รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ สารกั้นสีทางธรรมชาติจากกัมจากเมล็ดพืชสำหรับการทำผ้าบาติก
(Resist material from seed gums for Batik)

รองศาสตราจารย์ ดร.วันเซ็ง สิทธิกิจโยธิน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2559A10802173
สัญญาเลขที่ 127/2559

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ สารกั้นสีทางธรรมชาติจากกัมจากเมล็ดพืชสำหรับการทำผ้าบาติก

(Resist material from seed gums for Batik)

รองศาสตราจารย์ ดร.วันเชิง สิทธิกิจโยธิน
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “สารกั้นสีทางธรรมชาติจากกัมจากเมล็ดพืชสำหรับการทำผ้าบาติก” นี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 127/2559 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนการทำโครงการวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี

วันเช็ง สิทธิกิจโยธิน

กันยายน 2559

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเตรียมสารกั้นสีจากกัมจากเมล็ดพืชเพื่อใช้ในการเขียนผ้าบาติก ซึ่งเมล็ดพืชที่นำมาใช้ ได้แก่ มะขาม คูนหรือราชพฤกษ์ และหางนกยูงฝรั่ง โดยกัมของเมล็ดพืชทั้งสามชนิดจะประกอบไปด้วยสารโพลีแซคคาไรด์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ในงานวิจัยนี้จะนำกัมของเมล็ดพืชมาผ่านกระบวนการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อให้กัมมีความสามารถในการละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องได้ดียิ่งขึ้น จากผลการทดลองพบว่าสารกั้นสีที่ได้จากกัมของเมล็ดพืชทั้งสามชนิดนี้ มีคุณสมบัติในการกั้นสีที่ดีเมื่อเทียบกับน้ำเทียนที่ใช้ในการเขียนผ้าบาติก โดยจากการทดสอบค่าความขาวบนผ้าภายหลังจากการใช้สารกั้นสีจากกัมที่ใกล้เคียงกับค่าความขาวอ้างอิงของผ้าฝ้าย นอกจากนี้สารกั้นสีที่เตรียมจากกัมยังมีความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากสามารถละลายในน้ำและใช้ได้ทันที และสามารถล้างสารกั้นสีออกจากผ้าได้ง่ายเมื่อเทียบกับน้ำเทียน

Abstract

The aim of the present work was to prepare the resist material from seed gums for Batik. Three seed gums from *Tamarindus indica*, *Cassia fistula*, and *Delonix regia* seeds were used. They contain polysaccharide hydrocolloid. The modification was apply for crude gums due to chemical structure and physical properties changes, particularly in dissolving in water at room temperature. From the results showed that these resist materials were good quality for Batik when compared to original resist material as wax. Also the whiteness of Batik made from seed gums presented close to the referent whiteness value for cotton. In addition, these resist materials from seed gums are ease in use when compared to wax using.

สารบัญเรื่อง

กิตติกรรมประกาศ **ก**
บทคัดย่อ **ข**
Abstract **ค**
สารบัญเรื่อง **ง**
สารบัญตาราง **ฉ**
สารบัญรูปภาพ **ช**
บทที่ 1 บทนำ **1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2
1.2.1 สารกั้นสี 2
1.2.2 กัมจากเมล็ดพืช 3
1.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 3
1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 4
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน **7**
2.1 วัตถุดิบ 7
2.2 การเตรียมผงกัมดิบ 7
2.3 การเตรียมผงกัมดัดแปร 7
2.4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น 8
2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า 8
2.6 การวัดความหนืดแบบอินทรินสิค 9
2.7 การทดสอบหมู่ฟังก์ชัน 11
2.8 การทดสอบการละลาย 11
2.9 การเตรียมสารกั้นสี 12
2.10 การวิเคราะห์ผลของสารกั้นสี 13
2.11 การทดสอบการซักล้าง 13
บทที่ 3 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย **14**
3.1 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพืช 14
3.2 การเตรียมผงกัมดิบและกัมดัดแปร 15
3.3 องค์ประกอบทางเคมีฟิสิกส์ 16

3.4 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชัน 18
3.5 การละลายของผงกัม 21
3.6 ผลการเขียนผ้าบาติก 22
3.7 การวิเคราะห์ผลของสารกั้นสี 23
3.7.1 คุณภาพของสารกั้นสี 23
3.7.2 ค่าความขาวของผ้าบาติก 23
3.7.3 ผลจากการซักล้าง 24
บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงาน 25
บทที่ 5 ผลผลิต 26
5.1 เอกสารสำหรับการยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร 21
5.2 ผลงานเชิงสาธารณะ
เอกสารอ้างอิง 22
ประวัตินักวิจัย 23

สารบัญตาราง

3.1 ปริมาณร้อยละของเอนโดสเปิร์มเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดพืชทั้งหมด 16
3.2 ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และโพลีแซคคาไรด์ของผงกัมดิบและผงกัมดัดแปร 17
3.3 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายผงกัมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 18
3.4 ค่าความขาวที่เขียนลงบนผ้าฝ้าย 24

สารบัญรูปภาพ

2.1 เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี 11

2.2 เครื่อง Spectraflash SF600 PLUS-CT 13

3.1 เมล็ดมะขามและเอนโดสเปิร์ม 14

3.2 เมล็ดราชพฤกษ์และเอนโดสเปิร์ม 15

3.3 เมล็ดหางนกยูงฝรั่งและเอนโดสเปิร์มและเอมบริโอ 15

3.4 ค่าหมู่ฟังก์ชันผงกัมดิบและผงกัมดัดแปรจากเมล็ดมะขาม 19

3.5 ค่าหมู่ฟังก์ชันผงกัมดิบและผงกัมดัดแปรจากเมล็ดคูน 20

3.6 ค่าหมู่ฟังก์ชันผงกัมดิบและผงกัมดัดแปรจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง 21

3.7 ความสามารถในการละลายของผงกัมดิบและผงกัมดัดแปรจากเมล็ดมะขาม เมล็ดคูน และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง 22

3.8 ผ้าบาติกที่ได้จากการเขียนสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดมะขาม เมล็ดคูน และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง เปรียบเทียบกับสารกั้นสีจากน้ำเทียน 23

3.9 น้ำที่เหลือทิ้งจากการซักล้างสารกั้นสีจากกัมของเมล็ดพืชและน้ำเทียน 24

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากการทำผ้าบาติกนั้นจะมีการใช้สารกั้นสีเพื่อเป็นตัวกั้นไม่ให้สีที่ระบายลงไปในเนื้อผ้ามาผสมกัน สารกั้นสีเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญอันดับหนึ่งของการทำผ้าบาติก เพราะถ้าสารกั้นสีไม่มีคุณภาพจะทำให้งานออกมาไม่มีคุณภาพด้วยเช่นกัน สารกั้นสีที่ดีเมื่อแห้งแล้วจะต้องไม่เปราะแตกง่าย มีขนาดเส้นที่เหมาะสม ไม่หนาหรือบางจนเกินไป รอยต่อของเส้นสารกั้นสีจะต้องต่อกันสนิทไม่มีรอยแตกหรือรอยร้าวให้สีซึมผ่านไปผสมกันได้ มีความหนืดที่เหมาะสม ไม่เหนียวหรือเหลวมากจนเกินไป เวลาเขียนลายต้องมีเส้นริมขอบที่เรียบและคมชัด นอกจากนี้หากสารกั้นสีมีคุณสมบัติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง ก็จะทำให้สารกั้นสีชนิดนั้นๆ มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น สารกั้นสีที่ใช้กันอยู่ในน้ำเทียน ซึ่งได้มาจากการผสมของพาราฟินและขี้ผึ้งเป็นองค์ประกอบหลัก สารกั้นสีที่ได้จากเทียนมีข้อเสียหลายอย่าง อาทิ ต้องใช้ความร้อนในการทำละลายก่อนที่จะนำมาใช้งาน ใช้สารเคมีและน้ำสะอาดปริมาณมากในการซักล้าง ต้องผ่านกระบวนการต้มเพื่อกำจัดสารกั้นสีออก นอกจากนี้น้ำที่เหลือทิ้งยังมีคราบไขมันลอยจับผิวน้ำและมีกลิ่นเหม็นเวลาต้มผ้าเพื่อกำจัดเทียนออก จากปัญหาดังกล่าวจึงมีผู้คิดค้นที่จะทำสารกั้นสีด้วยวัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อมาทดแทนสารกั้นสีจากน้ำเทียน เช่น การทำสารกั้นสีจากแป้งข้าว (สำอาง และคณะ, 2547) การทำสารกั้นสีจากน้ำเต้าหู้ (วิสุทธิ์, 2556) การทำสารกั้นสีจากหัวบอน (จรูญ และรัตนพล, 2557) เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารกั้นสีเหล่านี้ยังจำเป็นต้องใช้ความร้อนในการทำละลายสารกั้นสีก่อนใช้งาน

สำหรับงานวิจัยนี้จะสังเคราะห์สารกั้นสี โดยใช้กัมของเมล็ดพืช 3 ชนิด คือ เมล็ดมะขาม เมล็ดคูน และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง เนื่องจากกัมจากเมล็ดพืชเหล่านี้เป็นสารพอลิแซคคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำได้ดีให้สารละลายที่มีความหนืด โดยกัมจากเมล็ดพืชดังกล่าวจะถูกปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีด้วยกระบวนการคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) เพื่อทำให้กัมของเมล็ดพืชมีประสิทธิภาพในการละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องได้ดีขึ้น หลังจากนั้นจะนำมาเปรียบเทียบกับการทำสารกั้นสีสำหรับผ้าบาติกแบบดั้งเดิมที่ใช้น้ำเทียน ซึ่งสารกั้นสีจากกัมของเมล็ดพืชนี้จะช่วยลดการเกิดของเสียปนเปื้อนและการอุดตันของท่อน้ำในขั้นตอนการซักล้าง เนื่องจากน้ำเทียนจะมีไขจับตัวเป็นก้อนลอยอยู่บนผิวน้ำ ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการใช้ความร้อนในการทำละลายน้ำเทียนเพื่อจะนำไปใช้เป็นสารกั้นสีและในขั้นตอนการซักล้าง นอกจากนี้สารกั้นสีจากกัมของเมล็ดพืชยังสามารถล้างออกได้ง่ายด้วยน้ำเปล่า และไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำด้วยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำเทียนเขียนผ้าบาติกแบบเก่า

1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 สารกั้นสี

สารกั้นสี หมายถึงการนำขี้ผึ้ง แป้ง มาเป็นตัวกั้นลวดลายบนผืนผ้า เพื่อไม่ให้สีย้อม สีพิมพ์ผ่านเข้าไปในตัวลวดลาย ซึ่งมีมากมายหลายชนิด ดังนี้

1. ขี้ผึ้ง (Wax) เป็นสารกั้นสีที่รู้จักกันดีในการทำผ้าบาติก การใช้ขี้ผึ้งกั้นสีย้อม สีเพ้นท์ โดยการนำขี้ผึ้ง (น้ำเทียนร้อนๆ) เขียน สาด สลัดลงยนผ้าแล้วนำไปย้อมสี เพ้นท์สี ส่วนที่กั้นสีจะไม่ติดสีย้อม
2. แป้ง (Flour) เป็นตัวกั้นสีที่มีราคาถูกและใช้ได้ดีในการสร้างลวดลาย ต้องใช้การผนึกสีด้วยไอน้ำ แป้งบางอย่างค่อนข้างเหนียวและสามารถทำได้ด้วยตัวเอง โดยการผสมกับน้ำเย็น และนำไปทา แต่เมื่อแห้งจะเกิดรอยแตก สามารถเติมกลีเซอรีนเพื่อทำให้มีความยืดหยุ่นได้
3. Gutta เป็นสารกั้นสีสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป เป็นของเหลวสามารถเขียนลวดลายโดยตรงลงบนผ้าและยึดเกาะเพื่อกั้นสี โดยจะมีทั้งชนิดที่ตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ และเป็นน้ำ
4. น้ำตาล (Sugar) เป็นสารกั้นสีทางธรรมชาติที่ใช้กั้นสีได้ดีบนผ้าฝ้ายและผ้าไหม อาจใช้ได้ทั้งในรูปที่เป็นน้ำตาลทรายและน้ำเชื่อมเข้มข้น
5. ครีม (Cream) เป็นผลิตภัณฑ์จากนม ซึ่งสามารถนำมาใช้กั้นสีไม่ให้แพร่กระจายออกไป เป็นวิธีที่ง่ายไม่ยุ่งยากและมีความสวยงาม ครีมที่แยกมาจากน้ำนมด้วยกรรมวิธีต่างๆ มีไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญประมาณร้อยละ 20-60
6. สารข้น (Thickener) เป็นสารกั้นสีที่มีเอกลักษณ์ คือ จะมีความหนืดซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้ประโยชน์ในการกั้นสีพิมพ์ลวดลายและผสมสีย้อมสำหรับเพ้นท์สีลงบนผืนผ้า โดยแหล่งที่มาของสารข้น จะมาจากธรรมชาติ เช่นพวกยางเหลียวของพืชบางชนิด จากรากหรือเมล็ดพืช จากสาหร่าย จากเซลลูโลส เป็นต้น อีกแหล่งคือ จากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาโคพอริเมอร์ไรซัน

สำหรับโครงการวิจัยนี้ มีความสนใจจะใช้สารข้นที่ได้จากกัมจากเมล็ดพืช (คูน หางนกยูงฝรั่ง และมะขาม) เป็นสารกั้นสี ทดแทนการใช้เทียนในการเขียนลวดลายบนผ้าบาติก เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ ไม่มีพิษ และหาได้ง่ายในท้องถิ่น

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าแป้งจากข้าวไทย แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลังได้ถูกนำมาทดสอบใช้เป็นสารกั้นสี โดยผสมกับน้ำมันรำข้าวและใช้แทนเทียนในการเขียนลวดลาย ใช้สีรีแอคทีฟและพิมพ์สกรีนด้วยสีพิกเมนท์ พบว่าแป้งจากข้าวไทย แป้งข้าวเหนียวสามารถใช้เป็นสารกั้นสีได้โดยมีผลความพึงพอใจของผู้บริโภคร้อยละ 88.1 ยอมรับผลิตภัณฑ์และตัดสินใจซื้อร้อยละ 85.7 (สำอาง และคณะ, 2547) ในขณะ

ที่แป้งมันสำปะหลังสามารถใช้เขียนแทนเทียนได้มีความคมชัด และสีไม่ซึมเข้าไปในลายที่เขียน (สุนันทา และคณะ , 2547)

1.2.2 กัมจากเมล็ดพืช

กัมจากเมล็ดพืชมีคุณสมบัติการเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ดี สามารถละลายได้ในน้ำเย็น และได้สารละลายที่มีความหนืด โดยพืชแต่ละชนิดจะให้กัมที่มีโครงสร้างทางเคมีต่างกัน ซึ่งในที่นี้จะใช้กัมจากเมล็ดคูน หางนกยูงฝรั่ง และมะขาม ทั้งนี้กัมที่ได้จากเมล็ดคูน และหางนกยูงฝรั่งจะประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวสองชนิด คือ แมนโนสและกาแลคโตส ซึ่งจากเมล็ดพืชทั้งสองชนิดจะมีสัดส่วนน้ำตาลแมนโนสต่อน้ำตาลกาแลคโตสที่ต่างกัน คือ ~ 3.67 สำหรับกัมจากเมล็ดคูน (Khounvilay and Sittikijyothin, 2014) และ ~ 4.95 สำหรับกัมจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (Sittikijyothin, 2011) ในขณะที่กัมจากเมล็ดมะขามประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวสามชนิด คือ กลูโคส ไซโรส และกาแลคโตส ซึ่งจะมีสัดส่วนอยู่ที่ ~ 2.61:1.43:1.00 (Khounvilay and Sittikijyothin, 2012) ทั้งนี้การที่สัดส่วนของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลต่อการกระจายตัวในน้ำและความหนืดของกัม ส่งผลให้การนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายยิ่งขึ้น

1.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ใช้กัมจากเมล็ดพืช เช่น มะขาม คูน และหางนกยูงฝรั่ง เป็นวัตถุดิบทางธรรมชาติ จากงานวิจัยที่ผ่านมาของผู้วิจัย พบว่ากัมจากเมล็ดพืชดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ดีตัวหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเป็นสารข้นสำหรับผ้าพิมพ์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเตรียมสารกั้นสีจากวัตถุดิบทางธรรมชาติดังกล่าวสำหรับการทำผ้าบาติก ทั้งนี้การทำผ้าบาติกของไทยในปัจจุบันยังคงใช้น้ำเทียน ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายหลายอย่างดังที่ได้กล่าวไว้ในความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย อีกทั้งผลงานวิจัยที่จะได้จากโครงงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการบริการวิชาการแก่ชุมชนเพื่อสร้างอาชีพเสริมและส่งเสริมการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อีกทางหนึ่ง

1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมกับการเตรียมสารกั้นสีจากกัมจากเมล็ดพืชสำหรับการทำผ้าบาติก
2. เพื่อทดสอบคุณภาพการใช้สารกั้นสีจากกัมจากเมล็ดพืช โดยเปรียบเทียบกับผ้าบาติกที่เขียนด้วยน้ำเทียน

ขอบเขตของการวิจัย

เตรียมสารกั้นสีทางธรรมชาติจากกัมจากเมล็ดพืช โดยทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีฟิสิกส์ของวัตถุดิบก่อนที่จะเตรียมสารกั้นสี สำหรับตัวแปรที่สนใจในการศึกษา คือ ชนิดของกัมจากเมล็ดพืช (มะขาม คูน และหางนกยูงฝรั่ง) โดยทำการตรวจสอบค่าความหนืดของสารกั้นสีจากนั้นนำไปใช้เป็นสารกั้นสีในการทำผ้าบาติกกับผ้าไหม และทดสอบผลของการกั้นสี ดังนี้ การซึมผ่านของสีวัดค่าความเข้มสี ทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการขัดถู ต่อการซักล้าง ต่อแสง ต่อเหงื่อ เป็นต้น โดยผลดังกล่าวจะนำไปเปรียบเทียบกับผ้าบาติกที่เขียนด้วยขี้ผึ้ง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ที่เกี่ยวกับกรรมวิธีการเตรียมสารกั้นสีจากเมล็ดพืชตัวอย่าง กำลังอยู่ในระหว่างการยื่นขออนุสิทธิบัตร (รายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 5) ทั้งนี้ภายหลังจากได้รับเลขที่อนุสิทธิบัตรแล้ว ผู้วิจัยจักทำการเผยแพร่ตีพิมพ์เป็นผลงานทางวิชาการ รวมทั้งหาช่องทางในการเผยแพร่สำหรับชุมชนท้องถิ่นต่อไป ซึ่งอาจขยายผลได้ในเชิงพาณิชย์

ทั้งนี้ได้มีการนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้บูรณาการในกิจกรรมสำหรับนักเรียนระดับมัธยมปลายในการเข้าค่ายวิศวกรรมเคมีที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา ได้จัดโครงการขึ้น ซึ่งนักเรียนก็ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก (รายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 5).

บทที่ 2
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานของงานวิจัย โดยจะเริ่มจากการเตรียมกัมดิบและกัมดัดแปร ซึ่งไม่ได้ลงในรายละเอียดมากนัก เนื่องจากการดำเนินการบางอย่างเป็นข้อมูลที่ใช้ในการยื่นขออนุสิทธิบัตร

2.1 วัตถุดิบ

- เมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica*) (จังหวัดอ่างทอง)
- เมล็ดคูน (*Cassia fistula*) (จังหวัดชลบุรี)
- เมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia*) (จังหวัดชลบุรี)
- ผ้าฝ้าย

2.2 การเตรียมผงกัมดิบ

ขั้นตอนในการเตรียมกัมดิบจากเมล็ดพืช มีขั้นตอนดังนี้

1. แกะเปลือกหุ้มเมล็ดออก
2. นำเนื้อในเมล็ดที่ได้มาทำการบดให้ละเอียด
3. นำผงที่ได้ไปร่อนผ่านตะแกรงร่อน
4. ชั่งน้ำหนักผงกัมดิบที่ได้

2.3 การเตรียมผงกัมดัดแปร

ขั้นตอนในการเตรียมกัมดัดแปร มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำได้โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ลงในสารละลายเมทานอล (Methanol)
2. เติมผงกัมดิบ และกวนผสมให้เข้ากัน
3. เติมโมโนคลอโรอะซิตริกแอซิค (Monochloroacetic acid) และกวนผสมให้เข้ากัน นำบีกเกอร์ที่ใส่สารละลายที่ได้กวนผสมต่อในอ่างน้ำอุ่น
4. แยกตะกอนออกจากสารละลายด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ และนำตะกอนที่ได้ละลายในน้ำและปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็นกลาง (6.5-7.5) ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก
5. กรองสารละลายและล้างตะกอนด้วยสารละลายเมทานอลที่ความ ล้างซ้ำ 3-5 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายล้างด้วยสารละลายเมทานอลบริสุทธิ์
6. นำตะกอนที่ได้อบ และบดให้ละเอียด

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วิธีการวิเคราะห์หาความชื้นของกัมจะทำตามมาตราฐาน ASTM-D2974-87 ความชื้น คือ ส่วนที่สูญเสียไปจากสารเมื่อเพิ่มความร้อนให้แก่สารนั้น ความร้อนที่ให้จะต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำ หรืออาจปล่อยสารตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้น น้ำหนักที่สูญหายไป คือ สารที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Matter) ที่หายไป ณ อุณหภูมินั้นส่วนของแข็งแห้งที่เหลืออยู่เรียกว่า ของแข็งทั้งหมด (Total Solid) สำหรับขั้นตอนการหาปริมาณความชื้นมีดังนี้

1. อบถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่ง และบันทึกน้ำหนัก (X_1)
2. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 1.5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องชั่ง และบันทึกน้ำหนัก (X_2)
3. นำไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล (X_3)
5. นำผลที่ได้มาคำนวณปริมาณร้อยละความชื้น ดังสมการที่ 2.1

$$\frac{(X_2 - X_1) - (X_3 - X_1)}{(X_2 - X_1)} \times 100 \qquad (2.1)$$

เมื่อ X_1 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง (กรัม)
X_2 คือ น้ำหนักสารและถ้วยกระเบื้องก่อนอบ (กรัม)
X_3 คือ น้ำหนักสารและถ้วยกระเบื้องหลังอบ (กรัม)

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

เถ้า คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาที่อุณหภูมิสูง จนกระทั่งสารอินทรีย์ถูกเผาไหม้ไปหมด เถ้าที่ได้มีส่วนประกอบของแร่ธาตุไม่เหมือนเดิมทุกอย่าง เนื่องจากแร่ธาตุบางอย่างอาจระเหยไประหว่างเวลาการเผา ค่าของเถ้าที่หาได้ สามารถบอกถึงคุณภาพของสิ่งนั้นๆ ถ้าค่าของเถ้าสูงกว่าปกติ ก็หมายถึงอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามา เช่น ทราย เป็นต้น การหาปริมาณเถ้ามีขั้นตอนดังนี้ (วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าของกัมจะทำตามมาตราฐาน AOAC 923.03)

1. อบถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงนำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื่น ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล (Y_1)

2. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 2.5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
3. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่งโมง
4. นำออกจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล (Y_2)
5. นำผลที่ได้มาคำนวณปริมาณร้อยละเถ้า ดังสมการที่ 2.2

$$\frac{(Y_2 - Y_1)}{100 - \%Moisture} \qquad (2.2)$$

เมื่อ (Y_1) คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง (กรัม)
(Y_2) คือ น้ำหนักสารและถ้วยกระเบื้องหลังเผา (กรัม)

2.6 การวัดความหนืดแบบอินทรินสิค

ผงกัมแต่ละชนิดเมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นและสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดแตกต่างกัน ซึ่งสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงที่สุดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน และอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความหนืดแบบอินทรินสิค (Intrinsic viscosity) ด้วย

1. ละลายผงกัมตัวอย่างในน้ำกลั่น คิดเป็นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักกวนสารละลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกวนสารละลายต่อที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที
2. นำสารละลายไปทำให้เย็นโดยแช่ในอ่างน้ำเย็น
3. นำสารละลายตัวอย่างไปตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิห้อง
4. จับเครื่องวัดความหนืดด้วยแคลมป์ จุ่มเครื่องวัดความหนืดลงในโหลแก้วที่มีน้ำอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสตามลำดับ ให้ระดับน้ำอยู่เหนือขีด Start Mark และควบคุมอุณหภูมิน้ำในโหลแก้วให้คงที่ตลอดการทดลอง
5. นำสารละลายตัวอย่างไปเจือจาง ให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.010ถึง 0.060 โดยปริมาตร
6. ปิเปตสารแต่ละความเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดวัดค่าความหนืดแบบหลอด (Capillary Viscometer) ทิ้งสารละลายในหลอดวัดค่าความหนืดเป็นเวลา 10 นาที
7. ดูดสารละลายขึ้น จนสูงกว่าเส้นบนเล็กน้อย
8. เริ่มจับเวลาเมื่อสารละลายลงมาถึงจุด Start Mark
9. หยุดเวลาเมื่อสารละลายลงมาถึงจุด Stop Mark
10. บันทึกระยะเวลาที่สารละลายใช้ (วินาที)

11. นำเวลา (วินาที) ที่บันทึกได้มาทำการคำนวณตามสมการ 2.3 และ 2.4

12. ประมาณค่า $[\eta]$ ตามสมการ 2.5 และ 2.6

$$\frac{\eta}{\eta_s} = \left(\frac{\rho}{\rho_s}\right)\left(\frac{t}{t_s}\right) \tag{2.3}$$

เมื่อ ρ และ ρ_s คือค่าความหนาแน่นของสารละลายและตัวทำละลาย

t และ t_s คือเวลาที่ใช้ในการไหลผ่านหลอดคะปิลลารีของสารละลายและของตัวทำละลาย

$$[\eta] = \lim_{C\to 0}\left(\frac{\eta_{sp}}{C}\right) \tag{2.4}$$

เมื่อ $\eta_{sp} = \left[\frac{(\eta - \eta_s)}{\eta_s}\right] = \eta_{rel} - 1$ คือ ความหนืดจำเพาะ (ตัวแปรไร้หน่วย)

$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_s}$ คือ ความสัมพันธ์ของความหนืด (ตัวแปรไร้หน่วย)

η และ η_s คือ ค่าความหนืดของสารละลายและตัวทำละลาย

C คือ ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย กรัมต่อเดซิลิตรหรือกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

สมการของ Huggins's (1942) (สมการที่ 2.5) และ Kraemer's (1938) (สมการที่ 2.6) สามารถนำมาหาค่าความหนืดแบบอินทรินสิค

$$(\eta_{sp}/C) = [\eta] + k'[\eta]^2 C \tag{2.5}$$

$$(\ln \eta_{sp}/C) = [\eta] + k''[\eta]^2 C \tag{2.6}$$

เมื่อ $[\eta]$ คือค่าที่ได้จากการลากเส้นกราฟไปที่ C=0 ตามความสัมพันธ์

η_{sp} คือ ค่าความหนืดจำเพาะ (Specific Viscosity)

η_{rel} คือ ค่าความหนืดสัมพัทธ์ (Relative Viscosity)

C คือ ค่าความเข้มข้นของสารละลาย

k' และ k'' คือ ค่าคงที่สัมประสิทธิ์ของ Huggins' และ Kramer's ตามลำดับ

เพื่อให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องสูงควรคำนึงถึงข้อควรระวังต่อไปนี้ คือ ระหว่างการวิเคราะห์ควรควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อย่างน้อย ± 0.1 องศาเซลเซียส ค่าEfflux time ไม่ควรต่ำจนเกินไป (โดยทั่วไปมักควบคุมให้สูงกว่า 100 วินาที)

2.7 การทดสอบหมู่ฟังก์ชัน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของกัมดิบ และกัมที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีคาร์-บอกซีเมททิลเลชันด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR), Electron Cooperation, Nicolet 4700) โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและทดสอบดังนี้

1. ผสมผงกัมกับผงโพแทสเซียมโบรไมด์ในอัตราส่วน 1:100 ในโกร่ง
2. นำสารผสมที่ได้ไปทำการตอกเป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยเครื่องตอกไฮโดรริค (Manual Hydraulic Press & Lightweight Dies, Specac Atlas 15T, No. 3000)
3. นำไปทดสอบด้วยเครื่องเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR รุ่น 4700) ดังรูปที่ 2.1 จากนั้นนำไปวิเคราะห์ผลการทดลอง

รูปที่ 2.1 เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectrometer รุ่น Nico- let 4700, Thermo, Electron Cooperation, USA)

2.8 การทดสอบการละลาย

การละลาย คือการทำให้สสารเปลี่ยนสถานะให้มีสถานะเดียวกับตัวทำละลาย การละลายของสสารโดยขั้นต้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายเช่นเดียวกับอุณหภูมิและความดัน โดยส่วนมากแล้วตัวทำละลายจะมีสถานะเป็นของเหลวทั้งในแบบสารบริสุทธิ์และสารประกอบ ซึ่งการทดสอบนี้จะทำให้สามารถทราบถึงความสามารถในการละลายของผงกัมดิบ และผงกัมปรับปรุงว่ามีความสามารถต่างกันหรือไม่ ขั้นตอนการทดสอบการละลายมีดังนี้

1.นำสารตัวอย่างผงกัมดิบและผงกัมปรับปรุงประมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 99 กรัม (ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก)

2.นำไปกวนเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25±1 องศาเซลเซียส)

3.นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยง โดยให้มีความเร็วรอบประมาณ 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.นำสารละลายส่วนใสข้างบนใส่ในบีกเกอร์

5.อบถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก (Z_1)

6.ชั่งสารตัวอย่างที่ได้ขากหัวข้อ 4 ประมาณ 1.5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง ชั่งและบันทึกน้ำหนัก (Z_2)

7.นำไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

8.นำออกจากตู้อบแล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล (Z_3)

9.นำผลที่ได้มาคำนวณกลับเพื่อหาความเข้มข้น ตามสมการที่ 2.7

10.ทำซ้ำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายเป็น 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.25

11.นำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นที่ได้หลังจากการละลาย

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลาย} = \frac{(Z_3 - Z_1)}{Z_2} \times 100 \qquad (2.7)$$

เมื่อ Z_1 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

Z_2 คือ น้ำหนักสาร (กรัม)

Z_3 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและสารหลังอบ (กรัม)

2.9 การเตรียมสารกั้นสี

การเตรียมสารละลายเพื่อใช้เป็นสารกั้นสีสำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก ทำได้โดยนำกัมดัดแปรที่ได้ในขั้นตอนข้างต้นละลายในน้ำให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ จากนั้นนำไปเขียนลงบนผ้าบาติกโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำผ้าที่ทำความสะอาดแล้ว นำมาขึงให้ตึงกับกรอบไม้ แล้วเขียนลวดลายหรือภาพที่ต้องการลงบนผ้าที่เตรียมไว้ด้วยดินสอ
2. ใส่สารกั้นสีที่เตรียมไว้ลงในถุงร้อนแล้วทำการม้วนถุงให้มีขนาดที่ถนัดมือ จากนั้นทำการตัดปลายถุงออกให้สารกั้นสีสามารถไหลได้ แล้วนำมาเขียนเส้นที่ต้องการ เมื่อเสร็จแล้วจึงรอให้สารกั้นสีแห้ง
3. ระบายสีลงบนผ้าตามต้องการ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วผึ่งให้สีแห้ง
4. ทาโซเดียมซิลิเกตให้ทั่วลายที่ลงสีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้สีตกแล้วทำการผึ่งให้โซเดียมซิลิเกรตแห้ง โดยการผึ่งผ้าให้ราบกับพื้น อย่าตั้งขึ้นหรือตะแคงเป็นขาดเพราะสีจะไหลซึมเข้าหากัน

5. นำผ้าที่ลงโซเดียมซิลิเกตจนแห้งแล้วไปซักทำความสะอาดด้วยผงซักฟอกให้สีส่วนเกินและโซเดียม-ซิลิเกตออก แล้วซักในน้ำเปล่าให้สะอาด นำไปผึ่งให้แห้งและรีดให้เรียบร้อย

2.10 การวิเคราะห์ผลของสารกั้นสี

การทดสอบประสิทธิภาพ ทดสอบด้วยการดูด้วยตาเปล่า โดยจะนำสารกั้นสีที่ได้จากกัมแต่ละชนิดไปเขียนลงบนผ้าและทดลองลงสีเพื่อสังเกตการซึมผ่านของสี

การวัดค่าความขาว ทดสอบโดยการใช้เครื่อง Spectraflash SF600 PLUS-CT ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยทำการวัดสีของผ้าบริเวณที่เป็นเส้นของสารกั้นสี เพื่อทำการทดสอบเทียบกับผ้าปกติที่ไม่ได้เขียนสารกั้นสี มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดเครื่อง Spectraflash SF600 PLUS-CT
2. ทำการ Calibrate เครื่อง โดยเครื่องจะทำการวัดค่าสีตัวอย่าง 3 สี คือ สีดำ สีเขียว และสีขาว
3. เลือกตำแหน่งของผ้าที่ต้องการวัด แล้วใส่ให้ตรงกับช่องของเครื่อง
4. เริ่มวัดค่า โดยเครื่องจะวัดค่าซ้ำ 4 ครั้งในตำแหน่งเดิม
5. บันทึกค่าที่ได้
6. ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนตำแหน่งบนผ้า

รูปที่ 2.2 เครื่อง Spectraflash SF600 PLUS-CT

2.11 การทดสอบการซักล้าง

นำผ้าบาติกที่เขียนด้วยสารกั้นสีจากเมล็ดพืชมาซักน้ำผงซักฟอกและล้างออกด้วยน้ำสะอาดตามปกติ และนำไปตากแดดให้แห้ง โดยทำการเปรียบเทียบกับการผ้าบาติกที่เขียนด้วยน้ำเทียน และสังเกตุผล

บทที่ 3
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย โดยจะเริ่มตั้งแต่ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพืช ผลการเตรียมผงกัมดิบและผงกัมดัดแปร การวิเคราะห์หาค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และความหนืดแบบอินทรินสิคของทั้งกัมดิบและกัมดัดแปร รวมทั้งตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันและทดสอบการละลาย จากนั้นศึกษาการเตรียมสารละลายสารกั้นสีและเขียนลงบนผ้าบาติก เนื่องจากผลจากงานวิจัยนี้มีข้อมูลที่ใช้ในการยื่นขออนุสิทธิบัตร ฉะนั้นจึงมิได้ระบุความเข้มข้นที่ใช้ในการเขียนผ้าบาติก นอกจากนี้ในบทนี้ยังแสดงถึงผลของสารกั้นสี ทั้งคุณภาพการกั้นสี และผลจากการซักล้างเปรียบเทียบกับผ้าบาติกที่เขียนด้วยน้ำเทียน

3.1 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพืช

มะขาม

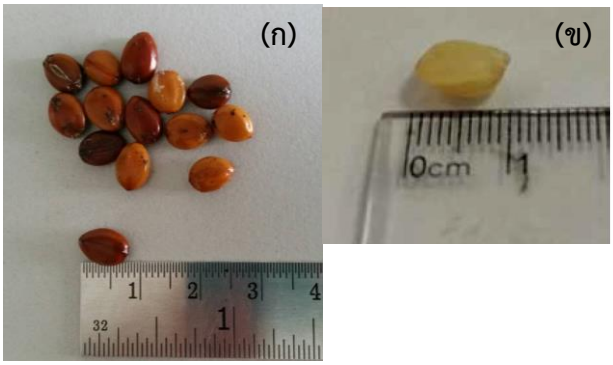
มะขามมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tamarindus indica* L. ฝักมีรูปร่างยาวหรือโค้ง ความยาวประมาณ 3-20 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียวอมเทาหรือสีน้ำตาลเกรียม เนื้อในติดกับเปลือก เมื่อแก่เปลือกจะมีสีน้ำตาล แข็ง กรอบ และหักง่าย เนื้อในจะมีสีน้ำตาลหุ้มเมล็ด ซึ่งเมล็ดจะมีประมาณ 3-12 เมล็ด ดังแสดงใน **รูปที่ 3.1(ก)** เมื่อกะเทาะเมล็ดพบว่า ส่วนประกอบของเปลือกหุ้มเมล็ดจะอยู่ชั้นนอกสุด ถัดมาเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์มมีลักษณะเป็นสีขาว ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ไปใช้ในการศึกษาดังแสดงใน**รูปที่ 3.1(ข)**

รูปที่ 3.1 เมล็ดมะขาม (ก) และเอนโดสเปิร์ม (ข)

ราชพฤกษ์

ราชพฤกษ์หรือคูนมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cassis fistula* Linn. ฝักมีรูปร่างยาว ความยาวประมาณ 30-62 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จัดจะมีสีดำ มีกลิ่นฉุน ภายในฝักจะมีชั้นกั้นเป็นช่องตามขวางของฝัก และตามช่องเหล่านี้จะมีเมล็ดลักษณะแบนสีน้ำตาล ดัง**รูปที่ 3.2(ก)** เมื่อกะเทาะเมล็ดพบว่ามีส่วนประกอบของเปลือก

หุ้มเมล็ดอยู่ชั้นนอกสุด ถัดมาเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์มมีสีขาวใส ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่นำไปใช้ในการศึกษา ดัง **รูปที่ 3.2(ข)**



รูปที่ 3.2 เมล็ดราชพฤกษ์ (ก) และเอนโดสเปิร์ม (ข)

<u>หางนกยูงฝรั่ง</u>

หางนกยูงไทยมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Caesalpinia pulcherima* L. ผลมีลักษณะเป็นฝักแบน มีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ยาวประมาณ 8-10 เซนติเมตร ภายในฝักจะแบ่งออกเป็นช่องๆ ในแต่ละช่องจะมีเมล็ด 1 เมล็ด ซึ่งเมล็ดจะมีลักษณะแบนรี มีความยาวประมาณ 8-9 มิลลิเมตร โดยเปลือกหุ้มเมล็ดมีสีน้ำตาลเข้ม ดัง**รูปที่ 3.3(ก)** ส่วนเอนโดสเปิร์มมีสีขาวใสติดอยู่กับเปลือกหุ้มเมล็ด และมีเอมบริโอสีเหลือง ดังแสดงใน**รูปที่ 3.3 (ข)**

รูปที่ 3.3 เมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ก) และเอนโดสเปิร์มและเอมบริโอ (ข)

3.2 การเตรียมผงกัมดิบและกัมดัดแปร

การเตรียมผงกัมดิบจากเมล็ดพืชต้องนำส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มออกจากเมล็ด พบว่าปริมาณผงกัมดิบเฉลี่ยที่ได้จากเมล็ดมะขาม คูน และหางนกยูงฝรั่ง คือ ประมาณร้อยละ 71, 55 และ 13 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดเริ่มต้น (**ตารางที่ 3.1**) พบว่า ขนาดและลักษณะของเมล็ดพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณการสูญเสีย โดย

เมล็ดมะขามนั้นสามารถกะเทาะเปลือกนอกของเมล็ดออกได้ง่าย และมีเนื้อในเมล็ดซึ่งเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์มมาก ทำให้เกิดการสูญเสียน้อย จึงได้ปริมาณผงกัมดิบมากกว่าเมล็ดพืชชนิดอื่น ในขณะที่เอนโดสเปิร์มของเมล็ดคูนมีสีขาวขุ่น สามารถลอกออกได้ง่าย ส่วนเมล็ดหางนกยูงฝรั่งเป็นเมล็ดพืชที่มีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดคูนแต่ก็มีเปลือกหุ้มเมล็ดและเอ็มบริโอที่หนามาก จึงทำให้ปริมาณของเอนโดสเปิร์มน้อยลงเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ด ส่งผลให้ได้ปริมาณผงกัมดิบน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเมล็ดพืชชนิดอื่น

จากนั้นนำผงกัมดิบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) พบว่าปริมาณผงปรับปรุงเฉลี่ยที่ได้หลังจากกระบวนการปรับปรุงของเมล็ดมะขาม คูน และหางนกยูงฝรั่ง คือ ร้อยละประมาณ 67, 62 และ 63 ตามลำดับ (เมื่อเทียบกับผงกัมดิบ ซึ่งไม่ได้แสดงในตาราง) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ปริมาณผงกัมดัดแปรน้อยลงไปนั้นพบว่าเกิดจากกระบวนการในการปรับปรุงผงกัม เช่น ผงกัมติดไปกับเครื่องแก้ว กระดาษกรอง เครื่องปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง และในขั้นตอนการตำและร่อนผ่านตะแกรงร่อน เนื่องจากมีผงกัมติดไปกับครก และตะแกรงร่อนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณผงกัมดัดแปรที่ได้มีปริมาณน้อยลง และถ้าหากเทียบกับน้ำหนักของเมล็ด ผงกัมดัดแปรจากเมล็ดมะขาม คูน และหางนกยูงฝรั่ง คือ ร้อยละประมาณ 48, 34 และ 9 ตามลำดับ ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1**

ตารางที่ 3.1 ปริมาณร้อยละของเอนโดสเปิร์มเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดพืชทั้งหมด

ชนิดของผงกัม	ร้อยละของเอนโดสเปิร์ม	ร้อยละผงกัมดิบ	ร้อยละผงกัมดัดแปร
มะขาม	87.28 ± 0.34	71.00 ± 0.45	48.03 ± 0.06
คูน	60.01 ± 1.27	55.55 ± 2.99	34.47 ± 0.06
หางนกยูงฝรั่ง	20.16 ± 1.97	13.75 ± 1.32	8.73 ± 0.02

ค่าปริมาณร้อยละที่ได้ คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3 องค์ประกอบทางเคมีฟิสิกส์

จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ค่าความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมัน พบว่า เมื่อทำการปรับปรุงผงกัมด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแล้วพบว่า ค่าความชื้นของผงกัมดัดแปรจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.2**

เนื่องจากวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน เป็นวิธีที่เพิ่มปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้ผงกัมดัดแปรสามารถจับน้ำในอากาศได้มากขึ้น ในส่วนของโปรตีน และไขมันเมื่อมีการปรับปรุงผงกัม ทำให้มีปริมาณลดลง จึงส่งผลให้ปริมาณโพลีแซคคาไรด์ในผงกัมดัดแปรมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากผงกัมที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงมีการกำจัดโปรตีนและไขมันออกทำให้ผงกัมดัดแปรสามารถละลายน้ำได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 3.2 ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และโพลีแซคคาไรด์ของผงกัมดิบ และผงกัมดัดแปร

กัมตัวอย่าง	ความชื้น	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	โพลีแซคคาไรด์
มะขาม					
กัมดิบ	5.13 ± 0.09	0.09 ± 0.00	3.58	15.25	81.08
กัมดัดแปร	10.94 ± 0.02	0.22 ± 0.01	0.00	2.59	97.19
คูน					
กัมดิบ	6.98 ± 0.06	0.12 ± 0.01	1.03	10.04	88.81
กัมดัดแปร	10.24 ± 0.02	0.25 ± 0.00	0.00	4.64	95.11
หางนกยูงฝรั่ง					
กัมดิบ	7.94 ±0.10	0.03 ± 0.01	3.80	1.27	94.90
กัมดัดแปร	10.71 ± 0.05	0.28 ± 0.00	1.27	0.09	98.36

ปริมาณโพลีแซคคาไรด์คำนวณได้จากค่าความแตกต่างของปริมาณเถ้า โปรตีน และไขมัน

ความหนืดของสารละลายกัมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องมือ Capillary Ubbelode Viscometer โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตรแล้วนำผลการทดลองมาประมาณหาค่าความหนืดโดยการใช้สมการของ Huggin's (1942) **(สมการที่ 2.5)** และ Kraemer (1938) **(สมการที่ 2.6)** จากการทดลองพบว่าความ

หนืดที่ได้จากสมการ Huggins' และสมการ Kraemer ของสารละลายผงกัมดิบ และข้อมูลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงใน**ตารางที่ 3.3**

ตารางที่ 3.3 ค่าความหนืดแบบอินทรินสิคของสารละลายผงกัมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

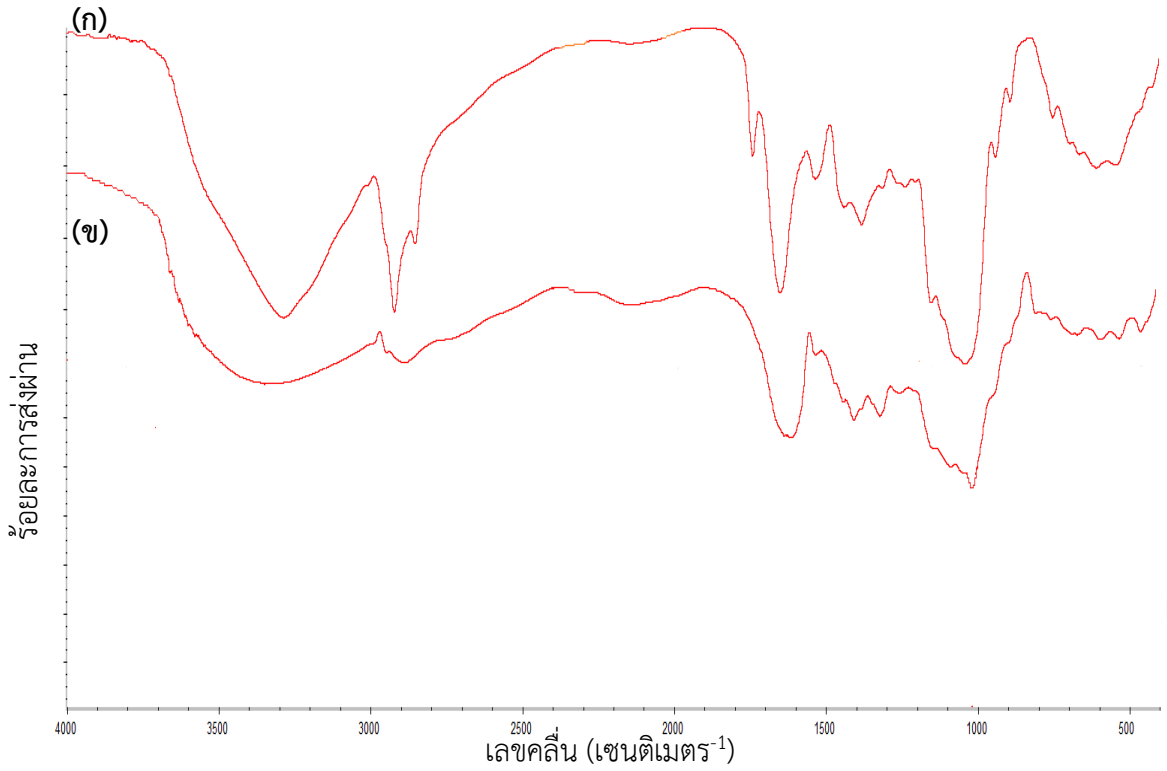
	มะขาม	คูน	หางนกยูงฝรั่ง
$[\eta]_H$ of Huggins'	6.73	9.96	8.84
$[\eta]_K$ of Kraemer	6.73	10.65	8.89
Huggins' coefficient, k'_H	0.37	1.21	0.47

จากการทดลองพบว่าความหนืดของผงกัมดิบแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน โดยที่มะขามจะมีค่าความหนืดน้อยที่สุด ส่วนคูน และหางนกยูงฝรั่ง เป็นกัมที่โครงสร้างทางเคมีประเภทเดียวกัน คือ กาแลคโตแมนแนน โดยที่ค่าความหนืดของกาแลคโตแมนแนนจะขึ้นอยู่กับปริมาณแมนโนสต่อกาแลคโตส ถ้ามีปริมาณแมนโนสต่อกาแลคโตสมากจะส่งผลให้มีค่าความหนืดน้อย เนื่องจากกาแลคโตแมนแนนจะมีแมนโนสเป็นโซ่หลัก และกาแลคโตสเป็นโซ่กิ่ง ซึ่งถ้าหากมีโซ่กิ่งมากจะทำให้กิ่งไปต้านทานการไหลของของไหลส่งผลให้มีค่าความหนืดสูง ปริมาณแมน-โนสต่อกาแลคโตสของคูนและหางนกยูงฝรั่ง มีค่าเท่ากับ 3.00 และ 4.28 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจากการทดลองที่ได้จะมีผลสอดคล้องกับทฤษฎี เพราะหางนกยูงฝรั่งมีค่าน้อยกว่าของคูน

3.4 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชัน

จาก**รูปที่ 4** แสดงค่าทดสอบหมู่ฟังก์ชั่นสเปคตรัมของกัมดิบจากเมล็ดมะขาม และผงกัมดัดแปร โดยผงกัมจากเมล็ดมะขาม **(รูปที่ 3.4(ก))** แสดงพีคเด่นที่ตำแหน่งในช่วง 4000-2000 cm^{-1} ได้แก่พีคที่ตำแหน่ง 3445 และ 2924 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึง O-H stretching จากแอลกอฮอล์ที่เป็นลักษณะเฉพาะของสารกลุ่มไกลโคลไซลิค และ C-H stretching จากแอลเคนตามลำดับ ส่วนพีคเด่นในช่วงตำแหน่ง 2000-500 cm^{-1} ได้แก่พีคที่ตำแหน่ง 1652 และ

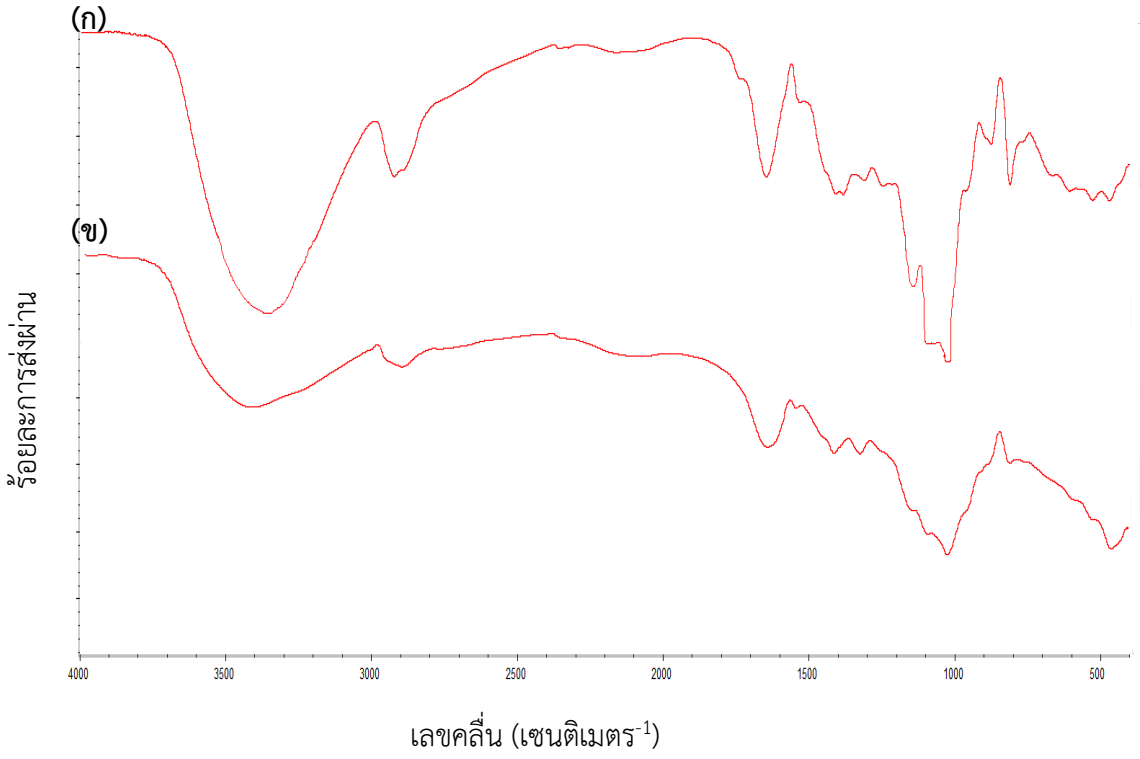
1540 cm^{-1} ซึ่งพีคดังกล่าวแสดงถึง OH-stretching และ C-O stretching ที่ติดกับหมู่ไฮดรอกซิลตามลำดับ สำหรับค่าทดสอบหมู่ฟังก์ชั่นสเปคตรัมของกัมที่ได้รับการปรับปรุง ดัง**รูปที่ 3.4(ข)** แสดงพีคใหม่สำคัญที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับผงกัมจากเมล็ดมะขาม ดังนั้นจากผลค่าทดสอบหมู่ฟังก์ชั่น จึงสามารถยืนยันได้ว่าขั้นตอนการปรับปรุงโครงสร้างของกัมที่เตรียมจากเมล็ดมะขามสามารถเพิ่มหมู่คาร์บอกซีได้



รูปที่ 3.4 ค่าหมู่ฟังก์ชันผงกัมดิบ (ก) และผงกัมดัดแปรจากเมล็ดมะขาม (ข)

สำหรับหมู่ฟังก์ชันของผงกัมจากเมล็ดคูนและเมล็ดหางนกยูงฝรั่งมีลักษณะเดียวกัน แสดงค่าทดสอบหมู่ฟังก์ชั่นสเปคตรัมของกัมดิบจากเมล็ดคูน และผงกัมดัดแปร โดยผงกัมจากเมล็ดคูน **รูปที่ 3.5(ก)** และจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง **รูปที่ 3.6(ก)** แสดงพีคเด่นที่ตำแหน่งในช่วง 4000-2000 cm^{-1} ได้แก่พีคที่ตำแหน่ง 3421 และ 2926 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึง O-H stretching จากแอลกอฮอล์ที่เป็นลักษณะเฉพาะของสารกลุ่มไกลโคลไซลิค และ C-H stretching จากแอลเคนตามลำดับ ส่วนพีคเด่นในช่วงตำแหน่ง 2000-500 cm^{-1} ได้แก่พีคที่ตำแหน่ง 879, 875,

1654 และ 1541 cm^{-1} ซึ่งพีคดังกล่าวแสดงถึง OH-stretching และ C-O stretching ที่ติดกับหมู่ไฮดรอกซิลตามลำดับ สำหรับค่าทดสอบหมู่ฟังก์ชั่นสเปคตรัมของกัมที่ได้รับการปรับปรุงดัง**รูปที่ 3.5(ข)** และ**รูปที่ 3.6(ข)** แสดงพีคใหม่สำคัญที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับผงกัมจากเมล็ดคูน ดังนั้นจากผลค่าทดสอบหมู่ฟังก์ชั่น จึงสามารถยืนยันได้ว่าขั้นตอนการปรับปรุงโครงสร้างของกัมที่เตรียมจากเมล็ดคูนสามารถเพิ่มหมู่คาร์บอกซีได้



รูปที่ 3.5 ค่าหมู่ฟังก์ชันผงกัมดิบ (ก) และผงกัมดัดแปรจากเมล็ดคูน (ข)

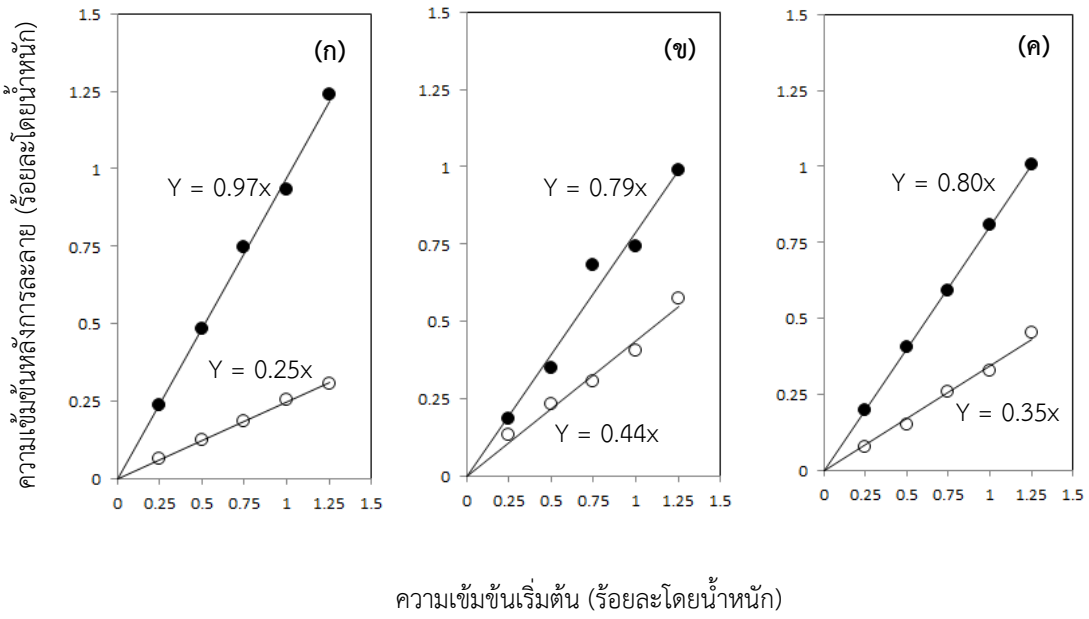
รูปที่ 3.6 ค่าหมู่ฟังก์ชันผงกัมดิบ (ก) และผงกัมดัดแปรจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ข)

3.5 การละลายของผงกัม

ร้อยละการละลายของผงกัมดิบและผงกัมดัดแปรจากเมล็ดพืชตัวอย่าง ดูได้จากค่าความชันในสมการของกราฟ โดยที่ค่าความชันที่มีค่าใกล้ 1 มากแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการละลายได้มาก พบว่าผงกัมดัดแปรสามารถละลายได้ดีกว่าผงกัมดิบ **(รูปที่ 3.7)** เนื่องจากผงกัมดิบยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีความแข็งแรงมากจึงทำให้ผงกัมดิบละลายในน้ำได้น้อย แต่ถ้าได้รับความร้อนจะทำให้พันธะไฮโดรเจนอ่อนลงส่งผลให้มีการละลายมากขึ้น การทำคาร์บอกซีเมทิลเลชันจะทำให้ผงกัมมีความสามารถในการละลายมากขึ้น เนื่องจากเมื่อทำการปรับปรุงแล้วจะมีหมู่คาร์บอกซีเมทิลมาแทนที่บนโมเลกุลของผงกัม ซึ่งหมู่คาร์บอกซีเมทิลมีประจุลบทำให้เกิดการผลักกันของประจุส่งผลให้พันธะระหว่างโมเลกุลของผงกัมอ่อนลง จึงทำให้ผงกัมดัดแปรมีความสามารถในการละลายในน้ำเย็นได้ดีกว่าผงกัมดิบ

จากการทดลองพบว่าเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายที่เพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน เนื่องจากสภาวะที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงผงกัม มีความเหมาะสมสำหรับเมล็ดพืชแต่ละชนิดต่างกัน ซึ่งจะพบว่าสภาวะที่ใช้ในการ

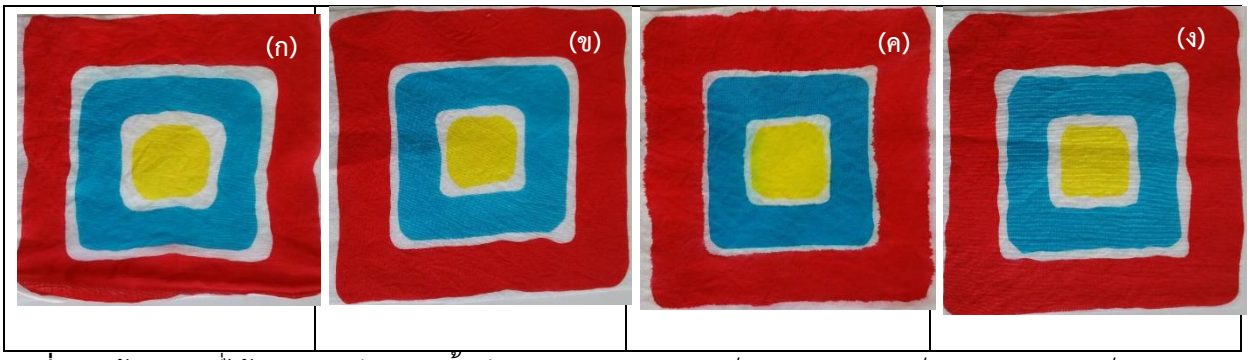
ปรับปรุงกัมด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันในครั้งนี้เหมาะสมสำหรับเมล็ดมะขามมากที่สุด จึงทำให้ผงกัมดัดแปรจากเมล็ดมะขามมีความสามารถในการละลายได้ดีที่สุด (ร้อยละ 97) ซึ่งการละลายของกัมดิบมีเพียงประมาณร้อยละ 25



รูปที่ 3.7 ความสามารถในการละลายของผงกัมดิบ (○) และผงกัมดัดแปร (●) จากเมล็ดมะขาม (ก) เมล็ดคูน (ข) และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ค)

3.6 ผลการเขียนผ้าบาติก

ในขั้นตอนการเขียนผ้าบาติกจะเริ่มจากการเตรียมสารกั้นสี โดยการนำผงกัมที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันมาผสมกับน้ำกลั่น จากนั้นจะนำมาเขียนลงบนผ้าฝ้าย เพื่อหาความเข้มข้นของผงกัมดัดแปรที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นสารกั้นสีสำหรับเขียนบนผ้าฝ้าย ผลจากการเขียนผ้าบาติกจากผงกัมดัดแปรของเมล็ดมะขาม **(รูปที่ 3.8)**



รูปที่ 3.8 ผ้าบาติกที่ได้จากการเขียนสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดมะขาม (ก) เมล็ดคูน (ข) และเมล็ดหางนกยูงฝรั่ง (ค) เปรียบเทียบกับสารกั้นสีจากน้ำเทียน (ง)

3.7 การวิเคราะห์ผลของสารกั้นสี

3.7.1 คุณภาพของสารกั้นสี

ในการทดสอบประสิทธิภาพของสารกั้นสี จะใช้วิธีในการสังเกตด้วยตาเปล่าว่าสารกั้นสีที่ใช้ในแต่ละความเข้มข้นมีการซึมผ่านของสีหรือไม่ เพราะถ้าหากเกิดการซึมผ่านของสีนั่นหมายความว่า สารกั้นสีที่ใช้ไม่มีคุณสมบัติสำหรับกั้นสี ซึ่งจากการทดลองพบว่าสารกั้นสีที่ได้จากกัมของเมล็ดพืชทั้งหมดสามารถกั้นสีได้ โดยที่เส้นของสารกั้นสีไม่ขาดไม่แตกเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำเทียน โดยที่ความเข้มข้นของผงกัมของเมล็ดพืชแต่ละชนิดเหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นสารกั้นสีที่จะเขียนลงบนผ้าแต่ละชนิดมีค่าต่างกัน

3.7.2 ค่าความขาวของผ้าบาติก

การวัดค่าความขาวของผ้าบาติกในบริเวณที่ลงสารกั้นสีหลังจากที่ได้ทำการซักสารกั้นสีออกแล้ว เพื่อเป็นการตรวจสอบการซึมผ่านของสี ทดสอบโดยการใช้เครื่อง Spectraflash SF600 PLUS-CT โดยจะทำตามขั้นตอนในหัวข้อที่ 2.10 พบว่าค่าความขาวที่วัดได้มีค่าดังแสดงใน**ตารางที่ 3.4**

ตารางที่ 3.4 ค่าความขาวที่เขียนลงบนผ้าฝ้าย

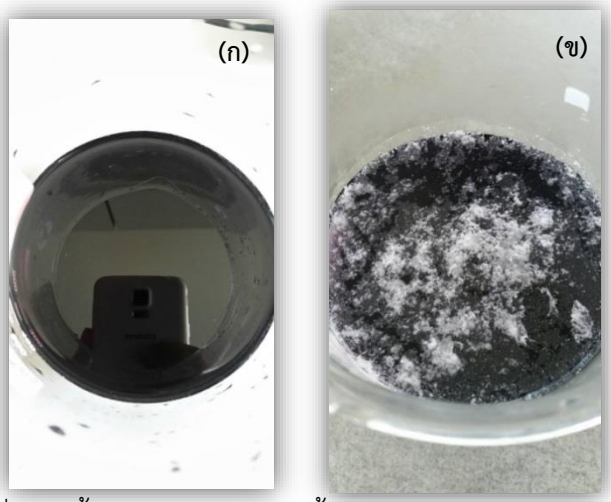
ชนิดของผงกัมที่เขียนบนผ้า	ค่าความขาว
น้ำเทียน	145.8
มะขาม	146.2
คูน	146.6
หางนกยูงฝรั่ง	125.8

หมายเหตุ : ค่าความขาวอ้างอิงของผ้าฝ้าย เท่ากับ 148.3

จากการทดลองพบว่าค่าความขาวของผ้าฝ้ายที่ผ่านการเขียนสารกั้นสีจากกัมจากเมล็ดพืชนั้นมีค่าใกล้กับค่าอ้างอิงคือ 148.3 ยกเว้นจากการเขียนด้วยสารกั้นสีด้วยหางนกยูงฝรั่งที่มีค่าห่างจากค่าอ้างอิง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสารกั้นสีจากกัมเมล็ดมะขามและคูนนั้นมีคุณสมบัติกั้นสีที่ดี โดยไม่ทำให้สีผ่านออกมาได้และมีค่ามากกว่าค่าความขาวจากการเขียนสารกั้นสีจากน้ำเทียน เนื่องจากสารกั้นสีที่ได้จากน้ำเทียนเมื่อนำไปซักล้างแล้วอาจจะยังมีการตกค้างของสารเคมีอยู่ จึงทำให้มีค่าความขาวลดลงไปด้วย

3.7.3 ผลจากการซักล้าง

จากการทดลองพบว่า ผ้าที่เขียนสารกั้นสีจากกัมของเมล็ดพืชสามารถที่จะนำมาซักด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสารกั้นสีออกได้เลย แต่ผ้าที่เขียนสารกั้นสีด้วยน้ำเทียนจะต้องใช้ความร้อนในการต้มเพื่อกำจัดสารกั้นสีออก อีกทั้งผ้าที่เขียนสารกั้นสีจากน้ำเทียนยังมีสารตกค้างจากการซักล้างอีกด้วย ดัง**รูปที่ 3.9**



รูปที่ 3.9 น้ำที่เหลือทิ้งจากการซักล้างสารกั้นสีจากกัมของเมล็ดพืช (ก) และน้ำเทียน (ข)

บทที่ 4
สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนากัมที่ได้จากเมล็ดพืช โดยนำกัมที่ได้จากเมล็ดพืชมาผ่านการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีด้วยกระบวนการคาร์บอกซีเมทิลเลชัน แล้วนำมาใช้เป็นสารกั้นสีแทนสารกั้นสีที่ได้จากน้ำเทียน ซึ่งสารกั้นสีนี้สามารถเตรียมได้โดยการละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง และทำการหาความเข้มข้นของสารกั้นสีที่เหมาะสมกับการเขียนลงบนผ้าฝ้าย พบว่าผ้าบาติกที่เขียนด้วยสารกั้นสีจากกัมจากเมล็ดพืชนั้นมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นสารกั้นสีแทนสารกั้นสีที่ได้จากน้ำเทียน โดยที่สารกั้นสีจากกัมของเมล็ดพืชนั้นมีข้อดีกว่าสารกั้นสีแบบน้ำเทียน คือไม่ต้องใช้ความร้อนในการทำการละลายเพื่อนำมาใช้ในการเขียนผ้าบาติก อีกทั้งยังไม่มีสารตกค้างจากการซักล้างอีกด้วย แต่ข้อกำจัดของสารกั้นสีจากกัมของเมล็ดพืช คือระยะเวลาในการแห้งของสารกั้นสีเนื่องจากใช้ระยะเวลานานซึ่งเป็นข้อด้อยกว่าสารกั้นสีจากน้ำเทียน

ข้อเสนอแนะ

ควรใช้อุปกรณ์ในการเขียนสารกั้นสีอื่นๆ เพื่อให้เส้นของสารกั้นสีเล็กลง และมีความสวยงามมากขึ้น

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 เอกสารสำหรับการยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร

นักวิจัยได้ดำเนินการยื่นเอกสารเพื่อขอจดอนุสิทธิบัตรจำนวน 3 เรื่อง คือ

1. กรรมวิธีการเตรียมสารกั้นสีจากทัมมารีนกัมดัดแปรสำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก
2. กรรมวิธีการเตรียมสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดราชพฤกษ์สำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก
3. กรรมวิธีการเตรียมสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่งสำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก

ผู้วิจัยขอสำเนารายละเอียดของเอกสารเพียงบางส่วนที่ใช้สำหรับยื่นขอถือสิทธิทั้งสามเรื่อง ดังนี้

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตสารกั้นสีจากทัมมารีนกัมดัดแปรสำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

เคมีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสารกั้นสีจากทัมมารีนกัมดัดแปรสำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ทัมมารีนกัม (Tamarind gum) ได้มาจากเอนโดสเปิร์มของเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica*) ซึ่งประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรตถึงร้อยละ 74-81 ทัมมารีนกัมมีคุณสมบัติเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ดี กล่าวคือ เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืด ในประเทศญี่ปุ่น ทัมมารีนกัมเป็นสารเติมแต่งที่ถูกกฎหมายสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและยา โดยทำหน้าที่เป็นสารสร้างความคงตัว (Stabilizer) สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) สารข้น (Thickener) สารสร้างฟิล์มและสารเคลือบ (Film and coating agents) แต่เนื่องจากความสามารถในการละลายของทัมมารีนกัมในน้ำเย็นน้อยกว่าในน้ำร้อน จึงไม่สะดวกต่อการใช้งาน ฉะนั้นจึงมีการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของทัมมารีนกัม เพื่อให้ทัมมารีนกัมมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น โดยเฉพาะความสามารถในการละลายในน้ำเย็น พบว่า ทัมมารีนกัมดัดแปรมีความสามารถในการละลายในน้ำเย็นได้มากขึ้น อีกทั้งความหนืดของสารละลายทัมมารีนกัมดัดแปรก็เพิ่มขึ้นด้วยเมื่อเทียบกับสารละลายทัมมารีนกัมก่อนดัดแปรที่ความเข้มข้นเดียวกัน และด้วยคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นนี้ จึงเป็นแนวคิดในการนำทัมมารีนกัมดัดแปลงมาใช้เป็นสารกั้นสีสำหรับการทำผ้าบาติก (Batik)

สารกั้นสี (Resisting agent) เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญของการทำผ้าบาติก เพราะถ้าสารกั้นสีไม่มีคุณภาพจะทำให้งานออกมาไม่มีคุณภาพ สารกั้นสีที่ดีเมื่อแห้งแล้วจะต้องไม่เปราะแตกง่าย มีขนาดเส้นที่เหมาะสม ไม่หนาหรือบางจนเกินไป รอยต่อของเส้นสารกั้นสีจะต้องต่อกันสนิทไม่มีรอยแตกหรือรอยร้าวให้สีซึมผ่านไปผสมกันได้ มีความหนืดที่เหมาะสม ไม่ข้นหรือเหลวมากจนเกินไป เวลาเขียนลายต้องมีเส้นริมขอบที่เรียบและคมชัด

ปัจจุบันสารกั้นสีที่ใช้สำหรับเขียนผ้าบาติก มีส่วนผสมของขี้ผึ้ง พาราฟิน และยางสน เป็นส่วนประกอบหลัก อัตราส่วนของส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับสูตรของแต่ละพื้นที่และลักษณะของลวดลายที่อยากให้เกิดขึ้นบนผ้า ส่วนผสมดังกล่าวถูกเรียกว่า น้ำเทียน โดยวิธีการใช้งานต้องนำส่วนผสมทั้งหมดใส่หม้อตั้งไฟให้ร้อนจนส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้ากัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความระวังเป็นอย่างมากในขั้นตอนการละลายดังกล่าว เนื่องจากน้ำเทียนยังร้อนและอาจกระเด็นหรือพุ่งขึ้นใส่ร่างกายได้ และเมื่อต้องการนำผ้าไปใช้งานจำเป็นต้องล้างคราบเทียนออก ซึ่งจำเป็นต้องต้มผ้า ทำให้น้ำที่เหลือทิ้งมีคราบไขมันลอยจับผิวน้ำและมีกลิ่นเหม็น จากปัญหาดังกล่าวจึงมีผู้คิดค้นที่จะทำสารกั้นสีด้วยวัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อมาทดแทนสารกั้นสีจากน้ำเทียน ยกตัวอย่างเช่น แป้งข้าวผสมพาราฟิน น้ำเต้าหู้ แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังจำเป็นที่ต้องใช้ความร้อน

หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า

<u>รายละเอียดการประดิษฐ์</u>

<u>ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์</u>

กรรมวิธีการผลิตสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดราชพฤกษ์สำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก

<u>สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์</u>

เคมีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดราชพฤกษ์สำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก

<u>ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง</u>

ราชพฤกษ์ หรือคูน (*Cassia fistula*) เป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียใต้ สำหรับประเทศไทย ต้นราชพฤกษ์ถือว่าเป็นต้นไม้ที่มีคุณค่าสูง เนื่องจากดอกราชพฤกษ์เป็นดอกไม้ประจำชาติไทย ราชพฤกษ์เป็นไม้ยืนต้นให้ร่มเงา ปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศ นิยมปลูกเป็นไม้ประดับตามข้างทาง สามารถพบได้ทั่วไป ฝักมีลักษณะยาวกลม ทรงกระบอก ปลายแหลมสั้น ขนาดความยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร ฝักมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ ภายในฝักจะมีชั้นกั้นเป็นช่องๆ แต่ละช่องประกอบไปด้วยเมล็ด โดยในแต่ละช่องจะมี 1 เมล็ด ซึ่งเมล็ดราชพฤกษ์จะประกอบไปด้วยเอนโดสเปิร์มและเอมบริโอ โดยเอนโดสเปิร์มของเมล็ดราชพฤกษ์นั้นเป็นสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำได้และมีคุณสมบัติเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ กล่าวคือเมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดข้น จึงมีแนวคิดในการนำกัมจากเมล็ดราชพฤกษ์มาใช้เป็นสารกั้นสีสำหรับการทำผ้าบาติก (Batik)

สารกั้นสี (Resisting agent) เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญของการทำผ้าบาติก เพราะถ้าสารกั้นสีไม่มีคุณภาพจะทำให้งานออกมาไม่มีคุณภาพ สารกั้นสีที่ดีเมื่อแห้งแล้วจะต้องไม่เปราะแตกง่าย มีขนาดเส้นที่เหมาะสม ไม่หนาหรือบางจนเกินไป รอยต่อของเส้นสารกั้นสีจะต้องต่อกันสนิทไม่มีรอยแตกหรือรอยร้าวให้สีซึมผ่านไปผสมกันได้ มีความหนืดที่เหมาะสม ไม่ข้นหรือเหลวมากจนเกินไป เวลาเขียนลายต้องมีเส้นริมขอบที่เรียบและคมชัด

ปัจจุบันสารกั้นสีที่ใช้สำหรับเขียนผ้าบาติก มีส่วนผสมของขี้ผึ้ง พาราฟิน และยางสน เป็นส่วนประกอบหลัก อัตราส่วนของส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับสูตรของแต่ละพื้นที่และลักษณะของลวดลายที่อยากให้เกิดขึ้นบนผ้า ส่วนผสมดังกล่าวถูกเรียกว่า น้ำเทียน โดยวิธีการใช้งานต้องนำส่วนผสมทั้งหมดใส่หม้อตั้งไฟให้ร้อนจนส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้ากัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความระวังเป็นอย่างมากในขั้นตอนการละลายดังกล่าว เนื่องจากน้ำเทียนยังร้อนและอาจกระเด็นหรือพุ่งขึ้นใส่ร่างกายได้ และเมื่อต้องการนำผ้าไปใช้งานจำเป็นต้องล้างคราบเทียนออก ซึ่งจำเป็นต้องต้มผ้า ทำให้น้ำที่เหลือทิ้งมีคราบไขมันลอยจับผิวน้ำและมีกลิ่นเหม็น จากปัญหาดังกล่าวจึงมีผู้คิดค้นที่จะทำสารกั้นสีด้วยวัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อมาทดแทนสารกั้นสีจากน้ำเทียน ยกตัวอย่างเช่น แป้งข้าวผสมพาราฟิน น้ำเต้าหู้ แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังจำเป็นที่ต้องใช้ความร้อนในการเตรียมสารกั้นสีให้พร้อมใช้งานอยู่ ซึ่งนับว่าเป็นอันตรายสำหรับเด็กๆ และไม่สะดวกในการปฏิบัติสำหรับคนทั่วไปที่ไม่มีความชำนาญด้านการเขียนลายบนผ้า

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการเตรียมสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่งสำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

เคมีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่งสำหรับใช้ในการเขียนผ้าบาติก

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

หางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia*) เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Leguminosae (วงศ์พืชในตระกูลฝัก) หางนกยูงฝรั่งเป็นไม้ยืนต้น ลำต้นมีขนาดใหญ่และแตกกิ่งก้านสาขามาก ลำต้นสูงประมาณ 10-18 เมตร ใบประกอบแบบขนนกสองชั้นมีลักษณะเป็นแผง ออกดอกเป็นช่ออยู่ตามปลายกิ่ง ดอกมีสีเหลือง แดง หรือส้ม ผลเป็นฝักใหญ่แบน แข็ง กว้างประมาณ 10 เซนติเมตร ยาวประมาณ 50-60 เซนติเมตร ฝักเมื่อแก่จะแตกออก ภายในฝักประกอบไปด้วยเมล็ดเรียงขวางประมาณ 20-40 เมล็ด ซึ่งเมล็ดหางนกยูงฝรั่งจะประกอบไปด้วยเอนโดสเปิร์ม (ร้อยละ 20) และเอมบริโอ โดยเอนโดสเปิร์มของเมล็ดหางนกยูงฝรั่งนั้นเป็นสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำและได้สารละลายที่มีความข้นหนืด จึงมีแนวคิดในการนำกัมจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่งมาใช้เป็นสารกั้นสีสำหรับการทำผ้าบาติก (Batik)

สารกั้นสี (Resisting agent) เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญของการทำผ้าบาติก เพราะถ้าสารกั้นสีไม่มีคุณภาพจะทำให้งานออกมาไม่มีคุณภาพ สารกั้นสีที่ดีเมื่อแห้งแล้วจะต้องไม่เปราะแตกง่าย มีขนาดเส้นที่เหมาะสม ไม่หนาหรือบางจนเกินไป รอยต่อของเส้นสารกั้นสีจะต้องต่อกันสนิทไม่มีรอยแตกหรือรอยร้าวให้สีซึมผ่านไปผสมกันได้ มีความหนืดที่เหมาะสม ไม่ข้นหรือเหลวมากจนเกินไป เวลาเขียนลายต้องมีเส้นริมขอบที่เรียบและคมชัด

ปัจจุบันสารกั้นสีที่ใช้สำหรับเขียนผ้าบาติก มีส่วนผสมของขี้ผึ้ง พาราฟิน และยางสน เป็นส่วนประกอบหลัก อัตราส่วนของส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับสูตรของแต่ละพื้นที่และลักษณะของลวดลายที่อยากให้เกิดขึ้นบนผ้า ส่วนผสมดังกล่าวถูกเรียกว่า น้ำเทียน โดยวิธีการใช้งานต้องนำส่วนผสมทั้งหมดใส่หม้อตั้งไฟให้ร้อนจนส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้ากัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความระวังเป็นอย่างมากในขั้นตอนการละลายดังกล่าว เนื่องจากน้ำเทียนยังร้อนและอาจกระเด็นหรือพุ่งขึ้นใส่ร่างกายได้ และเมื่อต้องการนำผ้าไปใช้งานจำเป็นต้องล้างคราบเทียนออก ซึ่งจำเป็นต้องต้มผ้า ทำให้น้ำที่เหลือทิ้งมีคราบไขมันลอยจับผิวน้ำและมีกลิ่นเหม็น จากปัญหาดังกล่าวจึงมีผู้คิดค้นที่จะทำสารกั้นสีด้วยวัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อมาทดแทนสารกั้นสีจากน้ำเทียน ยกตัวอย่างเช่น แป้งข้าวผสมพาราฟิน น้ำเต้าหู้ แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังจำเป็นที่ต้องใช้ความร้อนในการเตรียมสารกั้นสีให้พร้อมใช้งานอยู่ ซึ่งนับว่าเป็นอันตรายสำหรับเด็กๆ และไม่สะดวกในการปฏิบัติสำหรับคนทั่วไปที่ไม่มีความชำนาญด้านการเขียนลายบนผ้า

5.2 ผลงานเชิงสาธารณะ

ผู้วิจัยได้มีโอกาสนำสารกั้นสีจากกัมดัดแปรจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่งที่เตรียมไว้มาให้นักเรียนที่มาเข้าค่ายใช้เขียนผ้าบาติกแทนการใช้น้ำเทียน ซึ่งมีความสะดวก ใช้ง่าย และสร้างความสนใจให้กับเด็กๆ เป็นอย่างดี ในโครงการค่ายวิศวกรเคมีรุ่นเยาว์ ครั้งที่ 5 เมื่อวันที่ 20-22 สิงหาคม พ.ศ. 2559 ที่ทางภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาจัดทำขึ้น (**รูปที่ 5.1**)

รูปที่ 5.1 ภาพกิจกรรมการเขียนผ้าบาติกโดยใช้สารกั้นสีที่เตรียมจากกัมจากเมล็ดหางนกยูงฝรั่งในงานค่ายวิศวกรเคมีรุ่นเยาว์ ครั้งที่ 5 เมื่อวันที่ 20-22 สิงหาคม พ.ศ. 2559

เอกสารอ้างอิง

แก้วนคร คุณวิไล, ดวงฤดี เชิดวงศ์เจริญสุข และ วันเชิง สิทธิกิจโยธิน (2556) กาแลคโตแมนแนนจากเมล็ดพืช. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 23, 209-218.

วันเชิง สิทธิกิจโยธิน (2553) ทามารีนกัมจากเมล็ดมะขาม. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 20, 173-180.

สุนันทา เสียงเย็นและคณะ,**โครงงานการใช้แป้งมันสำปะหลังและรำข้าวในการกั้นลาย**.กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์.2547

สำอาง จังไพบูลย์และคณะ,**ชุดโครงการวิจัยการใช้ประโยชน์จากข้าวในการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อการส่งออก “โครงการย่อย การพัฒนาสารกั้นสีจากแป้งข้าวในการย้อมผ้าแบบรีซีสต์”** ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อัจฉราพร ไศละสูต,**การออกแบบลายผ้าและเทคนิคการพิมพ์**. กรุงเทพมหานคร: หสน.สหประชาพาณิชย์.2524

Khounvilay, K. & Sittikijyothin, W. (2012). Rheological behaviour of tamarind seed gum in aqueous solutions. *Food Hydrocolloids, 26*, 334-338.

Khounvilay, K. and Sittikijyothin, W. (2014). Physicochemical characterization and rheological behaviour of seed gum from Cassia fistula Linn. *Carbohydrate Polymers* (*submitted*)

Sittikijyothin, W. (2011). Rheological behaviour of galactomannan solutions from *Delonix regia* seed. *Journal of Science and Technology, 49*, 146-152.