy มากเกินไปจะทำให้สีซีดจาง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ควรผสมหมึกพิมพ์ให้มีความข้นพอเหมาะกับการพิมพ์</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• เมื่อพิมพ์พื้นสี พื้นที่ยาวๆ มีรอยต่างของสีหรือเนื้อสีติดบนชิ้นงานไม่เรียบ และเกิดเป็นรอยคลื่น</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระยะห่างของผ้าสกรีนกับชิ้นงานไม่เท่ากันหรือห่างน้อยเกินไป</li> <li>2. ความตึงของผ้าสกรีนน้อยเกินไปจนไม่มีแรงสปริงตัวคืนหลังจากยางปาดสกรีนผ่านลายพิมพ์</li> <li>3. กระจกพิมพ์ชิ้นงานไม่แนบติดกับพื้นโต๊ะรองพิมพ์ ทำให้กระดาษติดเนื้อสีตามการปาดหมึกพิมพ์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ปรับระยะห่างของผ้าสกรีนกับชิ้นงานให้เหมาะสมและเท่ากัน</li> <li>2. ควรให้ผ้าสกรีนมีความตึงเท่ากันทุกด้าน เพื่อให้ผ้ามีแรงสปริงตัวได้ดีขึ้น</li> <li>3. ควรยึดกระดาษพิมพ์ให้ติดกับพื้นโต๊ะรองพิมพ์ด้วยสเปรย์กาวหรือการพิมพ์บนแท่นลมดูดสุญญากาศ</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• เมื่อพิมพ์ชิ้นงานได้สักกระยะเนื้อสีมักอุดตันบริเวณลายภาพทำให้รายละเอียดไม่สม่ำเสมอ ถึงแม้ทำความสะอาดแม่พิมพ์ ก็ตาม</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผ้าสกรีนไม่เหมาะสมกับแบบลายพิมพ์อาจมีความละเอียดของผ้าสกรีนมากเกินไป ทำให้หมึกพิมพ์ลงบนชิ้นงานได้น้อย</li> <li>2. หมึกพิมพ์มีความเข้มข้นมากเกินไป</li> <li>3. ทั้งระยะการพิมพ์แต่ละครั้งนานเกินไปจนทำให้หมึกบนผิวหน้าแม่พิมพ์แห้งเกิดการอุดตัน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกความหยาบและละเอียดของผ้าสกรีนให้เหมาะสมกับหมึกพิมพ์ สามารถลอดผ่านผ้าสกรีนได้ดี</li> <li>2. ตรวจสอบหมึกพิมพ์ให้มีความเหลวที่พอเหมาะ</li> <li>3. ควรพิมพ์อย่างต่อเนื่องและเพิ่มความเหลวของหมึกพิมพ์</li> </ol>

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ในกรณีที่พิมพ์มากกว่า 1 สี เมื่อพิมพ์ไปแล้วหมึกจากชั้นงานในสีที่พิมพ์ก่อนหน้านี้ มักจะติดบนผ้าสกรีนด้าน PRINT SIDE และไม่มีความคมชัดหรือติดไม่สม่ำเสมอ สีซีดจาง</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. หมึกพิมพ์ที่ติดอยู่บนชิ้นงานยังไม่แห้ง และยังมีปริมาณน้อย</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ในการพิมพ์แต่ละสีเพิ่ม ควรรอให้หมึกที่พิมพ์ไปแล้วนั้น แห้งสนิทเสียก่อน จากนั้นจึงพิมพ์สีอื่นๆ ต่อไป</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ปาดหมึกพิมพ์แล้วเกิดเป็นรอย หรือเส้นเล็กๆ บนแม่พิมพ์และชิ้นงาน</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ยางปาดเกิดรอย ทำให้การรีดหมึกพิมพ์ไม่เรียบสนิท</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ควรระมัดระวังหน้าสัมผัสของยางปาดไม่ให้เกิดรอย</li> </ol>

ปัญหาต่างๆ ที่มักเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานทางเทคนิคนั้น อาจมีองค์ประกอบและปัจจัยในหลายส่วน ดังนั้นขอแนะนำให้ผู้ปฏิบัติงานควรศึกษาและทำความเข้าใจกับวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานให้ถูกต้อง เพื่อฝึกฝนทักษะความสามารถให้มีความชำนาญ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรอบคอบ และปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องตามกระบวนการทางเทคนิคในระดับสากล สร้างผลงานภาพพิมพ์ที่มีคุณภาพสู่การพัฒนาและสร้างสรรค์ผลงานในชั้นสูงต่อไป