รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนเชื้อน้ำสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีน

Development of water-based printing ink for silkscreen applications

ชื่อคณะผู้วิจัย

นายภัทธาวุธ มนต์วิเศษ

นายวรา ชัยนิตย์

ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557

ประเภททุนงานวิจัยบูรณาการและพานิชย์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนเชื้อน้ำสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีน

Development of water-based printing ink for silkscreen applications

ชื่อคณะผู้วิจัย

นายภัทธาวุธ มนต์วิเศษ

นายวรา ชัยนิตย์

12695907

ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557

ประเภททุนงานวิจัยบูรณาการและพานิชย์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนเชื้อน้ำสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีน
แหล่งเงิน เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 375,120 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2557
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
ผศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ สังกัด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์วรา ชัยนิตย์ สังกัด วิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำโดยใช้สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์และน้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบหลักโดยศึกษาในอัตราส่วน 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 และ 70:30 ศึกษาปริมาณการใช้สารเติมแต่งกลีเซอรอลและโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) ในอัตราส่วนต่างๆ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเตรียมโดยปั่นกวนสารละลาย PVA แซนแทนกัม และโซเดียมเบนโซเอต ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสใช้ความเร็ว 500 rpm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงใส่สารต่างๆ ตามสัดส่วนที่กำหนด จากนั้นทดสอบความทนทานของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ โดยวัดเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้ง ด้วยเครื่องวัดสี ตามมาตรฐาน ASTM D-1925 พบว่าสภาวะในการทำให้ผ้าแห้งหลังการสกรีนและปริมาณของ KPS ที่ใส่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอย่างมีนัยสำคัญ แต่สัดส่วนของสารละลาย PVA ต่อ น้ำยางธรรมชาติมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสี โดยสูตรที่มีค่าความต่างของเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้งมีค่าน้อยที่สุด คือ สูตรหมึกพิมพ์ที่มีอัตราส่วนสารละลาย PVA ต่อ น้ำยางธรรมชาติ 80:20 (P80L20K0G10, P80L20K1G10, P80L20K2G10) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์เกรดการค้าพบว่าเฉดสีที่วัดได้ซีดกว่าโดยค่า L และ a* ของสูตร P80L20K0G10 และ P80L20K1G10 มีผลต่างมากกว่าหมึกพิมพ์เกรดการค้า ผลการทดสอบการแห้งของสีบนแบบสกรีนด้วยการปรับเปลี่ยนปริมาณของกลีเซอรอลทำได้โดยการตรวจสอบจำนวนครั้งที่สกรีนผ่านบล็อกได้โดยที่ความละเอียดภาพยังคมชัดอยู่ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงรุ่น MiniScan XE พบว่าการเติมกลีเซอรอลทำให้สามารถพิมพ์ได้ต่อเนื่องมากขึ้น โดยเมื่อเติมในปริมาณ 15 pph (P80L20K0G15 และ P80L20K1G15) สามารถสกรีนภาพต่อเนื่องได้จำนวนมากที่สุดโดยสามารถพิมพ์สกรีนต่อเนื่องได้ประมาณ 106 และ 135 แผ่นตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์เกรดการค้าพบว่าได้จำนวนในการสกรีนต่อเนื่องมากกว่าโดยที่ยังสามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้

คำสำคัญ : หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ, งานพิมพ์สกรีน, พอลิไวนิลอัลกอฮอล์, น้ำยางธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of water-based printing ink for silkscreen appplications

Researcher: Asst.Prof.Dr.Pathavuth Monvisade, Mr.Vara Chaiyanitaya

Faculty: Science **Department:** Chemistry

ABSTRACT

This project developed water-based screen ink consisting of 10 % PVA solution and natural rubber latex (NR) as the main components. The effects of variation of the PVA: NR ratios (i.e. 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 and 70:30), the amount of glycerol and KPS were studied. The water-based screen ink was prepared by firstly mixing PVA, xanthane gum, and sodium benzoate at 70 °C with agitation speed of 500 rpm for 24 h. Then addition of the rest chemicals, i.e. NR, glycerol and KPS, was performed. The color fastness of the water-based ink before and after washing (5 times) was measured according to the ASTM D-1925. It was found that ink-drying conditions and KPS content affected insignificantly to the shade-fading of the ink, whereas, proportions of PVA: NR did strongly influent. At the ratio of PVA: NR as 80:20, those formulas (i.e. P80L20K0, P80L20K1 and P80L20K2) showed the least difference in the shade-fading. However, the differences in L and a* values of P80L20K0 and P80L20K1 formulas were found to be higher than those of the commercial screen ink. The number of continue-screening-through testing (with good definition) was investigated by the optical microscope (MiniScan XE). The higher of amount of glycerol addition, the higher number of the continue-screening-through was obtained. At 15 pph addition of glycerol (P80L20K0G15 and P80L20K1G15), they showed the highest number of the continue-screening-through which are 106 and 135 blocks, respectively. Moreover, those capable numbers were found to be higher than that obtained by using the commercial ink with good detail.

Keywords : water-based screen ink, silk screen printing, poly(vinyl alcohol), natural rubber latex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 การพิมพ์ซิลค์สกรีน 3
2.2 หมึกพิมพ์สกรีน (Screen printing ink) 6
2.3 พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly (vinyl alcohol), PVA) 7
2.4 แซนแทนกัม (Xanthane gum) 8
2.5 น้ำยางธรรมชาติ 9
2.6 กลีเซอรอล 10
2.7 น้ำมันละหุ่ง (Castor oil) 10
2.8 โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulphate) 11
2.9 โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate) 12
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 15
3.1 สารเคมี 15
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ 15
3.3 การเตรียมสารละลาย PVA 16
3.4 การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์ฐานน้ำ 16
3.5 การทดสอบหมึกพิมพ์ 17
3.6 การสกรีนบนผ้า 17
3.7 การทดสอบสมบัติของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการสกรีน 17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 19
4.1 อัตราส่วนของสารละลาย PVA และน้ำยางธรรมชาติ 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4.2 ผลปริมาณของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตที่เหมาะสมที่ทำให้สีเกิดยึดเกาะกับผ้าได้ดี 20
4.3 ผลของปริมาณกลีเซอรอลต่อการแห้งของสีบนแบบสกรีน 25
4.4 เปรียบเทียบสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้ 27

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ **32**
5.1 สรุปผลการวิจัย 32
5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 32

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง **33**

ประวัตินักวิจัย **35**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม 6
2.2 สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ 8
2.3 สมบัติกลีเซอรอล 10
2.4 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันละหุ่ง 11
3.1 การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์ฐานน้ำ 16
4.1 ลักษณะเนื้อสีของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ อัตราส่วนของสารละลาย PVA ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์และน้ำยางธรรมชาติที่แตกต่างกัน 20
4.2 จำนวนครั้งของการสกรีนต่อเนื่องของสีสูตรต่างๆ 25
4.3 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆของหมึกพิมพ์ที่สกรีนที่สังเคราะห์ได้และหมึกพิมพ์เกรดการค้า 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ PVA 7
2.2 โครงสร้างโมเลกุลแซนแทนกัม 8
2.3 แซนแทนกัมผลิตจากแบคทีเรีย Xanthomonas campestris 8
2.4 สูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติ 9
2.5 โครงสร้างโมเลกุลกลีเซอรอล 10
2.6 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันละหุ่ง 11
2.7 โครงสร้างของ Benzoic acid และ Sodium benzoate 12
4.1 ภาพสกรีนของหมึกพิมพ์สูตรต่างๆ ก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้ง 21
4.2 ค่าความต่างของเฉดสี (ค่า a*) 23
4.3 ค่าความต่างของเฉดสี (ค่า b*) 23
4.4 ค่าความต่างของเฉดสี (ค่า L) 24
4.5 ภาพสกรีนแผ่นแรกเปรียบเทียบกับภาพสกรีนแผ่นที่สีไม่ผ่านบล็อก 26
4.6 ความต่างเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้ง (ค่า a*) 28
4.7 ความต่างเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้ง (ค่า b*) 28
4.8 ความต่างเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้ง (ค่า L) 29
4.9 การเปรียบเทียบสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย [1]

การพิมพ์สกรีนเป็นเทคนิคในการพิมพ์ภาพลงบนวัตถุที่นิยมกันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งเทคนิคการพิมพ์สกรีนสามารถช่วยให้การพิมพ์ลายลงบนสิ่งทอนั้นเป็นเรื่องง่าย และสามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมากๆ จึงเป็นที่นิยมในเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งในงานพิมพ์สกรีนมีหมึกพิมพ์ให้เลือกหลายประเภท แต่ละประเภทของหมึกพิมพ์ก็มีสมบัติที่แตกต่างกัน โดยประเภทของหมึกที่เลือกนำมาพัฒนาในงานวิจัยคือ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ซึ่งหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำนี้มีต้นทุนขั้นต้นต่ำกว่าหมึกพิมพ์สกรีนประเภทอื่น อีกทั้งยังสามารถแห้งตัวได้เองที่อุณหภูมิห้อง การใช้งานขั้นต้นก็ให้ความสะดวกมากกว่า เนื่องจากสีสกรีนฐานน้ำข้นเกินไปก็สามารถใช้น้ำเป็นตัวปรับความหนืดได้ หลังจากพิมพ์สกรีนเสร็จเรียบร้อยแล้วก็สามารถใช้น้ำ ทำความสะอาดบล็อกได้ แต่หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมีประสิทธิภาพในการแห้งไว จึงทำให้หมึกพิมพ์แห้งอุดตันบล็อกได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้หมึกพิมพ์ชนิดนี้ไม่สามารถใช้งานกับการสกรีนที่มีความละเอียดสูงได้ อีกทั้งยังต้องล้างทำความสะอาดบล็อกบ่อย นอกจากนี้หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมีน้ำมันสนเป็นส่วนประกอบซึ่งส่งกลิ่นเหม็น และเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเพื่อพัฒนาให้หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำแห้งช้า ไม่มีกลิ่น และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน โดยใช้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ ซึ่งมีสมบัติการยึดติดที่ดี เมื่อแห้งจะได้ฟิล์มใส น้ำยางธรรมชาติ มีสมบัติต้านทานน้ำ น้ำมันละหุ่ง (Castor oil มีสมบัติลดการเกิดฟองและเป็นสารกันบูด มีสมบัติทำให้เกิดการเชื่อมโยงและต้านทานน้ำ กลีเซอรอล (Glycerol) มีสมบัติทำให้แห้งช้าลง แซนแทนกัม (Xanthane gum) มีสมบัติทำให้หมึกพิมพ์ข้น โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate) มีสมบัติเป็นสารกันบูด โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulphate) มีสมบัติเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา โดยสารทุกตัวที่กล่าวมานี้ไม่ส่งกลิ่นเหม็นและไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำให้แห้งช้าลง ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน
2. เพื่อศึกษาสมบัติของสีพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่เตรียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมสูตรของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำโดยมีวัตถุดิบดังนี้

- พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) ทำหน้าที่เป็นสารยึด และเป็นเนื้อหมึกพิมพ์

-น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber) ทำหน้าที่ช่วยในการต้านทานน้ำ

- แซนแทนกัม (Xanthane gum) ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด

- น้ำมันละหุ่ง (Castor oil) ทำหน้าที่ลดการเกิดฟองและป้องกันการบูด

- กลีเซอรอล (Glycerol) ทำหน้าที่ทำให้แห้งช้าลง

-โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate) ทำหน้าที่ป็นสารกันบูด

-โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulphate) ทำหน้าที่เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา

2. ศึกษาสมบัติของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้ โดยศึกษา

- ความหนืดของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้

- ทดสอบความคมชัดของลวดลายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง

- ตรวจวัดเฉดสี

- ทดสอบความทนทานของหมึกพิมพ์หลังการซัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถสังเคราะห์หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่แห้งช้า ไม่มีกลิ่น และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพิมพ์ซิลค์สกรีน [2]

การพิมพ์ซิลค์สกรีน (Silk Screen) เป็นระบบการพิมพ์ที่สามารถพิมพ์บนวัสดุต่างๆ ได้มากมายนับตั้งแต่กระดาษ ผ้า ไม้ แก้ว ฯลฯ เพื่อใช้ประโยชน์ในกิจการต่างๆ เช่น บัตร ส.ค.ส. การ์ด โปสเตอร์ แผ่นป้ายโฆษณา บรรจุภัณฑ์ ลวดลายผ้า ปกหนังสือ หน้าปัดนาฬิกา ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถพิมพ์ลงบนวัสดุที่มีรูปทรงต่างๆ เช่น กลม โค้ง หรือรูปทรงแปลกๆ ที่มีผิวเรียบ เพื่อให้เกิดลวดลายสวยงามโดยใช้ต้นทุนการผลิตที่น้อยที่สุด

การพิมพ์ซิลค์สกรีนเป็นระบบการพิมพ์ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวคือ เป็นการพิมพ์โดยการปาดหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดที่พอเหมาะด้วยยางปาดผ่านรูเปิดของผ้าสกรีน (Screen fabric) บนแม่พิมพ์เพื่อให้หมึกไหลลงบนวัสดุรองรับ แล้วเกิดเป็นลวดลายต่างๆ ตามแม่แบบ (Artwork) ที่อยู่บนแม่พิมพ์สกรีน ทั้งนี้การพิมพ์สกรีนจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ พร้อมทั้งกรรมวิธีและเทคนิคการพิมพ์เพื่อให้สามารถพิมพ์ลงบนวัสดุที่ต้องการ โดยต้องพิจารณาถึงรูปร่าง ขนาด พื้นผิว ฯลฯ ที่นำมาใช้พิมพ์ ในขณะเดียวกัน อุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์ซิลค์สกรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ ผู้พิมพ์ต้องคัดเลือกและนำมาใช้ให้ได้ตรงตามความต้องการของชิ้นงานที่พิมพ์ เช่น หมึกพิมพ์ กรอบสกรีน ผ้าสกรีน ยางปาด เครื่องพิมพ์สกรีน เป็นต้น

2.1.1 วัสดุอุปกรณ์ในการพิมพ์ซิลค์สกรีน [2, 3]

2.1.1.1 กรอบสกรีน (Frame)

กรอบสกรีนเป็นกรอบไม้อะลูมิเนียมหรือสเตนเลสใช้สำหรับเป็นตัวยึดผ้าสกรีน กรอบสกรีนที่ดีควรแข็งแรง ไม่บิดงอเมื่อถูกน้ำหรือสารเคมี ลักษณะของกรอบสกรีนส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

1. กรอบไม้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ไม้สักทำกรอบเพราะมีการหดตัวน้อยไม่บิดงอหรืออาจใช้ไม้แดง ไม้ฉำฉา เป็นต้น

2. กรอบสเตนเลส เป็นที่นิยมใช้ในต่างประเทศ มี 2 ลักษณะคือ

- กรอบสเตนเลสที่ทำจากการประกอบเหล็กมุมกรอบสกรีน จะหล่อขึ้นมาเป็นชิ้นๆ เพื่อต่อกับแกนซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนให้ยาวหรือสั้นได้ กรอบออกแบบเป็นร่องเพื่อยึดผ้าสกรีนสามารถปรับเปลี่ยนผ้าสกรีนได้หลายชนิดโดยใช้เพียงกรอบเดียว

- กรอบสเตนเลสแบบน็อตยึด หรือกรอบแบบ Cam-lok เป็นกรอบเหล็กสเตนเลสที่สามารถขึงผ้าได้เองในตัวโดยไม่ต้องใช้เครื่องขึงผ้ามีลักษณะเป็นโครงเหล็กหนาเจาะเป็นร่องสำหรับใส่แท่งเหล็กประกบผ้าสกรีน มีน็อตยึดแท่งเหล็กเพื่อตรึงผ้าให้ตรึงตลอดเวลา กรอบชนิดนี้มีน้ำหนักมาก เหมาะแก่การพิมพ์ที่ใช้เครื่องจักร ไม่เหมาะกับการใช้แรงคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรอบอะลูมิเนียม เป็นกรอบที่ทำจากอลูมิเนียมเส้นตัด ให้ได้ความกว้างยาวตามต้องการ แล้วต่อเชื่อมมุมแบบ 45 องศา นำกรอบไปขัดผิวให้หยาบเพื่อยึดเนื้อกาวขณะขึงผ้าสกรีนได้ดี กรอบอลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา ทนทาน ไม่ยืดหรือหดตัว ทำความสะอาดได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมใช้ แม้มีราคาแพงกว่ากรอบไม้

2.1.1.2 ผ้าสกรีน (Screen Fabric)

ในการพิมพ์ซิลค์สกรีนผ้าสกรีนนับว่ามีความสำคัญยิ่งที่ทำให้ผลงานพิมพ์มีความประณีตเรียบร้อยดังนั้นจึงควรศึกษาให้เข้าใจถึงลักษณะและสมบัติของผ้าสกรีนแต่ละประเภทและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1. ผ้าไหม (Silk Fabrics) ในสมัยโบราณมีการนำเส้นไหมปั่นเป็นด้ายแล้วทอเป็นผืนนำมาขึงให้ตึงบนกรอบไม้เพื่อทำเป็นฉากกั้นในการพิมพ์เรียกว่าการพิมพ์ซิลค์สกรีน ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้ผ้าไหมเนื่องจากมีราคาแพง เส้นไหมสามารถดูดความชื้นในอากาศมากถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด ได้งานพิมพ์ที่ได้มีความหนาบางของหมึกไม่เท่ากัน จึงมีการนำผ้าชนิดอื่นมาทำเป็นผ้าสกรีนแทนผ้าไหมแต่ยังคงเรียกว่าแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนเช่นเดิม

2. ผ้าสเตนเลสสตีล (Metal Threads) เป็นผ้าสกรีนที่ทอจากเส้นใยสเตนเลสปั่นเป็นเส้นด้ายจากเครื่องมือที่ทำด้วยเพชร มีขนาดบางมากเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 มม. ซึ่งเส้นด้ายมีความหนาแตกต่างกัน ±0.001 มม. ทำให้ผ้าสกรีนมีความเรียบ ขนาดเส้นและรูผ้าสม่ำเสมอกัน ผ้าชนิดนี้สามารถทอได้ 200 เส้นใน 1 ซม. มีความยืดหยุ่นน้อย ปัจจุบันใช้เป็นผ้าสกรีนสำหรับ พิมพ์แก้ว เครื่องปั้นดินเผา และแผ่นวงจรไฟฟ้า

3. ผ้าใยสังเคราะห์ (Synthetic Fibers) หมายถึง ผ้าที่ทอจากเส้นใยพลาสติกชนิดต่างๆ เส้นใยที่นิยมนำมาทอคือเส้นใยไนล่อน (Nylon หรือ Nybolt) และเส้นใยพอลิเอสเตอร์ (Polyester) ซึ่งมีสมบัติต่างกันเล็กน้อยคือ ผ้าไนล่อนเหมาะสำหรับนำมาขึงกรอบสกรีนด้วยมือเพราะยืดหดตัวได้ดีและเหมาะแก่การพิมพ์จำนวนมาก ส่วนผ้าพอลิเอสเตอร์เหมาะสำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการความเที่ยงตรง เช่น การพิมพ์ เพราะผ้าพอลิเอสเตอร์มีการหดตัวน้อยมาก

2.1.1.3 กาวอัด

กาวอัดผลิตจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์หรือพอลิไวนิลอะซิเทตตัวใดตัวหนึ่ง หรือทั้งสองตัวผสมกันโดยผ่านกรรมวิธีปั่นกวน และเติมสารเคมีต่างๆ เพื่อให้มีสมบัติแตกต่างกัน เช่น สีของ กาวอัด ความหนืด (Viscosity) ปริมาณของเนื้อกาวอัด (Solid content) เป็นต้น ซึ่งประเภทของกาวอัดสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. กาวอัดแบบดั้งเดิม (Traditional emulsions) เป็นกาวอัดที่ผสมสารไวแสงประเภทไดโครเมทและสารไวแสงประเภทไดแอโซ กาวอัดมีสีแตกต่างกัน เช่น สีชมพู สีฟ้า สีม่วง สีเขียว แล้วแต่ผู้ผลิต การใช้งานแตกต่างกันตามลักษณะของสารไวแสงที่ใช้ เช่น การทำแม่พิมพ์สกรีนจำนวนน้อยและใช้ไฟถ่ายเป็นไฟฟลูโอเรสเซนต์ ควรเลือกใช้กาวอัดที่ผสมสารไวแสงประเภท ไดโครเมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสามารถผสมสารไวแสงครั้งต่อครั้งให้พอการใช้งานใน 1 วัน หากเก็บกาวอัดที่ผสมสารไวแสงชนิดนี้ไว้ข้ามวันทำให้ความหนืดและความเข้มข้นของสารไวแสงลดลง จนไม่สามารถนำมาปาดบนบล็อกสกรีนได้ อัตราส่วนในการผสมสารไวแสงขึ้นกับผู้ผลิตกาวอัดเป็นผู้กำหนด

2. กาวอัดแบบดูอัลเคียว (Dual cure emulsions) กาวอัดแบบดูอัลเคียวเป็นกาวอัดที่มีการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง ซึ่งแตกต่างจากกาวอัดแบบอื่นๆ ซึ่งทำปฏิกิริยาเพียงครั้งเดียว เนื้อกาวอัดมีส่วนผสมของสารไวแสงอยู่จำนวนหนึ่ง โดยทั่วไปเรียกกาวอัดชนิดนี้ว่า โฟโต้พอลิเมอร์ (Photopolymer) กาวอัดประเภทนี้มีสมบัติต่างจากกาวอัดแบบดั้งเดิมที่ใช้สารไวแสงประเภทไดแอโซคือเนื้อกาวอัดสามารถเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวได้เองแต่ไม่สมบูรณ์พอที่จะเปลี่ยนสถานะของกาวอัดให้เป็นของแข็งได้จึงต้องเติมสารไวแสงประเภทไดแอโซอีกจำนวนหนึ่งที่ผู้ผลิตจัดเตรียมไว้เข้าไปสารไวแสง ไดแอโซนี้ช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้มากขึ้นเมื่อได้รับแสงจากไฟถ่ายในช่วงคลื่น 410 นาโนเมตร กาวอัดประเภทนี้มีความทนทานต่อหมึกฐานน้ำมันและหมึกฐานน้ำ ทั้งยังเก็บรายละเอียด (Resolution) และความคมชัด (Definition) ของลวดลายได้ดีกว่ากาวอัดแบบดั้งเดิม รวมทั้งใช้เวลาในการถ่ายน้อยกว่าจึงเหมาะสำหรับงานพิมพ์ภาพ 4 สี (Halftone) และแผงวงจรไฟฟ้า (PCB)

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

2.1.1.4 น้ำยาเคลือบสกรีนแพทลี (Patly)

เป็นน้ำยาใส ใช้เคลือบแม่พิมพ์สกรีนที่ทำจากกาวอัด เพื่อให้ใช้กับหมึกพิมพ์ฐานน้ำได้ เนื่องจากการเคลือบน้ำยาทำโดยปกติแม่พิมพ์กาวอัดจะใช้กับหมึกพิมพ์ฐานน้ำมัน ฐานพลาสติก หรือหมึกพิมพ์ยูวีเท่านั้นใช้สำลีชุบน้ำยาเคลือบทาแม่พิมพ์กาวอัดบางๆ ทั้ง 2 ด้าน ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งแล้วทาทับใหม่ 1-2 ครั้ง เมื่อเคลือบน้ำยาเคลือบแพทลีแล้วควรตากในที่ร่มให้แห้งเองหรือเป่าด้วยลมเย็นเท่านั้น ห้ามใช้ลมร้อนเป่าเพราะจะทำให้น้ำยาเคลือบระเหยเร็วเกินไปจนดึงผ้าสกรีนขาด

2.1.1.5 ยางปาด (Squeegee)

ยางปาดหรือแปรงปาดหมึกหรือลูกกลิ้งหมึก ในงานด้านการพิมพ์สกรีนหมายถึงอุปกรณ์พื้นผิวเรียบที่ช่วยพาหมึกในแม่พิมพ์สกรีนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยที่หมึกได้รับแรงกดจากยางปาดทำให้ผ่านผ้าสกรีนลงไปบนวัสดุที่พิมพ์ได้

ยางปาดเป็นอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อปริมาณหมึกที่ซึมผ่านผ้าสกรีน รวมทั้งความหนาและความเรียบของหมึกบนชิ้นงาน คุณภาพของงานพิมพ์จึงขึ้นกับวัสดุที่ใช้ผลิตยางปาด รูปทรง แรงกด ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็ง ขนาด โครงสร้าง ความคม และความเรียบของยางปาดรวมถึง มุมสัมผัสของยางปาดกับผ้าสกรีน (Effective squeegee angle) ความงอหรือโค้ง และแรงที่ถูกบีบของยางปาด

2.2 หมึกพิมพ์สกรีน (Screen printing ink)

หมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์สกรีนนั้นจำแนกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ (Water-based screen ink) หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน (Solvent-based screen ink) หมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล (Plastisol screen ink) และหมึกพิมพ์สกรีนยูวี (UV screen ink)

2.2.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเป็นหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบในการทำละลายให้หมึกอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันที่มีน้ำมันเป็นตัวทำละลาย โดยทั่วไปหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำจะเหมาะสำหรับการพิมพ์บนวัสดุบางประเภทเท่านั้น เช่น กระดาษ ผ้า และพลาสติกประเภทไวนิลคลอไรด์ หรือพีวีซี เนื่องจาก การเกาะติดที่ไม่ดีบนวัสดุบางประเภทเมื่อเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์ประเภทอื่นๆ ทั้งนี้ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำยังแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามประเภทสารให้สี ได้แก่

- หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสี คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นผงสี
- หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทสีย้อม คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นสีย้อม

การเปรียบเทียบส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

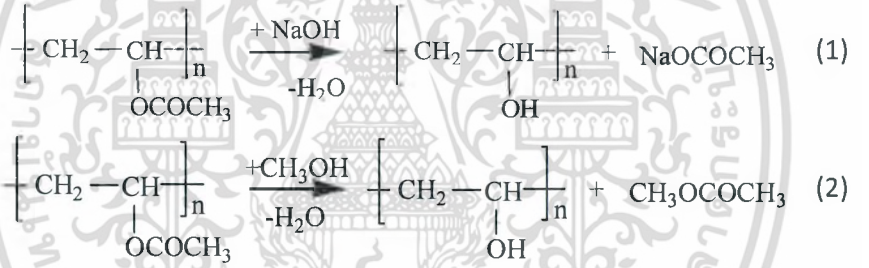
ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม

ประเภท / ส่วนประกอบ	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ประเภทผงสี	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ประเภทสีย้อม
สารให้สี	ผงสี	สีย้อม
ตัวทำละลาย	น้ำ	น้ำ
สารยึดผงสี (binder) และ สารปรับความหนืด (thickener)	น้ำมันก๊าด มอนอเมอร์ไวนิลอะซิเตต บิวทิวอะคริเลต	โซเดียมอะจิเนต
สารเติมแต่ง	สารทำให้นุ่ม สารต้านการเกิดฟอง	สารทำให้เปียก ตัวออกซิไดซ์ ตัวรีดิวซ์ สารเพิ่มความชื้น กรดและด่าง สารเพิ่มการละลาย สารกันบูด
สารผนึกสี	เมลามีนฟอร์มาดีไฮด์	ไทโอยูเรียฟีนอล

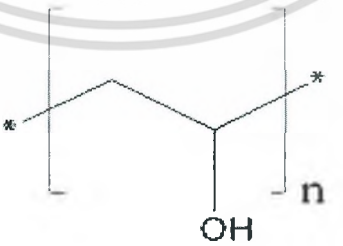
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly (vinyl alcohol), PVA) [4, 5]

PVA เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟิน เป็นผงสีขาวจนถึงครีม มีความสมารถในการยึดติด ผลิตจากพอลิไวนิลอะซิเทตในสภาวะกรดหรือเบส มีหลายเกรดตามความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับองศาการเกิดพอลิเมอไรเซชัน และเปอร์เซ็นต์การเกิดอัลกอฮอไลซิส พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จะละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง แต่ความแข็งแรง การดึงยืด ความทนต่อการฉีกขาด และงอตัวได้ดีขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น สามารถสลายตัวในน้ำและเกิดเป็นสารที่มีพันธะคู่ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปทำให้เกิดสี ใช้ประโยชน์ในการแต่งเส้นใยและเส้นด้าย เป็นสารทำให้ข้น และสารช่วยถอดแบบของพลาสติกหล่อ เป็นกาวที่ใช้ในเครื่องสำอาง เซรามิกส์ หนังสัตว์ ผ้า และกระดาษ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอะซิเตต เนื่องจากไวนิลอัลกอฮอล์มอนอเมอร์ (CH_2=CHOH) ไม่เสถียร สามารถเกิด Tautomerize ไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ (CH_3CHO) ได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่นิยมเตรียมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากการพอลิเมอไรเซชันของไวนิลอัลกอฮอล์มอนอเมอร์โดยตรง โดยจะเตรียมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หรือปฏิกิริยาเมทาโนไลซิสของพอลิไวนิลอะซีเทตดังสมการที่ 1 และ 2



การสังเคราะห์พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (1) และปฏิกิริยาเมทาโนไลซิส (2) จาก พอลิไวนิลอะซีเทต



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ PVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์

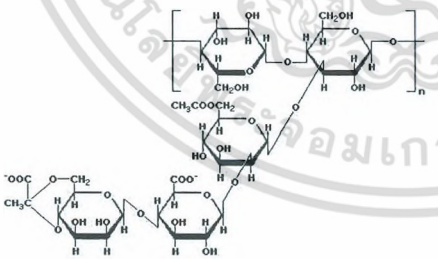
ตารางที่ 2.2 สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์

ชื่ออื่นๆ	Polyviol, Vinol, Alvyl, Alkotex, Covol, Gelvatol, Lemol, Mowiol
ลักษณะภายนอก	เม็ดสีขาวจนถึงครีม
ความหนาแน่น	1.19-1.31 g/cm^3
อุณหภูมิหลอมเหลว	230 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	228 องศาเซลเซียส
จุดวาบไฟ	79.44 องศาเซลเซียส

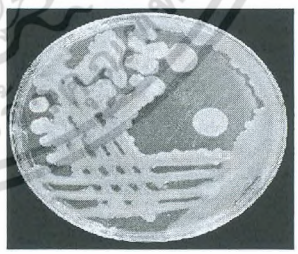
2.4 แซนแทนกัม (Xanthane gum) [6]

แซนแทนกัม เป็นกัม (Gum) ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ชนิดหนึ่งใช้ เป็นวัตถุสารเติมแต่งในอาหาร (Food additive) แซนแทนกัมสกัดได้จากเมือก (Slime) ที่สร้างโดย แบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ซึ่งมักพบในกะหล่ำปลีและกระหล่ำดอก

โมเลกุลของแซนแทนกัม เป็นพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ประเภท Heteropolysaccharide ที่เป็นสายพอลิเมอร์ของ β-D-glucose มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลส (Cellulose) แต่ทุกๆ 2 โมเลกุลของกลูโคส (Glucose) เชื่อมต่อกับกิ่งของ Trisaccharide ที่เกิดจากน้ำตาลแมนโนส (Mannose) 2 โมเลกุลและ กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) 1 โมเลกุล โมเลกุลของแมนโนสที่อยู่ติดกับสายหลักมีเอสเทอร์ของกรดอะซิติกที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และแมนโนส ที่ตำแหน่งปลายของ Trisaccharide มีกรดไพโรวิกเชื่อมต่ออยู่ที่คาร์บอนตำแน่งที่ 4 และ 6



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลแซนแทนกัม



รูปที่ 2.3 แซนแทนกัมผลิตจากแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris*

สมบัติของแซนแทนกัม

- ละลายน้ำได้ดี
- ให้ความหนืด แบบ Non newtonian fluid โดยมีพฤติกรรมเป็นแบบ Shear thinning fluid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

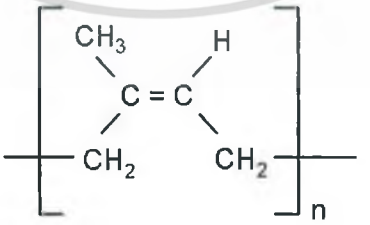
- Xanthane Gum ไม่สามารถเกิดเจลได้เนื่องจากโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขา (Brancing) แต่สามารถ เกิดเจลได้เมื่อใช้ร่วมกับกัมบางชนิด เช่น ลูคัสบีนกัม (Locust bean gum) หรือกัวกัม (Guar gum) เป็นต้น

2.5 น้ำยางธรรมชาติ [7]

แหล่งผลิตน้ำยางใหญ่ที่สุดในโลกคือ แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คิดเป็นร้อยละ 90 ของแหล่งผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือมาจากแอฟริกากลาง พันธุ์ยางที่ปลูกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ พันธุ์ฮีเวียบราซิลเลียนซิส (Hevea brasiliensis) น้ำยางที่กรีดได้จากต้นเรียกว่า น้ำยางสด (Field latex) น้ำยางที่ได้มีลักษณะเป็นเม็ดยางเล็ก ๆ กระจายอยู่ในน้ำ (Emulsion) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีสภาพเป็นคอลลอยด์ มีปริมาณของแข็งประมาณร้อยละ 30-40 ค่า pH 6.5-7 น้ำยางมีความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความหนืด 12-15 เซนติพอยส์ ส่วนประกอบในน้ำยางสดแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง 35 เปอร์เซ็นต์
2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง 65 เปอร์เซ็นต์

น้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยาง จะคงสภาพความเป็นน้ำยางได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียในอากาศ และจากเปลือกของต้นยางขณะกรีดยางจะลงไปในน้ำยาง และกินสารอาหารที่อยู่ในน้ำยาง เช่นโปรตีน น้ำตาล ฟอสโฟไลปิด ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหลังจากแบคทีเรียกินสารอาหาร คือ เกิดการย่อยสลายได้เป็นก๊าซชนิดต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เป็นต้น จึงเริ่มเกิดการบูดเน่าและส่งกลิ่นเหม็น การที่มีกรด ที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในน้ำยางเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่า pH ของน้ำยางลดลง น้ำยางจึงเกิดการเสียสภาพ สังเกตได้จาก น้ำยางจะค่อยๆ มีความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคของยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ และจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนน้ำยางเสียสภาพ โดยน้ำยางจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่เป็นเซรุ่ม ดังนั้นเพื่อป้องกันการเสียสภาพของน้ำยางไม่ให้อนุภาคของเม็ดยางเกิดการรวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จึงมีการเติมสารเคมีลงในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยางให้ คงสภาพเป็นของเหลว โดยสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางเรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติ

สมบัติของน้ำยางธรรมชาติ

- ความยืดหยุ่นสูงซึ่งเกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของยางที่มีลักษณะม้วนขดไปมาเป็น วง และบิดเป็นเกลียว โดยมีแรงแวนเดอร์วาลส์ยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่ของพอลิเมอร์เข้าไว้ด้วยกัน

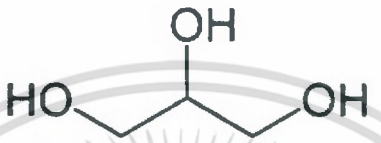
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความต้านทานแรงดึงสูง ทนต่อการขัดถู เป็นฉนวนที่ดีมากทนน้ำ ทนน้ำมันจากพืชและจากสัตว์ แต่ไม่ทนต่อน้ำมันเบนซินและตัวทำละลายอินทรีย์

- ได้รับความร้อนจะเหนียวและอ่อนตัว แต่จะแข็งและเปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

2.6 กลีเซอรอล [8, 9]

เป็นของเหลวหนืดใสไม่มีสีไม่มีกลิ่นเป็นของเหลว รสหวาน และความเป็นพิษต่ำ กลีเซอรอลมีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ ซึ่งมีผลทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำและมีลักษณะความเป็น Hygroscopic กลีเซอรอลได้จากการไฮโดรไลซีสของไตรกลีเซอไรด์ กลีเซอรีนเป็น คำทั่วไปที่ใช้เรียกในเชิงพานิชย์เมื่อมีกลีเซอรอลมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลกลีเซอรอล

สมบัติของสมบัติกลีเซอรอล

ตารางที่ 2.3 สมบัติกลีเซอรอล

Molecular formula	C3H8O3
Molar mass	92.09 g.mol−1
Appearance	clear colorless solid hygroscopic
Odor	Odorless
Density	1.261 g/cm3
Melting point	17.8 °C, 291 K, 64 °F
Boiling point	290 °C, 563 K, 554 °F
Refractive index(nD)	1.4746
Viscosity	1.412 Pa·s
Flash point	160°C (320 °F) (closed cup) 176 °C (349 °F) (open cup)

2.7 น้ำมันละหุ่ง (Castor oil) [10, 11, 12]

น้ำมันละหุ่งเป็นของเหลวที่ไม่มีสีถึงมีสีเหลืองอ่อน ไม่ระคายเคือง ไม่มีกลิ่น ได้มาจากการสกัดเมล็ดของต้นละหุ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำมัน 50-55 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันละหุ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์ซึ่ง 90 เปอเซ็นต์ ของกรดไขมันเป็นกรดริซิโนเลอิก กรดโอเลอิกและกรดลิโนลิกเป็นส่วนประกอบอื่นที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในน้ำมันละหุ่ง

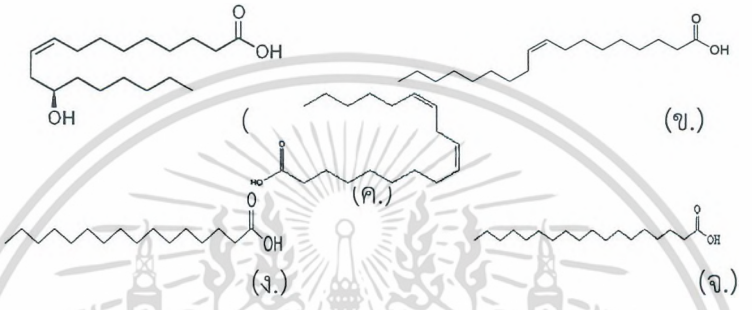
1. Ricinoleic acid มีคาร์บอน 18 ตัว มี double bond ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 10 และมี hydroxyl group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 12

2. Oleic acid มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง

3. Linoleic acid มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกตกัน

4. Palmitic acid หรืออีกชื่อคือ hexadecanoic ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ภายในโครงสร้าง

5. Stearic acid เป็นกรดไขมันประเภทอิ่มตัว มีคาร์บอน 18 ตัว



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันละหุ่ง
(ก.) Ricinoleic acid (ข.) Oleic acid (ค.) Linoleic acid
(ง.) Palmitic acid (จ.) Stearic aci

สมบัติของน้ำมันละหุ่ง

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันละหุ่ง

จุดเดือด	313 องศาเซลเซียส
จุดหลอมเหลว	5 องศาเซลเซียส
น้ำหนักโมเลกุล	298 g. mol^{-1}
จุดที่กลายเป็นของแข็ง	(-12) – (-18) องศาเซลเซียส
ความหนาแน่น(20 องศาเซลเซียส)	0.956 - 0.963 g/ml
ความหนืด (20 องศาเซลเซียส)	9.5 – 10.0 dPa.s
ดัชนีหักเห	1.477 – 1.479
ค่า Saponification	177 – 187
ค่า Iodine	82 – 88

2.8 โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulphate) [13]

เป็นสารพวกเปอร์ซัลเฟตซึ่งเป็นสารออกซิไดส์ที่นิยมใช้กันมากตัวหนึ่งในอุตสาหกรรม สิ่งทอ เพราะใช้ง่าย ประหยัดเวลา โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตมีคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว
2. ละลายน้ำได้ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์
3. มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.477
4. สลายตัวได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส
5. เป็นสารออกซิไดส์ที่แรงมาก เวลาใช้งานต้องระวังไม่ให้สัมผัสกับผิวกายหรือสูดดมเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ

2.9 โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate) [14]

วัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ซึ่งเป็นเกลือของโซเดียมของกรดเบนโซอิก (benzoic acid) อยู่ในกลุ่มเบนโซเอต (bezoate) ลักษณะเป็นผลึกสีขาวละลายน้ำได้ดี

รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ Benzoic acid และ Sodium benzoate

โซเดียมเบนโซเอต ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพื่อการถนอมอาหารโดยใช้เป็นวัตถุกันเสีย (Preservative) ซึ่งจะทำงานได้ดีในช่วงที่เป็นกรด คือ pH<3.6 ใช้ได้ดีกับอาหารที่เป็นกรด (acid food) หรืออาหารปรับกรด (acidified food) ปริมาณของโซเดียมเบนโซเอต คือ ไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักอาหารเท่านั้น

กรดเบนโซอิกรวมทั้งเกลือเบนโซเอตผ่านการประเมินความปลอดภัยทางพิษวิทยาว่ามีความเป็นพิษต่ำ มีความปลอดภัยสูงและไม่ได้อยู่ในรายชื่อของสารก่อมะเร็ง จึงนำมาใช้ในการผลิตอาหารได้ และ The Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives (JECFA) กำหนดค่าความปลอดภัยหรือค่า Acceptable Daily Intake (ADI) ซึ่งเป็นปริมาณที่ร่างกายสามารถรับสารนั้นได้ต่อวันตลอดชั่วชีวิตโดยที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบใดๆ ต่อสุขภาพ ไว้ที่ 0-5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Asgar Farahnaky และคณะ [15] ศึกษาผลการดูดความชื้นของกลีเซอรอลในลูกมะเดื่อแห้ง ซึ่งมีปริมาณกลีเซอรอลในลูกมะเดื่อแห้ง 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วนำไปทดสอบการดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 5, 25 และ 40 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า การดูดความชื้นของกลีเซอรอลในลูกมะเดื่อแห้งขึ้นอยู่กับปริมาณของจำนวนของกลีเซอรอลโดยกลีเซอรอลในลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะเดื่อแห้ง 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะสามารถดูดความชื้นได้ดีกว่ากลีเซอรอลในลูกมะเดื่อแห้ง 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในทุกๆ อุณหภูมิ

Hye-Kyoung Park และคณะ [16] ศึกษาผลของสารยึดติดพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีประสิทธิภาพในการยึดติดสูงบนแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูงเมื่อนำไปเคลือบบนวัสดุที่ใช้งานจะทำให้ความแข็งแรงในการยึดของขั้วดีขึ้น เนื่องจากถ้ามีพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และส่วนใช้งานของวัสดุมากจะสามารถยึดติดได้ดี

Susheela Bai และคณะ [17] ศึกษาสมบัติเชิงกลของโครงข่ายพอลิเมอร์พอลิยูรีเทนกับน้ำมันละหุ่งและพอลิสไตรีน โดยพบว่าน้ำมันละหุ่งมีโครงสร้างไตรไฮดรอกซิลซึ่งทำให้ยูรีเทนเกิดการเชื่อมโยงเป็นพอลิยูรีเทนได้ ทำได้โดยผสมน้ำมันละหุ่ง MDI และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไดบิวทิวทินไดลอเรตไปผสมโดยใช้เครื่องปั่นกวนความเร็วสูงเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปทำให้สุกตัวที่อุณหภูมิห้อง 12 ชม. และนำไปทำให้สุกตัวอีกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชม.

F.Wang และคณะ [18] ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของแซนแทนกัมและแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวในระบบสามวัฏภาค สารละลายของแซนแทนกัม/(แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว)ในสารละลายผสมของ DMSO ต่อ น้ำ เป็น 90 : 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยวิธีการวัดความหนืดที่ขึ้นกับความเข้มข้นและองค์ประกอบของพอลิเมอร์ทั้งหมดด้วยสมการ Huggins

$$\eta_{SP}/C = [\eta] + bC$$

ซึ่งแสดงความหนืดจำเพาะ (η_{SP}) ของพอลิเมอร์เป็นฟังก์ชันของความเข้มข้น C ผลได้ระบุว่าแซนแทนกัมเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ดีกว่าแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว

S.H. Imam และคณะ [19] ได้ศึกษากาวติดไม้ที่เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์ (PVA) ผสมแป้ง และ Cymel 323 (Hexamethoxymethylmelamine) โดยใช้กรดซิติก (Citric acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transeterification) ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่อยู่ในโมเลกุลแป้ง PVA และไม้ จะถูกแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (Methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงแหวนเบนซีนอยู่ในโครงสร้างกับแป้ง PVA และไม้ จากนั้นนำกาวไปทาลงบนไม้สนโดยใช้ไม้สน 3 ชิ้นประกบกัน โดยใช้กาว 130 กรัม/ตารางเมตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa ที่อุณหภูมิ 125 – 175 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้ววางไว้ที่ห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ นาน 6 เดือน จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือนตามมาตรฐาน ASTM D-906-64 เมื่อนำค่าความแข็งแรงเฉือนระหว่างกาว 2 สูตรมาเปรียบเทียบกัน โดย สูตรที่ 1 เป็นกาวที่ไม่ได้เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 และสูตรที่ 2 เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 พบว่ากาวสูตรที่ 2 ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนและ เปอร์เซ็นต์ Veneer Failure สูงกว่ากาวสูตรที่ 1 และยังทำการทดสอบการต้านทานความชื้น (Moisture Resistance, เปอร์เซ็นต์ RH) โดยนำไม้ที่ทากาวแล้วไปเก็บต่ออีก 2 เดือน มาทดสอบการต้านทานความชื้นโดยวิธีวัดเปอร์เซ็นต์ RH ผลการ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบพบว่ากาวสูตรที่ 1 มีค่า เปอร์เซ็นต์ RH เท่ากับ 50 และกาวสูตรที่ 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์ RH เท่ากับ 75 แสดงให้เห็นว่ากาวที่เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 มีค่าความแข็งแรงเฉือนและมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากพันธะอีเทอร์เชื่อมโยงระหว่างหมู่ OH ในโมเลกุลของไม้กับ Cymel 323 หลังการเชื่อมโยงทำให้ปริมาณหมู่ OH ลดลง นอกจากนี้ยังปรับปรุงคุณสมบัติของกาวสูตรที่ 2 ด้วยวิธีการเติมลาเทกซ์ลงไป 5-7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่ามี เปอร์เซ็นต์ Veneer failure และมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น

Stoyan I. karakashev และคณะ [20]ในอุตสาหกรรมต้องการตัวต้านการเกิดฟองที่มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นจึงมีการคิดวิธีป้องกันฟองมากมาย เมื่อเริ่มศตวรรษที่ 20 เครื่องจักรกลถูกนำมาป้องกันการเกิดฟองเช่น air jets, special still head, paddle wheels, perforated spiral canals, X-rays, supersonic waves และอื่นๆ วิธีการต้านการเกิดฟองพวกนี้มีค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากพลังงานซึ่งต้องการใช้ในการทำงาน ดังนั้นเพื่อลดค่าใช้จ่าย การใช้สารเคมีจึงนิยมใช้มากกว่าเครื่องจักร สารเคมีที่นำมาใช้ป้องกันฟองเช่น caprylic alcohol, amyl alcohol, octyl alcohol, linseed oil, castor oil, rapeseed oil, trimethylcyclohexanol, phenyl ether, isoamil isovalerate, milk, kerosene, polyamides และอื่นๆ ตั้งแต่หลังปี 1940 ได้นำมาใช้ในเชิงพานิชย์และพบการใช้งานหลายอย่างในอุตสาหกรรมยา ทางการแพทย์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี สำหรับงานเครื่องจักรไอน้ำ และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1. PVA (Poly(vinyl alcohol)) เกรด JP-27

คุณสมบัติ	JP-27	หน่วย
มวลโมเลกุล	120,000	g/mol
ความหนืด	48~56	mPa.s
ไฮโดรไลซิส	87.0~85.0	โมลเปอร์เซ็นต์
ปริมาณการระเหยสูงสุด	5	เปอร์เซ็นต์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5~7	-
ปริมาณเถ้าสูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์

2. แซนแทนกัม เกรดอาหาร บริษัท รวมเคมี1986 จำกัด
3. น้ำยางธรรมชาติ เป็นน้ำยางข้น 60 เปอร์เซ็นต์ เกรดแอมโมเนียสูง
4. น้ำมันละหุ่ง เกรด extra pale บริษัท รวมเคมี1986 จำกัด
5. กลีเซอรอล
6. โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต บริษัท RANKEM
7. โซเดียมเบนโซเอต

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.เครื่องชั่งแบบละเอียด

2.กล้องจุลทรรศน์แบบแสง รุ่น MiniScan XE plus

3. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer)
รุ่น RVT, บริษัท BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES.ING

4.เครื่องวัดเฉดสีมาตรฐาน ASTM D-1925

5.แท่นให้ความร้อน

6.บริภัณฑ์เครื่องแก้ว

7.เครื่องปั่นกวน

8.อุปกรณ์สำหรับงานสกรีน

- ผ้าฝ้าย (Cotton) เบอร์ 20 ขนาด 4.5x4.5 นิ้ว
-กระดาษพิมพ์สกรีน ขนาด 4.5x4.5 นิ้ว
- บล็อกสกรีน ขนาด12x16 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องฉายแสง
- ไดร์เป่าผม
- ยางปาดสกรีน
- เกรียงสำหรับปาดสี
- ตู้อบให้ความร้อน

9. ผลิตภัณฑ์พิมพ์สกรีนผ้าสูตรน้ำ แม่สีเขียวหยก SB-2 ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส.เค. สีและเคมี

3.3 การเตรียมสารละลาย PVA

3.3.1 เตรียมสารละลาย PVA ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในน้ำ

1. เตรียม PVAหนัก 100 กรัม และ น้ำ 900 กรัม

2. นำน้ำมาปั่นโดยใช้เครื่องปั่นกวนจากนั้นค่อยๆ เติม PVA ลงไป โดยใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500 รอบ/นาที

3. ให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียสและนำพลาสติกมาปิดปากบีกเกอร์

4. ปั่นกวนเป็นเวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะได้สารละลาย PVA ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

3.4 การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์ฐานน้ำ

ตารางที่ 3.1 การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์ฐานน้ำ

สารที่ใช้	ปริมาณที่ใช้	ประโยชน์จากการใช้
-สารละลาย PVA 10 %โดยน้ำหนัก - น้ำยางธรรมชาติข้น 60%	90-70 ส่วน 10-30 ส่วน * PVA Solution : Natural rubber มีหลายอัตราส่วนคือ 90:10 85:15 80:20 75:25 70:30 *โดยทั้ง 2 ส่วนรวมกันเป็น 100 ส่วน	- เป็นสารยึดติด เมื่อแห้งจะมีสีใส -เพิ่มความสามารถในการต้านทานน้ำ
-แซนแทนกัม -น้ำมันละหุ่ง -กลีเซอรอล	1 pph* 2 pph 0-15 pph	-เป็นสารปรับความหนืด -เป็นสารเพิ่มความมันเงา -เป็นสารทำให้แห้งช้า
-โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS)	0-2 pph	-ตัวริเริ่มปฏิกิริยา
- โซเดียมเบนโซเอต	0.1 pph	-เป็นสารกันบูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*หมายเหตุ pph คือ part per hundred ของเนื้อหมึก (สารละลาย PVA 10 %โดยน้ำหนัก + น้ำยางธรรมชาติข้น 60%)

ผสม PVA กับแซนแทนกัม และสารกันบูด ในสัดส่วนต่างๆ แล้วให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส ใช้ใบพัดปั่นกวนจนเข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นใส่ KPS ตามด้วย กลีเซอรอล, น้ำมันละหุ่ง และน้ำยางธรรมชาติ ปั่นกวนจนเข้ากัน

3.5 การทดสอบหมึกพิมพ์

3.5.1 การทดสอบหาค่าความหนืดของหมึกพิมพ์

- เทตัวอย่างสีปริมาณ 120 มล. ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 มล.
- จุ่มโรเตอร์เบอร์ 4 ลงในสี แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง viscometer จากนั้นเลื่อนโรเตอร์ลงมาจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้
- ตั้งรอบ 100 รอบ/นาที ปล่อยให้เครื่องหมุนเป็นเวลา 3 นาที อ่านค่าและจดบันทึกเป็นทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง
- คำนวณค่าความหนืดในหน่วยเซนติพ้อยพ์
- ช่วงความหนืดที่ต้องการไม่ต่ำกว่า 25,000 เซนติพ้อยพ์

3.6 การสกรีนบนผ้า

วิธีการและขั้นตอนการสกรีน

1. เตรียมแม่พิมพ์ ผ้าฝ้าย (Cotton) เบอร์ 20 ขนาด 4.5x4.5 นิ้ว บนโต๊ะพิมพ์
2. เทหมึกพิมพ์ลงบนตำแหน่งพิมพ์
3. จับยางปาดสกรีนเพื่อเตรียมพิมพ์
4. ปาดหมึกพิมพ์ผ่านภาพสกรีน 1 ครั้ง
5. ยกแม่พิมพ์ขึ้นจากตำแหน่งพิมพ์
6. นำผ้าพิมพ์ออก
7. ทิ้งผ้าพิมพ์ไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5-10 นาที หรืออบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20, 30 นาที
8. ทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้านปาดหมึกพิมพ์และด้านสัมผัสชิ้นงาน
9. เป่าแม่พิมพ์จนแห้ง

3.7 การทดสอบสมบัติของหมึกพิมพ์บนผ้าหลังการสกรีน

3.7.1 เปรียบเทียบหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้กับหมึกพิมพ์เกรดการค้า

- ทดสอบความคมชัดของลวดลายด้วยเครื่องวัดกำลังขยาย (กล้องจุลทรรศน์แบบแสง) ดูความกว้างและความคมชัดของลวดลายที่สกรีนบนผ้า และตรวจสอบจำนวนครั้งในการสกรีนเมื่อความคมชัดของภาพที่สกรีนลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 การทดสอบการต้านทานน้ำของหมึกพิมพ์สกรีนที่เตรียมได้เทียบกับหมึกพิมพ์เกรดการค้า

- สกรีนหมึกพิมพ์ลงบนแม่พิมพ์รูปสี่เหลี่ยมขนาด 6x6 เซนติเมตร และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องหรืออบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที

-นำผ้าพิมพ์สกรีนที่ได้วัดเฉดสีด้วยเครื่องวัดเฉดสีมาตรฐาน ASTM D-1925 บันทึกค่า L, a* และ b*

- จากนั้นนำไปซักด้วยน้ำเปล่าเป็นเวลา 30 นาที ผึ่งให้แห้ง และนำไปวัดเฉดสีด้วยเครื่องวัดเฉดสีมาตรฐาน ASTM D-1925 บันทึกค่า L, a* และ b* หลังการซัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเพื่อพัฒนาให้หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำแห้งช้า ไม่มีกลิ่น และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน โดยใช้วัตถุดิบหลักเป็น พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ และน้ำยางธรรมชาติ จากนั้นนำสีที่เตรียมได้มาศึกษาสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความหนืด สมบัติความคงทนหลังการซักล้าง การเปลี่ยนแปลงเฉดสีหลังการซักล้าง

4.1 อัตราส่วนของสารละลาย PVA และน้ำยางธรรมชาติ

การเตรียมสูตรหมึกพิมพ์เชื้อน้ำในงานวิจัยนี้เป็นการผสมโดยใช้สารละลาย PVA ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำยางธรรมชาติเป็นเนื้อสี โดยมีแซนแทนกัม โซเดียมเบนโซเอต กลีเซอรอล และน้ำมันละหุ่ง เป็นสารเติมแต่ง ในการหาอัตราส่วนของสารละลาย PVA 10% และน้ำยางธรรมชาติ ที่เหมาะสมนั้น ปรับอัตราส่วนของ PVA 10% และน้ำยางธรรมชาติดังตารางที่ 4.1 โดยสัญลักษณ์ของสูตรสารละลายหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำแสดงดังนี้

P90L10, P85L15, P80L20, P75L25, P70L30 คือสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ความเข้มข้น 10%โดยน้ำหนักต่อน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 90:10 85:15 80:20 75:25 และ70:30 ตามลำดับ

P90L10K0G10, P90L10K1G10, P90L10K2G10 คือสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ความเข้มข้น 10%โดยน้ำหนักต่อน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 90:10 เติมกลีเซลรอล 10 pph ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0, 1, และ 2 pph ตามลำดับ

P85L15K0G10, P85L15K1G10, P85L15K2G10 คือสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ความเข้มข้น 10%โดยน้ำหนักต่อน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 85:15 เติมกลีเซลรอล 10 pph ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0, 1 และ 2 pph ตามลำดับ

P80L20K0G10, P80L20K1G10, P80L20K2G10 คือสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ความเข้มข้น 10%โดยน้ำหนักต่อน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 80:20 เติมกลีเซลรอล 10 pph ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0, 1 และ 2 pph ตามลำดับ

P80L20K0G0, P80L20K0G5, P80L20K0G10, P80L20K0G15 คือสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ความเข้มข้น 10%โดยน้ำหนักต่อน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 80:20 ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต และเติมกลีเซอรอล 0, 5, 10 และ 15 pph ตามลำดับ

P80L20K1G0, P80L20K1G5, P80L20K1G10, P80L20K1G15 คือสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ความเข้มข้น 10%โดยน้ำหนักต่อน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80:20 เติมตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1 pph และเติมกลีเซอรอล 0, 5, 10 และ 15 pph ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ลักษณะเนื้อสีของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ อัตราส่วนของสารละลาย PVA ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์และน้ำยางธรรมชาติที่แตกต่างกัน

สูตร	อัตราส่วน		ลักษณะเนื้อสี ภายหลังการตั้งทิ้งไว้ 24 ชม.
	PVA 10% (ส่วน)	น้ำยางธรรมชาติ (ส่วน)	
P90L10	90	10	เป็นของเหลวหนืดสีขาว สามารถนำไปใช้งานได้
P85L15	85	15	เป็นของเหลวหนืดสีขาว สามารถนำไปใช้งานได้
P80L20	80	20	เป็นของเหลวหนืดสีขาว สามารถนำไปใช้งานได้
P75L25	75	25	จับตัวกันเป็นก้อนเล็กๆ ปนอยู่กับเนื้อที่เป็นของเหลวจำนวนมาก ไม่สามารถนำไปใช้งานได้
P70L30	70	30	เนื้อจับตัวเป็นก้อน ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

เมื่อนำ PVA 10% และน้ำยางธรรมชาติมาผสมกันในอัตราส่วนตามตารางที่ 4.1 พบว่า สูตร P75L25 และ P70L30 ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ เนื่องจากเนื้อสีจับตัวเป็นก้อนไม่เหมาะสมกับการใช้งาน เกิดจากทั้ง 2 สูตรมีปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่มากเกินไปทำให้ทั้ง 2 ส่วนคือสารละลาย PVA 10% และน้ำยางธรรมชาตินั้นไม่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ ซึ่งสูตร P90L10 P85L15 และ P80L20 มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสมจึงทำให้ทั้ง 2 ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำสูตร P90L10 P85L15 และ P80L20 มาทำการทดลองในหัวข้อถัดไป

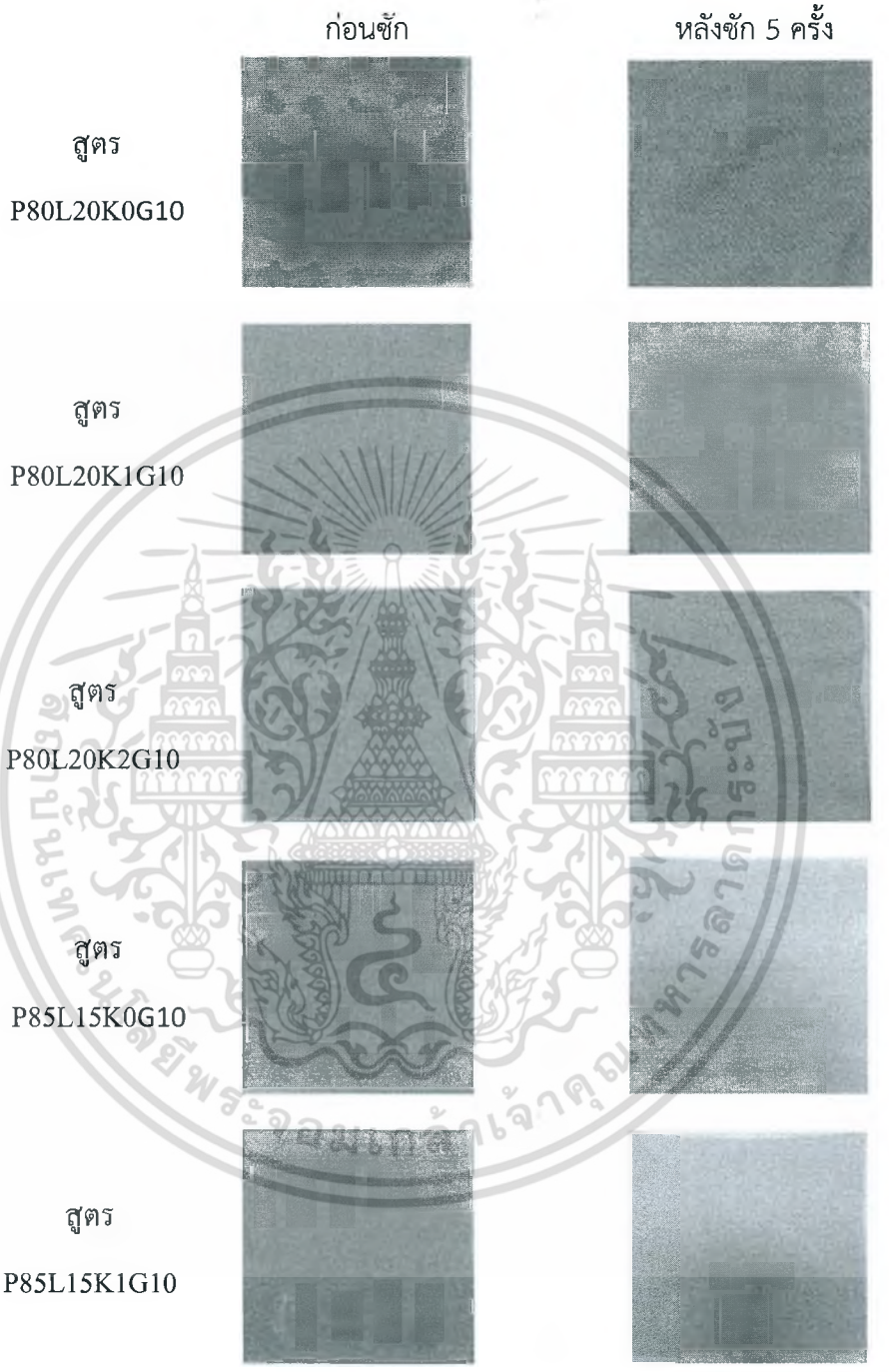
4.2 ผลปริมาณของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตที่เหมาะสมที่ทำให้สีเกิดยึดเกาะกับผ้าได้ดี

นำสีทั้ง 3 สูตร ดังกล่าวมาปรับใส่โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตในปริมาณ 0, 1 และ 2 pph และให้สารเติมแต่งที่เหลือมีปริมาณคงที่ในแต่ละสูตร ดังตารางที่ 3.1 โดยใช้ปริมาณกลีเซอรอล 10 pph ในการทดลองนี้ประเมินจากการวัดเฉดสี ด้วยเครื่องวัดสีตามมาตรฐาน ASTM D-1925 และภาพถ่าย ก่อนและหลังการซักในแต่ละครั้งโดยทำการซักซ้ำ 5 ครั้งในแต่ละสูตร

เมื่อเตรียมสูตรสีและสกรีนลงบนผ้าแล้ว นำไปวัดเฉดสี จากนั้นนำแต่ละสูตรไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศา เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที หรือผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชม. เมื่อผ่านการ

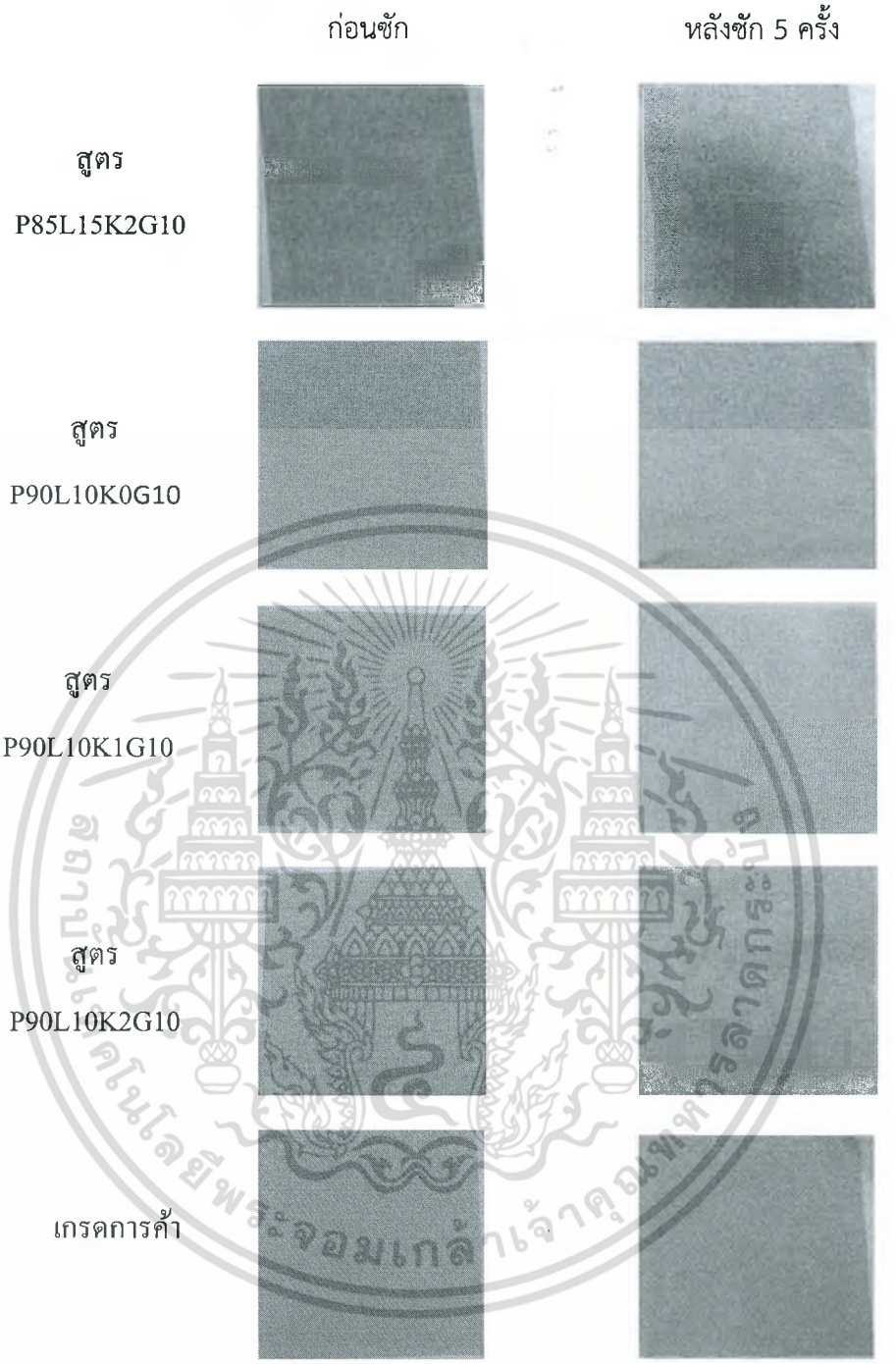
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัก 5 ครั้ง ตัวอย่างภาพถ่ายผ้าที่สกรีนด้วยสีสูตรต่างๆ ก่อนและหลังการซัก 5 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 4.1 เมื่อนำมาวัดเฉดสีได้ค่าความต่างของเฉดสีดังรูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.1 ภาพสกรีนของหมึกพิมพ์สูตรต่างๆ ก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

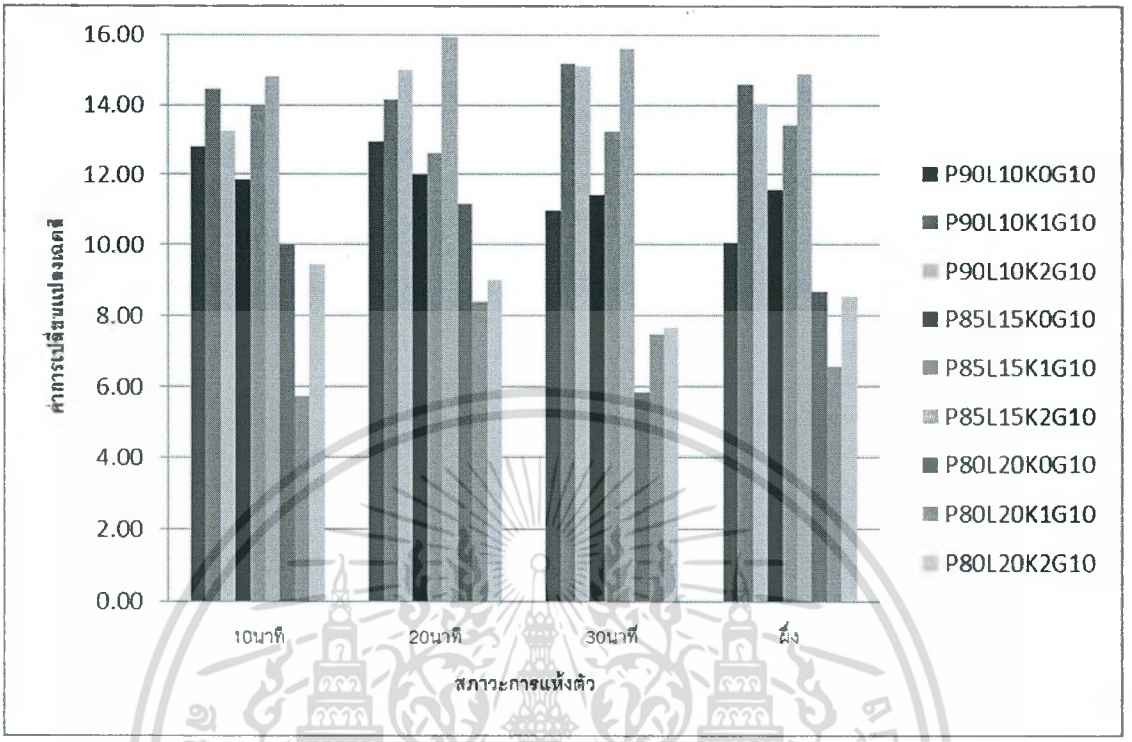


รูปที่ 4.1 (ต่อ)

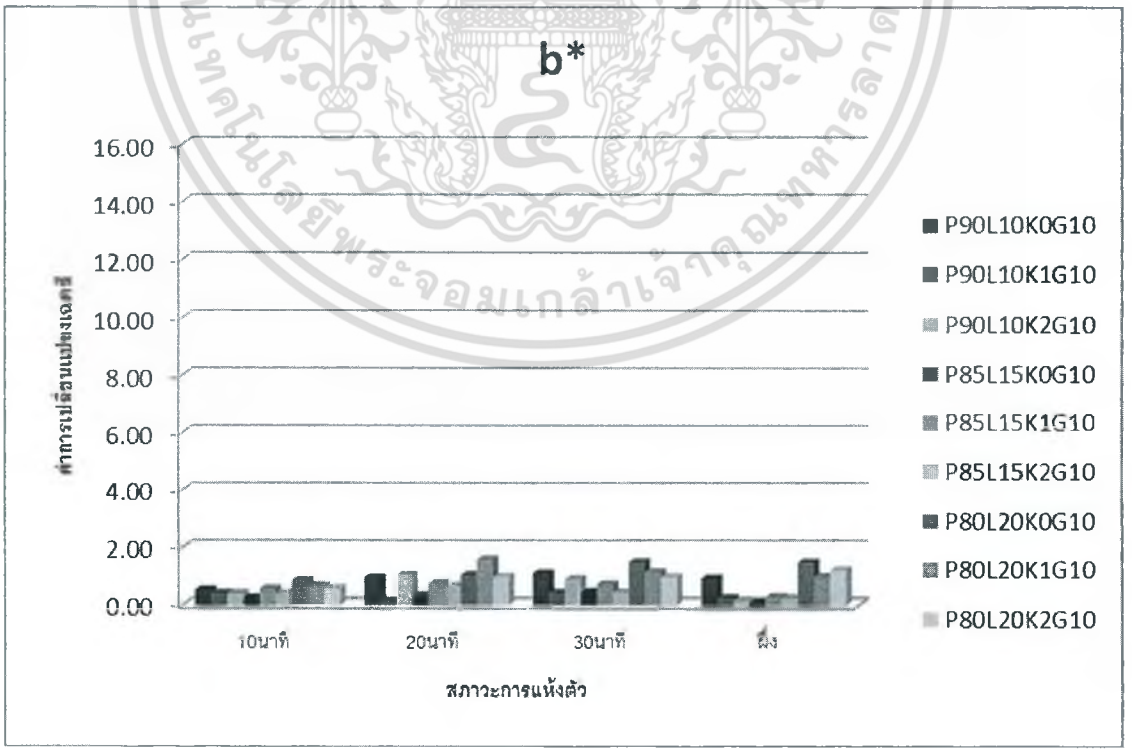
จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า สูตร P90L10K0G10, P90L10K1G10, P90L10K2G10 หลังจากซัก 5 ครั้งแล้วสีมีการซีดจางลงมาก ส่วนสูตร P85L15K0G10, P85L15K1G10, P85L15K2G10 หลังจากซัก 5 ครั้งแล้วพบว่าสีจางลงน้อยกว่าสูตร P90L10K0G10, P90L10K1G10, P90L10K2G10 แต่ฟิล์มสีมีการหลุดเป็นแผ่นๆ อาจเกิดจากการสกรีนสีลงผ้าที่มีฟิล์มสีที่หนาจนเกินไปทำให้เนื้อสีมีการหลุดออกเป็นชิ้นๆ สำหรับสูตร P80L20K0G10, P80L20K1G10, P80L20K2G10 หลังจากซัก 5 ครั้งสีมีการซีดจางลงบ้าง แต่น้อยกว่าสูตร P85L15K0G10,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P85L15K1G10, P85L15K2G10, P90L10K0G10, P90L10K1G10, และ P90L10K2G10 และในกรณีของสีเกรดการค้าสีมีการซีดจางลงน้อยมาก

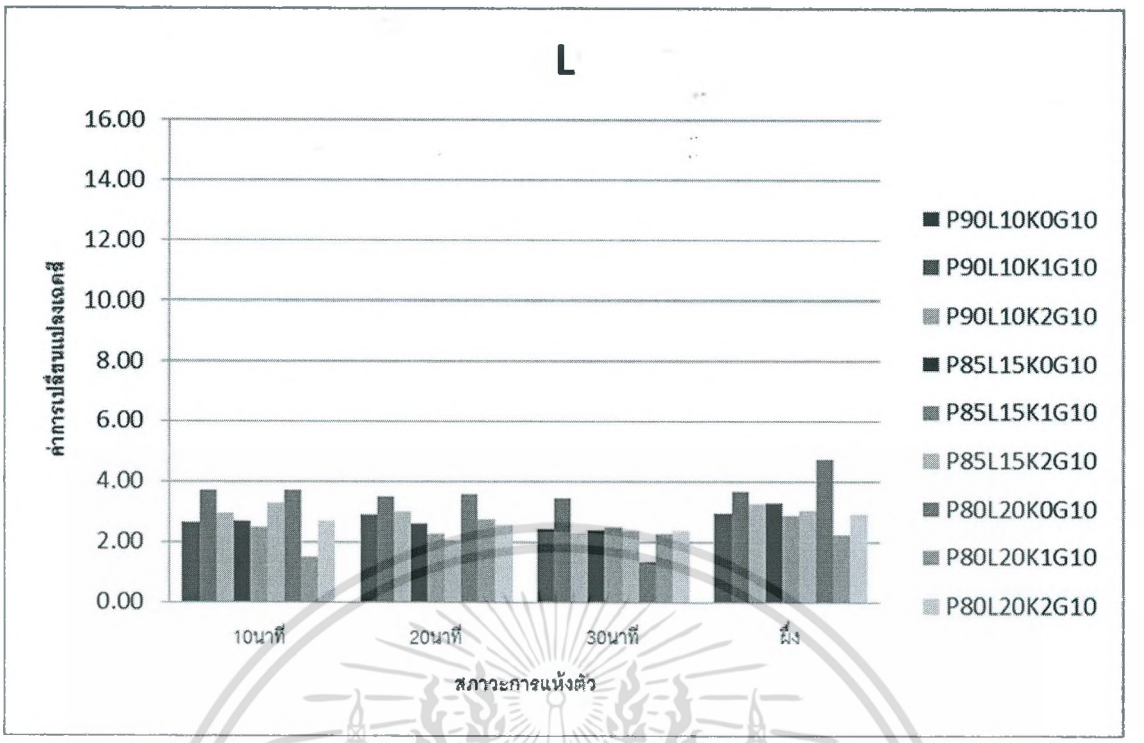


รูปที่ 4.2 ค่าความต่างของเฉดสี (ค่า a*)



รูปที่ 4.3 ค่าความต่างของเฉดสี (ค่า b*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ค่าความต่างของเฉดสี (ค่า L)

จากรูปที่ 4.2 ,4.3 และ 4.4 พบว่า สภาวะในการทำให้ผ้าแห้งหลังการสกรีนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอย่างมีนัยสำคัญแต่อัตราส่วนของสารละลาย PVA และน้ำยางธรรมชาติในสูตรสีมีผลต่อการยึดติดโดยเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีค่อนข้างมากใน ค่า a* (แดง-เขียว) โดยค่า b* (เหลือง-น้ำเงิน) และค่า L (ค่าความมืด-สว่าง) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากในการทดลองนี้ใช้เฉดสีเขียวในการสกรีนผ้า เฉดสีเขียวจึงมีการเปลี่ยนแปลงของสีได้ชัดเจน เมื่อผ้าสกรีนผ่านการซักและมีการหลุดออก จากการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีเขียวนี้ทำให้ทราบว่าสูตร P80L20 มีค่าความต่างของเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสูตร P85L15 และ P90L10 โดยสูตร P80L20K1G10 มีค่าการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี (a*) ต่ำสุดทั้งนี้เนื่องจาก KPS อาจช่วยเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ในโครงสร้างของยางธรรมชาติ ทำให้โมเลกุลเกี่ยวพันกับเนื้อผ้าได้มากขึ้นทำให้มีความคงทนต่อการซักล้าง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ KPS เป็น 2 pph พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสี (a*) มากขึ้น ใกล้เคียงกับสูตรที่ไม่เติม KPS (P80L20K0G10) เนื่องจากมีการหลุดออกของสีเป็นจุดๆ มากขึ้นน่าจะเกิดจากการที่มีปริมาณ KPS มากเกินไปจึงเกิดการเชื่อมโยงของสีด้วยกันเองบางส่วนก่อนการใช้งานจึงทำให้สีบางส่วนเซตตัวบนผิวหน้าของผ้า แทนที่จะเกิดการเกี่ยวพันกับเนื้อผ้า และจากผลการทดลองข้างต้นพบว่า สัดส่วนของสารละลาย PVA ต่อ น้ำยางธรรมชาติมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสีมากกว่าปริมาณ KPS ดังนั้นในการทดลองในหัวข้อต่อไปจึงเลือกสีสูตร P80L20K1G10 และP80L20K0G10 สำหรับการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

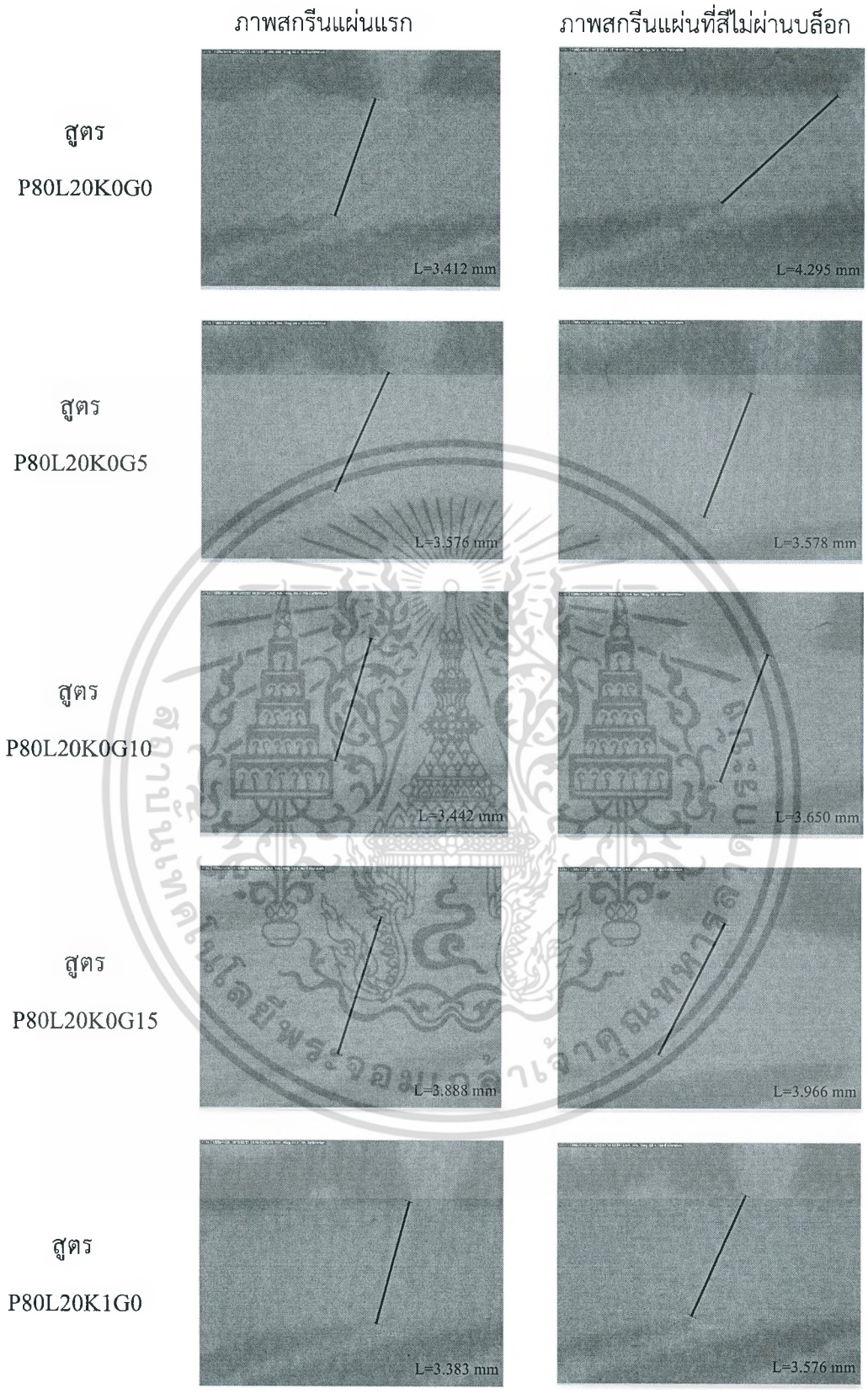
4.3 ผลของปริมาณกลีเซอรอลต่อการแห้งของสีบนแบบสกรีน

นำสูตรสีที่ให้ผลดีจากหัวข้อที่ 4.2 มาปรับปริมาณกลีเซอรอลที่ปริมาณ 0, 5, 10 และ 15 pph และให้สารเติมแต่งที่เหลือมีปริมาณคงที่จากนั้นทำการสกรีนสีลงบนผ้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบจำนวนครั้งที่สามารถพิมพ์สีผ่านแบบสกรีน และยังคงความคมชัดของลวดลายโดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 จำนวนครั้งของการสกรีนต่อเนื่องของสีสูตรต่างๆ

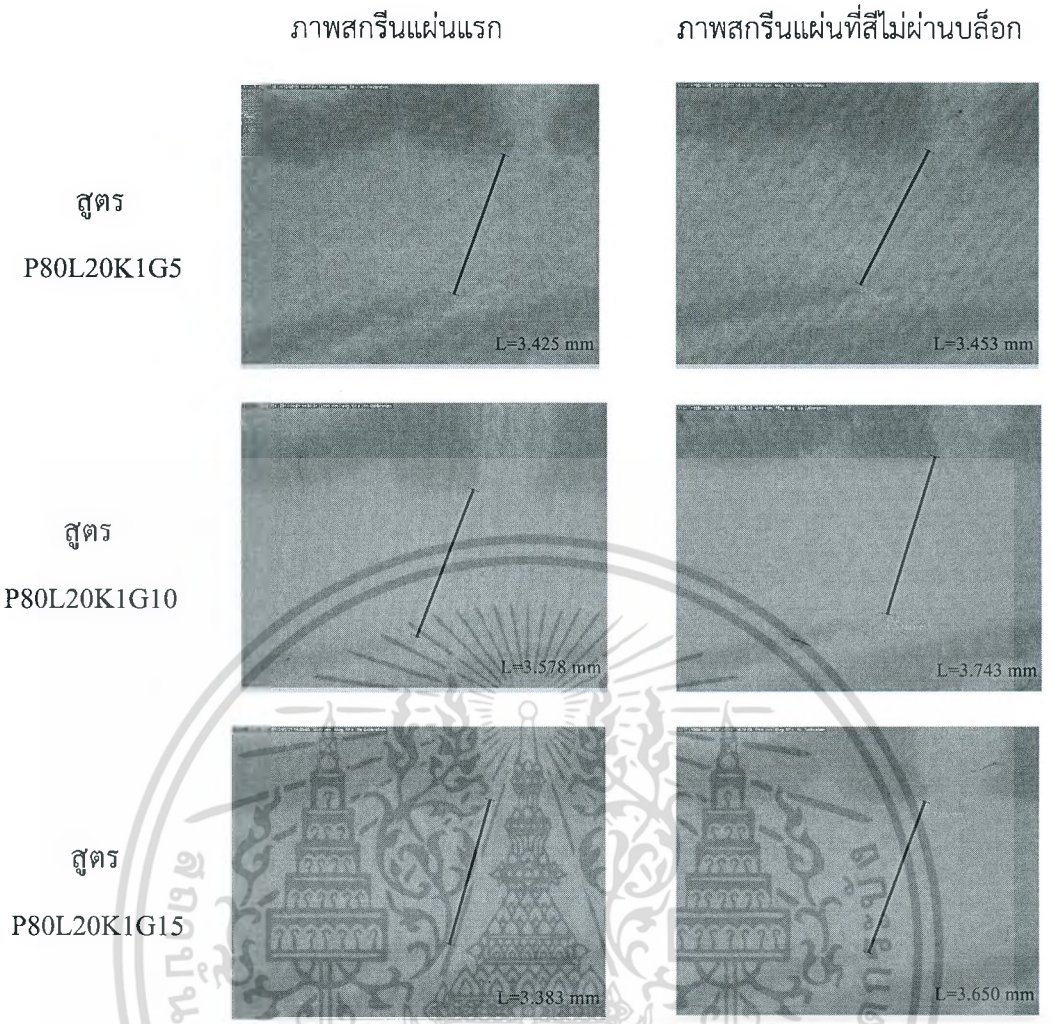
สูตร	จำนวนผ้าที่สกรีน (ชิ้น)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
P80R20K0G0	55	60	57	57
P80R20K0G5	68	65	72	68
P80R20K0G10	72	70	78	73
P80R20K0G15	110	103	105	106
P80R20K1G0	49	45	53	49
P80R20K1G5	29	38	45	37
P80R20K1G10	100	98	92	96
P80R20K1G15	138	128	140	135
เกรดการค้า	30	40	43	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ภาพสกรีนแผ่นแรกเปรียบเทียบกับภาพสกรีนแผ่นที่สีไม่ผ่านบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



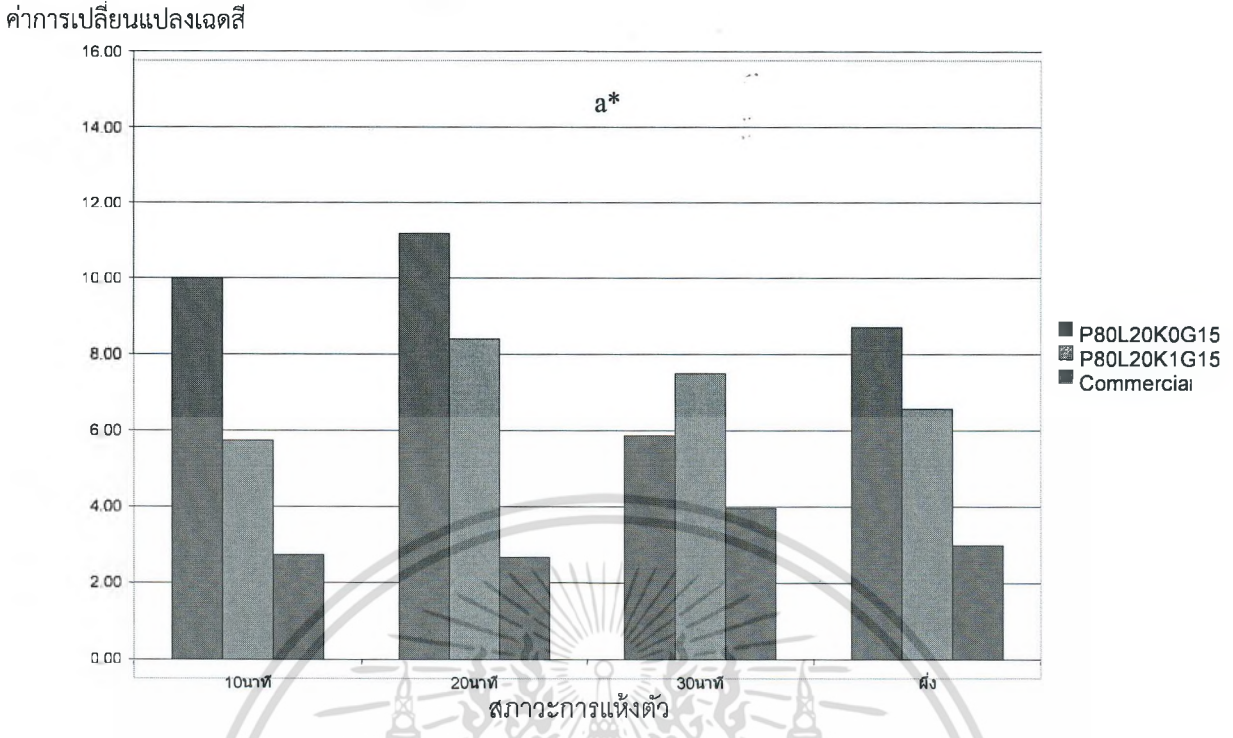
รูปที่ 4.5 (ต่อ)

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5 พบว่าสูตร P80L20K0G15 และ P80L20K1G15 ที่มีการเติมกลีเซอรอลในปริมาณ 15 pph สามารถสกรีนภาพต่อเนื่องได้จำนวนมากที่สุดโดยสามารถสกรีนภาพได้ต่อเนื่องเฉลี่ย 106 และ 136 ภาพ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลซึ่งมีจุดเดือดสูงและระเหยได้ยากกว่าน้ำ มีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ ใน 1 โมเลกุล สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำในระบบสี เมื่อปริมาณกลีเซอรอลมาก โมเลกุลของกลีเซอรอลจะจับกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้น้ำอยู่ในรูปที่ไม่อิสระและระเหยออกไปได้ยาก ทำให้สีสามารถรักษาความชื้นไว้ได้นานขึ้น จึงส่งผลให้สีแห้งช้าลงและแม่พิมพ์สกรีนอุตตันน้อยลง

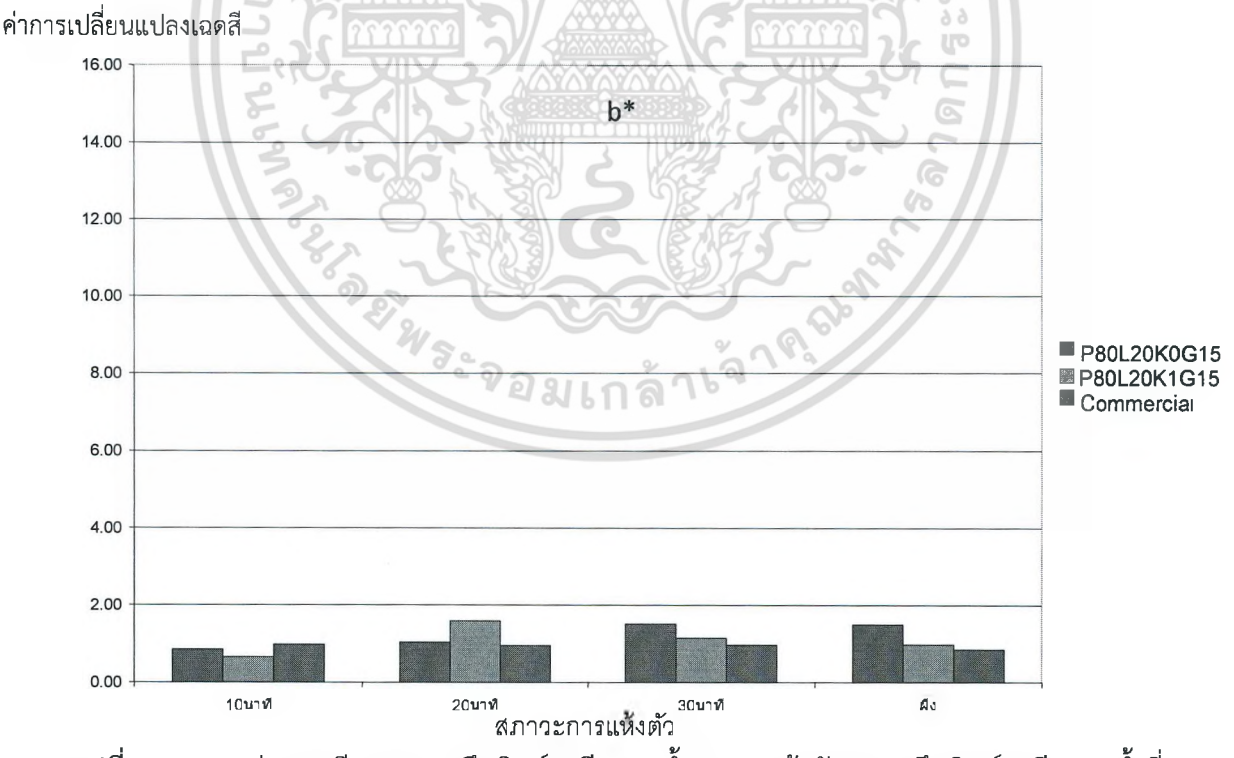
4.4 เปรียบเทียบสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้

การเปรียบเทียบเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

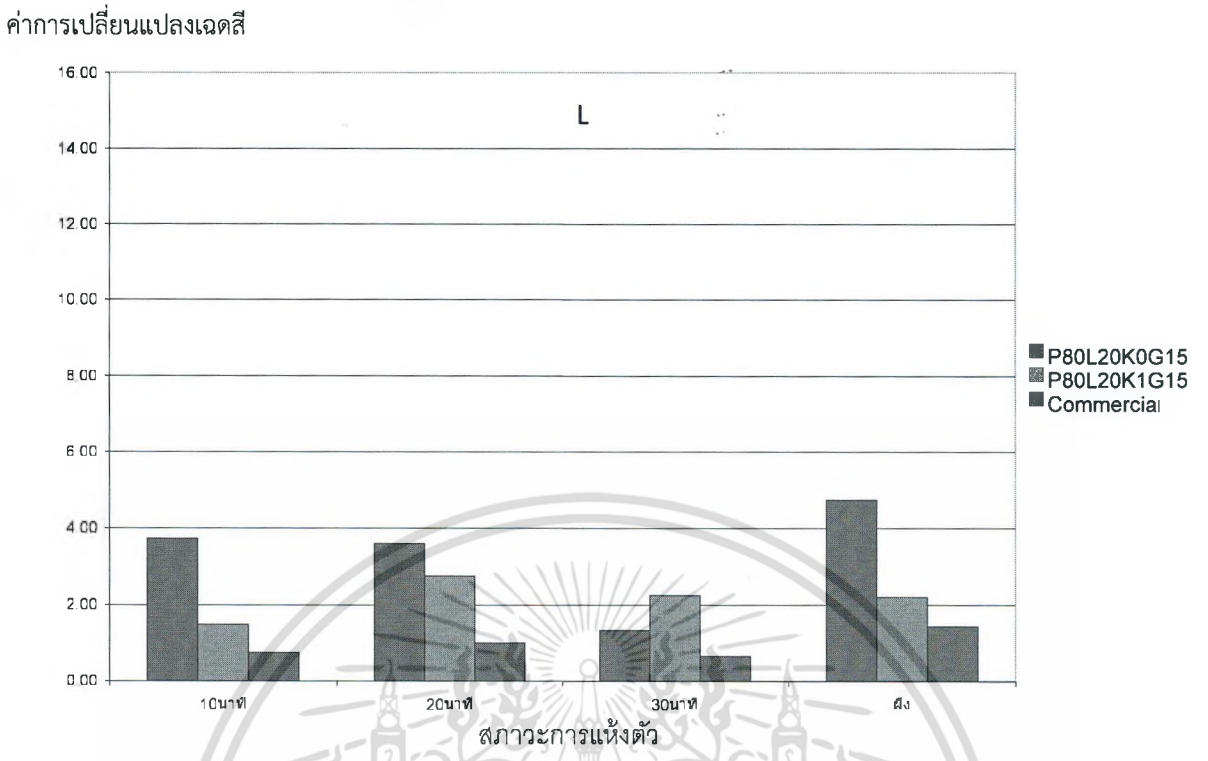


รูปที่ 4.6 ความต่างเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้ง (ค่า a*)



รูปที่ 4.7 ความต่างเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้ง (ค่า b*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

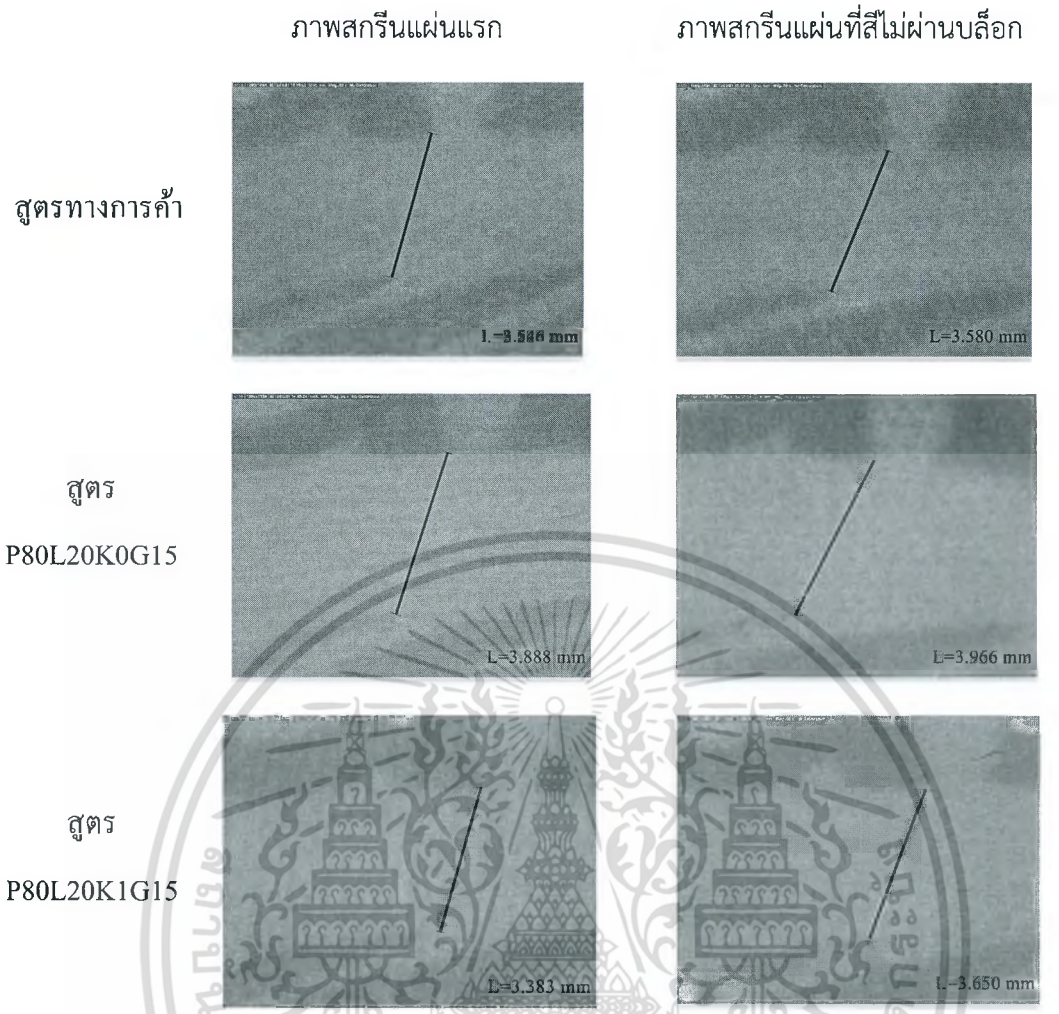


รูปที่ 4.8 ความต่างเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้ง (ค่า L)

เมื่อเปรียบเทียบเฉดสีของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้หลังการซัก 5 ครั้งจะเห็นได้ว่าหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้านั้นมีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีน้อยกว่าสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้ โดยเฉพาะค่า a* (แดง-เขียว) และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนผ้าที่สกรีนได้ของสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้พบว่าสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้สามารถพิมพ์สกรีนต่อเนื่องได้มากกว่าอย่างเห็นได้ชัด ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.2

ภาพถ่ายจากผ้าพิมพ์สกรีนของสีฐานน้ำของสูตรต่างๆ จากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะรายละเอียดของลวดลายโดยเปรียบเทียบสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้แสดงดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำทางการค้ากับสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำที่สังเคราะห์ได้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆของหมึกพิมพ์ที่สกรีนที่สังเคราะห์ได้และหมึกพิมพ์เกรดการค้า

สมบัติต่างๆ	P80L20K0G15	P80L20K1G15	เกรดการค้า
1.ความหนืด (cP)	9600	6800	32400
2.กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	มีกลิ่นเหม็นฉุน
3.จำนวนครั้งในการสกรีนผ่านบล็อก (แผ่น)	106	135	39
4.การเก็บรักษา	เก็บในตู้เย็น	เก็บในตู้เย็น	เก็บที่อุณหภูมิห้อง

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 พบว่าความหนืดของหมึกพิมพ์ที่สังเคราะห์ได้กับหมึกพิมพ์เกรดการค้ามีความหนืดที่แตกต่างกันมาก แต่ยังคงสามารถใช้งานได้ปกติ สำหรับกลิ่นของหมึกพิมพ์ที่สังเคราะห์ได้นั้นไม่มีกลิ่นเหม็นเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ไม่มีกลิ่นและไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และจำนวนในการสกรีนพบว่าหมึกพิมพ์ที่สังเคราะห์ได้ทั้ง 2 สูตรนี้มีจำนวนในการสกรีนต่อเนื่องมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมึกพิมพ์เกรดการค้า แต่การเก็บรักษาหมึกพิมพ์ที่สังเคราะห์ได้ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (เก็บในตู้เย็น) เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะทำให้หมึกพิมพ์เน่าเสียในเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ส่วนหมึกพิมพ์เกรดการค้าสามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาที่นานกว่า จึงจะเกิดการเน่าเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัย

จากงานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมสูตรหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ โดยใช้วัตถุดิบหลักเป็น พอลิ-ไวนิลอัลกอฮอล์ และน้ำยางธรรมชาติ และปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเติมแต่ง คือ โพแทสเซียม-เปอร์ซัลเฟต และ กลีเซอรอล พบว่าอัตราส่วนของสารละลาย PVA และ น้ำยางธรรมชาติ ที่สามารถนำไปใช้งานได้ ได้แก่ 90:10 85:15 และ 80:20

ผลของค่าความต่างของเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้ง พบว่าสภาวะในการทำให้ผ้าแห้งหลังการสกรีนและปริมาณของ KPS ที่ใส่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอย่างมีนัยสำคัญ แต่สัดส่วนของสารละลาย PVA ต่อ น้ำยางธรรมชาติมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสี โดยสูตรที่มีค่าความต่างของเฉดสีก่อนซักและหลังซัก 5 ครั้งน้อยที่สุด คือ อัตราส่วน PVA และ น้ำยางธรรมชาติ 80:20 (P80L20K0G10, P80L20K1G10, P80L20K2G10) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสีเกรดการค้าพบว่าเฉดสีที่วัดได้ซีดกว่าโดยค่า L และ a* ของสูตร P80L20K0G10 และ P80L20K1G10 มีผลต่างมากกว่าหมึกพิมพ์เกรดการค้า

ผลการทดสอบการแห้งของสีบนแบบสกรีนโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณของกลีเซอรอล พบว่าการเติมกลีเซอรอลทำให้สามารถพิมพ์สกรีนต่อเนื่องได้มากขึ้น โดยเมื่อเติมในปริมาณ 15 pph (P80L20K0G15 และ P80L20K1G15) สามารถสกรีนภาพต่อเนื่องได้จำนวนมากที่สุดโดยสามารถพิมพ์สกรีนต่อเนื่องได้ประมาณ 106 และ 135 แผ่น และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสีเกรดการค้าพบว่าได้จำนวนในการสกรีนต่อเนื่องมากกว่าโดยที่ยังคงเก็บรายละเอียดของลวดลายได้

5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ตรวจสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์หลังการเก็บรักษา
2. ปรับสูตรให้มีความทนทานต่อการซักมากขึ้น
3. ทดสอบหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้ในสภาวะการใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วรา ชัยนิตย์, การพิมพ์สกรีน Screen printing, กรุงเทพฯ วิทยาลัยช่างศิลป์, 2539

[2] ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์, การพิมพ์ซิลค์สกรีน Silk Screen Printing, กรุงเทพฯ สิปประภา, 2548

[3] วิเชียร จิระกานนท์, นงเยาว์ จิระกานนท์, การพิมพ์สกรีน Screen Print Techniques (4), กรุงเทพฯ อุษาการพิมพ์, 2546

[4] บริษัท ปตท เคมีคอล จำกัด (มหาชน) 2548, พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ หรือ พีวีโอเอ็ช (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www1.pttchem.com/library/dictionary/polyvinylalcohol/index.shtml 23 กันยายน 2555

[5] Wikipedia 2550, Polyvinyl alcohol (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_alcohol 23 กันยายน 2555

[6] Food network solution 2553, Xanthane gum (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/vocab/word/1112/xanthane-gum 24 กันยายน 2555

[7] คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้) ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์, ยางพารา (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.arda.or.th/kasetinfo/south. 21 ตุลาคม 2555

[8] Encyclopædia Britannica ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์, Glycerol (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.britannica.com/EBchecked/topic/236029/glycerol. 28 กันยายาน 2555

[9] Wikipedia 2546, Glycerol (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Glycerol 28 กันยายน 2555

[10] Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications 2545, Castor (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.ienica.net/crops/castor.htm 29 กันยายน 2555

[11] Vegetable oil ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์, Castor oil (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://vegetableoils.org/castor-oil 29 กันยายน 2555

[12] Wikipedia 2546, Castor oil (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Castor_oil 29 กันยายน 2555

[13] นางบุญยิ่ง จันทร์เปี่ยม,เอกสารประกอบการสอนวิชา เคมีประยุกต์ในงานสิ่งทอ, ราชบุรี วิทยาลัยเทคนิคโพธาราม, 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] Food network solution 2553, Sodium benzoate (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1917/sodium-benzoate 10 มีนาคม 2556

[15] A. Farahnaky , S. Ansari, M. Majzoobi, "Effect of glycerol on the moisture sorption isotherms of figs", Journal of Food Engineering 93 (2009) 478-473

[16] H.K. Park, B.S. Kong, E.S. Oh, "Effect of high adhesive polyvinyl alcohol binder on the anodes of lithium ion batteries", Electrochemistry Communications 13 (2011) 1051–1053

[17] S. Bai, D. V. Khakhar, V. M. Nadkarni, "Mechanical properties of simultaneous interpenetrating polymer networks of castor oil based polyurethane and polystyrene", *Polymer* Vol.38, (1996) 4319-4323

[18] F.Wang, Z. Sun, Y.-J. Wang, "Study of xanthane gum/ waxy corn starch interaction in solution by viscometry", Food Hydrocolloids 15 (2001) 575-581

[19] S.H. Imam, S.H. Gordon, L. Mao, L. Chen, "Environmentally friendly wood adhesive from a renewable plant polymer: characteristics and optimization", Polymer Degradation and stability 73 (2001) 529-533

[20] S.I. Karakashev, M.V. Grozdanova, "Foams and antifoams", Advances in colloid and Interface Science 176-177 (2012) 1-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	เคมีอุตสาหกรรม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2534-2538
M.Sc.	Polymer Science and Technology	The University of Manchester	2539-2540
Ph.D.	Polymer Chemistry	The University of Manchester	2540-2543

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

1. วัสดุประกอบร่วมระหว่างเซรามิกซ์และพอลิเมอร์
2. วัสดุประกอบระดับนาโนระหว่างเซรามิกซ์และพอลิเมอร์
3. กาวสำหรับติดไม้
4. การสังเคราะห์สาร cyclic oligomers ด้วยเทคนิคดีพอลิเมอไรเซชันแบบปิดวง และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ พอลิเมอร์ร่วม ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง
5. การสังเคราะห์และศึกษาสมบัติของ polypseudorotaxanes
6. การสังเคราะห์ soluble combinatorial libraries of crown ether-ester analogues
7. การเตรียมพอลิเอสเทอร์เรซิน

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

1.การนำพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตกลับมาใช้ใหม่ด้วยกระบวนการดีพอลิเมอไรซ์แบบปิดวงแหวนและการพอลิเมอไรซ์แบบเปิดวงแหวน ทุนศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ MT-S-43-POL-22-179-G ปี 2543

2.การรีไซเคิลโพลิเอสเทอร์โดยการดีพอลิเมอไรซ์แบบปิดวงแหวนและการพอลิเมอไรซ์แบบเปิดวงแหวน ทุนงบประมาณประจำปี 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การสังเคราะห์วัสดุประกอบไฮดรอกซีแอปาไทต์กับพอลิเอสเทอร์สำหรับการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้สถาบันประจำปี 2545

4.การเตรียมซีเมนต์แคลเซียมซิลิเกตกับพอลิเมทิลเมทาคริเลต ทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ จากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2549

5.การพัฒนากาวติดไม้ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยน้ำมันทัง ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้การเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว-อุตสาหกรรม (MAG Window I) วรวิทย์ ชุ่มชื่น สัญญาเลขที่ MRG-WI515S129 ปี 2551

6.ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (คปก 11) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พิชญา ตรีเนตร ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเคมีประยุกต์ 1 มิถุนายน ปี 2552 ถึง 31 พฤษภาคม 2557 สัญญาเลขที่ PHD/0264/2551

7.การพัฒนากาวติดไม้ชนิดปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และน้ำมันทัง ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553 ประเภทงานวิจัยเชิงบูรณาการและพาณิชย์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล

8.กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้การเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว-อุตสาหกรรม (MAG Window I) ภคพล ลัคนาพรวิสิฐ สัญญาเลขที่ MRG-WI535S901 ปี 2553

9.ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (คปก 12) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) อภิชญา เจียนประเสริฐ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี 1 ธันวาคม ปี 2553 ถึง 30 พศจิกายน 2556 สัญญาเลขที่ PHD/0075/2552

10.สมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล

11. การเตรียมและสมบัติการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลจากโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส/กัวร์กัม/โซเดียมอัลจิเนต ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. การปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยน้ำยางพารา โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา (Medium-size Project on Rubber; MPR) สกว-อุตสาหกรรม สัญญาเลขที่ RDG5550060 ปี 1 สิงหาคม 2555 ถึง 31 กรกฎาคม 2556

13.ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (คปก 13) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) สานิตย์ สิรปาณิชาติ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเคมี ประยุกต์ 1 มิถุนายน ปี 2555 ถึง 31 พฤษภาคม 2558 สัญญาเลขที่ PHD/53K0235/2553

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. Monvisade P., Hodge P., Ruddick C.L. Synthesis of soluble combinatorial libraries of crown ether-ester analogues via the cyclodepolymerisation of linear polyester. Chem.Commun. 1999; 1987-1988. (Impact factor 2005 = 3.902)

2. Hodge P., Monvisade P., Owen G.J., Heatley F., Pang Y. 1H-NMR spectroscopic studies of the structures of a series of pseudopolyrotaxanes formed by "threading". New J.Chem. 2000; 24: 703-709. (Impact factor 2005 = 2.44)

3. Hodge P., Monvisade P., Morris G.A., Preece I. A novel nuclear magnetic resonance spectroscopy method for screening small soluble compound libraries. Chem.Commun. 2001; 239-240. (Impact factor 2005 = 3.902)

4. Siriphannon P., Monvisade P., Jinawath S, Hemachandra K. Preparation and characterization of hydroxyapatite/poly(ethylene glutarate) biomaterials. J.Biomed.Mater.Res.Part A; 2007; 81A(2): 381-391.(Impact factor 2005 = 2.743, 2006 = 2.467)

5. Monvisade P., Loungvanidprapa P., Synthesis of Poly(ethylene adipate) and Poly(ethylene adipate-co-terephthalate) via Ring-opening Polymerization. Eur.Polym.J.; 2007; 43: 3408-3414. (Impact factor 2005 = 1.765, 2006 = 2.113)

6. Monvisade P., Siriphannon P., Jermsungnern R., Rattanabodee S., Preparation of hydroxyapatite/poly(methyl methacrylate) and calcium silicate/poly(methyl methacrylate) interpenetrating hybrid composites.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J.Mater.Sci.Mater.Med.; 2007; 18: 1955-1959. (Impact factor 2005 = 1.248, 2006 = 1.562)

7. Monvisade P., Loungvanidprapa P., Synthesis of Poly(ethylene terephthalate-co-isophthalate) via Ring-opening Polymerization of Their Cyclic Oligomers. J.Polym.Res.; 2008; 15, 381-387. (impact factor 2006 = 0.616)

8. Siriphannon P., Monvisade P., Preparation and Characterization of Hydroxyapatite/Poly(ethylene adipate) Hybrid Composites. J.Biomat.Sci-Polym.E.; 2008;19(7), 925-936. (Impact factor 2006 = 1.607)

9. Monvisade P., and Siriphannon P., Chitosan Intercalated Montmorillonite: Preparation, Characterization and Basic Dye Adsorption. Appl.Clay.Sci.; 2009; 42, 427-431. (impact factor 2006 = 1.652)

10. Siriphannon P., Monvisade P., Poly(ethylene terephthalate)/hydroxyapatite biomaterials: Preparation, characterization and in vitro bioactivity. J.Biomed.Mater.Res.Part A; 2009; 88A (2) 464-469.(Impact factor 2005 = 2.743, 2006 = 2.467)

11. Monvisade P., Siriphannon P. and Tapcharoen W., Effect of Ring-opening Polymerization Condition on Characteristic and Mechanical Properties of Hydroxyapatite/Poly(ethylene glutarate) Biomaterials. J.Biomed.Mater.Res.Part A; 2009; 90A (3) 656-663. (impact factor 2006 = 2.497)

12. Sirapanichart S., Khouchaf L., Siriphannon P., Monvisade P., Louarn G. and Elouadi B. Chemical and Dielectric Study of PMMA/Montmorionite Nano-Composite Films. FERROELECTRIC; 2010; 402 47-54. (impact factor 2009 = 0.447)

13. Sanit Sirapanichart, Pathavuth Monvisade, Punnama Siriphannon, and Jiti Nukeaw, Poly(methyl methacrylate-co-butyl acrylate)/Organophosphate-modified Montmorillonite Composites. Iranian Polymer Journal 2011; 20(10) 803-811. (impact factor 2010 = 1.189)

14. Pannasri P., Siriphannon P., Monvisade P. and Nookaew J., Hydrothermal growth of ZnO nanostructures from nano-ZnO seeded in P(MMA-co-BA) matrix. J.Polym.Res.; 2011 ; 18(6) 2245-2254. (impact factor 2010 = 1.186)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. Suebpong Suebwongnat, Apichaya Jianprasert, Punnama Siriphannon and Pathavuth Monvisade, Calcium silicate/Poly(ethylene terephthalate) Biomaterials via Ring-opening Polymerization. J.Polym.Res.; 2012 ; 19(10) 9985 DOI 10.1007/s10965-012-9985-3. (impact factor 2011 = 1.733)

16. Siriphannon P. and Monvisade P., In situ ring-opening polymerization of hydroxyapatite/poly(ethylene adipate)-co-(ethylene terephthalate) biomimetic composites. Bulletin of Materials Science; 2013; 36(1), February, 121-128. (impact factor 2012 = 0.88)

17. Chutima Kaemkit, Pathavuth Monvisade, Punnama Siriphannon and Jiti Nukeaw, Water-Soluble Chitosan Intercalated Montmorillonite Nanocomposites for Removal of Basic Blue 66 and Basic Yellow 1 from Aqueous Solution. J. APPL. POLYM. SCI. 2013; 128(1) 879-887. (impact factor 2011 = 1.3)

18. Monvisade P., Mongkolaussavarat T., Chalermsuksri T. and Chanthad C., Recycle of poly(ethylene terephthalate) by cyclo-depolymerisation and ring-opening polymerization. KU Science Journal, 2545 (2002), 20 (1-3), 21-29. (in Thai)

19. **ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ**, กมลวรรณ รัตนภักดิ์, พนอ วรรณวงศ์ และ ศิริยา เจียมสกุล การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเรตด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง วารสารวิทยาศาสตร์มข. ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 2546(2003) หน้า 46-53.

20. ปุณณมา ศิริพันธ์โนน, **ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ** และ สุภาณี ชนะวงศ์ การสังเคราะห์วัสดุเชิงประกอบระหว่างไฮดรอกซีแอปาไทต์กับพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 2547 (2004) หน้า 36-45.

21. ภคพล ลัคนาพรวิสิฐ, **ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ** และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันซักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 3 (ฉบับพิเศษที่ 2) มีนาคม 2554 หน้า 23-31.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. Hodge P., Monvisade P., Ruddick C.L. Synthesis of soluble libraries of macrocycles which potentially have recognition properties. in Innovation and perspectives in solid-phase synthesis and combinatorial libraries; Ed. Epton R. Mayflower worldwide limited, Kingswinford, UK, 2001; .181-184.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Monvisade P., Choeykomhaeng M. The formation of the inclusion complex of β-cyclodextrin with PMMA. PPC8, Bangkok, Thailand. 24-27 November 2003. 91.

3. Monvisade P., Siriphannon P., Chanawong S. Synthesis of hydroxyapatite/poly (ethylene adipate) composites by in situ ring-opening polymerization. PPC8, Bangkok, Thailand. 24-27 November 2003. 115-116.

4. Monvisade P., Siriphannon P., Chitosan intercalated montmorillonite adsorbent for dye containing wastewater treatment. The Sixth Princess Chulabhorn International Science Congress, The interface of chemistry and biology in the "Omics" era: Environment & Health, and Drug Discovery, Shangri-La Hotel, Bangkok, Thailand. 25-29 November 2007.

5. Siriphannon P., Monvisade P., Hybrid ceramic-polymer biomaterials. The French-Thai Workshop on "Advanced Materials and Technology", (Krabi, Thailand), March 23-27, 2008.

6. Siriphannon P., Monvisade P., Biomimetic ceramic-polymer composites for medical applications. AUN/SEED Net 1st Regional Workshop on Natural Resources and Materials for Sustainable Development of ASEAN, (Phnom Penh, Kingdom of Cambodia), August 18-19, 2008.

7. Monvisade P., Siriphannon P., Adsorption of dye onto chitosan intercalated montmorillonite. The IUMRS International Conference in Asia 2008, (Nagoya, Japan), December 9-13, 2008.

8. Chumchuen W., Monvisade P., Siriphannon P., and Oonjittichai W., Tung oil modified poly(vinyl alcohol) as formaldehyde-free wood adhesives. The 6th International Symposium on Advance Material in Asia-Pacific Rim (6th ISAMAP), Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, November 21-23, 2009.

9. Monvisade P. and Intharavichain T., Synthesis of poly(diethylene adipate), poly(diethylene terephthalate) and their copolymer via ring-opening polymerization. 7th International Symposium on Advance Material in Asia-Pacific (7th ISAMAP), Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST), Ishikawa High-Tech Exchange Center, Ishikawa, Japan, Sep. 30-Oct. 1, 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Lakkanapornwisit P., Monvisade P. and Oonjittichai W., Effect of silica on mechanical properties of particle board using formaldehyde free adhesive. Proceeding of The 8th International Symposium on Advanced Materials in Asia-Pacific Rim (8th ISAMAP) and The 2nd International Workshop on Nanogrid Materials (IWNM), Hotel Novotel Ambassador Busan, Haeundae, Busan, Korea, Nov. 2-5, 2011, p 36-41.

11. Suebpong Suebwongnat, Punnama Siriphannon and Pathavuth Monvisade, Mechanical properties and bioactivity of calcium silicate/poly(ethylene terephthalate-co-carprolactone) composites. 15th International Conferrence on Advances in Materials & Processing Technologies (AMPT 2012), Novotel Wollongong Northbeach Hotel, Wollongong, Australia, Sep. 23-26, 2012.

12. อมรรัตน์ สวัสดิมงคล **ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ** ปุณณมา ศิริพันธ์โนน และ ชลลดา ฤตวิรุฬห์ การเตรียมวัสดุประกอบนาโนระหว่างพอลิเมอร์ร่วมพอลิเมทิลเมทาคริเลตพอลิอะคริลิกแอซิดกับไคโตซาน-มอนต์มอริลโลไนต์ด้วยวิธีพอลิเมอไรซ์ขณะขึ้นรูป การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 17 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่ 29-30 ตุลาคม **2550(2007)** NP05_1

13. ณัชชา ปานกุล, **ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ**, และปุณณมา ศิริพันธ์โนน, การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่34 (ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ), 31ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน **2551(2008)** E_E0037 page 213.

14. สานิตย์ สิระปาณิชาติ, สุรลักษณ์ มรรคศศิธร, สุวิชชา บัวเขียว, ปุณณมา ศิริพันธ์โนน, และ**ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ**, การเตรียมวัสดุประกอบนาโนพอลิเมทิลเมทาคริเลต/มอนต์มอริลโลไนต์, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่34 (ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ), 31ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน **2551(2008)** E_E0104 page 230.

15. Shamas Minsakorn and **Pathavuth Monvisade**, Preparation and swelling behavior of sodium carboxymethylcellulose/guar gum hydrogels, 2nd Polymer Conference of Thailand, Convention Center, Chulabhorn Research Institute, Bangkok, October 20-21 **2011** page 120-123.

16. Suebpong Suebwongnat, Punnama Siriphannon, **Pathavuth Monvisade**, Preparation of Calcium Silicate/Poly(ethylene terephthalate-*co*-caprolactone) Composites for Medical Applications, Proceeding of Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2012), Chiang Mai, Thailand, 11th-13th January **2012** page 65.

17. Sirinan Lawchoochaisakul, **Pathavuth Monvisade,** Punnama Siriphannon and Jiti Nukeaw, Adsorption of Basic Yellow 1 (BY1) by Cationic Starch Intercalated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Montmorillonite Nanocomposite, The 9th KU-KPS Conference, December 6-7 **2012** page 114.

18. Sirinan Lawchoochaisakul, **Pathavuth Monvisade,** Punnama Siriphannon and Jiti Nukeaw, The Adsorption of Acid Red 91 of Nanocomposite Material between Montmorillonite and Cationic Starch, การประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อการพัฒนาด้านวิจัยอย่างยั่งยืน, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 25-26 ธันวาคม **2555**, SRD-94 หน้า 70.

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ และ ภคพล ลัคนาพรวิสิฐ (ผู้ประดิษฐ์) กาวติดไม้ชนิดไม่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งเสริมแรงด้วยซิลิกาสำหรับงานพาร์ทิเคิลบอร์ด คำขอเลขที่ 1101002357 ยื่นคำขอเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายวรา ชัยนิตย์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr Vara Chaiyanit

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

วิทยาลัยช่างศิลป สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร 02-3264002-4 โทรสาร 02-3264013

e-mail: VCHAIYANIT @ HOTMAIL.COM

ประวัติการศึกษา

ศิลปมหาบัณฑิต (สาขาภาพพิมพ์) มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2534

การแสดงผลงานศิลปะ

1989 - INTERNATIONAL PRINT EXHIBITION, SMALL GRAPHIC FORM, POLAND.

- 6TH CONTEMPORARY YOUNG ARTISTS EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND.

1990-1993 - 4TH ,5TH ,7TH INTERNATIONAL BIENNIALE PRINT EXHIBITION : ROC.

1990 - "NEW ARTIST GROUP" EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND.

- 7TH CONTEMPORARY YOUNG ARTISTS EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND.

1991 - 19TH INTERNATIONAL BIENNIALE OF GRAPHIC ART LJUBLJANA, YUGOSLAVIA.

- 4TH BIENNIALE EXHIBITION OF SMALL GRAPHIC FORM AND EXLIBRIS, POLAND.

- THE INTERNATIONAL EXHIBITION ii ROOPANKAR BHARAT BHAVAN INTERNATIONAL BIENNIALE OF PRINT, INDIA.

- 8TH CONTEMPORARY YOUNG ARTISTS EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND.

- 37TH NATIONAL ART EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND

- BRINGS GOOD THINGS TO LIFE EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1992 - UNIVARSITY PRINT EXHIBITION “MACHIDA CITY MUSEUM OF GRAPHIC ARTS”, TOKYO.
- THE 4TH KOCHI INTERNATIONAL TRIENNIAL EXHIBITION OF PRINTS, JAPAN.
- THE 45TH INTERNATION EXHIBITION OF ART, THAILAND
- CONTEMPORARY ART EXHIBITION. ORGANIZED BY THAI FARMERS BANK, BANGKOK, THAILAND.
- “BRINGS GOOD THINGS TO LIFE” EXHIBITION, THAILAND.
- SAPPORO INTERNATIONAL PRINT BIENNIAL, JAPAN.

1999 - 1- 6TH ART EXHIBITION BY THE MEMBERS OF COLLEGE OF FINE ARTS BANGKOK, THAILAND

2000 - ART THESIS EXHIBITION BY MASTER DEGREE BANGKOK, THAILAND

2001 - INTERNATIONAL PRINT TRIENNIAL IN KANAGAWA 2001, JAPAN.
- THE 10TH INTERNATIONAL BIENNIAL PRINT&DRAWING EXHIBITION 2001, ROC.
- THE5TH KOCHI INTERNATIONAL TRIENNIAL EXHIBITION OF PRINTS. JAPAN

2002 - THE 12TH INTERNATIONAL PRINT BIENNIAL, SEOUL

2003 - PREMIO AGOUI 6TH INTERNATIONAL BIENNIAL OF ENGRAVING,ITALIA

2004 - THE 13TH SPACE INTERNATIONAL PRINT BIENNIAL, SEOUL.

2005 - PREMIO ACQUI 7TH INTERNATIONAL BIENNIALOF ENGRAVING, ITALIA
- THAI ART EXHIBITION AT ART GALLERY OF THE CAPITAL LIBRARY, BEIJING

2006 - INTERNATIONAL PRINT TRIENIAL KRAKOW OLDENBURG VICNNA. 2006-2007, POLAND

2007 - IX INTERNATIONAL BIENNIAL EXHIBITION OF ENGRAVING CAIXANOVA SPAIN
- INTERNATIONAL PRINT EXHIBITION TOKYO, JAPAN

2011 - SEGNALATO PRIZE, PREMIO ACQUI 7TH INTERNATIONAL BIENNIAL OF ENGRAVING, ITALIA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รางวัลที่ได้รับ

1989 - "MISIEUM YIPINSOI" SCHOLARSHIP

- SILVER MEDAL. 6TH CONTEMPORARY YOUNG ARTISTS EXHIBITION, BANGKOK.

1990 - SPACIAL PRIZE, 7TH CONTEMPORARY YOUNG ARTISTS EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND.

- SPACIAL PRIZE, "BRINGS GOOD THINGS TO LIFE" EXHIBITION, BANGKOK.

1991 - SPACIAL PRIZE, 8TH CONTEMPORARY YOUNG ARTISTS EXHIBITION, BANGKOK, THAILAND.

- 3RD PRIZE, BRONZE MEDAL, 37TH NATIONAL ART EXHIBITION, THAILAND.

- AWARD WINNERS"BRINGS GOOD THINGS TO LIFE"EXHIBITION, BANGKOK.

1993 - AWARD WINNERS"BRINGS GOOD THINGS TO LIFE"EXHIBITION, BANGKOK.

1999 - AWARD WINNERS"BRINGS GOOD THINGS TO LIFE"EXHIBITION, BANGKOK.

- AWARD WINNER, CONTEMPORARY ART EXHIBITION, ORGANIZED BY THAI FARMERS BANK BANGKOK, THAILAND.

- SAPPORO'S PRIZE. SAPPORO INTERNATIONAL PRINT BIENNIAL, JAPAN.

2001 - GOLD MEDEL, PRINT THE 10TH INTERNATIONAL BIENNIAL PRINT & DRAWING EXHIBITION 2001, ROC.

- AWARD WINNERS FOURTH PRIZE THE 5TH KOCHI INTERNATIONAL TRIENNIAL EXHIBITION OF PRINTS. JAPAN.

2002 - SPACE GRAND PRIZE 'THE 12TH SPACE INTERNATIONAL PRINT BIENNIAL, SEOUL.

2003 - PURCHASC PRIZE, PREMIO ACQUI 6TH INTERNATIONAL BIENNIAL OF ENGRAVING. ITALIA

2004 - SPACE GRAND PRIZE THE 13TH SPACE INTERNATIONAL PRINT BIENNIAL, SEOUL.

2006 - SEGNALATO PRIZE, PREMIO ACQUI 7TH INTERNATIONAL BIENNIAL OF ENGRAVING, ITALIA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้