



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาวัสดุรองพื้นในงานสีฝุ่นพร้อมใช้

Development of Ready-to-use Foundation Materials in Tempera Painting



นายภัทรวิช มนต์วิเศษ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย
จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาวัสดุรองพื้นในงานสีฝุ่นพร้อมใช้

Development of Ready-to-use Foundation Materials in Tempera Painting

นายภัทราวุธ มนต์วิเศษ



b.0026528
i.....

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 149118
รับเดือนปี.....4.....อ.ค. 2561

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย
จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาวัสดุรองพื้นในงานสีฝุ่นพร้อมใช้.....
 แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย.....
 ประจำปีงบประมาณ 2560..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000..... บาท
 ระยะเวลาทำการวิจัย..... 1..... ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 2559..... ถึง 30 ก.ย. 2560.....
 ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด.....
 หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัทราวุธ มนต์วิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมวัสดุรองพื้นโดยมีองค์ประกอบหลักเป็นดินสอพองเพื่อใช้ในงานสีฝุ่น เนื่องจากปัญหาการหลุดลอกของตัววัสดุรองพื้นและปัญหาในการม้วนเก็บที่ส่งผลกับงานศิลปะที่ใช้เทคนิคสีฝุ่นทำให้เกิดรอยแตกเมื่อได้รับการคัดหรืออง ดังนั้นเพื่อพัฒนาให้พื้นผิวไม่เกิดการหลุดลอกได้ง่าย ไม่เกิดการแตก หรือรอยแยกเมื่อม้วนเก็บ รวมถึงความสามารถในการยึดติดกับตัวสีฝุ่นของวัสดุรองพื้น ในงานวิจัยนี้เลือกใช้สารยึดติด ได้แก่ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) ซึ่งมีสมบัติการยึดติดและให้ความยืดหยุ่นที่ดี กัมอะราบิก (Arabic gum) มีสมบัติเป็นตัวประสานที่ดี (Binder) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยเอนไซม์ ซึ่งมีราคาถูก โดยแบ่งสูตรวัสดุรองพื้นเป็น 2 กลุ่มคือ สูตรวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียวและสูตรที่ใช้สารยึดติดผสม ทำการผสมดินสอพองกับสารยึดติดโดยใช้อัตราส่วนต่าง ๆ จากนั้นบดให้เป็นผงละเอียดโดยควบคุมขนาดอนุภาค นำไปขึ้นรูปชิ้นงานแบบบางและแบบหนาให้มีความหนาอยู่ในช่วง 0.1 มิลลิเมตร และ 0.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ นำสูตรวัสดุรองพื้นไปศึกษาลักษณะทางกายภาพ, ความสามารถในการคัดโค้งและการยึดติด และความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้น โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าสัดส่วนของสารละลายสารยึดติดที่เหมาะสมคือ 6 มิลลิตรต่อดินสอพอง 20 กรัม สูตรสารยึดติดผสมระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับกัมอะราบิกที่ 2:4 โดยปริมาตร (สูตร P2G4) เป็นสูตรที่เหมาะสมและได้รับความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด

คำสำคัญ : กัมอะราบิก, ดินสอพอง, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร, พอลิไวนิลอัลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of Ready-to-use Foundation Materials in Tempera Painting.....

Researcher: Asst.Prof.Dr. Pathavuth Monvisade.....

Faculty: Science..... **Department:** Chemistry.....

ABSTRACT

This research studied on the preparation of marl-based foundation materials for using in tempera painting. Adhesives i.e., poly(vinyl alcohol) (PVA) which provides great adhesion and elasticity, arabic gum which offers good binding efficiency, and low-cost α -amylase modified cassava starch were used in order to avoid flaking off and cracking when bending or flexing of the substrate. The formulae were divided into two types: single adhesive and mixed adhesives. The substrates were prepared by blending marl with various amounts of adhesives followed by grinding with controlling size of particles and shaping into thick pieces (0.3 mm) and thin pieces (0.1 mm). Thereafter, the physical surfaces, the ability of bending and adhesions, and the compatibility between the substrate and tempera painting layer were studied. The results showed that the proper ratio of adhesives solution was 6 ml. per 20 grams of marl. Furthermore, the most satisfaction formula recommended by professionals was P2G4 which contained PVA and arabic gum at the volume ratio of 2:4.

Keywords : Arabic gum, Marl, Modified starch, Poly(vinyl alcohol)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 หลักการ	4
2.1 จิตรกรรมสีฝุ่น (Tempera painting)	4
2.1.1 จิตรกรรมสีฝุ่นสากล	4
2.1.2 จิตรกรรมสีฝุ่นไทย	5
2.1.3 ระบายรองรับสำหรับสีฝุ่น (Surfaces)	6
2.1.4 การเตรียมพื้น	6
2.1.5 ผงสี (Pigment)	7
2.2 ดินสอพอง (Marl)	7
2.2.1 องค์ประกอบของดินสอพอง	7
2.2.2 การใช้ประโยชน์จากดินสอพอง	8
2.3 กัมธรรมชาติ (Natural gums)	8
2.3.1 กัมอะราบิก (Gum Arabic)	9
2.4 แป้ง (Starch)	11
2.4.1 องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง	11
2.4.2 สมบัติของแป้ง	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3 แป้งมันสำปะหลัง	15
2.5 เอนไซม์ (Enzymes)	18
2.6 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol))	19
2.6.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	20
2.6.2 การนำไปใช้ประโยชน์	21
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	24
3.1 ขั้นตอนการเตรียมสูตรวัสดุรองพื้น	24
3.2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง	25
3.2.1 การเตรียมชิ้นงานแบบบาง	25
3.2.2 การเตรียมชิ้นงานแบบหนา	28
3.3 การทดสอบ	29
3.3.1 การหาค่าความหนืด	29
3.3.2 การตรวจวัดขนาดอนุภาค	29
3.3.3 การทดสอบการยึดติด	29
3.3.4 การทดสอบความสามารถในการตัดโค้ง	30
3.3.5 การทดสอบความทนทานต่อน้ำ	30
3.3.6 การทดสอบความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้น	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	31
4.1 ความหนืดของสารละลายสารยึดติดที่ใช้ผสมกับดินสอพอง	31
4.2 การตรวจวัดขนาดอนุภาค	32
4.3 ความหนาของชิ้นงาน	33
4.4 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุรองพื้น	34
4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการตัดโค้งและการยึดติด	36
4.6 ความทนทานต่อน้ำ	40
4.7 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียว	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุรองพื้นสูตรที่ใช้สารยึดติดผสม	43
4.9 ความหนาของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม	44
4.10 การทดสอบความสามารถในการตัดโค้งและการยึดติดของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้น	44
4.11 ความทนทานต่อน้ำของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม	45
4.12 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม	46
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการวิจัย	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย	54
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทั่วไปของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์	20
3.1 องค์ประกอบของสูตรวัสดุรองพื้น	24
4.1 ความหนืดของสารละลายที่ใช้ผสมกับดินสอพอง	31
4.2 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุรองพื้น	32
4.3 ความหนาเฉลี่ยของชั้นงาน	33
4.4 ความสามารถในการคัดโค้งและการยึดติดของสูตรที่มีสารยึดติดประเภทเดียว	36
4.5 การขยายตัวของหยดน้ำ	41
4.6 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของสูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้สารยึดติดผสม	44
4.7 ความหนาเฉลี่ยของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม	44
4.8 ตารางบันทึกผลการทดสอบความสามารถในการคัดโค้งและการยึดติดของสูตรสารยึดติดผสม	45
4.9 การขยายตัวของหยดน้ำของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 จิตรกรรมฝาผนังอุโบสถ วัดใหญ่สุวรรณาราม จังหวัดเพชรบุรี	1
1.2 Madonna and Child by Duccio, จิตรกรรมสีฝุ่นและทองบนพื้นไม้, 1284, Siena	2
2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ Gum Arabic	10
2.2 โครงสร้างอะไมโลส	11
2.3 โครงสร้างอะไมโลเปคติน	13
2.4 การพองตัวของเม็ดแป้ง	14
2.5 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน	15
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์	19
3.1 ฝ้าดิบขนาด 5x20 ตารางเซนติเมตร	25
3.2 ฝ้าดิบขนาด 12x12 ตารางเซนติเมตร	25
3.3 ชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ	26
3.4 ชิ้นงานตัวอย่างที่ทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ	26
3.5 บล็อกสกรีนขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร	27
3.6 อุปกรณ์ในการผสมวัสดุรองพื้น	27
3.7 การปาดสูตรวัสดุรองพื้นลงบนฝ้าดิบผ่านบล็อกสกรีน	28
3.8 ชิ้นงานตัวอย่างที่ปะขอบด้วยเทปกาวที่มีความหนา 0.3 มิลลิเมตร	28
3.9 การปาดสูตรวัสดุรองพื้นลงบนฝ้าดิบ	29
4.1 รูปอนุภาคเฉลี่ยของสูตร P7	32
4.2 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพจากสูตร P6	35
4.3 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพจากสูตร G6	35
4.4 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพจากสูตร S6	36
4.5 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 0 จากสูตร S4 แบบบาง (ทดสอบแบบม้วนเข้า)	37
4.6 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 1 จากสูตร S4 แบบบาง (ทดสอบแบบม้วนออก)	38
4.7 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 2 จากสูตร P5 แบบหนา (ทดสอบแบบม้วนเข้า)	38
4.8 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 3 จากสูตร S6 แบบหนา (ก) และ G3 แบบหนา (ข) (ทดสอบแบบม้วนออก)	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 ภาพแสดงการหลุดลอกจากสูตร P6 (ไม่เกิดการหลุดลอก)	39
4.10 ภาพแสดงการหลุดลอกจากสูตร S4 (เกิดการหลุดลอก)	39
4.11 การขยายตัวของหยดน้ำ (ก) สูตรวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมโพลิไวนิลอัลกอฮอล์ (ข) สูตรวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมอะราบิก (ค) สูตรวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมคัตแปร์	41
4.12 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียวโดยผู้เชี่ยวชาญ (ก) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P8 (ข) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร S7 (ค) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร G5 และ (ง) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร G6	43
4.13 การขยายตัวของหยดน้ำของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม	46
4.14 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับความพึงพอใจ (ก) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P2G4 และ (ข) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P4S2	47
4.15 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญที่ไม่ได้รับความพึงพอใจ (ก) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P3G3 และ (ข) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P3S3	47
4.16 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับความพึงพอใจ (ก) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P2G4 และ (ข) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P3S3	48
4.17 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญที่ไม่ได้รับความพึงพอใจ (ก) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P4G2 และ (ข) ตัวอย่างชั้นงานจากสูตร P4S2	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

การสร้างสรรคงานศิลปะในกลุ่มงานด้านจิตรกรรมนั้นเป็นงานศิลปะที่แสดงออกด้วยการวาด, ระบายสี และจัดองค์ประกอบความงามอื่น ๆ เพื่อให้เกิดภาพ 2 มิติ ซึ่งมีเทคนิคที่ใช้ในการวาดหลากหลาย เช่น สีฝุ่น สีน้ำ สีอะคริลิก สีน้ำมัน เป็นต้น โดยในแต่ละเทคนิคจะมีสมบัติเฉพาะและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้แตกต่างกันออกไป สีฝุ่นเป็นอีกหนึ่งเทคนิคที่ใช้เขียนภาพมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยส่วนใหญ่แล้วจะเขียนบนระนาบรองรับที่เป็นพื้นแข็ง เช่น ผนังอาคาร พระอุโบสถ พระวิหาร พระระเมียง พระที่นั่ง หอไตร หรือหลังบานประตูหน้าต่าง [1] ซึ่งการใช้สีฝุ่นนั้นมีข้อดีคือภาพที่ได้จะมีลักษณะที่เรียบเนียน มีเฉดสีที่หลากหลาย นอกจากนี้สีฝุ่นยังมีสมบัติไม่ติดไฟได้ง่าย ทนต่อแรงกระแทก การขีดขูด ไม่มีไอหรือสารระเหย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญยังมีต้นทุนที่ใช้ต่ำกว่าสีน้ำมัน [2] ทำให้ ในปัจจุบันมีการนำสีฝุ่นมาเขียนลงบนผ้าใบมากขึ้น การเตรียมพื้นสำหรับงานสีฝุ่นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยมักจะใช้ดินสอพองเพื่อใช้เป็นตัวรองรับสีและใช้ปิดทับรูที่เกิดจากการทอของผ้า เนื่องจากรบนผ้าเป็นสาเหตุที่ทำให้ภาพที่ได้เกิดลวดลายไม่สมบูรณ์ และสีฝุ่นมีลักษณะที่เป็นผงละเอียด โดยในการใช้งานจะมีการผสมกาวที่ได้จากธรรมชาติ คือ กัมจากเมล็ดมะขามและ/หรือกัมอะราบิก วิธีการนี้จะถูกใช้ในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญโดยสัดส่วนการใช้จะเฉพาะตามเทคนิคศิลป์แต่ละท่าน จะต้องอาศัยความชำนาญในการใช้งาน [3] หากเตรียมพื้นที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมกับสีฝุ่น จะเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาการหลุดลอก ล่อนได้ง่าย นอกจากนี้ในงานสีฝุ่นที่เขียนลงบนพื้นผ้าใบอาจเกิดปัญหาหารอยแตก หากได้รับการพับหรือการดัดงอ เมื่อทำการม้วนเก็บภาพซึ่งเป็นข้อจำกัดของงานสีฝุ่น



ภาพที่ 1.1 จิตรกรรมฝาผนังอุโบสถ วัดใหญ่สุวรรณาราม จังหวัดเพชรบุรี [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.2 Madonna and Child by Duccio, จิตรกรรมสีฝุ่นและทองบนพื้นไม้, 1284, Siena [5]

ปัจจุบันวัสดุรองพื้นพร้อมใช้สำหรับงานสีฝุ่น ยังไม่มีการผลิตเชิงพาณิชย์จำหน่ายภายในประเทศ ผู้ใช้งานทั่วไปที่ไม่ใช่ระดับผู้เชี่ยวชาญ ต้องสั่งซื้อผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ทำให้การรังสรรค์งานทางด้านสีฝุ่นไม่เป็นที่นิยม งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาสูตรในการทำวัสดุรองพื้นพร้อมใช้เพื่อพัฒนาให้พื้นผ้าใบไม่เกิดการหลุดลอกได้ง่าย รวมถึงไม่เกิดการแตก หรือรอยแยกเมื่อทำการม้วนเก็บ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ซึ่งมีสมบัติการยึดติดที่ดีมาผสมกับกัมอาระบิก (Gum arabic) ที่มีสมบัติเป็นตัวประสานที่ดี (Binder) เพื่อศึกษาสมบัติการยึดติด, ความสามารถในการคัดกรองของวัสดุที่ใช้รองพื้นผ้าใบ และความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาวัสดุรองพื้นพร้อมใช้ที่มีความยืดหยุ่น, การยึดติดที่ดี และมีความเข้ากันได้กับชั้นสีฝุ่น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1. เตรียมสารละลายของวัตถุดิบ ได้แก่

- สารละลายกัมอาระบิก (Gum arabic)
- สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA)

1.3.2. เตรียมสูตรของวัสดุรองพื้นผ้าใบโดยใช้วัตถุดิบดังนี้

- พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA)
- กัมอาระบิก (Gum arabic)
- ดินสอพอง

1.3.3 ศึกษาสมบัติของสูตรวัสดุรองพื้นผ้าใบแต่ละสูตร ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมบัติด้านการยึดติด
- ความสามารถในการคัด ค้าง
- ความเข้ากันได้ระหว่างวัสดุรองพื้นกับสีฝุ่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเตรียมสูตรของวัสดุรองพื้นผ้าใบเพื่อใช้สำหรับงานจิตรกรรมสีฝุ่น โดยที่ไม่เกิดการหลุดลอก แตกหักหรือรอยแยก อันเนื่องมาจากการม้วนเก็บ หรือค้ำงอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 จิตรกรรมสีฝุ่น (Tempera painting) [1]

Tempera หมายถึง สสารหรือวัตถุที่ใช้เป็นตัวผสมผสานผงสี สีฝุ่นมีสมบัติแห้งเร็ว เมื่อระบายลงไปแล้วมีสิ่งผิดพลาดอาจจะชูดอกได้โดยง่าย และสีฝุ่นสามารถนำไปดัดแปลงใช้ได้หลายวิธีซึ่งสีอื่น ๆ ทำไม่ได้

ศิลปินหรือช่างเขียนในปัจจุบันอาจมีความคุ้นเคยกับการใช้สีประเภทอื่น ๆ ที่ให้ความสะดวก รวดเร็วมาก เช่น สีน้ำ สีน้ำมัน สีอะคริลิก การใช้สีฝุ่นดูเหมือนจะเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก แต่ก็มีศิลปินจำนวนมากไม่น้อยที่ยอมปรับตัวตามเทคนิคและวิธีใช้ของสีฝุ่น ถึงแม้ว่าจะต้องเตรียมสีเอง เตรียมตัวผสมเองหรือเตรียมสิ่งอื่น ๆ อีกมากมายด้วยตัวเอง แต่ก็ดูจะเป็นการคุ้มค้ำกับความมีคุณค่าของภาพเขียนที่ได้รับ

2.1.1 จิตรกรรมสีฝุ่นสากล [1]

จุดกำเนิดของสีฝุ่นยังไม่มีข้อยืนยันได้แน่นอน แต่ก็อาจกล่าวได้ว่า ในยุโรปเป็นจุดวางรากฐานเริ่มแรกของการใช้สีชนิดนี้ ซึ่งมีมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 10 งานจิตรกรรมสีฝุ่นในยุคเก่า มักจะพบในงาน 2 ประเภทคือ งานจิตรกรรมฝาผนังขนาดใหญ่ และงานเขียนภาพประกอบในคัมภีร์ต่าง ๆ ในศิลปะแบบ Byzantine และ Romanesque ได้ใช้แผ่นทองคำเปลวประกอบกับงานสีฝุ่นจนถึงศตวรรษที่ 15 เมื่อศิลปะแบบธรรมชาตินิยม (Naturalism) เป็นที่นิยมมากขึ้น ศิลปินได้เลิกใช้ทองลงพื้น แต่ใช้เกสโซ (Gesso) ลงพื้นแล้วใช้สีฝุ่นลงไปเลย

ในช่วงปลายศตวรรษที่ 15 ได้มีการเปลี่ยนแปลงเทคนิคการเขียนรูปไปสู่การใช้สีน้ำมัน ซึ่งถูกนำมาเผยแพร่ในอิตาลีและประเทศอื่น ๆ จากเนเธอร์แลนด์ การเขียนภาพสีฝุ่นก็มีใช้ว่าจะหมดไป แต่ได้มีการพัฒนาโดยการเพิ่มน้ำมันลงในส่วนผสมของไข่แดง ทำให้ภาพเขียนสีฝุ่นในยุคนั้นมีลักษณะพิเศษไปจากยุคก่อน

มีข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการใช้สีฝุ่นที่แตกต่างกันในแต่ละยุคแต่ละสมัย ว่าวิธีไหนจะถูกต้องซึ่งการใช้ไข่ผสมเพียงอย่างเดียวเป็นสูตรที่ใช้กันมากที่สุด อาจมีต้นกำเนิดมาจากการทดลองค้นคว้าของ Giotto (1266-1339) และอาจสรุปได้ว่าช่วงนั้นการเขียนภาพสีฝุ่นได้เป็นที่นิยมสูงสุดเพียงคู่กับศิลปะการเขียนภาพสีปูนเปียก

สีฝุ่นเป็นที่นิยมในทวีปอเมริกานานถึงสองร้อยปี ยุโรปสมัยศตวรรษที่ 19 มีการใช้สีฝุ่นเยอรมัน โดย Hocklin (1827-1901) ในยุคสมัยเดียวกันนั้นเองก็มีจิตรกร ชาวอังกฤษชื่อ Samuel Palmer (1805-81) จิตรกรชาวฝรั่งเศสชื่อ Moreau (1826-98) และจิตรกรชาวออสเตรียชื่อ Klimt (1862-1918) ได้สร้างผลงาน

ไว้หลายชิ้น โดยใช้สีฝุ่น นอกจากนี้ยังมีจิตรกรรมร่วมสมัยอีกหลายคนได้ใช้สีฝุ่นสร้างผลงานจิตรกรรมอีกมากมาย เช่น Hen Shanhn (1898-1969), Andrew Wyeth (1917), Edward Wadsworth (1899-1949) และ Hemard Cohen (1933)

2.1.2 จิตรกรรมสีฝุ่นไทย [6]

จิตรกรรมไทยเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจิตรศิลป์ ซึ่งแสดงออกถึงเรื่องราวต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อให้เห็นถึงความเลื่อมใสในพระพุทธศาสนาและวัฒนธรรมอันดีงามของชาติทั้งในด้านโบราณคดี ประวัติศาสตร์ตลอดจนวิถีชีวิตความเป็นอยู่ วัฒนธรรมการแต่งกาย การแสดง การละเล่นพื้นเมืองต่าง ๆ ของแต่ละยุคสมัยและสาระอื่น ๆ ที่ประกอบกันเป็นภาพจิตรกรรมไทย

จิตรกรรมไทยมีลักษณะพิเศษเป็นศิลปะแบบอุดมคติ (Idealistic) อันเป็นลักษณะเช่นเดียวกับงานจิตรกรรมในประเทศทางตะวันตก ดังประเทศในแถบเอเชียหลายประเทศ เช่น อินเดีย ลังกา จีน และญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งเป็นภาพจิตรกรรมที่ระบายสีด้วยเทคนิคแบนเรียบด้วยสีสันสดใส แล้วจึงตัดเส้นเป็นภาพแบบ 2 มิติ ทำหน้าที่ให้ความรู้สึกเพียงด้านกว้างและด้านยาวเท่านั้น

จิตรกรรมไทย มีมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยเจริญเติบโตและมีพัฒนาการมาตามลำดับ จนกระทั่งทักษะฝีมืองดงามเป็นที่ยกย่องคือศิลปะสมัยอยุธยาและรัตนโกสินทร์ รูปแบบ กรรมวิธีการสร้าง แสดงถึงภูมิปัญญาของช่างเขียนไทยที่มีความรอบรู้ ชำนาญการเขียนงานจิตรกรรมไทย ฝีมือช่างแต่ละสมัยเรียกว่า “สกุลช่าง” สืบทอดความรู้ต่อ ๆ กันมา แต่ละสกุลช่างอาจแตกต่างกันทางกรรมวิธี ความนิยม ซึ่งอาจมีแบบที่แสดงออกมาต่างกันไปตามสภาพสังคม สิ่งแวดล้อมของท้องถิ่นต่าง ๆ ตลอดจนความคิดของช่าง เพื่อสื่อความหมายสาระของเรื่องราวที่ถ่ายทอดมาเป็นภาพจิตรกรรม เขียนบนฝาผนังภายในพระอุโบสถ วิหาร พระที่นั่ง บนแผ่นผ้า (ภาพพระบฏ) บนกระดาษ (ภาพสมุดไทย) ด้วยสีฝุ่นตามเทคนิคและกรรมวิธีของช่าง

จิตรกรรมไทยสามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ จิตรกรรมติดที่ (Mural Painting) และ จิตรกรรมที่เคลื่อนที่ได้ (Easel Painting)

1. จิตรกรรมที่ติดที่หรือจิตรกรรมฝาผนัง เป็นจิตรกรรมที่เคลื่อนที่ไม่ได้ เพราะเขียนลงบนโครงสร้างของตัวอาคาร เช่น ฝาผนัง เพดาน เสา คอสอง ช่อ คาน และบานประตู หน้าต่าง เป็นต้น จิตรกรรมเหล่านี้มีอยู่ตามวัดวาอารามต่าง ๆ มักจะพบเขียนอยู่ที่ อุโบสถ วิหาร ศาลา หอไตร กรุโนเจดีย์ หรือพระปราสาท และตามกุฏิต่าง ๆ เรื่องที่เขียนส่วนมากจะเป็นเรื่องพระพุทธประวัติ เทพชุมนุม ไตรภูมิ ชาดกต่าง ๆ วรรณกรรมทางศาสนา ปรีชาธรรม ตำนานนิทานพื้นบ้าน พระราชนิพนธ์ ประเพณีและเหตุการณ์สำคัญต่าง ๆ เป็นต้น

2. จิตรกรรมที่เคลื่อนที่ได้ ได้แก่ สมุดข่อย สมุดไทย พระบฏ ภาพมหาชาติ ผู้พระธรรมต่าง ๆ ส่วนใหญ่เป็นภาพเขียนด้วยเทคนิคสีฝุ่น เช่นเดียวกับจิตรกรรมฝาผนัง แต่เนื่องจากเป็นภาพเขียนที่มีพื้นภาพ

ขนาดเล็กกว่าฝาผนัง การสร้างองค์ประกอบของภาพจึงจัดเป็นกลุ่มเล็กพอเหมาะพอดีกับหน้ากระดาษของสมุดข่อยหรือผืนผ้าพระภูษา

2.1.3 ระบายรองรับสำหรับสีฝุ่น (Surfaces)

ระบายรองรับหรือวัสดุที่ใช้เป็นแผ่นรองในการระบายสีฝุ่นลงไปมีหลายชนิด ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่

1. ผ้าใบ (Canvas) ผ้าใบสำหรับเขียนด้วยสีฝุ่นจะต้องเป็นผ้าใบเนื้อละเอียด คุณภาพดี และควรฉีกผ้าใบนี้ลงบนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ที่นำมาใช้นี้จะต้องเป็นไม้แก่ที่ไม่บิดงอหรือใช้แผ่นอัดชนิดไม่บิดงอ

2. แผ่นไม้ (Panels) สีฝุ่นสามารถเขียนลงบนแผ่นไม้ที่เตรียมพื้นผิวมาอย่างดี เช่น แผ่นไม้เนื้อแข็ง ไม้อัด กระดาษอัด ก่อนนำมาใช้ควรขัดผิวหน้าให้เรียบ ด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียดและใช้แปรงปิดให้สะอาดเพื่อทาสีรองพื้น

3. กระดาษ สามารถใช้กระดาษทำมือ เช่น กระดาษสา หากไม่ต้องการให้กระดาษมีการซึม ให้ใช้น้ำส้มสายชูทาหรือฉีดพ่นก่อน ทิ้งให้แห้งแล้วจึงนำมาเขียน สำหรับกระดาษสำเร็จภาพที่วางขายชนิด 100 ปอนด์เรียบหรือฟาบรีอาโน ฯลฯ สามารถนำมาเขียนได้เลย แต่ควรตรึงขอบกระดาษด้วยกระดาษกาว (กระดาษกาวเช็ดน้ำ) ก่อนเพราะเวลาเขียนกระดาษจะเกิดการหดตัว

2.1.4 การเตรียมพื้น [3]

วิธีการเตรียมพื้นสำหรับงานสีฝุ่นนั้นมีหลากหลายวิธี โดยสัดส่วนและองค์ประกอบการใช้จะมีลักษณะเฉพาะตามเทคนิคศิลปินแต่ละท่าน โดยอาศัยความชำนาญในการใช้งาน ซึ่งตัวอย่างการเตรียมพื้นที่นิยมใช้มีดังนี้

1. สูตรดินสอพองผสมกัมอะราบิก

นำผงกัมอะราบิก 1 ส่วน ผสมกับน้ำ 2 ส่วน ทำการปั่นกวนพร้อมให้ความร้อนประมาณ 2 วัน จนกัมอะราบิกละลายหมด ทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นตัวและทำการกรองสารละลายกัมอะราบิกผ่านผ้าขาวบางก่อนนำไปใช้งาน วิธีการใช้งานจะนำสารละลายกัมอะราบิกผสมกับดินสอพองโดยตรง ซึ่งสัดส่วนที่ใช้จะขึ้นกับเทคนิคของศิลปินแต่ละท่าน

2. สูตรดินสอพองผสมกาวเม็ดมะขาม

นำเม็ดมะขามคั่วกะเทาะเปลือก มาแช่น้ำ 12 ชั่วโมงทำให้เม็ดมะขามนิ่มและนำมาทำให้ละเอียด โดยใส่ห่อผ้าแล้วทุบ จากนั้นต้มน้ำ 200 กรัม ให้ความร้อนที่ 90-100°C ประมาณ 10 นาที จึงเติมเม็ดมะขาม 10 กรัม ให้ความร้อนจนจนสารละลายเป็นน้ำกาวสีขาวขุ่นใสซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 นาที และใส่ดินสอพอง 60 กรัมลงในหม้อต้มใช้ไม้พายคนให้เข้ากับน้ำกาวเคี้ยวต่ออีก 10 นาที จากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบางก่อนนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สูตรดินสอพองผสมไข่แดง

นำไข่ไก่มาเจาะเอาเฉพาะไข่แดง ทั้งส่วนที่เป็นไข่ขาว และผสมไข่แดงกับน้ำกลั่นโดยใช้ อัตราส่วน 1:1 โดยวิธีการใช้งานจะนำไข่แดงผสมกับดินสอพองด้วยอัตรา 1:1

4. สูตรดินสอพองผสมเจลาติน

นำผงเจลาติน 1 ส่วนผสมกับน้ำ 8 ส่วนพร้อมให้ความร้อนประมาณ 15 นาทีจนผงเจลาตินละลาย จนหมดและมีการใส่สารส้มผสมลงไปเพื่อป้องกันการเสียสภาพของเจลาติน โดยวิธีการใช้งานจะนำ สารละลายเจลาตินผสมกับดินสอพองด้วยอัตราส่วนเท่า ๆ กัน

5. สูตรดินสอพองผสมกาวลาเท็กซ์

นำดินสอพองแช่ในน้ำด้วยอัตราส่วน 2:1 จากนั้นเติมกาวลาเท็กซ์ 1 ส่วนแล้วคนให้เป็นเนื้อ เดียวกันพร้อมนำไปใช้งาน

ทั้งหมดนี้เป็นเพียงตัวอย่างสูตรที่ใช้เตรียมพื้นสำหรับงานสีฝุ่น โดยสัดส่วนที่ใช้อาจไม่แน่นอน ซึ่ง ศิลปินแต่ละท่านจะปรับอัตราส่วนของแต่ละองค์ประกอบตามความเหมาะสม

2.1.5 ผงสี (Pigment) [8]

ผงสี คือ วัสดุที่สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ของผงสีแต่ละชนิด ผงสีมีความแตกต่างจากสีย้อม (Dye) คือ สีย้อมสามารถละลายในตัวกลางได้ แต่ผงสีทำ ได้เพียงกระจายตัวอยู่ในตัวกลางเท่านั้น ซึ่งผงสีมีการใช้งานทั้งในงานศิลปะ, การก่อสร้าง, อุตสาหกรรม การพิมพ์, อุตสาหกรรมพลาสติก รวมถึงอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางค์ โดยสามารถแบ่งประเภท ของผงสีได้ [9] ดังนี้

1. ผงสีอินทรีย์ (Organic pigment) ผงสีประเภทนี้เป็นสารประกอบอินทรีย์ อาจได้จากธรรมชาติ หรือ สังเคราะห์ขึ้นมา ได้แก่ สารอินทรีย์ในกลุ่ม Azo dyes ที่ได้จากธรรมชาติกลุ่ม Isocyanates และกลุ่ม Organometallic ฯลฯ ตัวอย่างผงสีอินทรีย์ที่ใช้ได้แก่ Hansa yellow, Carbon black, Phthalocyanide blue เป็นต้น

2. ผงสีอนินทรีย์ (Inorganic pigment) ผงสีประเภทนี้เป็นสารประกอบอนินทรีย์ ส่วนมากได้แก่ สารประกอบออกไซด์ของโลหะต่าง ๆ เช่น Iron oxide, Chrome yellow, Titanium dioxide เป็นต้น

2.2 ดินสอพอง (Marl) [10]

2.2.1 องค์ประกอบของดินสอพอง

ดินสอพอง หรือ มาร์ล เป็นผงแร่ที่ได้จากธรรมชาติ มีลักษณะเป็นก้อนหรือผงสีขาวขุ่น ขาวออก เหลืองขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ นิยมนำมาใช้สำหรับร่างกายในด้านความสวยความงาม และมีใช้ในภาค คริวเรือน และอุตสาหกรรมบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินสอพองมีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ผสมอยู่มากกว่า 80% [11] และแร่ดินเหนียว หรือเรียกว่า หินปูนเนื้อดิน รวมถึงส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แมกนีเซียม แคลเซียม ซิลิกา เหล็ก และอาราโกไนต์ เป็นต้น สามารถพบได้ในชั้นดินที่มีกลุ่มของหินปูนเนื้อดินซึ่งจะพบอัตราส่วนของแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าแร่ดินเหนียว ลักษณะของกลุ่มดินสอพองที่พบในชั้นดินจะมีลักษณะเป็นกลุ่มดินสีขาวขุ่นแทรกตัวอยู่ในชั้นดิน

2.2.2 การใช้ประโยชน์จากดินสอพอง [10]

1. ใช้สำหรับเป็นส่วนผสมสำหรับประติมากรรม และในด้านความสวยความงามต่าง ๆ
2. ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน เนื่องจากมีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ที่ทำให้ความเป็นด่างได้ดีสำหรับปรับสภาพดินที่เป็นกรด และสำหรับการฆ่าเชื้อในดิน นอกจากนี้ ยังมี ส่วนประกอบของแร่ธาตุอื่นๆ เช่น แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียมที่อยู่ในรูปสารประกอบต่าง ๆ สามารถเป็นแร่ธาตุอาหารให้แก่พืชได้
3. ใช้สำหรับการปรับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ ทำให้น้ำมีสภาพเป็นด่างมากขึ้น เช่น กระบวนการบำบัดน้ำเสีย หรือ เติมน้ำเพื่อปรับสภาพน้ำในแหล่งน้ำข้างตามบ้าน ฟาร์ม แปลงเกษตร เป็นต้น
4. ใช้สำหรับการฆ่าเชื้อในดิน ฆ่าเชื้อในแหล่งน้ำ เช่น ใช้โรยฆ่าเชื้อบริเวณฟาร์มหรือคอกปศุสัตว์ เป็นต้น
5. ใช้ในงานไม้ งานก่อสร้าง เช่น การรองพื้นก่อนทาสี การปะปัดร่องหรือรูไม้ ฐานผนังปูน เป็นต้น
6. ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ
 - อุตสาหกรรมผลิตปูน เช่น เป็นส่วนผสมของการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ขาว
 - อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ เช่น ใช้ขัดผิวไม้ ขัดเฟอร์นิเจอร์
 - อุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ เช่น ใช้ขัดทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ทอง ทองแดง เงิน นาค อะลูมิเนียม ผลิตภัณฑ์โลหะอื่น ๆ

2.3 กัมธรรมชาติ (Natural gums) [13]

กัม (Gum) จากแหล่งธรรมชาติเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซคคาไรด์ และอนุพันธ์ของพอลิแซคคาไรด์ ซึ่งส่วนใหญ่แหล่งที่พบในธรรมชาติจะมาจากพืชชนิดต่าง ๆ และจุลินทรีย์ กัมที่ได้นั้นสามารถละลายได้ในน้ำเย็น น้ำอุ่น และน้ำร้อน โดยสารละลายที่ได้จะมีความหนืดสูง มีลักษณะขุ่น เหนียว แม้จะมีความเข้มข้นของกัมน้อยก็ตาม ดังนั้น จึงมีการนำกัมที่ได้จากแหล่งธรรมชาติมาใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยจะทำหน้าที่เป็นสารข้นหรือสารเพิ่มความหนืด, สารช่วยในการเกิดเจลอิมัลซิไฟเออร์หรือสารเพิ่มเสถียรภาพ

กัมจากแหล่งธรรมชาติมีที่มาจากหลายแหล่ง โดยสามารถจำแนกแหล่งที่มาได้เป็น 3 แหล่งใหญ่ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กัมจากสาหร่ายทะเล (Algae source) เช่น อะการ์ (Agar), อัลจิน-อัลจิเนต (Algin-alginate), คาร์ราจีแนน (Carrageenan)
2. กัมจากพืช (Botanical source) จะได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น
 - 2.1 Plant exudates เช่น กัมอะราบิก (Gum arabic), กัมคารายา (Gum karaya)
 - 2.2 Seed gums เช่น เมล็ดมะขาม, กัวร์กัม (Guar gum), Lucust bean gum
 - 2.3 Plant tissue เช่น Larch gum, เปคติน (Pectin)
3. กัมจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (Microbial gums) เช่น แซนแทนกัม (Xanthan gum)

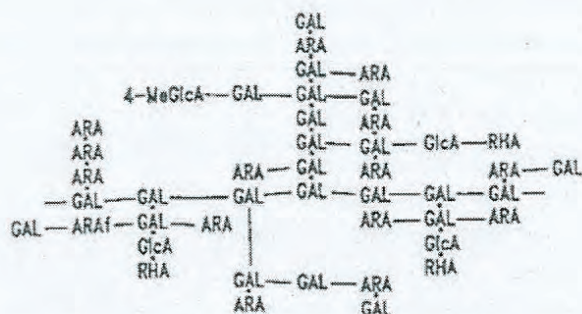
การใช้ประโยชน์ของกัมจากธรรมชาติ

- ใช้ประโยชน์ในรูปของเจล (Gels)
- ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers)
- ใช้เป็นกาวและสารยึดติด (Adhesives and binders)
- สารช่วยในการขึ้นรูปเป็นฟิล์ม (Film formers)
- สารหล่อลื่น (Lubricants)
- สารเพิ่มความหนืดหรือสารข้น (Thickeners)

2.3.1 กัมอะราบิก (Gum Arabic)

กัมอะราบิก หรือ กัมอะคาเซีย (Gum Acacia) เป็นกลุ่มของกัมที่ได้จากยางของต้นไม่มีลักษณะเป็นเรซินที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งยางจะไหลออกมาเมื่อต้นไม้เกิดรอยบาดแผล โดยกัมอะราบิกนั้นเป็นกัมที่ได้จากต้น *Acacia senegal* และ *Acacia seyal* น้ำยางจะไหลเกาะกันเป็นก้อน เมื่อสัมผัสกับความร้อนจากแสงแดดจะแห้งแข็งตัว ซึ่งมีลักษณะใสคล้ายแก้วเกาะอยู่ตามกิ่งก้านและลำต้นของพืช มีสีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวใสจนถึงสีเหลืองอำพัน รูปทรงมองดูคล้ายหยดน้ำ ทรงกลมรี กัมอะราบิกเป็นสารในกลุ่มของพอลิแซคคาไรด์เชิงซ้อนประเภทเฮเทอโรแซคคาไรด์ และมีโมโนแซคคาไรด์จำนวนเล็กน้อยเป็นองค์ประกอบ โดยที่องค์ประกอบจะแตกต่างกันเล็กน้อยตามแหล่งที่มา ภูมิภาค และอายุของต้น ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานที่อยู่ในโมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลและอนุพันธ์ของน้ำตาล คือ กาแลคโทส (44%), อะราบินโนส (24%), กรดกลูคูโรนิก (14.5%), แรมโนส (13%) และ 4-O-Methylglucuronic acid (1.5%) กัมที่ได้จากต้น *Acacia seyal* จะมีปริมาณ แรมโนส และ กรดกลูคูโรนิกต่ำกว่าต้น *Acacia senegal* แต่มีปริมาณ Arabinose และ 4-O-Methylglucuronic acid สูงกว่า นอกจากนี้ในโมเลกุลยังประกอบด้วย Amino acid ได้แก่ Hydroxyproline และ Serine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



GAL = Galactose ARA = Arabinose
 GlcA = Glucuronic acid RHA = Rhamnose
 4-MeGlcA = 4-O-methylglucuronic acid

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ Gum Arabic [14]

สมบัติของกัมอาระบิก [15]

1) กัมอะราบิก เป็นสารประกอบที่ได้จากธรรมชาติที่ไม่มีสี ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย และมลภาวะ นอกจากนี้กัมอะราบิกยังเป็นสารประกอบที่ไม่ให้พลังงาน จึงนิยมนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้พลังงานต่ำ หรือ ปราศจากน้ำตาล

2) การละลายกัมอะราบิกนั้นสามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อน น้ำเย็น หรือน้ำที่อุณหภูมิปกติ โดยจะให้สารละลายที่มีสีตั้งแต่เหลืองอ่อนจนถึงน้ำตาลส้ม แต่กัมที่ได้จาก *Acacia senegal* มีโครงสร้างที่เป็นกิ่งแขนงมากและโมเลกุลอัดกันแน่น จึงทำให้ได้สารละลายที่ข้นหนืดที่มีความเข้มข้นสูง สามารถละลายได้ที่ความเข้มข้นสูงถึง 55% และสารละลายที่ได้มีความหนืดต่ำ จึงทำให้กัมอะราบิกมีสมบัติที่แตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นซึ่งสามารถละลายได้สูงสุดเพียง 5% เนื่องจากสารละลายที่ได้มีความหนืดสูง

3) พฤติกรรมการไหลและความหนืด สารละลายกัมอะราบิกจะให้ความหนืดต่ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้น จะให้ความหนืดสูงมากจนมีลักษณะข้นหนืดคล้ายเจล และความหนืดของกัมอะราบิกนี้จะคงอยู่ได้ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างในช่วงกว้างคือ 4-10 ความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น หรือเมื่อเติมเกลือลงไป ส่วนพฤติกรรมการไหลที่ความเข้มข้นต่ำ จะเป็นการไหลแบบ Newtonian ซึ่งไม่พบในสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น แต่ในขณะเดียวกันถ้าความเข้มข้นสูง จะเป็นการไหลแบบ Pseudoplastic

4) สารละลายกัมอะราบิกมีความเป็นกรดเล็กน้อย

5) กัมอะราบิกมีสมบัติการดูดความชื้นได้ดี ทำให้ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานภายนอก

กัมอะราบิกมีประสิทธิภาพสูงในการทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ โดยเฉพาะในอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion) เนื่องจากโครงสร้างที่มีส่วนที่เป็นกรดอะมิโนซึ่งสามารถดูดซับจับอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนพื้นผิวของหยดน้ำได้อย่างดีและแข็งแรง ช่วยป้องกันการเกิด Coalescence in emulsion และใน ส่วนโครงสร้างที่เป็น Arabinogalactan จะช่วยเพิ่มความหนืดให้กับส่วนที่เป็นน้ำ จึงเป็นสมบัติที่เหมาะสมมาก ในการผลิตอิมัลชัน

2.4 แป้ง (Starch) [16]

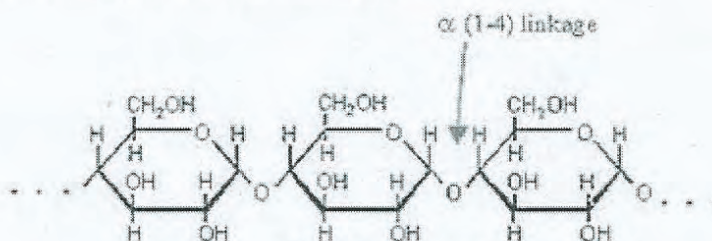
แป้ง คือ คาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช มีสูตรโมเลกุลคือ $(C_6H_{12}O_6)_n$ เมื่อ n มีจำนวนไม่น้อยกว่า 1,000 โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลเพคติน ส่วนที่เป็นอะไมโลสจะละลายน้ำได้เล็กน้อยและให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน ส่วนที่เป็นอะไมโลเพคตินจะทำปฏิกิริยากับไอโอดีนได้สีม่วง โดยทั่วไปแป้งจะมีองค์ประกอบของอะไมโลเพคตินมากกว่าอะไมโลส โดยอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินเป็นประมาณ 30 ต่อ 70 ถึง 20 ต่อ 80 ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง

2.4.1 องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง

1. อะไมโลส (Amylose)

อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ประกอบด้วยหน่วยซ้ำของแอนไฮโดรกลูโคส เชื่อมโยงด้วย พันธะโควาเลนต์ที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 4) ขนาดของโมเลกุลขึ้นกับแหล่งที่มาของวัตถุดิบและกระบวนการแปรรูปแยกแป้งจากวัตถุดิบ อาจจะมีหน่วยซ้ำของแอนไฮโดรกลูโคสได้ตั้งแต่ 100 ถึง 6000 หน่วย

อะไมโลสสามารถดูดซับน้ำและเกิดเป็นไมเซลล์ในน้ำได้โดยที่สายโซ่พอลิแซคคาไรด์ของอะไมโลสบิดเป็นเกลียว (Helical conformation) เมื่อพิจารณาสายโซ่พอลิแซคคาไรด์ พบว่าที่ปลายสายโซ่ข้างหนึ่งประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่มีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 1 หมู่ และหมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ 2 หมู่ และหมู่ Aldehydic reducing ในโครงสร้างแบบ เฮมิอะซิตาล (Hemiacetal) หน่วยแอนไฮโดรกลูโคสนี้ เรียกว่า Reducing end ของโมเลกุล ปลายสายโซ่อีกข้างหนึ่ง หน่วยแอนไฮโดรกลูโคสมีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 1 หมู่ และหมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ 3 หมู่ เรียกว่า Non-reducing end หน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่เหลือซึ่งอยู่ระหว่างหน่วยที่อยู่ปลายสายโซ่ทั้งสองประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 1 หมู่ และหมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ 2 หมู่ต่อ 1 หน่วยแอนไฮโดรกลูโคส แสดงได้ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างอะไมโลส [14]

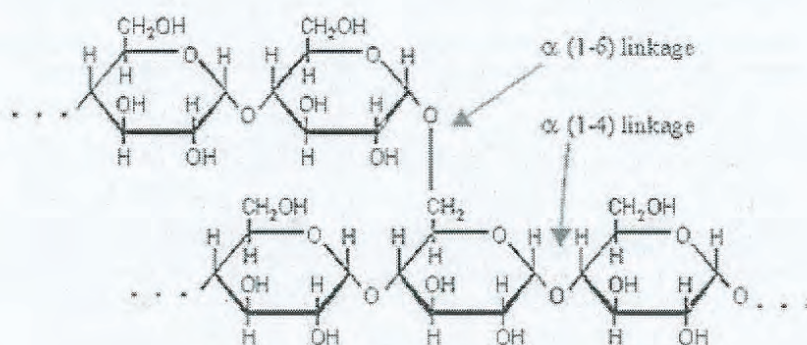
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงสร้างของอะไมโลส พบว่ามีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่จำนวนมาก ซึ่งส่งผลให้แป้งมีสมบัติชอบน้ำ และสามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากโครงสร้างของอะไมโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ไม่มีโซ่กิ่ง และมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก อะไมโลสจึงมีแนวโน้มในการจัดเรียงตัวขนานและชิดกัน และทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนของโมเลกุลที่อยู่ติดกัน ด้วยเหตุนี้ ความชอบน้ำของโมเลกุลอะไมโลสจึงลดลง และทำให้ของผสมระหว่างอะไมโลสกับน้ำซึ่งอยู่เป็นลักษณะโซล (Sol) ขุ่นขึ้น ในสถานะสารละลายเจือจาง อะไมโลสมีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนและตกตะกอน ในสถานะที่สารละลายเข้มข้น อะไมโลสจะมีความเกาะกัซึ่งกันและกันและรบกวนการจัดเรียงตัวของโมเลกุลให้อยู่ชิดติดกัน ดังนั้นอะไมโลสจึงเรียงตัวให้เป็นระเบียบได้เพียงบางส่วน จึงมีปริมาตรอิสระระหว่างสายโซ่จำนวนมากซึ่งน้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปและสร้างพันธะไฮโดรเจนกับอะไมโลส เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติในรูปของเจล (Gel)

สมบัติอีกประการหนึ่งของอะไมโลสคือมีความชอบไอโอดีน รวมถึงโมเลกุลที่มีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำอยู่ด้วยกัน เช่น อัลทอสที่มีสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนยาว กรดไขมัน เป็นต้น อะไมโลสจะจัดเรียงตัวบิดเป็นเกลียวล้อมรอบ โมเลกุลดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น สารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนจะให้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ซึ่งใช้ในการตรวจพิสูจน์แป้ง (ที่มีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบ) และยังสามารถใช้หาปริมาณของอะไมโลสในแป้งได้โดยใช้วิธีการวัดความเข้มของสีหรือวิธีการวัดศักย์ไฟฟ้า ความสามารถในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสกับบิวทานอลและสารอินทรีย์ที่มีส่วนที่ชอบน้ำประเภทอื่น สามารถนำมาใช้เป็นวิธีในการแยกอะไมโลสออกจากอะไมโลเปคตินโดยกระบวนการเลือกตกตะกอน

2. อะไมโลเปคติน (Amylopectin)

อะไมโลเปคตินเป็นพอลิเมอร์สายโซ่กิ่งของหน่วยซ้ำแอนไฮโดรกลูโคส ซึ่งนอกเหนือจากตำแหน่งที่เชื่อมโยงที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 4) แล้วยังมีการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งของคาร์บอนตัวที่ 6 ของหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสด้วย ทำให้เกิดสายโซ่กิ่งขึ้น โดยทั่วไปทุกๆ 6 ถึง 12 หน่วยจะพบสายโซ่กิ่งหนึ่งสาย โดยแต่ละสายโซ่กิ่งจะประกอบด้วยหน่วยซ้ำของแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 12 ถึง 15 หน่วยซึ่งเชื่อมโยงกันด้วยโครงสร้างแบบ α -D-(1 \rightarrow 4) เช่นกัน โครงสร้างของอะไมโลเปคตินแสดงดังรูป 2.5 โดยทั่วไปอะไมโลเปคตินมีน้ำหนักโมเลกุลที่ใหญ่กว่าอะไมโลสมาก จากการตรวจวัดด้วยการกระเจิงของแสง พบว่าอะไมโลเปคตินมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในหลักล้าน



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างอะไมโลเปคติน [14]

เนื่องจากอะไมโลเปคตินมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่และมีโซ่กิ่งเป็นจำนวนมาก ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลลดลงรวมถึงรบกวนการจัดเรียงตัวของโมเลกุลด้วย ทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลมีจำนวนน้อย จากผลดังกล่าวทำให้ของผสมระหว่างอะไมโลเปคตินกับน้ำในรูปของโซลมีความใสและมีเสถียรภาพไม่เกิดเจลง่าย นอกจากนี้อะไมโลเปคตินไม่สามารถที่จะเตรียมเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นได้ ในขณะที่อะไมโลสสามารถเตรียมเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรง ในส่วนของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารละลายไอโอดีนพบว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่ได้มีสีม่วงน้ำตาล

ปริมาณของอะไมโลสที่พบในองค์ประกอบของแป้งขึ้นกับชนิดของแป้ง โดยแป้งส่วนใหญ่ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลังจะพบอะไมโลสในปริมาณ 18 ถึง 28 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวสาลีจะพบในปริมาณที่มากกว่าในขณะที่แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังจะมีอะไมโลสในปริมาณที่น้อยกว่า แป้งบางชนิด เช่น แป้งคัดแปรจากแป้งข้าวโพด (Waxy corn) และแป้งที่มีอะไมโลสสูง จะมีปริมาณอะไมโลสที่แตกต่างออกไปจากค่าปกติ Waxy corn มีปริมาณอะไมโลสเพียงเล็กน้อยหรืออาจจะไม่มีเลย ในขณะที่แป้งที่มีอะไมโลสสูงมีองค์ประกอบของอะไมโลสสูงถึงประมาณ 55 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์

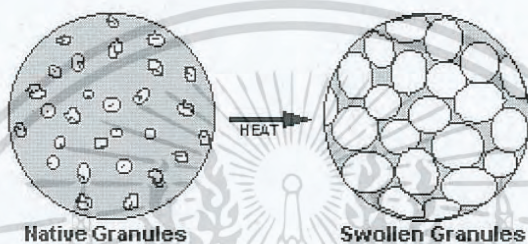
2.4.2 สมบัติของแป้ง [14]

การพองตัวและการละลาย (Swelling and solubility)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนสังเกตเห็นได้ยาก ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเปคติน (Intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วนที่มีความเป็นผลึก โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของอสัณฐานซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวม ๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (Hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60°C ขึ้นไป ส่วนอสัณฐานจับกับน้ำได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วนที่เป็นผลึกเริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.6) โมเลกุลในส่วนที่เป็นผลึกที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า Micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วนผลึกที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและ โมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสลายละลายมากขึ้น



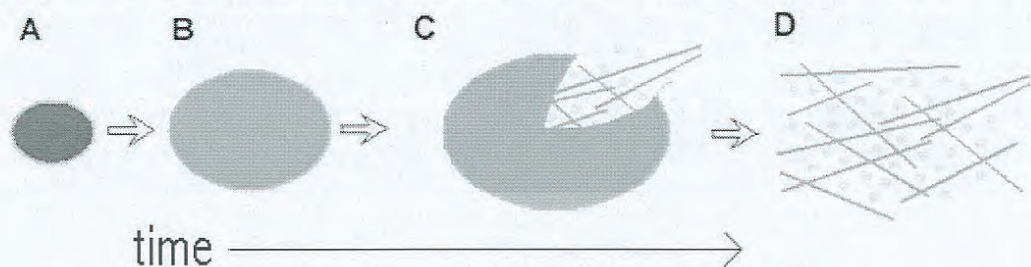
ภาพที่ 2.4 การพองตัวของเม็ดแป้ง [14]

กลไกการเกิดเจลลิตินเซชัน

เมื่อนำแป้งใส่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณหนึ่ง แต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมากและสังเกตได้ยาก Collison [1968] สังเกตการพองตัวของเม็ดแป้งในน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่าแป้งที่พองตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 10% และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ (Reversible) โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะและสมบัติดั้งเดิม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็นผลึกจับตัวกันอย่างหนาแน่นแข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำอาจจะซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้งซึ่งไม่เป็นระเบียบและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-75°C หรือใช้สารเคมี เช่น ให้ความร้อน 60°C แก่แป้งสาลีจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วนผลึกลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (Irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า “เจลลิตินเซชัน” ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญขึ้นคือ มีการพองตัวของเม็ดแป้งและเครื่องหมายกากบาท (Maltese cross) ภายในเม็ดแป้งหายไป อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแป้ง เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างส่วนที่เป็นผลึกที่แตกต่างกัน ทั้งระดับการจับกัน (Degree of association) และความสม่ำเสมอของการเกิดเจลลิตินเซชันไม่พร้อมกันทุกเม็ด แม้แต่ในแป้งชนิดเดียวกันจากแหล่งเดียวกันก็ตาม อาจมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตินเซชันที่ห่างกันถึง 8-10°C โดยทั่วไปเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเกิดเจลลิตินเซชันได้ก่อนขนาดเล็ก แต่เมื่อใช้ SEM ส่องดูโครงสร้างของเม็ดแป้งข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดเล็กอยู่ประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30% พบว่าการสูญเสียเครื่องหมายกาบาทจะเกิดขึ้นได้พร้อม ๆ กัน แบ่งอาจเกิดเจลาตินไนซ์ได้ที่อุณหภูมิ 25°C โดยการละลายในตัวทำละลาย เช่น Alkali, Liquid ammonia, DMSO, สารละลาย CaCl₂



ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน [14]

ลำดับการเปลี่ยนแปลงเป็นดังนี้

1. เริ่มมีการพองตัวในส่วนที่เป็นระเบียบน้อยที่สุดคือในส่วนอสัณฐาน
2. การพองตัวจะทำให้เกิด Tension ต่อ ผลึกที่อยู่ข้างเคียงทำให้โครงสร้างเสียหาย
3. การให้ความร้อนต่อไปจะเกิด Uncoiling หรือการแตกตัวของ Double helical region เกิด Break up ของโครงสร้างผลึก Side chain ของอะไมโลเปคตินที่แยกตัวออกมาจะถูก Hydrate และมีการพองตัวไปในแนวรอบ ๆ ดังนั้นจะเกิด Stress ต่อโครงสร้างผลึกที่ยังเหลืออยู่
4. การเกิด Hydration ต่อไปจะเพิ่ม Mobility ของโมเลกุลทำให้เกิดการกระจายตัวของโมเลกุล
5. โมเลกุลของอะไมโลสซึ่งมีขนาดเล็กจะแพร่ออกมาจาก Swollen granule
6. การให้ความร้อนต่อไปจะทำให้ Granule แตกออกมากขึ้นจนในที่สุดได้เป็นสารละลาย

2.4.3 แป้งมันสำปะหลัง [16]

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญของโลก มีชื่อเรียกมากมาย เช่น ภาษาอังกฤษเรียกว่า Cassava ภาษาสเปนเรียกว่า Yuca ภาษาโปรตุเกสเรียกว่า Mandioca ภาษาฝรั่งเศสเรียกว่า Manioc สำหรับชื่อทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า *Manihot esculenta* Crantz

แป้งมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงละเอียดมีสีขาว ลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลังคือมีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งเจือปนต่ำ โดยจะมีแป้งอยู่มากกว่า 95% มีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่ค่อนข้างต่ำ (<1%) มีฟอสฟอรัสอยู่น้อยกว่า 0.04% ลักษณะของเม็ดแป้งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมีรูปร่างเป็นเม็ดกลมหรือรูปไข่ เม็ดแป้งส่วนใหญ่จะมีขนาดปานกลางคืออยู่ในช่วง 3-40 ไมครอน แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีสมบัติบางประการไม่คงตัวเช่น เมื่อได้รับความร้อนจะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง แต่ความหนืดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับแรงเฉือนและความร้อนอย่างต่อเนื่อง ทำให้การนำแป้งมันสำปะหลังจากธรรมชาติมาใช้ในอุตสาหกรรมมีข้อจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งมันสำปะหลังเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose unit, AGU) มาเชื่อมต่อเป็นสายโมเลกุลเส้นตรงด้วยพันธะกลูโคไซด์ (Glycoside bond) แบบ D-(1,4) เรียกว่า อะไมโลสและถ้ามีการเชื่อมแบบโซ่กิ่งที่ D-(1,6) ด้วยจะเรียกว่าอะไมโลเพคติน แป้งมันสำปะหลังประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในอัตราส่วนประมาณ 22:78 แป้งดิบจะประกอบด้วยเม็ดแป้ง (Starch granule) ซึ่งไม่ละลายน้ำและทนต่อปฏิกิริยาและเอนไซม์เนื่องจากมีการรวมตัวกันของสายโซ่อะไมโลสและอะไมโลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ต้องทำการเจลาติไนซ์ (Gelatinization) ให้เม็ดแป้งแตกตัวและละลายน้ำ น้ำแป้งก็จะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีและถูกย่อยด้วยเอนไซม์ การเจลาติไนซ์ทำโดยการนำแป้งมาเติมน้ำแล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งก็จะพองตัวและพอร์มเป็นสารละลายที่มีความข้นหนืดสามารถทำปฏิกิริยาเคมีและถูกย่อยด้วยเอนไซม์ ดังนั้นการใช้เอนไซม์ที่สามารถย่อยแป้งดิบได้โดยตรงจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการนำแป้งดิบไปใช้ประโยชน์ พบว่าแหล่งของเอนไซม์ที่สามารถย่อยแป้งดิบได้ที่สำคัญคือ เอนไซม์จากจุลินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ รา แบคทีเรียและยีสต์ เช่น จากรา *Aspergillus sp.*, แบคทีเรีย *Bacillus sp.*, *Clostridium sp.* หรือจากยีสต์ *Lipomyces sp.* เป็นต้น ซึ่งเอนไซม์ที่สำคัญคือ อัลฟา-อะไมโลสและเอนไซม์กลูโคซิเดส แยกได้ยีสต์ *Lipomyces starkeyi* HN-606 จากลูกแป้ง ยีสต์นี้สามารถผลิตเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่ย่อยแป้งดิบได้

ประโยชน์ของแป้งมันสำปะหลัง [17]

-อุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นจะต้องใช้แป้งมันสำปะหลังด้วย โดยผ้าที่จะใช้ทอผ้านั้น จะต้องผ่านการชุบแป้งเสียก่อนผ้าจึงจะลื่นและเรียบ ไม่มีขนและเป็นตัวหล่อลื่นไม่ให้เส้นด้ายติดกันระหว่างการเคลื่อนที่ของลูกทอผ้า นอกจากนี้ในขั้นตอนการพิมพ์ลายผ้า แป้งจะช่วยทำให้พิมพ์ลายได้สม่ำเสมอ การใช้แป้งมันสำปะหลังในการทอผ้านั้น บางโรงงานยังใช้แป้งดัดแปร (Modified starch) ที่สั่งเข้ามาจากต่างประเทศ เพราะสมบัติเหมาะสมกว่า แต่อย่างไรก็ตามมีโรงงานในประเทศที่เริ่มผลิตแป้งดัดแปรจากแป้งมันสำปะหลัง

-อุตสาหกรรมไม้อัด

แป้งมันสำปะหลังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัด เนื่องจากลักษณะการผลิตไม้อัด คือ การนำไม้มาประกบติดกันโดยใช้กาว ซึ่งแป้งมันก็ถูกนำมาเป็นส่วนผสมในการทำกาว เพราะ แป้งมันมีสมบัติเป็นกาวอยู่แล้ว เพื่อให้ไม้อัดติดกันเป็นแผ่นหนาแข็งแรงและทนทาน นอกจากนี้การใช้แป้งเป็นส่วนผสมยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตกาว เพราะกาวที่ผลิตได้นั้น ใช้แป้งเป็นส่วนผสมถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และแป้งมันสำปะหลังยังมีสมบัติพิเศษกว่าแป้งประเภทอื่น ๆ คือเนื้อแป้งมีความละเอียด ทำให้ไม่มีการตกตะกอน เมื่อนำมาใช้ผสมทำกาว นอกจากนี้ราคายังถูกกว่าด้วย

-อุตสาหกรรมกระดาษ

การทำกระดาษนั้นต้องใช้เยื่อกระดาษที่ทำจากไม้ต่าง ๆ เช่น ไม้สน, ไม้ไผ่, ไม้ยูคาลิปตัสเป็นต้น ทำให้เป็นเยื่อเล็ก ๆ แล้วนำเยื่อกระดาษเหล่านั้นมาเรียงเป็นแผ่น อย่างไรก็ตามแผ่นกระดาษจะไม่เรียบ จะต้องมีการฉาบผิวด้วยกาวจากแป้งทำให้กระดาษเรียบ และยังเข้าไปอยู่ตามรูของใยกระดาษ ช่วยทำให้กระดาษไม่ซึมหมึก เวลาเขียนด้วยน้ำหมึก หรือพิมพ์สี นอกจากนั้น กาวจากแป้งยังช่วยทำให้กระดาษเหนียวยิ่งขึ้น

-อุตสาหกรรมกาว

แป้งมันมีสมบัติพิเศษ คือ เมื่อถูกความร้อน หรือถูกสารเคมีจะมีความเหนียว และมีสมบัติสามารถรักษา สภาพความเหนียวได้เหมือนเดิมไม่มีการคืนตัว แป้งมันที่ใช้ทำกาวจะต้องเป็นแป้งที่บริสุทธิ์ มีความเป็นกรดต่ำ ซึ่งก็คือ แป้งประเภทเด็กซ์ทริน กาวเหล่านี้ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการผลิตของจดหมาย, สติกเกอร์, Gummed paper และ Gummed tape

-อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มน้ำ

สมบัติของแป้ง คือ เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต แต่ยังมีสมบัติอื่นที่ทำให้แป้งมันสำปะหลังเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารนั้น คือ เป็นตัวช่วยทำให้เกิดความข้น (Thickener) ในอาหาร, ช่วยให้อาหารเกิดความคงตัว (Stabilizer), ช่วยให้อาหารเกาะตัวกันดีขึ้น (Binder) และช่วยในการเสริมแต่ง (Filler) นอกจากนั้น แป้งยังเป็นสิ่งที่หาได้ง่ายและราคาค่อนข้างถูก เช่น อาหารเด็ก, ผลิตภัณฑ์ขนมปัง, ขนมหวาน, อาหารกระป๋อง, บะหมี่, เครื่องดื่ม, ไอศกรีม, แยม, ผลไม้กระป๋อง, นมเปรี้ยว, ใส้กรอก, กุนเชียง, ซอส และ โขดทำขนม เป็นต้น

-วัสดุภัณฑ์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

นำแป้งมันสำปะหลังมาแปรสภาพกลายเป็นพลาสติก ซึ่งเมื่อเติมสารพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติก็จะทำให้เกิดเป็นสารผสม ที่สามารถนำไปทำเป็นวัสดุภัณฑ์เพื่อใช้ทดแทนพลาสติก

-อุตสาหกรรมสารความหวาน

ทำน้ำตาลกลูโคส, ฟรุกโตส และใช้แทนน้ำตาลซูโครสในผลไม้ กระป๋อง แยมและอื่น ๆ

- อุตสาหกรรมกระดาษ

ใช้ผลิตกระดาษซึ่งเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำ ได้แก่ น้ำอัดลม, น้ำผลไม้กระป๋อง เครื่องดื่มชูกำลังและใช้ในอุตสาหกรรมยา

-อุตสาหกรรมผงชูรส

เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตผงชูรส ซึ่งนิยมบริโภคกันทั่วไป

-ยารักษาโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เป็นตัวเฝ้าในงานยาประเภทแคปซูลและยาเม็ด

2.5 เอนไซม์ (Enzymes) [18]

เอนไซม์อะไมเลสถูกค้นพบขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1831 โดย สุนย์ฟรีดริช ได้อธิบายถึงการย่อยสลายแป้งด้วยน้ำลายซึ่งอาศัยเอนไซม์ที่อยู่ในน้ำลายที่มีชื่อว่า “ไทยาลิน” (Ptyalin) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “อะไมเลส” (Amylase) อีกสองปีต่อมา ค.ศ.1833 Anselme Payen และ Jean-François Persoz นักเคมีชาวฝรั่งเศสสามารถแยกเอนไซม์อะไมเลสออกจากข้าวบาร์เลย์งอก และตั้งชื่อใหม่ให้เอนไซม์อะไมเลสที่พบในข้าวบาร์เลย์งอกนี้ว่า “Diastase” หลังจากนั้นในปี ค.ศ.1862 Alexander Jakulowitsch Danilewsky สามารถแยกเอนไซม์อะไมเลสจากตับอ่อนออกจากเอนไซม์เทปซินได้ (Robert Hill and Joseph Needham, 1970) อะไมเลส (Amylase) เป็นเอนไซม์ในกลุ่ม Hydrolases และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ในการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลโดยไฮโดรไลซ์พันธะ 1,4-Glycosidase bond ในโมเลกุลของสตาร์ช (Starch) ให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้ได้เป็นเดกซ์ทริน (Dextrin) และน้ำตาล (Sugar) ไคแซ็กคาไรด์ เช่น มอลโทส (Maltose) มอนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส (Glucose) อะไมเลสส่วนใหญ่พบในน้ำลาย ตับอ่อน อะไมเลสที่พบในน้ำลายจะเรียกว่า ไทยาลิน (Ptyalin) ซึ่งสามารถพบได้ในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

แป้งคัดแปรที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เตรียมโดยผสมแป้งกับน้ำและเติมเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสม เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายแป้งมีหลายชนิดด้วยกัน โดยมีตัวอย่างเอนไซม์ ดังนี้

1. กลูโคอะไมเลส (Glucoamylase)

α -1,4-Glucan glucohydrolase หรือ Amyloglucosidase เป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อย แป้ง โดยเกิดการไฮโดรไลซ์ที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 4) Glucosidic linkages และที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 6) Glucosidic linkages ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เป็นส่วนกิ่ง โดยการตัดพันธะที่ตำแหน่งกิ่งจะเกิดได้ช้ากว่าตำแหน่ง 1 \rightarrow 4 ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลูโคส โดยเอนไซม์มี เสถียรภาพที่ค่าพีเอช 3.5-5 และที่อุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส

2. เบต้าอะไมเลส (Beta-amylase)

α -1,4-Glucan maltohydrolase หรือ เบต้าอะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยแป้ง โดยเกิดการไฮโดรไลซ์เฉพาะที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 4) Glucosidic linkages โดยเข้าทำการย่อยแป้งจากหมู่ปลายด้าน Non-reducing และได้ผลิตภัณฑ์เป็นมอลโทส ดังนั้นโมเลกุลใด ๆ ในแป้งที่ประกอบด้วยพันธะแบบ α -D-(1 \rightarrow 4) Glucosidic linkages เช่น อะไมโลส จะสามารถถูกเอนไซม์เบต้าอะไมเลสย่อยเป็นมอลโทสได้ทั้งหมด ในขณะที่ในอะไมโลเปคตินซึ่งมีโครงสร้างแบบกิ่งเอนไซม์เบต้าอะไมเลสจะทำการย่อยไปถึงตำแหน่งที่มีกิ่งซึ่งเป็นพันธะแบบ α -D-(1 \rightarrow 6) Glucosidic linkages ก็จะไม่สามารถย่อยต่อไปได้ ดังนั้นความสามารถในการย่อยแป้งของเอนไซม์เบต้าอะไมเลสจะเป็นดัชนีบอกปริมาณของหน่วยแอนไฮโดร

กลูโคสที่มีสายโซ่ตรงในแป้งได้ เอนไซม์นี้ไม่พบในน้ำย่อยของมนุษย์ แต่พบในรา (Mold) และแบคทีเรีย (Bacteria) เช่น *Bacillus cereus* รวมถึงพบในผลไม้ระหว่างการสุก (Ripe) โดยเอนไซม์มีเสถียรภาพที่ค่าพีเอช 4-9

3. อัลฟาอะไมเลส (Alpha-amylase)

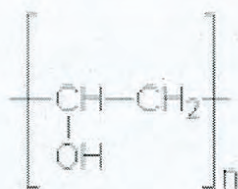
α -1,4 Glucan glucanohydrolase เป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยแป้งที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 4) Glucosidic linkages โดยเป็นการตัดพันธะแบบสุ่มภายในสายโซ่โมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเปคติน โดยไม่สามารถย่อยแป้งที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 6) Glucosidic linkages ทำให้โมเลกุลของแป้งถูกไฮโดรไลซ์ได้น้ำตาล เช่น น้ำตาลมอลโทส (Maltose) และกลูโคส (Glucose) อย่างรวดเร็ว เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสพบทั่วไปในระบบการย่อยอาหาร (Digestive system) ของมนุษย์ และสัตว์เช่น ในน้ำลาย และน้ำย่อยจากตับอ่อน ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เอนไซม์นี้ในการไฮโดรไลซ์แป้ง (Starch hydrolysis) ในขั้นตอนการทำ Liquefaction เพื่อลดความหนืดของสารละลายแป้ง ภายหลังการเกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization)

4. ไอโซอะไมเลส (Isoamylase)

Glucogen-6-glucanohydrolase หรือ ไอโซอะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายได้ที่ตำแหน่ง α -D-(1 \rightarrow 6) Glucosidic linkages ของอะไมโลเปคตินได้ดี โดยเอนไซม์มีเสถียรภาพที่ค่าพีเอช 3-4 และที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส

2.6 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol)) [19]

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เตรียมขึ้นครั้งแรกโดย Hermann และ Haehnel ในปี ค.ศ. 1924 โดยการใช้ไฮโดรไลซ์พอลิไวนิลอะซิเตตในเอทานอลในระบบที่มีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สมบัติทางกายภาพและการใช้งานขึ้นอยู่กับระดับของการเกิดพอลิเมอไรซ์และระดับของการเกิดไฮโดรไลซิส พอลิไวนิลแอลกอฮอล์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Partially hydrolyzed และ Fully hydrolyzed โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์แสดงดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ [19]

2.6.1 สมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ [20]

พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVOH, PVA, or PVAl) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ไม่มีสารพิษ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและละลายน้ำได้ ละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ โดยพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีสมบัติในการขึ้นรูปฟิล์ม และการยึดติด (เป็นกาว) อีกทั้งยังทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำมัน, น้ำมันหล่อลื่นชนิดหนา และตัวทำละลายได้ดี พอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีความเค้นแรงดึงและความยืดหยุ่นสูง รวมถึงมีปริมาณออกซิเจนที่สูงและมีสมบัติป้องกันการระเหยของกลิ่นและน้ำมัน ทั้งนี้สมบัติดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นด้วย หากความชื้นสูงขึ้น น้ำก็จะถูกดูดซับได้มากขึ้น โดยน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้พลาสติกนิ่ม (พลาสติกไซเซออร์) นั้นก็จะลดความเค้นแรงดึงลง แต่จะเพิ่มแรงยึดและแรงเฉือนให้มากขึ้น พอลิไวนิลอัลกอฮอล์สามารถย่อยสลายได้หมดอย่างรวดเร็ว และย่อยสลายได้โดยวิธีชีวภาพ โดยมีจุดหลอมละลายที่ 230°C และที่ $180-190^{\circ}\text{C}$ สำหรับพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิสอย่างสมบูรณ์และได้จากการไฮโดรไลซิสเป็นบางส่วนตามลำดับ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์สามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 200°C

พอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีสมบัติคล้ายเบ็งคือ เมื่อนำมาทดสอบกับ ไอ โอดีนิจะเกิดสีน้ำเงินละลายได้ในน้ำเย็น โครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบอะแทกติกแต่มีความเป็นผลึกมากกว่าพอลิไวนิลอะซิเตตเนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลมีขนาดเล็กกว่าหมู่อะซิเตต น้ำหนักโมเลกุลที่ใช้ในอุตสาหกรรมมี 3 ช่วงคือ 250,000-300,000, 120,000-150,000 และ 25,000-30,000 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 สมบัติทั่วไปของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ [19]

ลักษณะที่เห็น	เป็นผงหรือเม็ดสีขาว
Specific gravity	1.25-1.32
ความหนาแน่น (Bulk density)	1.293 กรัม/ลูกบาศก์เมตร
pH	5-7
อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว	85°C
จุดหลอมเหลว	$150-190^{\circ}\text{C}$ (P grade), $210-230^{\circ}\text{C}$ (F grade)
เสถียรภาพทางความร้อน (Thermal stability)	ที่ 100°C ไม่มีผล แต่ที่ 160°C จะเกิดรอยดำ
Storage stability	สามารถกักเก็บความชื้นได้
ความคงทนต่อน้ำมัน	ไม่ละลายในน้ำมัน
ความคงทนต่อตัวทำละลาย	ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์
ความคงทนต่อกรด-เบส	อ่อนตัวและละลายได้ในทั้งกรดและเบส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ขึ้นอยู่กับ

1. องศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ถ้าไฮโดรไลซ์สมบูรณ์ 100% จะมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้น สามารถทนทานต่อการฉีกขาดได้มากเนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนปริมาณมาก
2. ความชื้นของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากน้ำสามารถเป็นพลาสติกไซเซอร์ให้กับพอลิเมอร์ชนิดนี้ได้ เช่น ถ้ามีความชื้น 50% ความทนต่อแรงดึงจะลดลงแต่ความสามารถในการยืดตัวจะมีมากขึ้น
3. น้ำหนักโมเลกุล พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทนต่อแรงดึงฉีกขาดต่ำกว่าพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง
4. สมบัติการละลายน้ำ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์สามารถละลายน้ำได้ แต่ขึ้นอยู่กับองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไฮดรอลิซิส (มวลโมเลกุล) และ องศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ที่องศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไฮดรอลิซิสต่ำ ๆ จะสามารถละลายน้ำได้ง่าย ใน Partially hydrolyzed จะละลายได้ดีกว่า Fully hydrolyzed และอัตราการละลายจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ โดยอุณหภูมิสูงจะมีค่าการละลายและอัตราการละลายสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

2.6.2 การนำไปใช้ประโยชน์

1. ทำเป็นวัสดุยึดผิว (Adhesive materials) ในการยึดติดจะใช้หลักของความร้อนและความสามารถในการหลอมเหลวของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์
2. ใช้ในการเคลือบผิวเส้นใยให้มีความอ่อนนุ่มและแข็งแรง
3. สามารถใช้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ไปทำปฏิกิริยาเคมีแบบเชื่อมโยงได้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้แล้วจึงนำมาใช้งาน ซึ่งพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ไม่ละลายน้ำสามารถดูดน้ำความชื้นได้ (ประมาณ 30% โดยน้ำหนัก) จึงนำมาใช้เป็นเส้นใยแทนฝ้าย ผ้าที่ทำด้วยเส้นใยพอลิไวนิลอัลกอฮอล์สวมใส่สบาย ชักง่าย ทนทานต่อการสึกหรอ และสามารถคงรูปได้เป็นอย่างดีที่อุณหภูมิ 230 °C
4. ใช้ในการผลิตยาโดยใช้เป็นตัวผสม (Binder) หรือตัวควบคุมการปลดปล่อยของยา (Drug releasing)
5. ใช้เป็นสารข้น (Thickening agent) ในระบบอิมัลชันและระบบแขวนลอยต่าง ๆ ใช้ทำแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาษ ซึ่งมีความใสเหนียว และ ทนต่อการขีดข่วน เป็นต้น
6. ใช้เป็นสารที่ทำให้อิมัลชันมีเสถียรภาพ (Emulsion stabilizer) กระจายตัวดี
7. ใช้เป็นสารตัวเติม (Filler) ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและใช้เป็นตัวผสม (Binder) ในการทำเครื่องใช้จากเซรามิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่าง ๆ เพราะพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ไม่มีความเป็นพิษ

9. ใช้ผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานเฉพาะทาง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัตนฤทธิ จันทรังสี [1] ศึกษาวิธีการเตรียมพื้นผ้าใบสำหรับการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะด้วยเทคนิคสีฝุ่น โดยทำการประเมินความพึงพอใจของศิลปินผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคสีฝุ่น จากการใช้สีรองพื้นบนเฟรม โดยใช้สเกลคะแนนความพึงพอใจทางด้านการดูซึมของสี ความทึบแสงของสี ความโปร่งใสของสี การยึดติดของสีบนผ้า จากการศึกษาวิจัยพบว่าสูตรการเตรียมพื้นผ้าใบที่เหมาะสมกับการระบายสีบาง คือ สูตรดินสอพองผสมกาวเม็คมะขาม (กาวเม็คมะขาม:น้ำ:กาวกระดิน:ดินสอพอง อัตราส่วน 10:250:1:60) ทารองพื้น 3 ชั้น สูตรสีพลาสติกเคลือบด้วยเกสโซ (สีพลาสติก:น้ำ อัตราส่วน 0.5:2 ทารองพื้น 1 ชั้น เคลือบด้วยเกสโซ:น้ำอัตราส่วน 1:2 ทารองพื้น 1 ชั้น) และสูตรสีฝุ่นขาวซิงค์ออกไซด์ผสมกาวเจลาติน (กาวเจลาติน:น้ำ:สีฝุ่นขาวซิงค์ออกไซด์อัตราส่วน 0.5:18.5:9) ทารองพื้น 4 ชั้น ส่วนสูตรการเตรียมพื้นผ้าใบที่เหมาะสมกับการระบายสีหนา คือ สูตรดินสอพองผสมกาวลาเท็กซ์ (ดินสอพอง:น้ำ:กาวลาเท็กซ์ อัตราส่วน 1:4:0.5) ทารองพื้น 1 ชั้น สูตรสีพลาสติกเคลือบด้วยเกสโซ (สีพลาสติก:น้ำ:อัตราส่วน 0.5:2 ทารองพื้น 1 ชั้น เคลือบด้วยเกสโซ:น้ำ อัตราส่วน 1:2 ทารองพื้น 1 ชั้น) และสูตรสีฝุ่นขาวซิงค์ออกไซด์ผสมกาวเจลาติน (กาวเจลาติน:น้ำ:สีฝุ่นขาวซิงค์ออกไซด์ อัตราส่วน 0.5:18.5:9) ทารองพื้น 4 ชั้น

Apar, D.K. และคณะ [21] ศึกษาสภาวะในการใช้งานเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแป้งข้าวเจ้า พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65°C มีการควบคุมค่า pH ให้เท่ากับ 6.5 โดยใช้ความเร็วรอบในการปั่นกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานเอนไซม์ชนิดนี้

Khatoon, S. และคณะ [22] ศึกษาถึงสมบัติและสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ที่มีต่อแป้งข้าวโพด, แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังคัดแปร โดยผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อเป็นการปรับเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งให้เป็นที่ต้องการใช้งาน ซึ่งกระบวนการไฮโดรไลซิสแป้งทำได้โดยการใช้เอนไซม์พร้อมกับให้ความร้อน เอนไซม์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ อัลฟาอะไมเลส (α -amylase) ที่แยกได้จาก *Bacillus licheniformis* ซึ่งจะเข้าไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่พันธะตำแหน่งที่ $\alpha(1\rightarrow4)$ ของแป้ง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α -amylase) อยู่ที่ระหว่าง $60-90^{\circ}\text{C}$ และ pH ที่ 6-7 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมตัวอย่างแป้งข้าวโพด, แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังที่ 10%, 15% และ 20% w/v แป้งจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสและการให้ความร้อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ $90 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการปรับ pH ไปที่ 3.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก หลังจากนั้นแบ่งที่ถูกลีโซโครไลซ์แล้วจะถูกปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ pH 6.5-7.0 อุณหภูมิ 60°C จากการทดลองพบว่าทำให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95°C เป็นสถานะที่เหมาะสมที่สุดในการไลโซโครไลซิสแข็ง

Abuarra, A. และคณะ [23] ศึกษาการใช้กัมอะราบิกเป็นตัวประสานแผ่นไม้จากไม้โกงกาง โดยพ่นกัมอะราบิกให้มีความ Adhesive percentage เป็น 0%, 5%, 10% และ 15% ลงบนอนุภาคของไม้โกงกางซึ่งมีขนาดอนุภาคที่ต่างกัน คือ 149-210, 74-149 และน้อยกว่า 74 ไมโครเมตร และเติมน้ำกลั่น 20% (v/w) ทำการผสมให้เข้ากัน กระจายให้ทั่วแผ่นโลหะ คลุมด้วยกระดาษไขแล้วทับด้วยแผ่นโลหะ หลังจากนั้นนำไปกดอัดโดยไม้ให้ความร้อน โดยใช้แรงกด 8 kg/cm^2 เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปกดอัดอีกครั้งโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิอยู่ในช่วง $178\text{-}210^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 7 นาที เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนา 0.5 เซนติเมตร นำชิ้นงานออกมาทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงที่ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และนำชิ้นงานไปตัดเพื่อทำการทดสอบ พบว่าอนุภาคไม้ 149-210 ไมโครเมตร ที่มี Adhesive percentage 15% มี Internal bond strength สูงที่สุด ซึ่งการเกิด Internal bond strength นี้ส่งผลให้ชิ้นงานมีพื้นผิวที่เรียบมากขึ้น มีความแข็งและมีความแข็งแรงมากกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมกัมอะราบิก

Azahari, N.A. และคณะ [24] เตรียมฟิล์มจาก PVA และแป้งข้าวโพดโดยใช้อัตราส่วนเท่ากับ 100:0, 70:30, 60:40, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก และมีการเติมกลีเซอรอลเพื่อเป็นพลาสติกไซเซอร์ แล้วนำไปศึกษาสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยา โดยผลการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ PVA ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของฟิล์มดีขึ้น และผลการทดสอบสัณฐานวิทยาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวโพดส่งผลให้พื้นผิวของฟิล์มมีความขรุขระและเกิดรอยแตก ดังนั้นสูตรที่มีอัตราส่วน PVA ต่อแป้งข้าวโพดเท่ากับ 70:30 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาทำฟิล์ม

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงสูตรจากงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้มีการศึกษาวิธีการเตรียมพื้นผิวใบสำหรับการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะด้วยเทคนิคสีฝุ่น ซึ่ง รัตนฤทธิ จันทรวงศ์ (2551) [1] ทำการเตรียมพื้น โดยนำดินสอพองผสมกับกาวเมล็ดมะขามและกาวกระถิน อีกหนึ่งจากสมบัติเชิงกลที่ดีของ PVA ในงานวิจัยของ Azahari, N.A. และคณะ 2011 [24] งานวิจัยนี้จึงได้มีการใช้ดินสอพองผสมกับกัมอะราบิก, PVA และแป้งตัดแปร โดยกัมอะราบิกมีสมบัติเป็นกาวเหมือนกับกาวกระถินและ PVA ที่มีความยืดหยุ่นสูงและแข็งซึ่งเป็นวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายและราคาถูก มาพัฒนาเป็นวัสดุรองพื้นสำเร็จรูปสำหรับงานสีฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการเตรียมสูตรวัสดุรองพื้น

1. ชั่งดินสอพอง 20 กรัมและดวงส่วนผสมอื่น ๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด ตามตารางที่ 3.1 ใส่ลงในบีกเกอร์ พร้อมทั้งใช้แท่งแก้วคนให้ส่วนผสมเข้ากัน
2. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95°C เพื่อระเหยแห้งพร้อมทั้งใช้แท่งแก้วคนอย่างสม่ำเสมอ
3. ทำการบดอย่างละเอียดด้วยโกร่งบดสาร
4. ร่อนผงสูตรวัสดุรองพื้นผ่านตะแกรง เพื่อควบคุมขนาดอนุภาคให้มีความสม่ำเสมอ
5. ทำการเก็บสูตรตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของสูตรวัสดุรองพื้น

สูตร/ องค์ประกอบ	ดินสอพอง (g)	สารละลาย กัมอะราบิก (ml)	สารละลาย PVA (ml)	สารละลาย แป้งดัดแปร (ml)
P3-P10	20	-	3-10	-
G3-G10	20	3-10	-	-
S3-S10	20	-	-	3-10
P2G4	20	4	2	-
P3G3	20	3	3	-
P4G2	20	2	4	-
P2S4	20	-	2	4
P3S3	20	-	3	3
P4S2	20	-	2	2

กำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

P แทน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์

G แทน สารละลายกัมอะราบิก

S แทน สารละลายแป้งมันสำปะหลังที่ได้รับการดัดแปรด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างมีการควบคุมความหนา 2 แบบ คือ

1. ชิ้นงานแบบบาง โดยควบคุมให้ชิ้นงานมีความหนา 0.1 มิลลิเมตร
2. ชิ้นงานแบบหนา โดยควบคุมให้ชิ้นงานมีความหนา 0.3 มิลลิเมตร

3.2.1 การเตรียมชิ้นงานแบบบาง

1. ตัดผ้าดิบให้ได้ขนาด 5x20 ตารางเซนติเมตร และขนาด 12x12 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.1 ผ้าดิบขนาด 5x20 ตารางเซนติเมตร

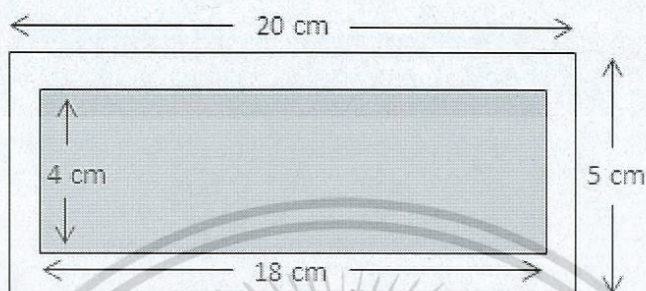


ภาพที่ 3.2 ผ้าดิบขนาด 12x12 ตารางเซนติเมตร

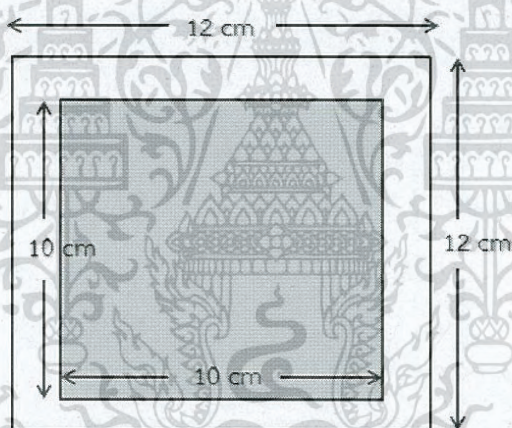
2. เตรียมพื้นที่ใช้สำหรับการทาสีสุตรวัสดุรองพื้น ขนาด 4x18 ตารางเซนติเมตร และขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.3 และ 3.4 (กรอบในสีเทา) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เตรียมบล็อกสกรีนขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตรทำการแปะขอบด้วยเทปกาวที่มีความหนา 0.06 มิลลิเมตร เพื่อกำหนดความหนาของชิ้นงานตัวอย่าง ดังภาพที่ 3.5

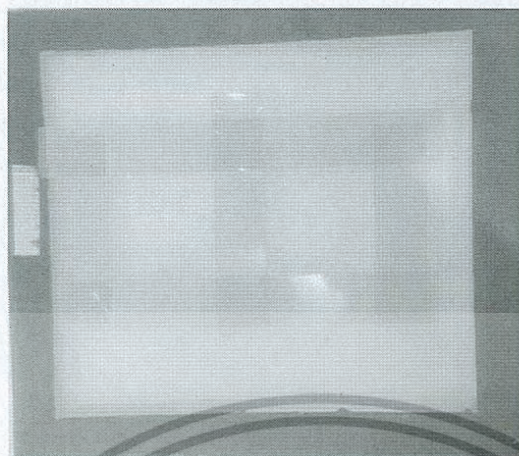


ภาพที่ 3.3 ชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ



ภาพที่ 3.4 ชิ้นงานตัวอย่างที่ทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 บล็อกสกรีนขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร

4. ผสมสูตรวัสดุรองพื้น 20 กรัม กับน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์ในการผสมวัสดุรองพื้น

5. ใช้ยางปาดทำการปาดสูตรวัสดุรองพื้นผ่านบล็อกสกรีนลงบนผ้าดิบที่เตรียมไว้ ให้มีความเรียบและความหนาสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.7 และทิ้งขึ้นงานตัวอย่างให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 การปาดสูตรวัสดุรองพื้นลงบนผ้าดิบผ่านบล็อกสกรีน

3.2.2 การเตรียมชิ้นงานแบบหนา

1. ตัดผ้าดิบให้ได้ขนาด 5x20 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.1
2. เตรียมพื้นที่ใช้สำหรับการทาสูตรผสมดินสอพอง ขนาด 4x18 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.3 (กรอบในสี่เทา)
3. นำผ้าที่เตรียมได้ติดลงบนแผ่นไม้อัด โดยการใช้เทปกาวสองหน้า
4. แปะขอบชิ้นงานตัวอย่างด้วยเทปกาวที่มีความหนา 0.3 มิลลิเมตร เพื่อกำหนดความหนาของชิ้นงานตัวอย่างดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ชิ้นงานตัวอย่างที่แปะขอบด้วยเทปกาวที่มีความหนา 0.3 มิลลิเมตร

5. ผสมสูตรผสมวัสดุรองพื้น 20 กรัม กับน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ดังภาพที่ 3.6
6. ใช้ยางปาดทำการปาดสูตรผสมดินสอพองลงบนผ้าดิบที่เตรียมไว้ ให้มีความเรียบและความหนาสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.9 และทิ้งชิ้นงานตัวอย่างให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 การปาดสูตรวัสดุรองพื้นลงบนผ้าดิบ

3.3 การทดสอบ

3.3.1 การหาค่าความหนืด

1. เทสารละลายในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร
2. จุ่มโรเตอร์เบอร์ 4 แล้วต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง Viscometer จากนั้นเลื่อน โรเตอร์ลงมาจุ่มในสารละลายจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้
3. ตั้งความเร็วรอบ 100 rpm เปิดสวิทซ์ให้โรเตอร์หมุนเป็นเวลา 20 วินาที
4. อ่านค่าและบันทึกผล

3.3.2 การตรวจวัดขนาดอนุภาค

1. นำสูตรวัสดุรองพื้นในแต่ละสูตรมาคเป็นผงให้ละเอียดด้วยโกร้งบดสาร
2. เตรียมสูตรวัสดุรองพื้นบดละเอียดใส่แผ่น Glass slide แล้วทำการปิดทับด้วย Cover slit
3. นำสูตรวัสดุรองพื้นบดละเอียดที่เตรียมได้ไปตรวจวัดขนาดอนุภาคด้วยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 500x โดยสุ่มวัดขนาดอนุภาค 50 จุด พร้อมหาค่าเฉลี่ย

3.3.3 การทดสอบการยึดติด

1. เตรียมชิ้นที่ใช้สำหรับการทดสอบ
2. ตัดเทปกาวยแปะตามตำแหน่งต่าง ๆ ของรูปแบบที่ได้ทำการเตรียมไว้เป็นจำนวน 3 ตำแหน่ง
3. ดึงเทปกาวยในแต่ละตำแหน่งออก ทำการตรวจสอบด้วยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 60x บนเทปกาวยว่าพบการหลุดลอกของดินสอพองหรือไม่
4. ทำการบันทึกรูปภาพผลการทดสอบบนเทปกาวยทั้ง 3 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การทดสอบความสามารถในการตัดโค้ง

1) การทดสอบความสามารถในการตัดโค้งในลักษณะม้วนออก

1.1 เตรียมชิ้นงานที่ใช้สำหรับการทดสอบ

1.2 ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวก่อนทำการตัดโค้งด้วยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 60x ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของรูปแบบที่ได้ทำการเตรียมไว้ เป็นจำนวน 5 ตำแหน่ง

1.3 นำชิ้นงานตัวอย่างม้วนติดกับท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดยนำด้านที่ทาดินสอพองไว้ด้านนอก

1.4 ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานอีกครั้งหลังจากทำการม้วนติดกับท่อ PVC ที่เวลา 0, 24 ชั่วโมง ด้วยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 60x พร้อมบันทึกภาพผลการทดสอบ

2) การทดสอบความสามารถในการตัดโค้งในลักษณะม้วนเข้า

2.1 เตรียมชิ้นงานที่ใช้สำหรับการทดสอบ

2.2 ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวก่อนทำการตัดโค้งด้วยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 60x ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของรูปแบบที่ได้ทำการเตรียมไว้ เป็นจำนวน 5 ตำแหน่ง

2.3 นำชิ้นงานตัวอย่างม้วนติดกับท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดยนำด้านที่ทาดินสอพองไว้ด้านใน

2.4 ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานอีกครั้งหลังจากทำการม้วนติดกับท่อ PVC ที่เวลา 0, 24 ชั่วโมง ด้วยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 60x พร้อมบันทึกภาพผลการทดสอบ

3.3.5 การทดสอบความทนทานต่อน้ำ

1. กำหนดตำแหน่งที่จะทำการหยดน้ำลงบนชิ้นงานแบบบาง จำนวน 3 ตำแหน่ง

2. ใช้หลอดหยดหยดน้ำจำนวน 1 หยดลงบนตำแหน่งที่กำหนด โดยหยดน้ำมีรัศมี 0.4 มิลลิเมตร

3. ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. วัดรัศมีของรอยหยดน้ำที่แห้ง

3.3.6 การทดสอบความเข้ากันได้ระหว่างชั้นลิกกับวัสดุรองพื้น

ทำการทดสอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานจิตรกรรมสีฝุ่นจำนวน 3 ท่าน

1. อาจารย์วรา ชัยนิตย์

2. อาจารย์สุเมธ พงศ์ชินฤทธิ

3. อาจารย์ผ่อง เช่งกิ่ง

โดยผู้เชี่ยวชาญทำการลงสีฝุ่นบนวัสดุรองพื้นที่ได้จัดเตรียมไว้ เพื่อดูความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีฝุ่นกับชั้นวัสดุรองพื้น ประเมินผลจากความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานจิตรกรรมสีฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมสูตรวัสดุรองพื้นเพื่อพัฒนาให้พื้นผ้าใบไม่เกิดการหลุดลอกได้ง่าย รวมถึงไม่เกิดการแตก หรือรอยแยกเมื่อทำการม้วนเก็บ โดยมีองค์ประกอบหลักคือดินสอพองผสมกับสารยึดติดประเภทต่าง ๆ ได้แก่ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 20% ซึ่งมีสมบัติการยึดติดและให้ความยืดหยุ่นที่ดี, กัมอะราบิก ที่ความเข้มข้น 20% ซึ่งมีสมบัติเป็นกาวที่ดีเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติมีสมบัติเป็นตัวประสานที่ดี และแป้งมันสำปะหลังที่คัดแปรด้วยเอนไซม์ อัลฟาอะไมเลส ที่ความเข้มข้น 20% โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของดินสอพองต่อสารยึดติด จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างที่เตรียมได้ มาศึกษาสมบัติการยึดติดโดยใช้เทปกาว, ศึกษาลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง, ศึกษาถึงขนาดอนุภาคและความหนาของชิ้นงาน, ศึกษาถึงพฤติกรรมการทนน้ำจากลักษณะขยายตัวของหยดน้ำที่หยดลงบนชิ้นงาน, ความสามารถในการตัดโค้งของวัสดุที่ใช้รองพื้นผ้าใบ โดยการตัดโค้งกับตัวทอพีวีซีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตรแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบคือ การตัดชิ้นงานในลักษณะม้วนเข้า และการตัดชิ้นงานในลักษณะม้วนออก ทำการตรวจวัดโดยใช้กล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 60x , และศึกษาถึงความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้น โดยผู้เชี่ยวชาญ

4.1 ความหนืดของสารละลายสารยึดติดที่ใช้ผสมกับดินสอพอง

ตารางที่ 4.1 ความหนืดของสารละลายที่ใช้ผสมกับดินสอพอง

สารละลาย	ความหนืด (cP)
กัมอะราบิก 20% w/v	61.5
พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ 20% w/v	993.3
แป้งคัดแปร 20% w/v	19.0

สารละลายของสารช่วยยึดติดทั้ง 3 ประเภท ควบคุมความเข้มข้นที่ 20% w/v เมื่อวัดค่าความหนืดพบว่าแป้งคัดแปรมีความหนืดต่ำสุดโดยมีค่าอยู่ที่ 19.0 เซนติพอยส์ และพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีความหนืดสูงสุดที่ 993.3 เซนติพอยส์ ในขณะที่กัมอะราบิกมีค่าความหนืดระหว่างสารละลายของสารยึดติดทั้ง 2 ประเภทข้างต้นที่ 61.5 เซนติพอยส์ ดังแสดงค่าในตารางที่ 4.1 จากค่าความหนืดดังกล่าว คาดว่าพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีขนาดโมเลกุลสูงที่สุดหรือมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงสุด ในขณะที่แป้งคัดแปรน่าจะมีขนาดโมเลกุลต่ำสุดหรือมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การตรวจวัดขนาดอนุภาค

วัสดุกรองพื้นทุกสูตร นำมาทำการตรวจวัดขนาดอนุภาคโดยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 500x พบว่าแต่ละสูตรมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5-10 ไมโครเมตร ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.2 และตัวอย่างภาพถ่ายอนุภาคของวัสดุกรองพื้นสูตร P7 แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 รูปอนุภาคเฉลี่ยของสูตร P7

ตารางที่ 4.2 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุกรองพื้น

สูตร	ขนาดอนุภาค (μm)
P3	8.2 \pm 5.7
P4	6.9 \pm 5.5
P5	6.1 \pm 4.0
P6	5.9 \pm 3.6
P7	6.0 \pm 4.2
P8	7.4 \pm 5.1
P9	6.4 \pm 4.7
P10	6.5 \pm 3.9
G3	8.5 \pm 6.1
G4	9.6 \pm 6.4
G5	8.9 \pm 7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G6	9.5±7.5
G7	9.1±6.5
G8	7.3±5.3
G9	7.6±4.4
G10	5.0±2.5
S3	7.9±5.3
S4	8.2±6.7
S5	8.6±7.7
S6	9.0±7.1
S7	7.6±6.0
S8	8.2±7.5
S9	8.7±6.8
S10	8.3±6.0

4.3 ความหนาของชั้นงาน

นำชั้นงานตัวอย่างที่ลงวัสดุรองพื้นแล้วมาวัดความหนาด้วยไมโครมิเตอร์ โดยชั้นงานแบบบางมีความหนาเฉลี่ยในช่วง 0.09-0.18 มิลลิเมตร และ ชั้นงานแบบหนามีความหนาเฉลี่ยในช่วง 0.22-0.42 มิลลิเมตร ผลแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความหนาเฉลี่ยของชั้นงาน

สูตร	ชั้นงานแบบบาง (mm)	ชั้นงานแบบหนา (mm)
P3	0.12± 0.02	0.28±0.06
P4	0.12±0.04	0.34±0.05
P5	0.14± 0.08	0.28±0.05
P6	0.15± 0.02	0.42±0.08
P7	0.10± 0.01	0.31±0.06
P8	0.18±0.04	0.35±0.06
P9	0.17± 0.04	0.34±0.08
P10	0.17± 0.03	0.42±0.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G3	0.10±0.02	0.25±0.04
G4	0.10± 0.02	0.22±0.06
G5	0.09±0.02	0.22±0.07
G6	0.10±0.03	0.29±0.05
G7	0.09±0.02	0.33±0.05
G8	0.10±0.01	0.28±0.04
G9	0.10±0.03	0.28±0.05
G10	0.10±0.02	0.31±0.06
S3	0.07±0.02	0.24±0.07
S4	0.07±0.02	0.20±0.05
S5	0.07±0.01	0.22±0.05
S6	0.07±0.01	0.41±0.05
S7	0.09±0.04	0.39±0.04
S8	0.08±0.02	0.24±0.06
S9	0.10±0.02	0.26±0.07
S10	0.09±0.02	0.25±0.06

4.4 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุรองพื้น

ชิ้นงานตัวอย่างที่เตรียมได้ในแต่ละสูตร มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบที่ใช้ในการเตรียมสูตรผสมแตกต่างกัน

สูตรวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เรียบและเห็นเกล็ดที่มีความเงา เนื่องจากความหนืดที่สูงของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ทำให้เกิดการกระจุกตัวของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และสะท้อนแสงเห็นเป็นลักษณะมันเงาดังกล่าว ภาพตัวอย่างของวัสดุรองพื้นที่มีองค์ประกอบของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (สูตร P6) แสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพจากสูตร P6

ลักษณะทางกายภาพของวัสดุรองพื้นสูตรที่มีส่วนผสมของกัมอะราบิกมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ ภาพตัวอย่างของวัสดุรองพื้นสูตรที่มีส่วนผสมของกัมอะราบิก (สูตร G6) แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพจากสูตร G6

ลักษณะทางกายภาพของวัสดุรองพื้นสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งคัดแปรมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบที่สุด เนื่องจากความหนืดที่ต่ำของแป้งคัดแปรทำให้มีการกระจายตัวของดินสอพองในภูมิภาคแป้งคัดแปรที่ดี ภาพตัวอย่างของวัสดุรองพื้นสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งคัดแปร (สูตร S6) แสดงดังภาพที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพจากสูตร S6

4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการตัดโค้งและการยึดติด

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ลงวัสดุรองพื้นแล้วมาทดสอบความสามารถในการตัดโค้งและการยึดติด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการตัดโค้งและการยึดติดของสูตรที่มีสารยึดติดประเภทเดียว

สูตร	รอยแตกเนื่องจากการตัดโค้ง				การยึดติด
	แบบม้วนเข้า		แบบม้วนออก		
	บาง	หนา	บาง	หนา	
P3	0	2	0	1	✓
P4	0	2	2	3	✓
P5	0	2	1	3	✓
P6	0	0	0	2	✓
P7	0	1	0	1	✓
P8	0	0	0	0	✓
P9	0	0	0	0	✓
P10	0	0	0	0	✓
G3	1	3	0	3	✗
G4	1	3	0	3	✗
G5	0	2	0	3	✗
G6	0	2	0	2	✓
G7	0	2	0	2	✓
G8	1	1	0	2	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G9	0	1	0	2	✓
G10	0	2	0	2	✓
S3	0	2	1	2	✗
S4	0	2	1	1	✗
S5	0	2	0	2	✓
S6	1	2	0	3	✗
S7	1	2	0	3	✓
S8	0	2	0	3	✓
S9	0	1	0	2	✓
S10	1	2	0	2	✓

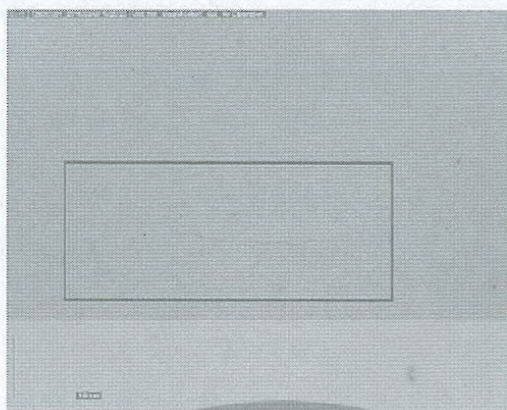
*หมายเหตุ : รอยแตกถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

- ระดับ 0 : ไม่เกิดรอยแตกบริเวณใดเลย

ภาพที่ 4.5 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 0 จากสูตร S4 แบบบาง (ทดสอบแบบม้วนเข้า)

- ระดับ 1 : รอยแตกไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้อง Digital microscope กำลังขยาย 60x เป็นระดับที่ยังคงสามารถนำไปใช้งานได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อในการลงสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



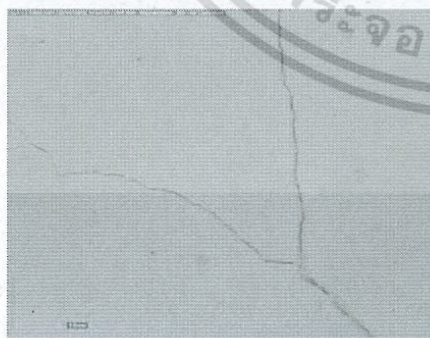
ภาพที่ 4.6 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 1 จากสูตร S4 แบบบาง (ทดสอบแบบม้วนออก)

- ระดับ 2 : รอยแตกสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า เป็นระดับที่ยังคงสามารถนำไปใช้งานในการลงสีได้



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 2 จากสูตร P5 แบบหนา (ทดสอบแบบม้วนเข้า)

- ระดับ 3 : เป็นระดับที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ รอยแตกสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน



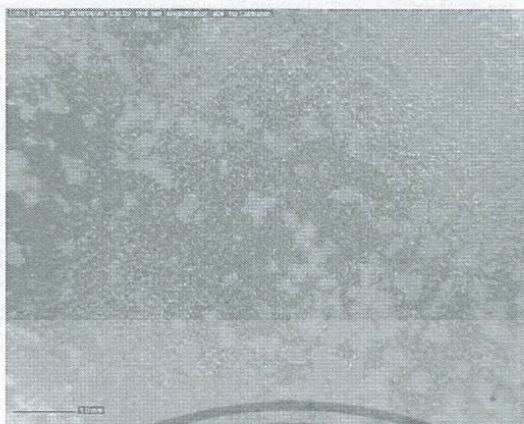
(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.8 ภาพแสดงรอยแตกระดับ 3 จากสูตร S6 แบบหนา (ก) และ G3 แบบหนา (ข) (ทดสอบแบบม้วนออก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงการหลุดลอกจากสูตร P6 (ไม่เกิดการหลุดลอก)



ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงการหลุดลอกจากสูตร S4 (เกิดการหลุดลอก)

เมื่อนำชิ้นงานแบบหนา มาทำการทดสอบความสามารถในการคัดโค้ง พบว่าชิ้นงานทุกสูตรเกิดรอยแตกในระดับ 2 และ 3 โดยมีเพียงสูตร P8, P9 และ P10 ที่ไม่เกิดรอยแตกทั้งการทดสอบแบบม้วนเข้าและม้วนออก

สูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ ทำให้รอยแตกที่เกิดขึ้นลดลงจนไม่พบรอยแตกหรือไม่พบรอยแตกที่ชัดเจนตั้งแต่สูตร P6-P10

สูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้กัมอะราบิก พบว่ามีรอยแตกเกิดขึ้นในทุกสูตรเนื่องจากกัมอะราบิกเมื่อแห้งมีสมบัติเป็นฟิล์มที่เปราะแตกง่าย

สำหรับสูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้แป้งคัดแปร พบว่าทุกสูตรเกิดรอยแตกเช่นเดียวกับสูตรที่ใช้กัมอะราบิกเนื่องจากแป้งคัดแปรไม่ได้มีสมบัติการเป็นฟิล์มที่ดี

อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงไม่นิยมใช้วัสดุรองพื้นที่มีความหนามาก จึงทำการลดความหนาของชิ้นงานลงเป็นชิ้นงานแบบบาง พบว่าเมื่อทำการทดสอบความสามารถในการคัดโค้ง ส่วนมากไม่พบรอยแตกที่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำชิ้นงานมาทำการทดสอบการยึดติด พบว่าสูตรวัสดุรองพื้นที่เหมาะสมโพลิไวนิลอัลกอฮอล์มีการยึดติดที่ดี เนื่องจากไม่มีสูตรใดเกิดการหลุดลอก และพบว่าสูตรวัสดุรองพื้นที่เหมาะสมกับอะราบิกมีการยึดติดที่ดีตั้งแต่สูตร G6-G10 และการทดสอบสูตรวัสดุรองพื้นที่เหมาะสมแป้งคัดแปรพบว่ามี การยึดติดที่ดีตั้งแต่สูตร S7-S10 โดยสูตรที่เกิดการหลุดลอกของวัสดุรองพื้นเนื่องจากมีปริมาณพอลิเมอร์ที่น้อยจึงทำให้เกิดการยึดติดไม่ดี เมื่อมีแรงกระทำจากการลอกเทปกาวที่ติดบนชิ้นงานตัวอย่างจึงเกิดการหลุดลอกของดินสอพองซึ่งเป็นส่วนผสมในวัสดุรองพื้น ตัวอย่างภาพการหลุดลอกของวัสดุรองพื้นหลังการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4.9 และ 4.10

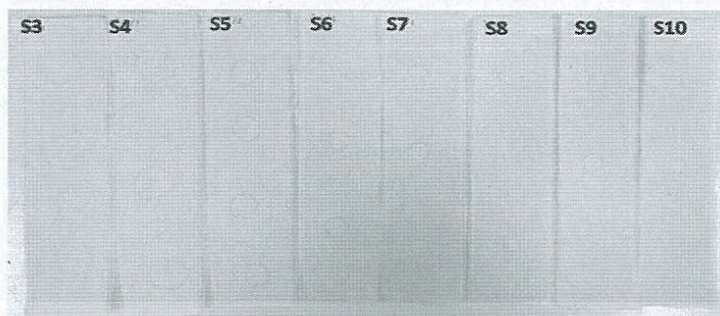
4.6 ความทนทานต่อน้ำ

การทดสอบความทนทานต่อน้ำเป็นการทดสอบเพื่อดูความสามารถในการละลายของวัสดุรองพื้นเตรียมได้จากพอลิเมอร์ต่างชนิดกัน โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบที่แสดงในบทที่ 3

เมื่อได้ทำการทดสอบแล้วทำการถ่ายภาพการขยายตัวของหยดน้ำ ดังภาพที่ 4.11 และทำการวัดรัศมีการขยายตัวของหยดน้ำ ผลแสดงได้ดังตารางที่ 4.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)

ภาพที่ 4.11 การขยายตัวของหยดน้ำ (ก) สูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (ข) สูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมกัมอะราบิก (ค) สูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมแป้งคัสเปอร์

ตารางที่ 4.5 การขยายตัวของหยดน้ำ

สูตร	รัศมีการขยายตัวของหยดน้ำ(cm)
P3	1.4
P4	1.1
P5	1.1
P6	0.7
P7	0.6
P8	0.5
P9	0.4
P10	0.4
G3	0.4
G4	0.4
G5	0.4
G6	0.4
G7	0.4
G8	0.4
G9	0.5
G10	0.4
S3	1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S4	1.1
S5	0.8
S6	0.6
S7	0.5
S8	0.5
S9	0.6
S10	0.5

จากการทดสอบพบว่าทุกสูตรเกิดการซึมน้ำ เนื่องจากสารยึดติดทุกชนิดที่ใช้ในงานวิจัยมีความสามารถในการละลายที่ดี โดยสูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ เป็นเกรดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และมีเปอร์เซ็นต์ไฮโดรไลซิสต่ำ ทำให้ละลายน้ำได้ดี แต่เมื่อปริมาณของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เพิ่มขึ้น (ตั้งแต่สูตร P6-P10) พบว่าการขยายตัวของหยดน้ำลดลง ทั้งนี้คาดว่าเนื่องจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ในปริมาณที่มากเมื่อสัมผัสน้ำเกิดการละลายและมีความหนืดสูง จึงทำให้การขยายตัวของหยดน้ำต่ำลง

สูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมกัมอะราบิก พบว่าเกิดการขยายตัวของหยดน้ำที่น้อยที่สุด เนื่องจากกัมอะราบิกมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีความเกาะสูง ทำให้เกิดการเกี่ยวพันกันระหว่างสายโซ่

สูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมแป้งคัดแปร พบว่ามีการดูดซับของหยดน้ำที่เร็วที่สุด เพราะแป้งถูกตัดสายโซ่ด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส จึงทำให้แป้งคัดแปรมีขนาดโมเลกุลเล็กลงและละลายน้ำได้ง่าย

4.7 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียว

นำตัวอย่างสูตรวัสดุรองพื้น จำนวน 10 สูตร ได้แก่สูตร P5, P6, P7, P8, G5, G6, G7, G8, S7 และ S8 ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการทดสอบ โดยที่สูตรที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือ G5 และ G6 ส่วนสูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์นั้นมีลักษณะเป็นชั้นฟิล์มที่บริเวณพื้นผิวของชิ้นงานทำให้สีฝุ่นไม่สามารถยึดเกาะกับชั้นวัสดุรองพื้นได้ดีเท่าที่ควร สำหรับสูตรวัสดุรองพื้นที่ผสมแป้งคัดแปรเกิดการกระจายของสีฝุ่นในชั้นวัสดุรองพื้นมากเกินไป โดยมีตัวอย่างการลงสีจากผู้เชี่ยวชาญดังภาพที่ 4.12



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.12 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียวโดยผู้เชี่ยวชาญ (ก) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P8 (ข) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร S7 (ค) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร G5 และ (ง) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร G6

ผลการทดสอบสูตรวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมของสารยึดติดประเภทเดียว สรุปได้ดังนี้

จากผลการทดสอบความสามารถในการคัดโค้งพบว่าสูตรที่เกิดรอยแตกน้อยที่สุด คือ สูตรวัสดุรองพื้นที่เหมาะสมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (สูตร P6-P10) สำหรับการทดสอบการยึดติดโดยพอลิเมอร์ทั้งสามมีการยึดติดที่ดี ตั้งแต่สูตร P6, G6 และ S6 ขึ้นไป และจากการทดสอบความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้น โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าสูตรที่ได้รับความพึงพอใจมากที่สุด คือ สูตร G5 และ G6 ดังนั้นจึงเลือกสูตรวัสดุรองพื้นที่มีปริมาณสารละลายสารยึดติด 6 มิลลิกรัมต่อดินสอพอง 20 กรัม มาปรับปรุงสูตรวัสดุรองพื้นให้มีสมบัติที่ดีขึ้น โดยคู่สารยึดติดผสมที่เลือกใช้ ได้แก่ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ผสมกับกัมอะราบิกและพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ผสมกับแป้งคัลเปร โดยอัตราส่วนที่เลือกใช้คือ 2:4, 3:3 และ 4:2 โดยปริมาตร

4.8 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุรองพื้นสูตรที่ใช้สารยึดติดผสม

วัสดุรองพื้นเตรียมได้ในแต่ละสูตรที่แสดงรายละเอียดในบทที่ 3 นำมาตรวจวัดขนาดอนุภาคโดยกล้อง Digital microscope รุ่น Dino-Lite pro 2 กำลังขยาย 500x จากการตรวจวัดขนาดอนุภาคของวัสดุรองพื้นทั้ง 6 สูตร พบว่าแต่ละสูตรมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6-11 ไมโครเมตร ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของสูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้สารยึดติดผสม

สูตร	ขนาดอนุภาค (μm)
P2G4	7.0 \pm 5.3
P3G3	6.2 \pm 3.7
P4G2	6.2 \pm 3.9
P2S4	6.9 \pm 4.8
P3S3	10.3 \pm 8.0
P4S2	7.2 \pm 4.9

4.9 ความหนาของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม

นำชั้นงานตัวอย่างที่ลงวัสดุรองพื้นแล้วมาวัดความหนาด้วยไมโครมิเตอร์ โดยชั้นงานแบบบางมีความหนาเฉลี่ยในช่วง 0.08-0.13 มิลลิเมตร และชั้นงานแบบหนามีความหนาเฉลี่ยในช่วง 0.27-0.31 มิลลิเมตร ผลแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความหนาเฉลี่ยของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม

สูตร	ชั้นงานแบบบาง (mm)	ชั้นงานแบบหนา (mm)
P2G4	0.10 \pm 0.02	0.30 \pm 0.05
P3G3	0.10 \pm 0.02	0.29 \pm 0.03
P4G2	0.11 \pm 0.02	0.27 \pm 0.04
P2S4	0.12 \pm 0.05	0.27 \pm 0.05
P3S3	0.08 \pm 0.02	0.30 \pm 0.05
P4S2	0.13 \pm 0.03	0.31 \pm 0.05

4.10 การทดสอบความสามารถในการดัดโค้งและการยึดติดของชั้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้น

จากสูตรสารยึดติดผสม

นำชั้นงานตัวอย่างที่ลงวัสดุรองพื้นแล้วมาทดสอบความสามารถในการดัดโค้งและการยึดติด โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบที่แสดงในบทที่ 3 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดสอบความสามารถในการตัดโค้งและการยึดติดของสูตรสารยึดติดผสม

สูตร	รอยแตกเนื่องจากการตัดโค้ง				การยึดติด
	เข้า		ออก		
	บาง	หนา	บาง	หนา	
P2G4	0	2	0	2	✓
P3G3	1	1	0	2	✓
P4G2	0	1	0	2	✓
P2S4	0	2	0	3	✓
P3S3	0	1	0	3	✓
P4S2	0	1	0	2	✓

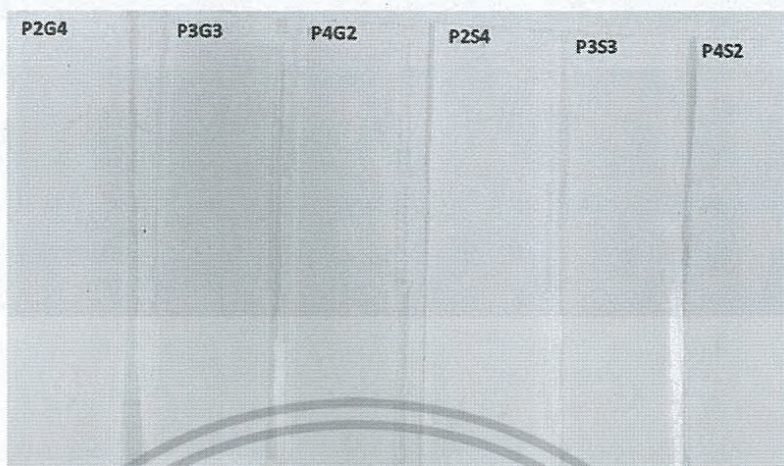
จากการทดสอบพบว่าชิ้นงานแบบหนายังคงพบรอยแตกในชิ้นงานทุกสูตร โดยเกิดรอยแตกในระดับ 1-3 สำหรับชิ้นงานแบบบางเมื่อทำการทดสอบความสามารถในการตัดโค้ง พบว่าทุกสูตรไม่พบรอยแตกยกเว้นเพียงกรณีการตัดโค้งแบบม้วนเข้าของสูตร P3G3 เท่านั้นที่เกิดรอยแตกในระดับ 1

เมื่อนำชิ้นงานมาทำการทดสอบการยึดติด พบว่าสูตรวัสดุรองพื้นทุกสูตรมีการยึดติดที่ดี ไม่เกิดการหลุดลอกในลักษณะที่หลุดเป็นแผ่นเหมือนกรณีสูตรวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียว แสดงผลในตารางที่ 4.4 ยกเว้นสูตร P2G4 และ P3G3 ที่พบการหลุดลอกเพียงเล็กน้อย

4.11 ความทนทานต่อน้ำของชิ้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม

การทดสอบความทนทานต่อน้ำเป็นทดสอบเพื่อดูความสามารถในการละลายของวัสดุรองพื้นที่เตรียมได้จากสารยึดติดผสม โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบที่แสดงในบทที่ 3

เมื่อทำการทดสอบแล้วจะทำการถ่ายภาพการขยายตัวของหยดน้ำ แสดงดังภาพที่ 4.13 และ ทำการวัดรัศมีการขยายตัวของหยดน้ำ ผลแสดงดังตารางที่ 4.9



ภาพที่ 4.13 การขยายตัวของหยดน้ำของชิ้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม

ตารางที่ 4.9 การขยายตัวของหยดน้ำของชิ้นงานที่ใช้วัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม

สูตร	รัศมีการขยายตัวของหยดน้ำ (cm)
P2G4	1.0
P3G3	1.0
P4G2	0.5
P2S4	1.1
P3S3	0.9
P4S2	1.1

จากตารางที่ 4.9 พบว่าวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมที่มีความหนาแน่นต่อน้ำมากที่สุดคือสูตร P4G2 ซึ่งมีรัศมีการขยายตัวของหยดน้ำเป็น 0.5 เซนติเมตร เนื่องจากมีส่วนผสมของพอลิไว-นิลอัลกอฮอล์ ปริมาณมาก ทำให้มีความหนืดสูงและมีการใช้คู่กับกัมอะราบิกที่โครงสร้างโมเลกุลมีความเกาะสูงทำให้เกิดการเกี่ยวพันของสายโซ่ ส่งผลให้รัศมีการขยายตัวของหยดน้ำต่ำกว่าสูตรวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียว

4.12 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นลึกับวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม

นำตัวอย่างวัสดุรองพื้น จำนวน 6 สูตร ได้แก่สูตร P2G4, P3G3, P4G2, P2S4, P3S3 และ P4S2 ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการทดสอบ โดยสูตรที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือสูตร P2G4 ซึ่งในกระบวนการทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การทดสอบแบบจิตรกรรมสมัยใหม่ และการทดสอบแบบจิตรกรรมไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบบจิตรกรรมสมัยใหม่ เป็นการทดสอบโดยการลงสีฝุ่นในปริมาณที่น้อยกว่างานแบบจิตรกรรมไทย ส่งผลให้ความหนาของชั้นสีน้อย โดยจากการทดสอบพบว่าสูตรที่ได้รับความนิยมสูงสุดคือสูตร P2G4 และ P4S2 สำหรับสูตรที่เหลือไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากพบลักษณะการลอยของชั้นสีด้านล่างขึ้นมาผสมกับชั้นสีด้านบน ส่งผลให้ชั้นสีด้านบนเกิดความผิดเพี้ยนไปจากเดิม ตัวอย่างการลงสีจากผู้เชี่ยวชาญแสดงได้ดังภาพที่ 4.14 และ 4.15



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.14 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับความนิยม (ก) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P2G4 และ (ข) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P4S2



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.15 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญที่ไม่ได้รับความนิยม (ก) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P3G3 และ (ข) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P3S3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบบจิตรกรรมไทย เป็นการทดสอบ โดยการลงสีฝุ่นในปริมาณที่มากกว่างานแบบจิตรกรรมสมัยใหม่ ส่งผลให้ความหนาของชั้นสีมากและในการทดสอบแบบจิตรกรรมไทยนั้นต้องการพื้นผิวที่มีความเรียบก่อนการลงชั้นสีฝุ่นจึงมีการขัดพื้นผิวโดยใช้เปลือกหอยเพื่อให้เกิดความเรียบก่อนทำการลงสีบนชิ้นงาน โดยจากการทดสอบพบว่าสูตรที่ได้รับความนิยมพึงพอใจสูงสุดคือสูตร P2G4 และ P3S3 สำหรับสูตรที่เหลือไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากบริเวณพื้นผิวของชิ้นงานมีความหยาบสูง และดูดซึมสีช้า เพราะความหนืดที่สูงขึ้นจากปริมาณของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ทำให้เกิดการกระจุกตัวรวมกันแน่น ตัวอย่างการลงสีจากผู้เชี่ยวชาญแสดงได้ดังภาพที่ 4.16 และ 4.17



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.16 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้รับความนิยมพึงพอใจ (ก) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P2G4 และ (ข) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P3S3



(ก)



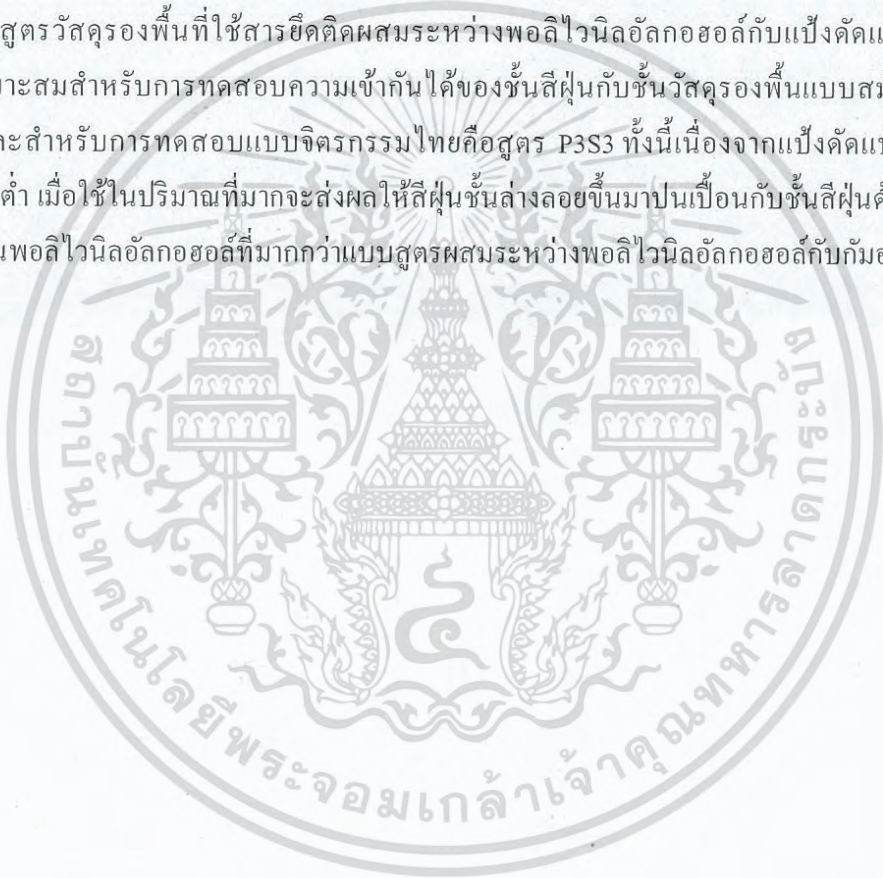
(ข)

ภาพที่ 4.17 ความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสมโดยผู้เชี่ยวชาญ ที่ไม่ได้รับความนิยมพึงพอใจ (ก) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P4G2 และ (ข) ตัวอย่างชิ้นงานจากสูตร P4S2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบความเข้ากันได้ของชั้นสีกับชั้นวัสดุรองพื้นเตรียมขึ้น ได้ข้อสรุปว่ากรณีสูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้สารยึดติดผสมระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับกัมอะราบิก สัดส่วนที่เหมาะสมคือสูตร P2G4 ทั้งการทดสอบแบบจิตรกรรมสมัยใหม่และการทดสอบแบบจิตรกรรมไทย โดยสูตรที่มีปริมาณพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มากขึ้นไม่ได้รับความพึงพอใจ เนื่องจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เมื่อละลายน้ำจะให้ความหนืดที่สูงกว่ากัมอะราบิก ส่งผลให้สีฝุ่นที่วาดลงบนพื้นผ้าใบที่มีชั้นวัสดุรองพื้นไม่สามารถกระจายตัวได้ดีและสีฝุ่นซึมลงบนชั้นวัสดุรองพื้นได้ช้า ทำให้การยึดติดระหว่างชั้นสีฝุ่นกับชั้นวัสดุรองพื้นไม่ดี เมื่อมีการลงชั้นสีฝุ่นทับในชั้นถัดไปชั้นสีฝุ่นที่อยู่ด้านล่างจึงลอยขึ้นมาปนกับชั้นสีฝุ่นที่วาดทับทำให้สีเกิดการผิดเพี้ยน

กรณีสูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้สารยึดติดผสมระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับแป้งคัดแปร พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบความเข้ากันได้ของชั้นสีฝุ่นกับชั้นวัสดุรองพื้นแบบสมัยใหม่คือสูตร P4S2 และสำหรับการทดสอบแบบจิตรกรรมไทยคือสูตร P3S3 ทั้งนี้เนื่องจากแป้งคัดแปรมีความทนทานต่อน้ำค่า เมื่อใช้ในปริมาณที่มากจะส่งผลให้สีฝุ่นชั้นล่างลอยขึ้นมาปนกับชั้นสีฝุ่นด้านบน จึงต้องใช้ปริมาณพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มากกว่าแบบสูตรผสมระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับกัมอะราบิก



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมสูตรในการทำวัสดุรองพื้นเพื่อพัฒนาให้พื้นผ้าใบไม่เกิดการหลุดลอกได้ง่าย รวมถึงไม่เกิดการแตก หรือรอยแยกเมื่อทำการม้วนเก็บ โดยมีองค์ประกอบหลักคือ ดินสอพอง ผสมกับสารยึดติดประเภทต่าง ๆ ได้แก่ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 20%, กัมอะราบิก ที่ความเข้มข้น 20% และแป้งมันสำปะหลังที่คัดแปรด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส ที่ความเข้มข้น 20% โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของดินสอพองต่อสารยึดติด โดยแบ่งสูตรวัสดุรองพื้นเป็น 2 ประเภทคือ สูตรวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียวและสูตรที่ใช้สารยึดติดผสม

จากการทดสอบสูตรวัสดุรองพื้นที่มีสารยึดติดประเภทเดียวโดยทำการควบคุมขนาดอนุภาคของสูตรวัสดุรองพื้นให้อยู่ในช่วง 5-10 ไมโครเมตร และนำไปขึ้นรูปชิ้นงานแบบบางและแบบหนาให้มีความหนาอยู่ในช่วง 0.09-0.18 มิลลิเมตร และ 0.22-0.42 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยชิ้นงานที่เตรียมได้ในแต่ละสูตรจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน สูตรวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เรียบและเห็นเป็นเกล็ดที่มีความเงา สำหรับสูตรที่มีส่วนผสมของกัมอะราบิกนั้นมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ ในส่วนของสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งคัดแปรมีพื้นผิวที่เรียบที่สุด เมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการคัดโค้งพบว่าสูตรที่เกิดรอยแตกน้อยที่สุดคือ สูตรวัสดุรองพื้นที่มีส่วนผสมของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (สูตร P6-P10) สำหรับการทดสอบการยึดติดพบว่าสารยึดติดทั้งสามชนิดมีการยึดติดที่ดีที่สูตร P6-P10, G6-G10 และ S6-S10 จากนั้นทำการทดสอบความทนทานต่อน้ำ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์, กัมอะราบิก และแป้งคัดแปรในสูตรวัสดุรองพื้น การขยายตัวของหยดน้ำลดลง โดยที่แป้งคัดแปรมีการขยายตัวของหยดน้ำที่เร็วที่สุด และจากการทดสอบความเข้ากันได้ระหว่างชั้นลึกับวัสดุรองพื้น โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าสูตรที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุด คือ สูตร G5 และ G6 ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงเลือกสูตรวัสดุรองพื้นที่มีสัดส่วนของสารละลายสารยึดติด 6 มิลลิลิตรต่อดินสอพอง 20 กรัม มาทำการปรับปรุงสูตรวัสดุรองพื้นให้มีสมบัติที่ดีขึ้น จากสมบัติของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีความยืดหยุ่นสูงและทนทานต่อการคัดโค้ง, สมบัติของกัมอะราบิกที่เป็นตัวประสานที่ดี และแป้งคัดแปรที่ให้ลักษณะพื้นผิวที่เรียบ จึงเลือกใช้คู่สารยึดติดผสม ได้แก่ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ผสมกับกัมอะราบิก และพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ผสมกับแป้งคัดแปร โดยมีอัตราส่วนที่เลือกใช้คือ 2:4, 3:3 และ 4:2 โดยปริมาตร

จากการทดสอบสูตรวัสดุรองพื้นที่ใช้สารยึดติดผสมโดยควบคุมขนาดอนุภาคของสูตรวัสดุรองพื้นให้อยู่ในช่วง 6-11 ไมโครเมตร และนำไปขึ้นรูปชิ้นงานแบบบางและแบบหนาให้มีความหนาอยู่ในช่วง

0.08-0.13 มิลลิเมตร และ 0.27-0.31 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการตัดโค้ง พบว่าชิ้นงานแบบบางทุกสูตรไม่เกิดรอยแตก สำหรับการทดสอบการยึดติดพบว่าสารยึดติดผสมทุกสูตรมีการยึดติดที่ดี ไม่เกิดการหลุดลอกในลักษณะที่หลุดเป็นแผ่น และสูตรสารยึดติดผสมที่มีความหนาน้ำมากที่สุดคือ สูตร P4G2 จากนั้นนำไปทดสอบความเข้ากันได้ระหว่างชั้นสีกับวัสดุรองพื้นจากสูตรสารยึดติดผสม โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งกระบวนการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การทดสอบแบบจิตรกรรมสมัยใหม่และการทดสอบแบบจิตรกรรมไทย พบว่าการทดสอบแบบจิตรกรรมสมัยใหม่ สูตรที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือ สูตร P2G4 และ P4S2 การทดสอบแบบจิตรกรรมไทยสูตรที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือ สูตร P2G4 และ P3S3

เมื่อนำการทดสอบทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุรองพื้นสำหรับงานสีฝุ่น พบว่าสูตร P2G4 มีความเหมาะสมและได้รับความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ทำตัวอย่างชิ้นงานให้มีขนาดใหญ่มากขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง
- 2) ควรมีเครื่องมือช่วยในขั้นตอนการบด เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่เล็กและใกล้เคียงกัน
- 3) พัฒนาผงสีฝุ่นสำเร็จรูปในลักษณะเดียวกันกับสูตรวัสดุรองพื้น เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้

งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] รัตนาฤทธิ์ จันทรวงศ์. 2551. “การพัฒนาการเตรียมพื้นผ้าใบสำหรับการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะด้วยเทคนิคสีฝุ่น.” วิทยานิพนธ์ศิลปกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [2] บริษัท ริช เพาเดอร์ โคทติ้งส์ จำกัด. 2559. สีฝุ่น คือ อะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.richpowder.com/14887173/สีฝุ่น-คือ-อะไร>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2558.
- [3] Louisa N. 2016. **Tempera and Emulsion Recipes**. [Online]. Available : <http://www.naturalpigments.com/art-supply-education/tempera-emulsion-recipe/>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2558.
- [4] สอนสุพรรณ. 2550. ภาพจิตรกรรมฝาผนัง ที่แสดงให้เห็นถึงความยิ่งใหญ่ของฝีมือช่างไทยสมัยอยุธยา. [Online]. Available : <http://www.oknation.net/blog/phaen/2007/07/16/entry-1>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2558.
- [5] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2554. **Tempera**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/สีฝุ่นเทมเพอรา>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2558.
- [6] กระทรวงวัฒนธรรม. 2559. การจัดการความรู้ เรื่อง การเตรียมพื้นเขียนภาพจิตรกรรมไม้บนพื้นไม้. : ภาควิชาศิลปไทย วิทยาลัยช่างศิลปสุพรรณบุรี สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม.
- [7] รศ.สุเชษฐุ์ สมิตินันท์. 2553. เอกสารประกอบการสอนวิชาจิตรกรรม. : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- [8] WIKIPEDIA The Free Encopedia. 2016. **Pigment**. [Online]. Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/Pigment>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2558.
- [9] วันชัย สุทธิทศธรรม. 2559. อันตรายจากสีทาอาคารบ้านเรือน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://webdb.dmso.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=70. เข้าถึงเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2559.
- [10] สยามเคมี. 2559. ดินสอพอง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.siamchemi.com/ดินสอพอง>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2558.
- [11] P'Hand Eduzones. 2552. ดินสอพองทำมาจากอะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://learning.eduzones.com/rangsit/21752>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2558.
- [12] ASTV ผู้จัดการออนไลน์. 2557. นายรังสีดินสอพองให้ปลอดเชื้อหนึ่งจุดขายเพิ่มรายได้ผู้ประกอบการ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.manager.co.th/iBiz_channel/ViewNews.aspx?NewsID=9570000039055. เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] กัทธาวิช มนต์วิเศษ. 2553. เอกสารการสอนวิชาไบโอพอลิเมอร์. : สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [14] คุษฎี อุตภาพ. 2558. **Carbohydrate Technology**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/subject.html>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2558.
- [15] เคมีภัณฑ์. 2558. **Gum Arabic (กัมอาระบิก)**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.chemipan.com/home/index.php/635-สินค้า/640-เคมีอาหาร/695-สารเติมแต่งอาหาร/9015/9015-gum-arabic-กัม-อารบิก-เคมีภัณฑ์-สารเคมี.html>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน 2558.
- [16] กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [17] มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2558. **ประโยชน์มันสำปะหลัง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.tapiocathai.org/Brochure/a_5.pdf. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2558.
- [18] วิราสิณี จันทร์เป็ง และ นพพล เล็กสวัสดิ์. 2559. **อะไมเลส (Amylase)**. : สาขาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [19] Young, L.S. 1996. **DC Chemical Company**. [Online]. Available : <http://www.dcchem.co.kr/PVA>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน 2558.
- [20] Thai polychemicals company. 2558. **Polyvinyl alcohol**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://thaipolychemicals.blogspot.com/2014/01/polyvinyl-alcohol.html>. เข้าถึงได้จาก 26 พฤศจิกายน 2558.
- [21] Apar, D.K. and Özbek, B. 2005. "a-Amylase inactivation during rice starch hydrolysis." *Process Biochemistry*. 40 (2005) : 1367–1379.
- [22] Khatoon, S. Sreerama, Y.N. Raghavendra, D. Bhattacharya, S. and Bhat, K.K. 2009. "Properties of enzyme modified corn, rice and tapioca starches." *Food Research International*. 42 (2009) : 1426–1433.
- [23] Auarra, A. Hashim, R. Bauk, S. Kandaiya, S. and Tousi, E.T. "Fabrication and characterization of gum Arabic bonded Rhizophora spp. Particleboards." *Materials and Design*. 60 (2014) : 108–115.
- [24] Azahari, N.A. Othman, N. and Ismail, H. "Biodegradation Studies of Polyvinyl Alcohol/Corn Starch Blend Films in Solid and Solution Media." *Physical Science*. 22 (2011) : 15-31.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปค่าใช้จ่ายดำเนินงานโครงการวิจัย

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (บาท)
งบดำเนินงาน			
ค่าใช้สอย	14,000	19,000	(-5,000)
ค่าวัสดุ	36,000	31,030.88	4969.12
รวม	50,000	42,145.90	(-30.88)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล..... ผศ.ดร. ภัทราวุธ มนต์วิเศษ.....

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	เคมีอุตสาหกรรม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	2538
M.Sc.	Polymer Science and Technology	The University of Manchester	2540
Ph.D.	Polymer Chemistry	The University of Manchester	2543

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....

สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช ประกอบด้วย กลุ่มวิชาเคมี เภสัช ฯลฯ.....

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

1. การนำพอลิเอทีลีนเทอร์พลาเสติกกลับมาใช้ใหม่ด้วยกระบวนการดีพอลิเมอไรซ์แบบปิดวงแหวนและการพอลิเมอไรซ์แบบเปิดวงแหวน ทุนศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ MT-S-43-POL-22-179-G ปี 2543
2. การรีไซเคิล โพลีเอสเตอร์โดยการใช้พอลิเมอไรซ์แบบปิดวงแหวนและการพอลิเมอไรซ์แบบเปิดวงแหวน ทุนงบประมาณประจำปี 2544
3. การสังเคราะห์วัสดุประกอบไฮดรอกซีแอปาทิตกับพอลิเอสเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้สถาบันประจำปี 2545
4. การเตรียมซีเมนต์เคลเซียมซิลิเกตกับพอลิเมทิลเมทาคริเลต ทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ จากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2549
5. การพัฒนาแก้วดีไม่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยน้ำมันทั้ง ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้การเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว-อุตสาหกรรม (MAG Window I) สัญญาเลขที่ MRG-WI515S129 ปี 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทูลโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (คปก 11) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ปรัชญาคุณภิวัตน์จิต สาขาเคมีประยุกต์ 1 มิถุนายน ปี 2552 ถึง 31 พฤษภาคม 2557 สัญญาเลขที่ PHD/0264/2551
7. การพัฒนาการผลิตไม้ชนิดปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และน้ำมันทัง ทูลสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553 ประเภทงานวิจัยเชิงบูรณาการและพาณิชย์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล
8. กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล ทูลวิจัยมหบัณฑิต สกว สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้การเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทูล สกว-อุตสาหกรรม (MAG Window I) สัญญาเลขที่ MRG-WI535S901 ปี 2553
9. ทูลโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (คปก 12) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ปรัชญาคุณภิวัตน์จิต สาขานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี 1 ธันวาคม ปี 2553 ถึง 30 พฤศจิกายน 2556 สัญญาเลขที่ PHD/0075/2552
10. สมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ทูลสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล
11. การเตรียมและสมบัติการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลจากโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส/กัวร์กัม/โซเดียมอัลจิเนต ทูลสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล
12. การปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยน้ำยางพารา โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา (Medium-size Project on Rubber; MPR) สกว-อุตสาหกรรม สัญญาเลขที่ RDG5550060 ปี 1 สิงหาคม 2555 ถึง 31 กรกฎาคม 2556
13. การศึกษาสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรียของไฮโดรเจลจากอัลจิเนตและกัวร์กัมปรับปรุงด้วยซิลเวอร์ ทูลสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล
14. การพัฒนาหมึกพิมพ์สกรีนใช้น้ำสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีน ทูลสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557 ประเภทงานวิจัยเชิงบูรณาการและพาณิชย์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล
15. การพัฒนาสีพลาสติกชอลจาก EVA สำหรับงานพิมพ์สกรีน ทูลสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล
16. การพัฒนาฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกกับน้ำยางธรรมชาติ ทูลสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. การพัฒนาไฮโดรเจลบีคจากไกลโคซานและกัมแซนแทน ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สจล
18. โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วยพอลิเมอร์ชีวภาพ ทุนอุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิ สถาบันพลาสติก 8 ธันวาคม 2558 ถึง 15 มิถุนายน 2559.

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., Jermungnern R., Rattanabodee S., Preparation of hydroxyapatite/poly(methyl methacrylate) and calcium silicate/poly(methyl methacrylate) interpenetrating hybrid composites. *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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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/Montmorillonite 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)
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. S. Suebwongnat, **P. Monvisade** and P. Siriphannon, Mechanical properties and bioactivity of calcium silicate/poly(ethylene terephthalate-co-caprolactone) composites. *Materials Research Innovations* **2013** VOL 17 SUPPL 2 118-123.
19. Pitchaya Treenate, **Pathavuth Monvisade** and Masayuki Yamaguchi, Development of Hydroxyethylacryl Chitosan/Alginate Hydrogel Films for Biomedical Applications, *J.Polym.Res.* **2014** 21: 601 DOI 10.1007/s10965-014-0601-6. (impact factor 2013 = 1.897)
20. Apichaya Jianprasert, **Pathavuth Monvisade** and Masayuki Yamaguchi, Surface improvement on water and oil affinities and absorption rate of PVA/Tung oil-coated paperboard and fiberboard, *J.Coat.Technol.Res.* **2016** 13: 345-354.
21. Pitchaya Treenate and Pathavuth Monvisade In vitro drug release profiles of pH-sensitive hydroxyethylacryl chitosan/sodium alginate hydrogels using paracetamol as a soluble model drug, *Journal: International Journal of Biological Macromolecules* 2017, 99: 71-78.
22. Apichaya Jianprasert, Pathavuth Monvisade and Masayuki Yamaguchi Study on Crosslinked Structure and Thermal Properties of Polymer Networks Based on Tung Oil and PVA with Different Catalytic Systems, *Macromolecular Symposia* 2017, 372, 108-114.
23. Pitchaya Treenate and Pathavuth Monvisade Crosslinker Effects on Properties of Hydroxyethylacryl Chitosan/Sodium Alginate Hydrogel Films, *Macromolecular Symposia* 2017, 372, 147-153.
24. Monvisade P., Mongkolaussavarat T., Chalermksuksri 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)
25. ภัทราวุธ มนต์วิเศษ, กมลวรรณ รัตนภักดิ์, พนอ วรรณวงศ์ และ ศิริยา เจียมมสกุล การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเรตด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงวารสารวิทยาศาสตร์มข. ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 2546(2003) หน้า 46-53.
26. ปุณณมา ศิริพันธ์ โนน, ภัทราวุธ มนต์วิเศษ และ สุภาณี ชนะวงศ์ การสังเคราะห์วัสดุเชิงประกอบระหว่างไฮดรอกซีแอปาทาइटกับพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 2547(2004) หน้า 36-45.
27. ภคพล ลักณาพรวิสิฐ, ภัทราวุธ มนต์วิเศษ และ วรรณธรรม อุ่นจิตติชัย กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 3 (ฉบับพิเศษที่ 2) มีนาคม 2554 หน้า 23-31.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.
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. Chunchuen 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 (6 th 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, 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.
12. Suebpong Suebwongnat, Punnama Siriphannon and Pathavuth Monvisade, Mechanical properties and bioactivity of calcium silicate/poly(ethylene terephthalate-co-caprolactone) composites. 15th International Conference on Advances in Materials & Processing Technologies (AMPT 2012), Novotel Wollongong Northbeach Hotel, Wollongong, Australia, Sep. 23-26, 2012.
13. Sasipa NAPRADIT and Pathavuth MONVISADE, Study on Swelling Behavior and PVPI Release of Xanthan Gum/PVA Hydrogel Films. 3rd International Symposium on Technology for Sustainability 2013, Hong Kong Institute of Vocational Education (Tsing Yi), Hong Kong, Nov. 20-22, 2013, ID046, p 44-45.
14. Pathavuth MONVISADE, Jitranuch JIRAPATHOMKUL, Thitima CHAYASIT, Phatthanit CHAWALITAUEAPANGKUN, Jirapaporn LARPBORISUT, Chawanrut WATTANAWIBOON, and Thitatorn BOONWATTANASOPHON, Releasing Behavior of Orthophosphate from Anionic Biopolymer/Guar Gum Fertilized-gel Tablets. 3rd International Symposium on Technology for Sustainability 2013, Hong Kong Institute of Vocational Education (Tsing Yi), Hong Kong, Nov. 20-22, 2013, ID048, p 46-47.
15. Apichaya JIANPRASERT and Pathavuth MONVISADE, Improvement of Water Resistance of Formaldehyde-free Adhesive Film Based on PVA/Tung oil/Natural Rubber Latex. 3rd International Symposium on Technology for Sustainability 2013, Hong Kong Institute of Vocational Education (Tsing Yi), Hong Kong, Nov. 20-22, 2013, ID051, p 50-51.
16. Pitchaya TREENATE, Pathavuth MONVISADE and Masayuki YAMAGUCHI, Characterization and Swelling Behavior of Water-soluble Chitosan/Sodium Alginate Hydrogel Film as a Potential Wound

Dressing. 3rd International Symposium on Technology for Sustainability 2013, Hong Kong Institute of Vocational Education (Tsing Yi), Hong Kong, Nov. 20-22, 2013, ID052, p 52-53.

17. Natthadanai OONKASEM, Pathavuth MONVISADE and Apichaya JIANPRASERT, Development of Formaldehyde-free Adhesive from Poly(vinyl alcohol) Modified by Natural Drying Oil and Natural Rubber Latex. 3rd International Symposium on Technology for Sustainability 2013, Hong Kong Institute of Vocational Education (Tsing Yi), Hong Kong, Nov. 20-22, 2013, ID062, p 65-66.

18. Siriwan PINSAKUL, Suparat RUKCHONLATEE, Pathavuth MONVISADE and Vara CHAIYANIT, Modified Plastisol Inks Based on Ethylene Vinyl Acetate and Ethylene Methyl Acrylate Copolymers. 3rd International Symposium on Technology for Sustainability 2013, Hong Kong Institute of Vocational Education (Tsing Yi), Hong Kong, Nov. 20-22, 2013, ID071, p 73-74.

19. Pathavuth Monvisade, Sasipa Napradit and Masayuki Yamaguchi, Study on Ionic Crosslinking Agents for Crosslinked Xanthan Gum/Poly(vinyl alcohol) Hydrogel Films, The 2014 IUPAC World Polymer Congress and MACRO 2014 and the Chemical Society of Thailand (CST), Chiang Mai international convention and exhibition center (CMICE), Chiang Mai, Thailand, July 6-11, 2014.

20. Piyathida Hasitapong, Pathavuth Monvisade, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana, Controlled Release of Herbicide from *Agave odorata* Dry Leaf Aqueous Extracts by Crosslinked Alginate Hydrogels, The 2014 IUPAC World Polymer Congress and MACRO 2014 and the Chemical Society of Thailand (CST), Chiang Mai international convention and exhibition center (CMICE), Chiang Mai, Thailand, July 6-11, 2014 p40-43.

21. Pusit Chantawut and Pathavuth Monvisade, Controlled Releasing Behavior of Potassium Dihydrogen Phosphate from crosslinked Alginate/Guar Gum Hydrogels coated with Tung oil, The 2014 IUPAC World Polymer Congress and MACRO 2014 and the Chemical Society of Thailand (CST), Chiang Mai international convention and exhibition center (CMICE), Chiang Mai, Thailand, July 6-11, 2014 p26-28.

22. Sasipa Napradit, Pathavuth Monvisade and Masayuki Yamaguchi, Characterization of Xanthan Gum/Poly(vinyl alcohol) Films Crosslinked with Ferric Sulfate, The 2014 IUPAC World Polymer Congress and MACRO 2014 and the Chemical Society of Thailand (CST), Chiang Mai international convention and exhibition center (CMICE), Chiang Mai, Thailand, July 6-11, 2014 p29-30.

23. Natthadanai Oonkasem and Pathavuth Monvisade, Influence of Drying Oil and Natural Rubber Latex as Ingredient in Poly(vinyl alcohol) based Formaldehyde-free Adhesive on the properties of Particle Board,

The 2014 IUPAC World Polymer Congress and MACRO 2014 and the Chemical Society of Thailand (CST), Chiang Mai international convention and exhibition center (CMICE), Chiang Mai, Thailand, July 6-11, 2014 p189-192.

24. Siriwan Pinsakul, Pathavuth Monvisade, Suparat Rukchonlatee, Vara Chaiyanit, Potentially Use of Modified Plastisol Inks Based on EVA/EVOH, The 2014 IUPAC World Polymer Congress and MACRO 2014 and the Chemical Society of Thailand (CST), Chiang Mai international convention and exhibition center (CMICE), Chiang Mai, Thailand, July 6-11, 2014 p174-177.

25. Suebpong Suebwongnat, Pathavuth Monvisade and Punnama Siriphannon Mechanical property and biological testing of calcium silicate/poly(ethylene terephthalate-co-caprolactone) composites as potentially medical application, 5th EuCheMS Chemistry Congress, WOW Convention Center, Istanbul, Turkey, Aug 31- Sep 4, 2014 p 1306.

26. Thitatorn Boonwattanasophon, Pathavuth Monvisade and Vara Chaiyanitaya Development of water-based ink for silk screen printing from modified poly(vinyl alcohol) and natural rubber, Pure and Applied Chemistry International Conference 2015 (PACCON2015), Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand, 21 - 23 January, 2015, p 424-427.

27. Pitchaya Treenate and Pathavuth Monvisade Controlled Release of Paracetamol from pH-Sensitive Hydroxyethylacryl Chitosan/Sodium Alginate Films for Oral Drug Delivery, Burapha University International Conference 2015, Bangsaen Heritage Hotel, Bangsaen, Chonburi, Thailand, 10-12 July 2015

28. Pitchaya Treenate, Pathavuth Monvisade and Masayuki Yamaguchi The Effect of Glycerol/Water and Sorbitol/Water on the Plasticization of Hydroxyethylacryl Chitosan/Sodium Alginate Films, MATEC Web of Conferences 30, 02006, , 2015 DOI: 10.1051/ matecconf/20153002006. [the 4th International Conference on Material Science and Engineering Technology (ICMSET 2015) Singapore, October 26-28, 2015

29. Apichaya Jianprasert, Pathavuth Monvisade and Masayuki Yamaguchi Combination of Tung oil and Natural Rubber Latex in PVA as Water Based Coatings for Paperboard Application, MATEC Web of Conferences 30, 03010, 2015 DOI: 10.1051/ matecconf/20153003010. [the 4th International Conference on Material Science and Engineering Technology (ICMSET 2015) Singapore, October 26-28, 2015

30. Mongkhol Prawatborisut and Pathavuth Monvisade, Preparation and characterization of β -cyclodextrin-modified hydroxyethylacrylchitosan and its inclusion complexes with methyl orange, Pure

and Applied Chemistry International Conference 2016 (PACCON2016), Bangkok international trade & exhibition center (BITEC), Bangkok, Thailand, 9-11 February, 2016 p 1176-1180.

31. Apichaya Jianprasert and Pathvuth Monvisade, Study on crosslinked structure and thermal properties of polymer networks based on Tung oil and PVA with different catalytic systems, Polymer networks group meeting, KTH Campus, Brinellvägen 8, Stockholm, Sweden, June 19-23, 2016

32. Pitchaya Treenate and Pathvuth Monvisade, Crosslinker effects on properties of hydroxyethylacrylchitosan/sodium alginate hydrogel film, Polymer networks group meeting, KTH Campus, Brinellvägen 8, Stockholm, Sweden, June 19-23, 2016

33. Prawit Arnutnanon, Pathavuth Monvisade, Suparat Rukchonlatee and Vara Chaiyanit, Modified plastisol ink based on EVA/NR and EVA/ENR, The 6th International polymer conference of Thai (PCT-6), Pathumwan Princess Hotel, Bangkok, Thailand June 30 - July 1, 2016

34. Jarinya Mahamut and Pathvuth Monvisade, Development of Formaldehyde Free Adhesive from Oleic Acid Modified Poly(vinyl alcohol)/Tung Oil for Particle Board, The 6th International polymer conference of Thai (PCT-6), Pathumwan Princess Hotel, Bangkok, Thailand June 30 - July 1, 2016

ผลงานตีพิมพ์/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

ยื่นจดสิทธิบัตร ภัทราวุธ มนต์วิเศษ และ ภคพล ลักณาพรวิสิฐ (ผู้ประดิษฐ์) กาวติดไม้ชนิดไม่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งเสริมแรงด้วยซิลิกาสำหรับงานพาร์ทิเคิลบอร์ด คำขอเลขที่ 1101002357 ยื่นคำขอเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้