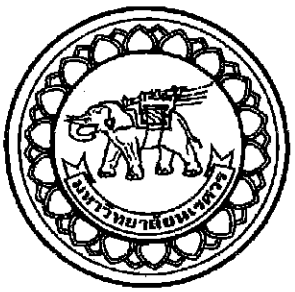
อภินันทนาการ



สำนักหอสมุด

การเตรียมฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดอัญชัน

PREPARATION OF INDICATOR FILM FROM BUTTERFLY PEA EXTRACTION

นายวิวรรธน์ เถื่อนมา รหัสนิสิต 55361359
นายภานุพงศ์ หลักเพ็ชร รหัสนิสิต 55365449
นายสุทธาภัทร สุขโขใจดี รหัสนิสิต 55365609

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 7 ก.พ. 2561
เลขทะเบียน 1922484g
เลขเรียกหนังสือ ปร
วิทยาก
ว558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2558

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การเตรียมฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดอัญชัน

ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวิวรรธน์	เถื่อนมา	รหัส 55361359
	นายภานุพงศ์	หลักเพ็ชร	รหัส 55365449
	นายสุทธาภัทร	สุขโขใจดี	รหัส 55365609
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์นฤมล	สีพลไกร	
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2558		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์นฤมล สีพลไกร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ทศพล ตรีรุจิราภาพงศ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุปถัมภ์ นาครักษ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ภูวนาท ฟักเกตุ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การเตรียมฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดอัญชัน		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวิวรรธน์	เถื่อนมา	รหัส 55361359
	นายภานุพงศ์	หลักเพ็ชร	รหัส 55365449
	นายสุทธาภัทร	สุขโขใจดี	รหัส 55365609
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์นฤมล	สีพลไกร	
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2558		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะของการเปลี่ยนสีของอัญชันในรูปแบบฟิล์มในช่วง pH ต่างๆ โดยในส่วนแรกจะศึกษาการขึ้นรูปฟิล์มจากแป้งข้าวโพดในอัตราส่วนคงที่ แป้งข้าวโพดต่อน้ำร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก คือ แป้ง 5 กรัม น้ำ 95 กรัม พร้อมกับศึกษาผลกระทบของกลีเซอรอลที่มีต่อฟิล์มแป้งข้าวโพดด้วยการผสมกลีเซอรอลที่ อัตราส่วน 0, 0.5, 1.5, 2.5, 5, 7.5 และ10 กรัม ตามลำดับ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบฟิล์มคือ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ในส่วนที่สองจะศึกษาลักษณะของการเปลี่ยนสีของอัญชัน ในรูปแบบฟิล์มด้วยการนำแป้งข้าวโพดมาผสมกับสารสกัดอัญชันเข้มข้นแล้วนำมาทดสอบการเปลี่ยนสีในช่วง pH ในช่วงกรด-เบส ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ทดสอบการดูดน้ำ และการละลายน้ำ

ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุดสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มแป้งข้าวโพดคือ แป้งข้าวโพด 5 กรัม น้ำ 95 กรัม และกลีเซอรอล 5 กรัม โดยลักษณะของฟิล์มที่ได้มีความเหนียว ลอกได้เป็นแผ่น ไม่ขาด สามารถนำมาทดสอบแรงดึงได้ ผลการทดสอบการเปลี่ยนสีของสารสกัดอัญชันในรูปฟิล์มแป้งข้าวโพดพบว่า สามารถเปลี่ยนสีได้เหมือนกับสารสกัดอัญชันในรูปของเหลวโดยสารละลายทดสอบมี pH = 1, 4, 7, 10 และ 11 ทำให้ฟิล์มมีการเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสี ชมพู ม่วง น้ำเงิน เขียวเข้ม และเขียวอ่อน ตามลำดับ และเมื่อนำมาทดสอบกับอาหารประเภทหมัก เช่นปลาส้ม พบว่า ฟิล์มสามารถเปลี่ยนสีได้ โดยสีที่แสดงคือ สีม่วง ที่ตรงกับค่า pH ประมาณ 4

Project title	PREPARATION OF INDICATOR FILM FROM BUTTERFLY PEA EXTRACTION		
Name	Mr. Wiwat	Tuenma	ID 55361359
	Mr. Phanupong	Lukpet	ID 55365449
	Mr. Susdhabhatr	Sukkhoechaidee	ID 55365609
Project advisor	Dr. Narumon	Seeponkai	
Major	Materials Engineering		
Department	Industrial Engineering		
Academic year	2015		

Abstract

This project studied on the optical response of films made from butterfly pea extraction at various pH. The films were prepared by mixing cornstarch with glycerol at 0, 0.5, 1.5, 2.5, 5, 7.5 and 10 wt% in water (5 g powders + 98 g H_2O) at 80 °C for 10 hours. A small amount of butterfly pea extraction was added into the mixture and casted into thin films subsequently. The films were examined under different pH levels, water uptake, optical and mechanical properties.

The results show that the composition of 5:95:5 (corn powder: water: glycerol) has the best performance. The color of the film changed corresponded to the pH of the solution, e.g. pink (pH 1), purple (pH: 4), blue (pH: 7), dark green (pH: 10) and light green (pH 11). For practical application, we tested optical response of the film in the liquid collected from commercial fermented fish, the color of the film changed from blue to purple, indicating that the pH was at 4.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานวิจัยนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์นฤมล สีพลไกร ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงงานในการให้ความรู้คำปรึกษา ข้อแนะนำเกี่ยวกับการค้นหาข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล และความช่วยเหลือทางด้านต่าง ๆ ตลอดจนแนะนำวิธีการแก้ไขปัญหา และให้กำลังใจในการทำงานตลอดมา จนสามารถทำงานลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบของพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทศพล ตรีรุจิราภาพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุปถัมภ์ นาครักษ์ และอาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์ ที่เสียสละเวลาเป็นอาจารย์สอบโครงงาน พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เป็นสถานที่ในการศึกษาความรู้ให้กับผู้ทำโครงงาน จนงานลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาคารปฏิบัติการอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เป็นสถานที่ในการทดลองสาร การใช้เตาอบ และเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคารจนงานเสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ค่อยสนับสนุนในเรื่องค่าใช้จ่าย และกำลังใจจนสามารถศึกษา ทำโครงงานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงาน
นายสุทธาภัทร สุขโขใจดี
นายวิวรรธน์ เถื่อนมา
นายภานุพงศ์ หลักเพ็ชร
พฤษภาคม 2559

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ช
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย 2
1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 2
1.7 ขั้นตอน และแผนการดำเนินงานวิจัย 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 3
2.1 แป้ง (Starch) 3
2.2 กลีเซอรอล (Glycerol) 7
2.3 อินดิเคเตอร์ (Indicator) 7
2.4 ดอกอัญชัน (Butterfly Pea) 9
2.5 การทดสอบแรงดึง (Tensile Testing) 10
2.6 การทดสอบการดูดน้ำ (Absorption Testing) 13
2.7 การทดสอบการละลายน้ำ 13
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 15
3.1 ขั้นตอน และวิธีวิจัยที่ใช้ในการทำโครงงาน 15
3.2 วัสดุ และอุปกรณ์ 16
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 16

สารบัญ(ต่อ)

3.4 ขั้นตอนวิเคราะห์ และสรุปผล 17

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 19

4.1 การขึ้นรูปฟิล์มแป้งข้าวโพด 19

4.2 การขึ้นรูปฟิล์มอินดิเคเตอร์ 22

4.3 การทดสอบการเปลี่ยนสีที่สภาวะกรด-เบส 22

4.4 การทดสอบทางกายภาพ 23

4.5 การทดสอบกับอาหารหมักดอง 24

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 25

5.1 บทสรุปของโครงงาน 25

5.2 ข้อเสนอแนะและการพัฒนา 26

5.3 ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ไขปัญหา 26

เอกสารอ้างอิง 27

ภาคผนวก ก 28

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 31

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินงาน 2

2.1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน 3

2.2 ปริมาณของอะไมโลสในแป้งชนิดต่างๆ 4

2.3 ตารางแสดงช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่พบในธรรมชาติ 8

3.1 อุปกรณ์ในการเตรียมชิ้นงาน 16

4.1 แสดงสูตรในการทดลองขึ้นรูปฟิล์มแป้งข้าวโพด 19

4.2 น้ำหนักก่อนและหลังทดสอบการดูดน้ำ 23

4.3 น้ำหนักก่อนและหลังทดสอบการละลายน้ำ 23

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างของอะไมโลส 4
2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน 5
2.3 การพองตัวของเม็ดแป้ง 6
2.4 โครงสร้างกลีเซอรอล 7
2.5 ดอกอัญชัน 9
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของแอนโธไซยานิน 10
2.7 แสดงช่วงการเปลี่ยนสีของกระเจี๊ยบที่ pH 1-12 14
2.8 แสดงช่วงการเปลี่ยนสีของดอกอัญชันที่ pH 1-12 14
3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ และการทดสอบ 15
4.1 ลักษณะฟิล์มที่เตรียมได้ 20
4.8 ฟิล์มอินดิเคเตอร์ที่เตรียมได้ 22
4.9 ลักษณะการเปลี่ยนสีของอัญชันในรูปฟิล์มและสารสกัด 23
4.10 กราฟการทดสอบแรงดึงของฟิล์มแป้งข้าวโพด 24
4.11 การเปลี่ยนสีของฟิล์มเมื่อทดสอบกับปลาส้ม 24
ก.1 สารสกัดอัญชันผสมแป้งข้าวโพด 29
ก.2 ฟิล์มแป้งข้าวโพด 29
ก.3 การขึ้นรูปฟิล์มอินดิเคเตอร์ 29
ก.4 การทดสอบการเปลี่ยนสีกับสารละลายบัฟเฟอร์ 30
ก.5 การทดสอบการเปลี่ยนสีที่สารละลาย HCl และ NaOH 30

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

pH	=	power of hydrogen ion concentration
M	=	Molar, โมลาร์
wt%	=	ร้อยละโดยน้ำหนัก

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันอาหารเป็นสิ่งจำเป็นต่อทุกคน โดยในการบริโภคอาหารจะมีการใช้งานบรรจุภัณฑ์กลุ่มอาหารเป็นจำนวนมาก เช่น อาหารที่อยู่ในรูปที่ถูกปิดด้วยแผ่นฟิล์มทำให้ไม่สามารถทราบถึงความสดใหม่เช่น ผัก ผลไม้ หรือระยะเวลาที่สามารถบริโภคได้ อาทิ ปลาส้ม ของหมัก เป็นต้น จึงเป็นแนวคิดให้ศึกษาการเตรียมฟิล์มอินดิเคเตอร์ ที่สามารถบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของอาหารต่างๆ ได้ตามสภาพกรด-เบสที่เปลี่ยนไป ซึ่งผลไม้ที่เน่าเสียหรืออาหารหมักดองจะมีก๊าซ ระเหยออกมา ซึ่งก็จะมีค่า pH ไม่เท่ากัน เป็นที่มาของแนวคิดในงานวิจัยที่จะนำอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติคือ อัญชัน มาผสมขึ้นรูปเป็นฟิล์มเพราะ หาได้ง่าย ไม่เป็นพิษ อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนสีได้ตาม pH ต่างๆ โดยจะนำมาสกัด และผสมกับฟิล์มจากแป้งข้าวโพดในการขึ้นรูปฟิล์ม เมื่อนำฟิล์มบรรจุภัณฑ์มาบรรจุผลไม้ทำให้สามารถทราบได้ว่า ผลไม้มีการเน่าเสีย หรือมีค่า pH เปลี่ยนไปหรือไม่ โดยของเหลวจะสัมผัสกับฟิล์มจะทำให้ตัวฟิล์มเปลี่ยนสีไปจากเดิม การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ทำให้ทราบถึงระยะเวลาการเน่าเสียของผลไม้ และระยะเวลาการหมักของอาหารหมักดอง

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียม ฟิล์มแป้งข้าวโพด ผสมกับสารสกัดอัญชัน สารสกัดอัญชันเข้มข้นร้อยละ 25 ซึ่งจะถูกนำมาผสมกับฟิล์มแป้งข้าวโพดด้วยวิธีการขึ้นรูปฟิล์มแล้วจึงนำมาทดสอบด้านแสง ทดสอบการเปลี่ยนสี และทดสอบแรงดึง จากงานวิจัยนี้คาดว่าฟิล์มที่ได้จะสามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของสารสกัดอัญชันที่สภาวะกรด - เบส
1.2.2 เพื่อศึกษาการเตรียมฟิล์มแป้งข้าวโพดผสมกับสารสกัดอัญชัน
1.2.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของอัญชันในรูปของฟิล์ม

1.3 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

1.3.1 ฟิล์มที่ใช้คือฟิล์มจากแป้งข้าวโพด
1.3.2 สารสกัดจากดอกอัญชันมีอัตราส่วนของดอกอัญชันต่อน้ำ คือ ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก
1.3.3 ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing)
1.3.4 ทดสอบการดูดกลืนน้ำ
1.3.5 ทดสอบการละลายน้ำ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนสีของดอกอัญชันในช่วง pH ต่าง
1.4.2 ทำให้ได้อินดิเคเตอร์ฟิล์มจากแป้งข้าวโพดที่ได้จากการผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน

1.4.3 สามารถนำฟิล์มที่เตรียมได้ไปใช้งานในในทางการค้าต่อไปเป็น pH อินดิเคเตอร์ฟิล์ม

1.4.4 ฟิล์มที่ได้ไม่เป็นพิษและสามารถย่อยสะลายได้ทางชีวภาพ

1.5 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

อาคารปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึง 29 พฤษภาคม พ.ศ.2559

1.7 ขั้นตอน และแผนการนำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินงาน

การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา									
	ส.ค. 58	ก.ย. 58	ต.ค. 58	พ.ย. 58	ธ.ค. 58	ม.ค. 59	ก.พ. 59	มี.ค. 59	เม.ย. 59	พ.ค. 59
1.7.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	—	→							
1.7.2 วางแผนการทดลอง	←	—	→							
1.7.3 สกัดอินดิเคเตอร์ (อัญชัน)			←	—	→					
1.7.4 ทดสอบอินดิเคเตอร์ (อัญชัน)			←	—	→					
1.7.5 นำมาผสมกับฟิล์ม แป้งข้าวโพด และขึ้นรูปฟิล์ม						←	—	→		
1.7.6 นำมาทดสอบกับบรรจุภัณฑ์								←	—	→
1.7.7 สรุปผลการทดลอง									←	— →

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 แป้ง (Starch)

แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งมีหน่วยพื้นฐานเป็น Anhydroglucose Unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ A-Glycosidic Linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป ด้านปลายของโมเลกุลแป้งจะมี Anomeric Carbon (C1) ซึ่งว่างอยู่ไม่ได้จับกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นแต่ละโมเลกุลของแป้งจะมีด้านปลายที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ (Reducing End) นั่นคือ แป้งหนึ่งโมเลกุลจะมีตำแหน่ง Reducing End 1 ตำแหน่ง โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุล และลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะไมโลส ซึ่ง มีขนาดเล็ก และมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย และอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่ และมีกิ่งก้านสาขามากมาย (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อถัดไป) นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลแป้งอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมี ขนาดใหญ่ กว่าอะไมโลสแต่เล็กกว่าอะไมโลเพคติน เรียกว่า " Intermediate Material " แต่พบในปริมาณไม่มากนัก อะไมโลส และอะไมโลเพคตินมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.1 [1]

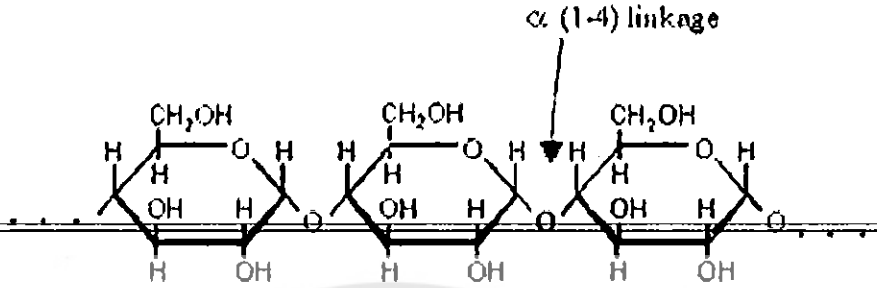
ตารางที่ 2.1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน [1]

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α-1,4	โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 และมีการแตกกิ่งด้วยพันธะ α-1,6
ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้ดีกว่า
เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	ข้นหนืดมาก และใส
ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้น และแผ่นแข็งได้	ไม่จับตัวเป็นวุ้น และแผ่นแข็ง

2.1.1 องค์ประกอบภายในแป้ง

2.1.1.1 อะไมโลส (Amylose)

อะไมโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,000–6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1, 4–Glycosidic Linkage ดังรูปที่ 2.1 อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะไมโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอะไมโลส [1]

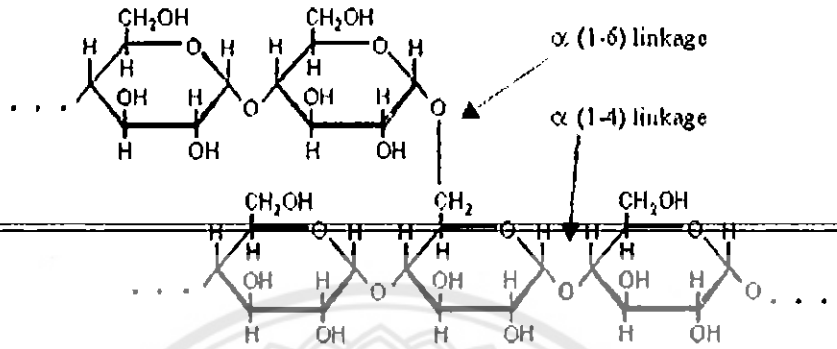
โดยทั่วไปแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะไมโลสสูง ประมาณร้อยละ 22-30 ส่วนแป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูจะมีปริมาณ อะไมโลสต่ำกว่าคืออยู่ในช่วงร้อยละ 18-24 น้ำหนักโมเลกุลอะไมโลสอยู่ในช่วง 105 ถึง 106 ดาลตัน โดย อะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี Degree of Polymerization (DP) ของอะไมโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของ อะไมโลส อยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพด และแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะไมโลสในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีสายของอะไมโลส ยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) ลดลง ปริมาณ และสมบัติของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 2.1 และตาราง 2.2 [1]

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลแพคตินในแป้งแต่ละชนิด[1]

แป้ง	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละโดยน้ำหนัก แห้ง)	ปริมาณอะไมโลแพคติน (ร้อยละโดยน้ำหนัก แห้ง)
มันฝรั่ง	21	79
ข้าวโพด	28	72
สาลี	28	72
มันสำปะลัง	17	83
ข้าวโพดเหนียว	0	100

2.1.1.2 อะไมโลเพคติน (Amylopectin)

อะไมโลเพคตินเป็นโพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วย พันธะ α-1, 4-Glycosidic Linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1, 6-Glycosidic Linkage ดังรูปที่ 2.4



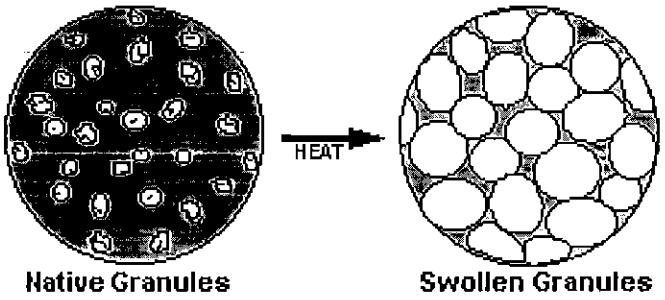
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน [2]

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะ α-1, 6 Glycosidic Linkage มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะไมโลเพคตินทั้งหมด อะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลส คือ ประมาณ 107 ถึง 109 ดาลตัน และมีการคืนตัวต่ำ เนื่องจาก อะไมโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง-อะไมโลเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเม็ดแป้ง ดังนั้นเมื่อมีอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว จึงยังสามารถรวมตัวเป็นเม็ดแป้งได้[2]

2.1.2 สมบัติของแป้ง

การพองตัวและการละลาย (Swelling And Solubility)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดเรียงตัวกัน ระหว่างโมเลกุลของอะไมโลส และ อะไมโลเพคติน (Intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน Crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ Amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบ และมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (Hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็นเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ส่วน Amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้น และการจับกันของโมเลกุลในส่วน Crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2.5) โมเลกุลในส่วน Crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า Micelle Network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็ก และอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้งเมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีกส่วน Crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้น และโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น [3]



รูปที่ 2.3 การพองตัวของเม็ดแป้ง [3]

2.1.3 การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization)

กลไกการเกิดเจลาติไนเซชัน เมื่อนำแป้งใส่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่ง แต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมาก และสังเกตได้ยาก สังเกตการพองตัวของเม็ดแป้งสาลีในน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่าแป้งที่พองตัวมี เส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ (Reversible) โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะ และคุณสมบัติดังเดิม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลอะไมโลส และอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็น Crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่นแข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำอาจจะซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้ง ซึ่งไม่เป็นระเบียบ และมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-75 องศาเซลเซียส หรือใช้สารเคมี เช่นให้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส แก่แป้งสาลีจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วน Crystallite ลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ และการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (Irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืด และความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า “เจลาติไนเซชัน” ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ที่สำคัญขึ้นคือ มีการพองตัวของเม็ดแป้ง และเครื่องหมายกากบาท (Maltese Cross) ภายในเม็ดแป้งหายไป อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแป้ง เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างส่วน Crystallite ที่แตกต่างกัน ทั้งระดับการจับกัน (Degree of Association) และความสม่ำเสมอของการเกิดเจลาติไนซ์ไม่พร้อมกันทุกเม็ด แม้แต่ในแป้งชนิดเดียวกันจากแหล่งเดียวกันก็ตาม อาจมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันที่ห่างกันถึง 8-10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเกิดเจลาติไนซ์ได้ก่อนขนาดเล็ก แต่เมื่อใช้ SEM ส่องดูโครงสร้างของเม็ดแป้งข้าวบาร์เลย์ ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดเล็กอยู่ประมาณร้อยละ 30 พบว่าการสูญเสียเครื่องหมายกากบาทจะเกิดขึ้นได้พร้อม ๆ กัน แป้งอาจเกิด Gelatinized ได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการละลายใน Solvent เช่น Alkali, Liquid Ammonia, DMSO, aq. $CaCl_2$ [3]

2.2 กลีเซอรอล (Glycerol)

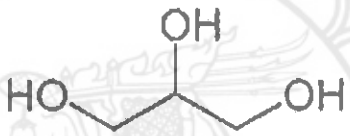
กลีเซอรอล (Glycerol) หรือ กลีเซอรีน (Glycerin) เป็นสารประกอบอินทรีย์ในกลุ่มของโพลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง ถือเป็นสารชนิดเดียวกันสำหรับเป็นสารตั้งต้นสำคัญในอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิ การผลิตสบู่ การผลิตยา การผลิตเครื่องสำอาง เป็นต้น ความแตกต่างของกลีเซอรีนกับกลีเซอรอล

คือ กลีเซอรีนจะมีความบริสุทธิ์น้อยกว่า มักมีการปนเปื้อนสิ่งต่างๆ เช่น น้ำ สี เป็นต้น และกลีเซอรีนจะใช้เรียกสำหรับอ้างถึงสารละลายในทางการค้าของกลีเซอรอลที่มี น้ำเจือปน โดยมีกลีเซอรอลเป็นองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่ กลีเซอรอลดิบจะมีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 70-80 และความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 80 การที่กลีเซอรีนเป็นสารที่ไม่มีพิษในทุกๆรูปแบบของการประยุกต์ใช้ ไม่ว่าจะใช้เป็นสารตั้งต้นหรือสารเติมแต่ง ทำให้กลีเซอรีนเป็นสารเคมีที่ได้รับความสนใจ และนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ด้วยการทำยาเหน็บทวาร ใช้เป็นยาระบาย และยังสามารถใช้เป็นยาเฉพาะที่สำหรับปัญหาทางผิวหนังหลายชนิด รวมถึง โรงผิวหนัง ผื่น แผลไฟลวก แผลกดทับ และบาดแผลจากของมีคม กลีเซอรีน สามารถสังเคราะห์ได้จาก Propylene และจากการหมักน้ำตาลด้วย Sodium Bisulfite และยีสต์(Yeast) และมีการผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล [4]

2.2.1 คุณสมบัติของกลีเซอรอล

สูตรทางเคมี $C_3H_8O_3$ จุดหลอมเหลว 18 องศาเซลเซียส จุดเดือด 290 องศาเซลเซียส ละลายได้ในน้ำ และแอลกอฮอล์ ไม่ละลายในเบนซีน อีเทอร์ และน้ำมัน

2.2.2 โครงสร้างของกลีเซอรอล



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของกลีเซอรอล [4]

2.3 อินดิเคเตอร์ (Indicator)

อินดิเคเตอร์ (Indicator) คือ สารที่ใช้ทดสอบความเป็น กรด–เบส ของสารละลาย โดยส่วนใหญ่จะเป็นอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนมีสมบัติเป็นกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแต่ส่วนใหญ่จะเป็นกรดอ่อน

2.3.1 สมบัติของอินดิเคเตอร์

2.3.1.1 อินดิเคเตอร์แต่ละชนิดมีช่วง pH ของการเปลี่ยนสีจำกัด

2.3.1.2 อินดิเคเตอร์โดยทั่วไปจะมีสารที่ให้สีแตกต่างกัน

2.3.1.3 สีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนไปเมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลง

เนื่องจากอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดเปลี่ยนสีในช่วง pH จำกัดทำให้การตรวจหาค่า pH ของสารละลายไม่สะดวก จึงได้มีการนำอินดิเคเตอร์หลายชนิดที่มีช่วง pH ต่อเนื่องมาผสมกันในอัตราส่วนพอเหมาะ โดยสามารถเปลี่ยนสีในช่วง pH ของสารละลายได้กว้าง เรียกว่า ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ (Universal Indicator) นอกจากนี้ เรายังสามารถใช้สารสกัดธรรมชาติ เช่น น้ำคั้นจากกะหล่ำปลีสีม่วง น้ำคั้นจากดอกอัญชัน ดอกกุหลาบ มาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ เรียกว่า “อินดิเคเตอร์ธรรมชาติ”[5]

2.3.2 อินดิเคเตอร์ในธรรมชาติ

คือ พืชบางชนิดที่สามารถนำมาใช้ในการทดสอบความเป็น กรด–เบส ของสารต่างๆในบ้านแทนกระดาษลิตมัสสีแดง สีน้ำเงิน พืชที่นำมาใช้ทดสอบความเป็น กรด-เบส ได้ เช่น กะหล่ำปลีสี

ม่วง โดยเด็ด ใบกะหล่ำปลีแล้วหั่นหรือบด เติมน้ำร้อนลงไปจนท่วม รอจนน้ำเป็นสีม่วง กรอง ตักกะหล่ำปลีออก นำน้ำกะหล่ำปลีที่ได้ใส่ขวดแก้วขนาดเล็กแล้วนำไปทดสอบความเป็น กรด-เบส สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีของสารที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีสีม่วง นอกจากกะหล่ำปลีสีม่วงแล้ว ยังอาจใช้ดอกไม้ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาทดสอบได้ เช่น กล้วยไม้มาดาม อัญชันน้ำเงิน เป็นต้น โดยนำมาสกัดเช่นเดียวกับกะหล่ำปลีสีม่วง อย่างไรก็ตามดอกไม้บางชนิด เช่น เข็มแดง ถ้าใช้น้ำร้อนสกัดอาจไม่ได้ผล เนื่องจากมียาง การใช้แอลกอฮอล์สกัดจะได้ผลดีกว่าโดยใช้ดอกเข็มแดงที่หั่นแล้ว ใส่ลงในแอลกอฮอล์ ซึ่งบรรจุในขวดเล็กๆ แล้วกรองเอากากออก[5]

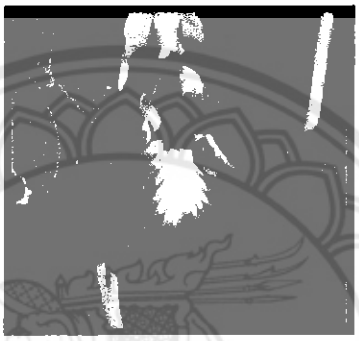
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่พบในธรรมชาติ [6]

ชนิดพืช	สารที่ใช้สกัด	ช่วง pH ที่เปลี่ยนสี	สีที่เปลี่ยน
อัญชัน	น้ำ	1 - 6	แดง - ม่วง
		8 - 11	น้ำเงิน - เขียว
ดาวเรือง	น้ำ	9 - 10	ไม่มีสี - เหลือง
		11 - 12	เหลือง - เหลืองน้ำตาล
ชงโค	น้ำ	6 - 7	ชมพู - เขียว
แคแดง	น้ำ	4 - 5	บานเย็น - แดง
		6 - 7	แดง - เขียว
เข็มแดง	น้ำ	6 - 7	แดง - เหลือง
		7 - 8	เหลือง - เขียว
คริสต์มาส	น้ำ	5 - 6	ชมพู - เขียวอ่อน
		8 - 9	เขียว - เขียวน้ำตาล
บานไม่รู้โรย	น้ำ	8 - 9	แดง - ม่วง
		10 - 12	ม่วง - น้ำเงิน
แวนด้า	น้ำ	6 - 7	แดง - เขียว
		10 - 11	ชมพู - เขียว
		11 - 13	เขียว - เหลือง
ส้มเกลี้ยง(ผิว)	น้ำ	11 - 13	เขียวอ่อน - เหลือง
สารภี	น้ำ	11 - 12	เหลือง - น้ำตาลเหลือง
		12 - 13	น้ำตาลเหลือง - น้ำตาลแดง
ทองกวาว	น้ำ	11 - 12	เหลืองเขียว - แดง

2.4 ดอกอัญชัน (Butterfly Pea)

อัญชัน (Butterfly Pea) จัดเป็นพืชผัก และพืชสมุนไพรประเภทไม้เลื้อยที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เนื่องจากประกอบด้วยสารเคมีที่มีสรรพคุณทางยาหลายด้าน โดยเฉพาะส่วนดอก เช่น ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง ต้านสารอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านเชื้อไวรัส และแบคทีเรีย เป็นต้น

ชื่อวิทยาศาสตร์: Clitoria Ternatea Linn.
วงศ์: Leguminosea
ตระกูล: Leguminosae
ตระกูลย่อย: Papilionoideae
ถิ่นกำเนิด: ประเทศอินเดีย ปานามา และหมู่เกาะโมลุกกะ
ชื่อสามัญ: Clitoria, Butterfly Pea และ Blue Pea
ชื่อไทยพื้นเมือง: เรียกทั่วไปในทุกภาคว่า อัญชัน ภาคเหนือบ้างก็เรียก อังจัน แดงชัน และเอื้องชัน
ต่างประเทศ: สากลเรียกตามชื่อสามัญ, ประเทศซูดาน เรียก Kordofan Pea, ประเทศบราซิล เรียก Cunha (Brazil), ประเทศฟิลิปปินส์ เรียก Pokindang



รูปที่ 2.5 ดอกอัญชัน [7]

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.4.1.1 ราก และลำต้น

รากอัญชันประกอบด้วยระบบรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย รากมีความลึกไม่มาก รากแขนงมักแทงขนานตามผิวดินอัญชัน เป็นไม้เลื้อย มีลำต้นยาวได้มากกว่า 3-5 เมตร ลำต้นมีขนาดเล็ก แตกแขนงเป็นกิ่งย่อยจำนวนมาก กิ่งอ่อนมีสีเขียว กิ่งแก่มีสีน้ำตาล การเติบโต และเลื้อยจะใช้ยอดอิง และพันตามวัตถุที่เกาะได้

2.4.1.2 ใบ

ใบอัญชันแทงออกสลับกันตามข้อกิ่ง ใบมีลักษณะเรียวบาง ค่อนข้างกลมปลายใบแหลม ฐานใบมน ยาวประมาณ 1.5-5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.3-3 เซนติเมตร ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก ก้านใบยาวประมาณ 1.5-3 เซนติเมตร หนึ่งก้านใบ มีใบย่อยประมาณ 5-7 ใบ ออกเป็นคู่คนละข้าง 2-3 คู่ ใบย่อยสุดท้ายเป็นใบเดี่ยวอยู่เหนือสุด

2.4.1.3 ดอก

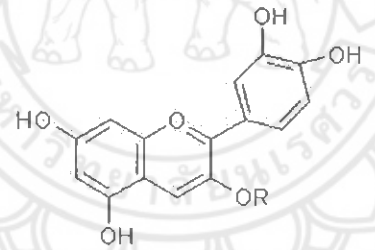
ดอกอัญชันแทงออกบริเวณปลายยอดตามซอกใบที่ข้อกิ่ง ดอกเป็นดอกเดี่ยว มี 3 ชนิด คือ ดอกสีขาว สีม่วง และน้ำเงิน ปัจจุบันมีการกลายพันธุ์เป็นหลายสี เช่น สีเหลือง สีชมพู และสีคราม ดอกมีทั้งดอกชั้นเดียว และดอกบิดซ้อนกัน ดอกมีลักษณะคล้ายดอกถั่วหรือฝาหอยเชลล์ กลีบดอกยาวประมาณ 4-9 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงยาว 1.7-2.2 เซนติเมตร มีขนปกคลุมเล็กน้อย

2.4.1.4 ฝัก และเมล็ด

ผลมีลักษณะเป็นฝักแบนเหมือนฝักถั่วยาว แต่สั้น และแบนกว่า ยาวประมาณ 6-12 เซนติเมตร กว้าง 0.5-1.2 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีสีเขียว สีเขียวเข้ม สีเหลือง สีน้ำตาล และน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ตามอายุของฝัก เมล็ด มีลักษณะเป็นรูปวงรีคล้ายไต ฝักแต่ละฝักมีเมล็ดมากกว่า 10 เมล็ด เมล็ดอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่มีสีน้ำตาล และสีดำตามลำดับ บางเมล็ดอาจมีลาย เมล็ดยาวประมาณ 4.5-7 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 3-4 มิลลิเมตร [7]

2.4.2 สารที่พบในอัญชัน

แอนโธไซยานิน (Anthocyanins) ดอกอัญชัน ประกอบด้วย สารแอนโธไซยานิน (Anthocyanins) สารนี้จัดที่เป็นสารประกอบในกลุ่มสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และเป็นอนุพันธ์ของสาร Flavylium หรือ 2-Phenylebenzopyrylium ที่ให้สารสีม่วงหรือสีน้ำเงิน มีสูตรเคมี คือ $C_6C_3C_6$ ประกอบด้วยส่วนแอนโธไซยานิดินของอะกลัยโคน (Aglycone) เรียกว่า เดลฟินิดิน จับกับน้ำตาลที่เป็น D-Glucose ด้วยพันธะ β-Glycosidic และมักมีโมเลกุลของน้ำตาลเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 น้ำตาลที่จับกับ แอนโธไซยานิดินอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น ไซโรส (Xylose), กาแลคโตส (Galactose), และ กลูโคส (Glucose) หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ เช่น รูติโนส (Rutinose), โซโฟโรส (Sophorose) และ แซมบูไบออส (Sambubiose) แอนโธไซยานิน แบ่งเป็น 6 ชนิด โดยชนิด Pelargonidin จะให้สีส้ม ชนิด Cyanidin ให้สีแดง และ ชนิด Delphinidin ให้สีม่วง แอนโธไซยานินสามารถละลายได้ดีในน้ำ แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายประเภทไม่มีขั้ว เช่น อะซิโตน (Acetone), คลอโลฟอร์ม (Chloroform) และ อีเทอร์ (Ether) [8]

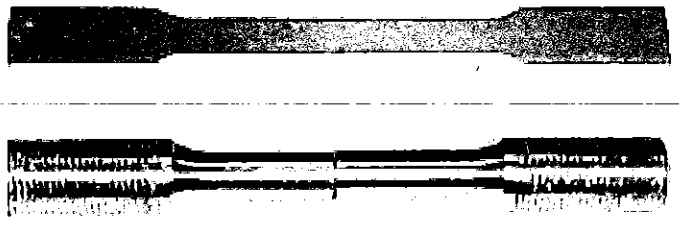


รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของแอนโธไซยานิน [8]

2.5 การทดสอบแรงดึง (Tensile Testing)

เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกลเพื่อหาค่าความแข็งแรงของวัสดุ (Strength) โดยใช้การกัดชิ้นงานให้มีรูปร่างตามมาตรฐานการทดสอบต่างๆ และนำไปทดสอบโดยเครื่องทดสอบแรงดึง ซึ่งปกติแล้วจะดึงด้วยแรงดึงสม่ำเสมอตามข้อกำหนดในแต่ละมาตรฐาน ในหนึ่งทิศทาง (Uni-Axial) จนชิ้นงานขาดออกจากกัน ระหว่างการทดสอบเครื่องจะวัดการยืดตัวของชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง แล้วทำการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ และการยืดตัวในรูปของกราฟความเค้น และความเครียด และคำนวณค่าต่างๆ เชิงวิศวกรรม ได้แก่ ความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก, ความต้านทานแรงดึงสูงสุด และค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดตัว ค่าความเค้นเชิงวิศวกรรมคือ ค่าแรงกระทำหารด้วยค่าพื้นที่หน้าตัดชิ้นงานเริ่มต้น ซึ่งอาจจะมีหน่วยเป็น N/mm^2, MPa, kgf/mm^2, psi หรือ ksi ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียดเชิงวิศวกรรมคือค่าความยาวที่เพิ่มขึ้นของชิ้นงานหารด้วยความยาวเดิม ในการ

พิจารณาค่าความเค้นจริงนั้น ใช้การคำนวณจากค่าพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไป ณ ช่วงเวลาใด ช่วงเวลาหนึ่งที่ชิ้นงานมีหน้าตัดเล็กลง เนื่องจากกราฟที่เกิดจากการทดสอบนั้นใช้ค่าพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเริ่มต้นในการคำนวณ และในความเป็นจริงเมื่อมีพื้นที่หน้าตัดเปลี่ยนขนาดไปในระหว่างการทดสอบจะส่งผลให้แรงกระทำที่ใช้ในการแปรรูปจริงลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่าความเค้นเฉลี่ยในกราฟของความเค้น-ความเครียดหลังจากจุดที่รับแรงสูงสุดลดลง ในขณะที่ความเป็นจริงโลหะจะเกิด Strain-Hardening อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ค่าความเค้นที่ต้องการจริงในการแปรรูปวัสดุเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความเค้นจริงที่คำนวณจากค่าพื้นที่หน้าตัดจริงของชิ้นงานจะทำให้ กราฟความเค้น–ความเครียดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่เกิดการแตกหัก หากพิจารณาจากกราฟที่ได้จากการทดสอบแรงดึงโดยทั่วไป จะพบว่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก (Yield Stress) นั้นแสดงถึงจุดที่วัสดุจะมีการเปลี่ยนแปลงการแปรรูปจากการแปรรูปแบบยืดหยุ่น เป็นการแปรรูปแบบถาวร ซึ่งช่วงการแปรรูปแบบยืดหยุ่นนั้นค่าของแรงกระทำจะสัมพันธ์กับค่าการยืดตัว หรือค่าความชันคงที่ ทั้งนี้หากทำการปล่อยแรงที่กระทำต่อชิ้นงานในช่วงดังกล่าว วัสดุจะเกิดการหดตัวกลับไปยังความยาวแรกเริ่มของชิ้นทดสอบ แต่เมื่อพ้นจุดครากไปเมื่อปล่อยแรงวัสดุจะไม่กลับสู่ความยาวเดิม นั่นคือช่วงการแปรรูปแบบถาวร การพิจารณาค่าความต้านทานแรงดึงที่จุดครากนั้นสามารถทำได้ 2 วิธีขึ้นกับลักษณะของกราฟที่เกิดขึ้น คือ กรณีแรกหากกราฟปรากฏจุดครากอย่างชัดเจน สามารถลากเส้นจากจุดดังกล่าวไปตัดกับแกนความเค้นได้ค่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก หากกรณีของกราฟที่ไม่ปรากฏจุดคราก เช่น กราฟของเหล็กกล้าคาร์บอนที่ผ่านการอบอ่อน และผ่านการรีดปรับผิว จะต้องใช้วิธีการลากเส้นขนานกับเส้นกราฟความเค้น-ความเครียดในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง ที่จุด 0.2 เปอร์เซ็นต์ของค่าความยาวที่เพิ่มขึ้นจากความยาวเดิม หรือ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของค่าความเครียด จุดที่ตัดกับเส้นกราฟของวัสดุเรียกว่าค่าความเค้นพิสูจน์ที่ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดึงวัสดุไปเรื่อยๆ จะถึงจุดหนึ่งซึ่งปรากฏให้เห็นจุดสูงสุดของกราฟเป็นจุดที่วัสดุสามารถต้านทานแรงดึงสูงสุด ซึ่งหากดึงต่อไปจากจุดนี้ พื้นที่ของวัสดุบางส่วนจะเกิดการคอดตัว (Necking) ทำให้ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นลดลงอย่างต่อเนื่องในขณะที่ความเครียดเพิ่มขึ้น หรือมีการยืดตัวเพิ่มขึ้น จนสุดท้ายชิ้นงานถูกดึงจนขาดจากกัน และการยืดตัวของวัสดุหลังแตกหักดังกล่าว สามารถนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดตัวได้ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น [9]



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลักษณะของชิ้นทดสอบแรงดึงแบบแผ่นและแบบแท่ง [9]

ข้อมูลสมบัติเชิงกลที่ได้จากการทดสอบแรงดึงมีดังนี้

2.5.1 โมดูลัสของความเป็นอิลาสติก (Modulus of Elasticity)

โมดูลัสของความเป็นอิลาสติก : เป็นค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ เมื่อได้ รับแรงกระทำสามารถหาได้จากความชันของกราฟความเค้นและความเครียดของวัสดุในระยะแรก ที่ยังแสดงสมบัติยืดหยุ่นอยู่ สำหรับโลหะจะมีค่าน้อยกว่า 0.5 % ของความเครียด โดยที่โมดูลัส ของความเป็นอิลาสติกนี้เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของพันธะ (Bond Strength) ระหว่างอะตอมของโลหะ หรือของโลหะผสม โลหะที่มีค่าโมดูลัสของความเป็นอิลาสติกสูงจะแกร่ง ไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่างง่าย เช่น เหล็กกล้ามีค่าโมดูลัสของการยืดตัว 30 x 106 psi. (207 GPa) ในขณะที่โลหะอลูมิเนียมมีค่าต่ำกว่าประมาณ 10 - 11 x 106 psi (69 - 76 GPa) โปรดสังเกตว่า ในช่วงความยืดตัวของแผนภาพความเค้นและความเครียดค่าโมดูลัสจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความเค้นเพิ่มขึ้น

2.5.2 ความเค้นและความเครียด ณ จุดคราก (Stress And Strain At Yield)

ความเค้นและความเครียด ณ จุดคราก เป็นค่าความเค้นและความเครียดของวัสดุ ณ. จุดที่เปลี่ยนสมบัติจากอิลาสติกไปเป็นพลาสติก หรืออีกนัยหนึ่งหมายความว่าวัสดุนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง อย่างถาวรเมื่อความเค้นหรือความเครียดมีค่ามากกว่านี้ สำหรับวัสดุที่แสดงจุดครากอย่างชัดเจนเราจะ สังเกตได้จากที่กราฟมีค่าความชันเท่ากับศูนย์ ส่วนในกรณีที่วัสดุไม่แสดงจุดครากอย่างอย่างชัดเจนนั้น อาจกำหนดให้ใช้ 0.2% หรือ 0.1% ของ Plastic Strain ที่เกิดขึ้นในแผนภาพความเค้นและความเครียด เป็นค่ากำหนดในการหาจุดคราก

2.5.3 ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength)

ความต้านทานแรงดึงสูงสุด คือความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ พิจารณาจากความเค้นทางวิศวกรรม สูงสุดในแผนภาพความเค้นและความเครียดค่านี้ไม่ค่อยใช้มากในงานออกแบบทางวิศวกรรมก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพวกโลหะอ่อน (Ductile Alloy) เนื่องจากมีการการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรขึ้น อย่างมากก่อนถึงค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดนี้ ยังสามารถบ่งชี้ได้ว่าโลหะนั้นมีความสมบูรณ์หรือไม่ถ้าโลหะนั้นไม่สมบูรณ์ เช่น มีรูพรุน (Porosity) จะทำให้ค่า Strength ลดลง

2.5.3 เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation (%Strain))

เปอร์เซ็นต์การยืดตัว คือ ปริมาณ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงานตัวอย่างภายใต้แรงดึง เมื่อเทียบ กับระยะการวัด (Gage Length) ของชิ้นงานทดสอบ และยังเป็นค่าที่ใช้บอกถึงความอ่อน (Ductile) ของวัสดุ โดยทั่วไปโลหะยิ่งอ่อนยิ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดมากแสดงว่าโลหะนั้น เปลี่ยนรูปมาก สำหรับโลหะอลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่เป็นแผ่นหนา 0.062 นิ้ว (1.6 mm) จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัว สูง ถึง 35 % แต่ถ้าเป็นโลหะอลูมิเนียมผสม (ความแข็งแรงสูงกว่า) 7075-T6 ที่หนาเท่ากัน จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัว เพียง 11 % เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดที่ขาดมีความสำคัญทางด้านวิศวกรรมมาก เพราะนอกจากจะทำ ให้เราทราบว่าโลหะนั้นอ่อนเพียงใดแล้วยังจะเป็นดัชนีที่ชี้ให้ทราบว่าโลหะ นั้นมีคุณภาพอย่างไรอีกด้วย

2.6 การทดสอบการดูดน้ำ

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำหรือร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของวัสดุ โดยการทดสอบนี้จะนำชิ้นงาน ที่ต้องการมาชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบ และนำชิ้นงานที่ชั่งแล้วมาแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานที่แช่น้ำมาซับน้ำ แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ โดยสูตรในการคำนวณร้อยละการดูดน้ำคือ

$$\text{อัตราการดูดน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \qquad (2.1)$$

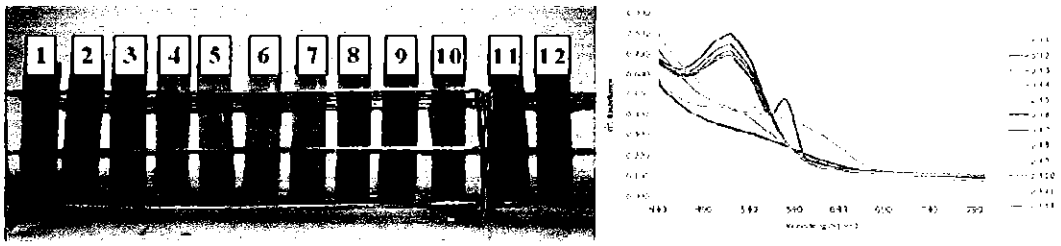
2.7 การทดสอบการละลายน้ำ

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดละลายน้ำหรือร้อยละน้ำหนักที่ลดลงของวัสดุ โดยการทดสอบนี้จะนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบการดูดน้ำมาทดสอบต่อ คือ นำมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้มาชั่งน้ำหนัก และนำมาคำนวณหาอัตราการละลายน้ำจากสูตร

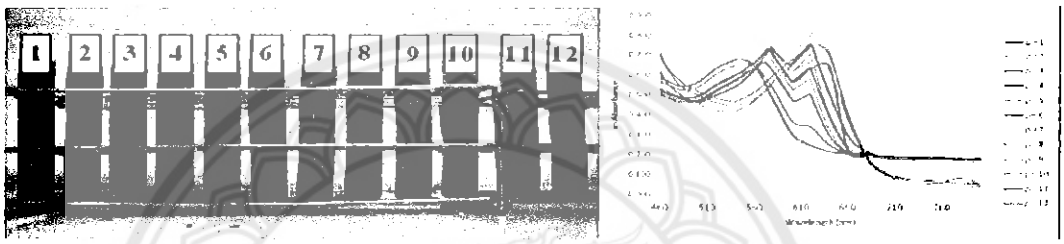
$$\text{อัตราการละลายน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งหลัง} - \text{น้ำหนักก่อน}}{\text{นักหนักแห้งก่อน}} \times 100 \qquad (2.2)$$

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรุษา เชาวนลิขิต, ศิโรรัตน์ อภิชยารักษ์, สรารัตน์ คงทอง และ สุชนา ชูประทุม [9] ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสี และความคงตัวของของสารสกัดอัญชัน และกระเจี๊ยบที่ช่วง pH 1–12 พบว่าสารแอนโธไซยานินในกระเจี๊ยบ และอัญชันมีผลต่อการลดความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคต่างๆ ได้ โดยความคงตัวของสารแอนโธไซยานินจะขึ้นอยู่กับ โครงสร้าง ความเข้มข้นของรงควัตถุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ เอนไซม์ ออกซิเจน Ascorbic Acid และพบว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้การสลายตัวของแอนโธไซยานินในน้ำผลไม้เพิ่มมากขึ้น ผลกระทบของ pH ต่อ สี และความยาวคลื่นของสารสกัดกระเจี๊ยบ และอัญชันเมื่อนำสารสกัดกระเจี๊ยบ และอัญชันมาปรับ pH ตั้งแต่ 1-12 พบว่า สารสกัดกระเจี๊ยบมีสีที่ปรากฏคือ สีแดง ที่ pH 1-3 และ pH 10-12 และมีสีน้ำตาลที่ pH 4-9 ในขณะที่ สารสกัดอัญชันให้สีหลายเฉดสี คือ สีแดงที่ pH 1–2 สีม่วง ที่ pH 3 - 6 และ 10-11 และมีสีเขียวที่ pH 7-9 และ 12 เมื่อนำสารสกัดทั้งหมดไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงพบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นสูงสุด และการดูดกลืนแสงของสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชันนั้นเปลี่ยนไป[11]



รูปที่ 2.7 แสดงช่วงการเปลี่ยนสีของกระเจี๊ยบที่ pH 1-12 [11]

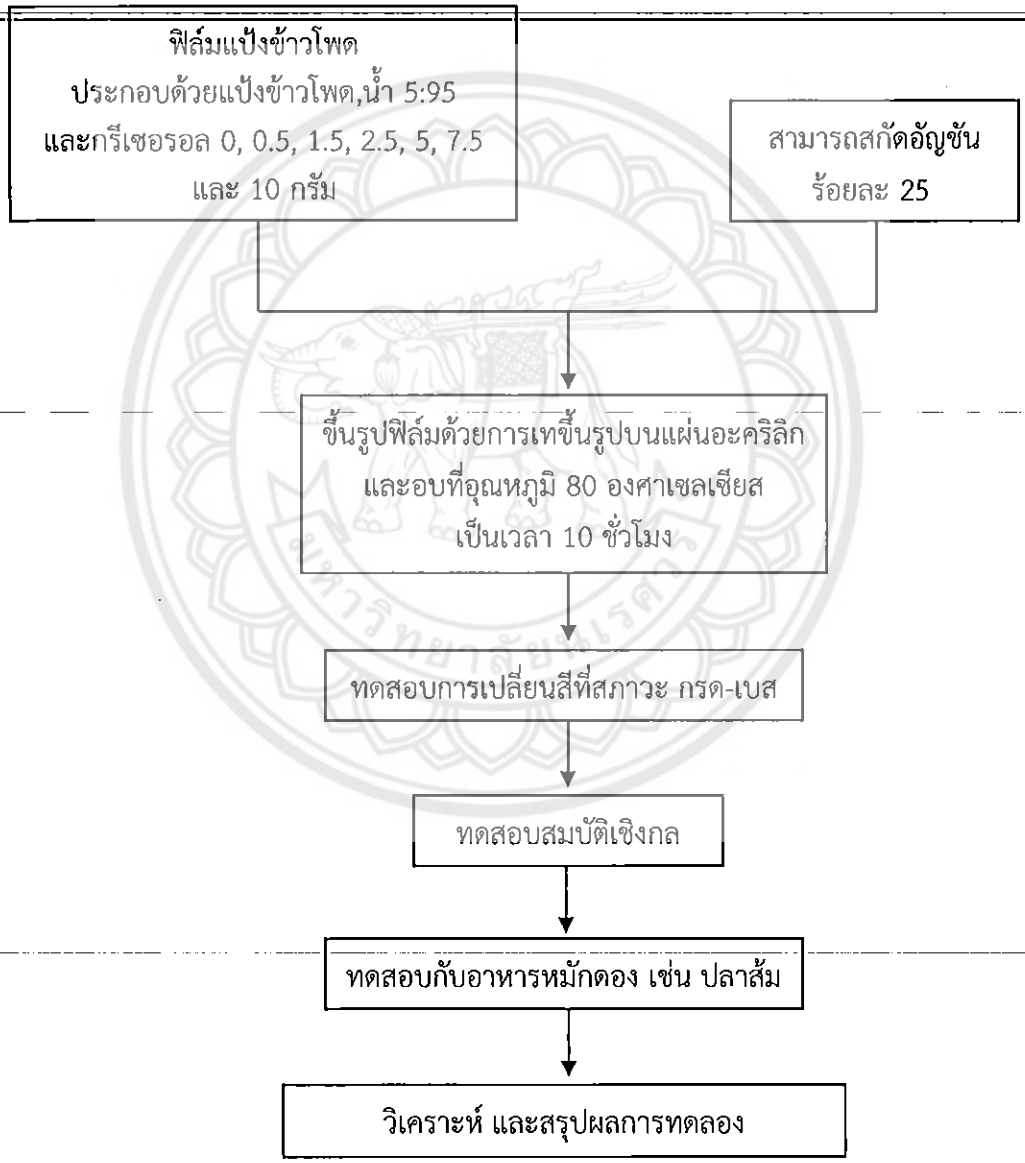


รูปที่ 2.8 แสดงช่วงการเปลี่ยนสีของดอกอัญชันที่ pH 1-12 [11]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

สำหรับวิธีการดำเนินงานวิจัยนี้ จะเป็นการกล่าวถึงขั้นตอน และวิธีวิจัยที่ใช้ในการทำโครงงาน วัสดุ อุปกรณ์ และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ขั้นตอน และวิธีวิจัยที่ใช้ในการทำโครงงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ และการทดสอบ

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1.1 อินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ (ดอกอัญชัน)

3.2.1.1 แป้งข้าวโพด

3.2.1.1 กลีเซอรอล

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.2.2.1 อุปกรณ์ในการเตรียมชิ้นงาน

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ในการเตรียมชิ้นงาน

สารเคมีที่ใช้	วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้
แป้งข้าวโพด	เครื่องปั่น
น้ำมันพืช	บีกเกอร์
กรีเซอรอล	เครื่องชั่ง
น้ำ	เตาไฟฟ้า
	เทอร์โมมิเตอร์
	ดอกอัญชัน
	ถาดอะคริลิก

3.2.2.2 สารเคมี

ก. สารละลายไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

ข. สารละลายไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์

ค. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

ง. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์

จ. สารสกัดอัญชัน 25 กรัม

ฉ. กลีเซอรอล

3.2.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ก. เตาอบ

ข. เครื่องทดสอบแรงดึง

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์ในธรรมชาติและศึกษากระบวนการขึ้นรูปฟิล์ม

3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์

3.3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง

ก. เตรียมอินดิเคเตอร์ในธรรมชาติ คือ ดอกอัญชัน

ข. น้ำ ใช้ในการสกัด

3.3.2.2 การเตรียมเครื่องผสม

ก. เตรียมเครื่องปั่นอินดิเคเตอร์(สารสกัดอัญชัน)

ข. เตรียมเตาไฟฟ้า

ค. เตรียมเครื่องชั่ง

3.3.3 ขั้นตอนการสกัดสารสกัดอัญชัน และขึ้นรูปฟิล์มแป้งข้าวโพด

3.3.3.1 การสกัดดอกอัญชันโดยใช้น้ำ (อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส)

ก. นำดอกอัญชันมาปั่นให้ละเอียด

ข. เตรียมน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ค. นำอัญชันที่ปั่นแล้วใส่ลงในน้ำเดือดสัดส่วนร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

ง. นำมากรองให้ได้สารสกัดน้ำอัญชัน

3.3.3.2 วิธีการเตรียมฟิล์มแป้งข้าวโพดผสมสารสกัดอัญชัน

ก. นำแป้งข้าวโพดผสมน้ำสัดส่วนร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนัก

ข. นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียสจนแป้งเริ่มเหนียวและมีสีขุ่น แล้วทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงที่ 40-50 องศาเซลเซียส

ค. นำกรีเซอรอล และ สารสกัดจากดอกอัญชันมาผสมให้เข้ากัน

ง. นำสารผสมที่ได้ไปขึ้นรูปด้วยวิธีการเทขึ้นรูปบนแผ่นอะคริลิก

จ. นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 10 ชั่วโมง

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ และสรุปผล

3.4.1 นำฟิล์มที่ได้จากการทดลองมาทดสอบการดูดน้ำ และการละลายน้ำ

3.4.1.1 การทดสอบการดูดน้ำ

อ้างอิงจากสมการที่ 2.1 สูตร $\frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$

3.4.1.2 การทดสอบการละลายน้ำ

อ้างอิงจากสมการที่ 2.2 สูตร $\frac{\text{น้ำหนักแห้งหลัง} - \text{น้ำหนักก่อน}}{\text{นักหนักแห้งก่อน}} \times 100$

3.4.2 นำฟิล์มมาทดสอบสมบัติด้วยการทดสอบแรงดึง

3.4.3 นำฟิล์มมาทดสอบการเปลี่ยนสีกับกรด-เบส

3.4.4 นำฟิล์มมาทดสอบกับอาหาร

3.4.5 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 4
ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การขึ้นรูปฟิล์มแป้งข้าวโพด

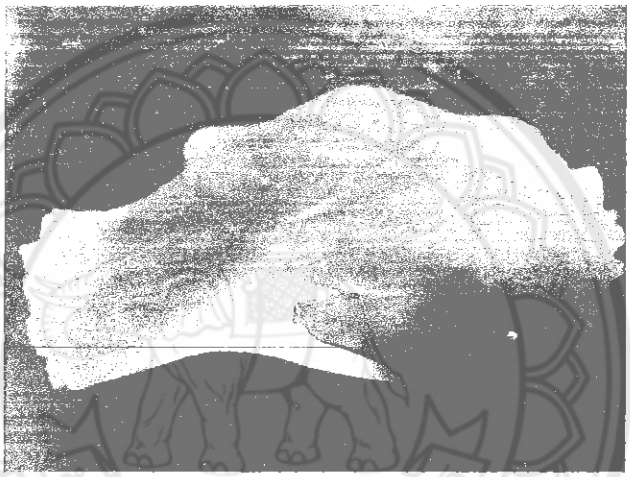
จากการทดลองขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้สูตรต่างๆดังตารางที่ 4.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของกลีเซอรอลที่มีต่อแป้งข้าวโพดหลังจากผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วน 0 กรัม และ 0.5 กรัมพบว่า ฟิล์มมีลักษณะแห้ง กรอบ บาง และแตกออกจากแผ่นอะคริลิก หลังจากผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วน 1.5 กรัม และ 2.5 กรัมพบว่าชิ้นงานเริ่มเกาะตัวกันเป็นแผ่นมากขึ้น หนาขึ้น แต่ยังคงกรอบ และแตกอยู่ ไม่สามารถนำมาทดสอบแรงดึงได้ หลังจากผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วน 5 กรัม พบว่าฟิล์มมีลักษณะเหนียว หนา สามารถนำไปทดสอบแรงดึงได้ สามารถลอกออกมาเป็นแผ่นได้ มีการเกาะตัวกันที่ดี หลังจากผสมกลีเซอรอลที่ 7.5 กรัม และ 10 กรัม พบว่าฟิล์มลักษณะเหนียว และ ไม่สามารถลอกออกมาเป็นแผ่นได้ ดังนั้นจากการทดลองพบว่ากลีเซอรอลมีผลต่อการขึ้นรูปฟิล์ม เมื่อใส่กลีเซอรอลจะทำให้ฟิล์มสามารถเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้มากขึ้น และหากใส่กลีเซอรอลในปริมาณที่มากเกินจะทำให้ฟิล์มมีลักษณะเละเหนียว ไม่เป็นแผ่น

ตารางที่ 4.1 สูตรของส่วนผสมต่างๆสำหรับขึ้นรูปฟิล์มแป้งข้าวโพด

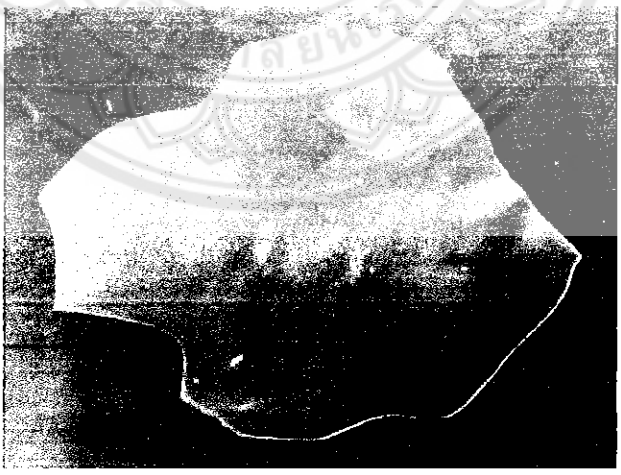
ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7
แป้งข้าวโพด	5 g	5 g	5 g	5 g	5 g	5 g	5 g
น้ำ	95 g	95 g	95 g	95 g	95 g	95 g	95 g
กลีเซอรอล	0 g	0.5 g	1.5 g	2.5 g	5 g	7.5 g	10 g

จากผลการทดลองพบว่าสูตรที่ดีที่สุดสำหรับฟิล์มแป้งข้าวโพดคือสูตรที่ 5 มีอัตราส่วน แป้งข้าวโพด 5 กรัม น้ำ 95 กรัม และกลีเซอรอล 5 กรัม เมื่อนำมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 23 ชั่วโมง พบว่า ชิ้นงานมีลักษณะเหนียว หนา สามารถนำไปทดสอบแรงดึงได้ สามารถลอกออกมาเป็นแผ่นได้ มีการเกาะตัวกันที่ดี จึงเหมาะสำหรับนำไปทำเป็นฟิล์มอินดิเคเตอร์ โดยฟิล์มที่ได้จากการทดลองมีลักษณะดังต่อไปนี้

ก)



ข)

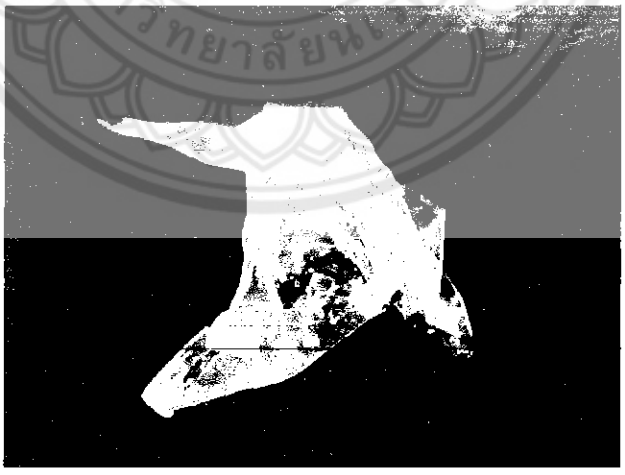


ค)

รูปที่ 4.1 ลักษณะของฟิล์มที่เตรียมได้
ก) ลักษณะฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอล 0 กรัม
ข) ลักษณะฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอล 0.5 กรัม
ค) ลักษณะฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอล 1.5 กรัม

ง)

จ)



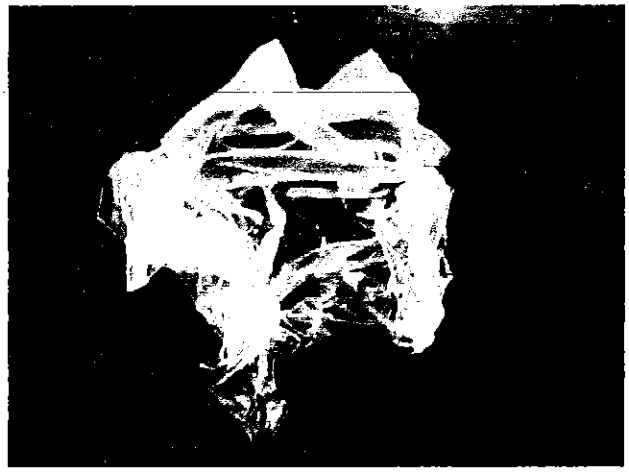
ฉ)

รูปที่ 4.1 (ต่อ) ลักษณะฟิล์มที่เตรียมได้

ง) ลักษณะฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอล 2.5 กรัม

จ) ลักษณะฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอล 5 กรัม

ฉ) ลักษณะฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอล 7.5 กรัม



ช)

รูปที่ 4.1 ต่อ ลักษณะฟิล์มที่เตรียมได้
ช) ลักษณะฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอล 10 กรัม

4.2 การขึ้นรูปฟิล์มอินดิเคเตอร์

รูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อลดปริมาณน้ำในสูตรที่ 5 ลง 10 กรัม และใส่สารสกัดอัญชัน 10 กรัม เพื่อให้ปริมาณส่วนผสมของน้ำเท่าเดิม ทำให้ได้ฟิล์มอินดิเคเตอร์ที่มีลักษณะหนา มีสีน้ำเงินทั่วแผ่นฟิล์ม สามารถลอกออกมาเป็นแผ่นได้ มีความเหนียว มี pH เท่ากับ 7

รูปที่ 4.8 ฟิล์มอินดิเคเตอร์ที่เตรียมได้

4.3 การทดสอบการเปลี่ยนสีที่สภาวะกรด-เบส

จากการทดลองจะทดสอบโดยการเปรียบเทียบระหว่าง สารสกัดอัญชันในรูปของเหลวกับในรูปของฟิล์ม โดยทดสอบกับสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 4, 7 และ 10 พบว่า ที่ pH 4 ฟิล์มมีการเปลี่ยนสีเป็นสีม่วง ที่ pH 7 ฟิล์มไม่มีการเปลี่ยนสี และที่ pH 10 ฟิล์มมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวแก่ ซึ่งสารละลายบัฟเฟอร์มีสี ดังนั้นจึงเตรียมสารละลายกรด-เบสที่มีสีใส เพื่อทดสอบว่าฟิล์มสามารถเปลี่ยนสีได้จริง โดยไม่ได้เกิดจากสีของสารละลายบัฟเฟอร์ และเมื่อทดสอบกับกรด HCl ความเข้มข้น 0.1 โม

ลาร์ และ HCl ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ เบส NaOH ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ และ NaOH ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จากการทดลองพบว่า เมื่อหยดสารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (pH = 1) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีชมพู หยดด้วย HCl ความเข้มข้น 0.01 (pH = 4) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีม่วง หยดด้วยสารละลายเบส NaOH ความเข้มข้น 0.01 (pH = 10) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีเขียว หยดด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.1 (pH = 11) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน ดังนั้น เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนสีในสภาวะกรด-เบสของสารละลาย HCl และ NaOH พบว่าลักษณะการเปลี่ยนสีมีความใกล้เคียงกัน

HCl 0.1 M pH = 1 | HCl 0.01 M pH = 4 | H_2O pH = 7 | NaOH 0.01 M pH = 10 | NaOH 0.1 M pH = 11

รูปที่ 4.9 ลักษณะการเปลี่ยนสีของอัญชันในรูปฟิล์มและสารสกัดอัญชัน

4.4 การทดสอบทางกายภาพ

เป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบว่าฟิล์มสามารถใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงหรือต่ำได้ ผลการทดลองเป็นดังนี้

4.4.1 การทดสอบการดูดน้ำ

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักก่อนและหลังทดสอบการดูดน้ำ

น้ำหนักก่อนทดสอบ	น้ำหนักหลังทดสอบ	อัตราการดูดน้ำ(ร้อยละ)
0.037	0.068	83
0.041	0.073	78
0.07	0.109	55
เฉลี่ย		72
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		14.83

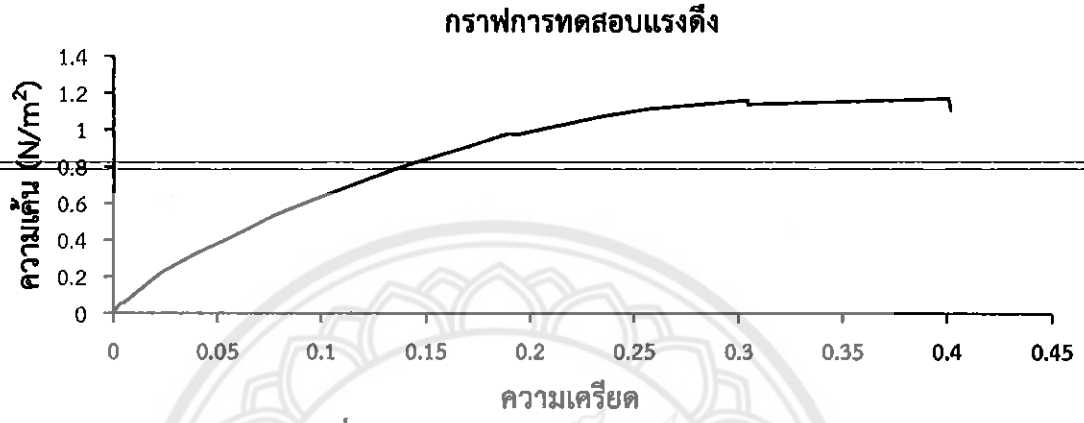
4.4.2 การทดสอบการละลายน้ำ

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักก่อนและหลังทดสอบการละลายน้ำ

น้ำหนักก่อนทดสอบ	น้ำหนักหลังทดสอบ	อัตราการละลายน้ำ(ร้อยละ)
0.037	0.026	29
0.041	0.024	41
0.07	0.037	47
เฉลี่ย		39
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		8.8

4.4.3 การทดสอบแรงดึง

ทดสอบโดยนำฟิล์มแป้งข้าวโพดมาตัดให้ได้ความยาว 40 มิลลิเมตร Load ในการทดสอบ 100 นิวตัน ความเร็วในการดึง 1 มิลลิเมตรต่อนาที จากนั้นทำการทดสอบแรงดึงได้ผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.1 จุดสูงสุดของกราฟคือค่าความเค้นดึงสูงสุด (Tensile Strength) เท่ากับ 1.17 N/m^2 และมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation) เท่ากับ 0.4 พบว่าฟิล์มมีความแข็งแรงเมื่อได้รับแรงดึง



รูปที่ 4.10 การทดสอบแรงดึงของฟิล์มแป้งข้าวโพด

4.5 การทดสอบกับอาหารหมักดอง

จากการทดลองนำฟิล์มที่ได้ไปทดสอบกับอาหารหมักดอง เช่น ปลาส้ม พบว่าเมื่อนำกระดาษลิตมัสมาทดสอบค่า pH กับน้ำปลาส้มทำให้กระดาษลิตมัสเปลี่ยนเป็นสีส้มแสดงถึงค่า pH เท่ากับ 4 (รูปด้านซ้าย) และเมื่อนำของเหลวจากปลาส้มมาหยดลงบนฟิล์มแป้งเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มอินดิเคเตอร์ ที่ไม่ผ่านการหยดของเหลวจากปลาส้ม ก็เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูแสดงถึงค่า pH ที่เท่ากับ 4 ตรงตามที่ทดลอง (รูปด้านขวา) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นสติ๊กเกอร์บอกความสดใหม่หรือค่า pH ของอาหารโดยดูจากค่าการเปลี่ยนสี

รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนสีของฟิล์มเมื่อทดสอบกับปลาส้ม

1724849
สำนักหอสมุด
7 ก.พ. 2561

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทสรุปและข้อเสนอแนะนี้จะกล่าวถึงข้อสรุปของโครงการที่ได้ทดลองชิ้นงานตามอัตราส่วนผสมต่างๆ อีกทั้งรวบรวมข้อมูลเสนอแนะ การพัฒนา ปัญหาที่พบ แนวทางการแก้ไข ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

5.1 บทสรุปของโครงงาน

5.1.1 การเตรียมฟิล์มแป้งข้าวโพด

จากการทดลองขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้สูตรต่างๆ จากตาราง 4.1 พบว่า สูตรที่ 5 ที่มีส่วนผสมแป้งข้าวโพด 5 กรัม น้ำ 95 กรัม และกลีเซอรอล 5 กรัม เป็นสูตรที่ดีที่สุด โดยให้ชิ้นงานที่มีลักษณะเหนียว หนา สามารถนำไปทดสอบแรงดึงได้ สามารถลอกออกมาเป็นแผ่นได้ ฟิล์มมีการเกาะตัวกันที่ดี จึงเหมาะสำหรับนำไปทำเป็นฟิล์มอินดิเคเตอร์

5.1.2 การเตรียมฟิล์มแป้งข้าวโพดผสมสารสกัดดอกอัญชัน

เมื่อลดปริมาณน้ำในสูตรที่ 5 ลง 10 กรัม และใส่สารสกัดอัญชันแทน 10 กรัม ทำให้ได้ฟิล์มอินดิเคเตอร์ที่มีลักษณะเหนียว มีสีน้ำเงินทั่วแผ่นฟิล์ม สามารถลอกออกมาเป็นแผ่นได้ มีความเหนียว

5.1.3 การเปลี่ยนสีของสารสกัดดอกอัญชันในรูปของฟิล์มในสภาวะกรด-เบส

จากการทดลองพบว่า เมื่อหยดสารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (pH = 1) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีชมพู หยดด้วย HCl ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ (pH = 4) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีม่วง หยดด้วยสารละลายเบส NaOH ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ (pH = 10) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม หยดด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (pH = 11) ฟิล์มมีสีเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน

5.1.4 การทดสอบทางกายภาพ

5.1.4.1 การทดสอบแรงดึง

ทดสอบโดยนำฟิล์มแป้งข้าวโพดมาตัดให้ได้ความยาว 40 มิลลิเมตร จากนั้นทำการทดสอบแรงดึง พบว่ามีค่าความเค้นดึงสูงสุด เท่ากับ 1.17 N/m^2 และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว เท่ากับ 0.4

5.1.4.2 การทดสอบการดูดน้ำ

จากการทดสอบการดูดน้ำ พบว่าฟิล์มแป้งข้าวโพดมีอัตราการดูดน้ำร้อยละ 72.5 ± 14.83 ซึ่งหมายความว่าเมื่อใช้งานกับสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงจะมีอัตราการดูดน้ำเฉลี่ยร้อยละ 72.5

5.1.4.3 การทดสอบการละลายน้ำ

จากการทดสอบการละลายน้ำ พบว่าฟิล์มแป้งข้าวโพดมีอัตราการละลายน้ำร้อยละ 39.2 ± 8.8 ซึ่งหมายความว่าเมื่อใช้งานกับสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นต่ำจะมีอัตราการละลายน้ำเฉลี่ยร้อยละ 39.2

5.2 ข้อเสนอแนะและการพัฒนา

5.2.1 อาจทำการศึกษาฟิล์มแป้งที่ส่วนผสมต่างๆ และปริมาณของกลีเซอรอลที่ส่งผลต่อแป้งข้าวโพด ในปริมาณต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียในแต่ละสูตร เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุง

5.2.2 อาจทำการขึ้นรูปฟิล์มอินดิเคเตอร์ด้วยอุปกรณ์หรือเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มโดยเฉพาะ เพื่อเป็นการลดความคลาดเคลื่อนที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะฟิล์มจากการทดลอง

5.2.3 ทำการทดสอบฟิล์มที่สภาวะกรด-เบสทุก pH และสร้างแถบสีในการเปรียบเทียบ เมื่อนำไปใช้งานจริง

5.3 ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

5.3.1 จากการขึ้นรูปฟิล์มนั้นมีความคลาดเคลื่อน เพราะมีความหนา-บางไม่เท่ากัน เนื่องจากขึ้นรูปฟิล์มด้วยมือเปล่า ในการทดลอง ดังนั้น ควรมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มโดยเฉพาะ

5.3.2 ในกระบวนการทดลอง เตาไฟฟ้ามีความไม่แน่นอน ควบคุมอุณหภูมิได้ยาก ดังนั้นควรมีเตาไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

5.3.3 กระบวนการเตรียมวัสดุ จำเป็นต้องมีเครื่องมือเพิ่มมากขึ้น เพื่อสะดวกต่อการเตรียมวัสดุในกระบวนการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] ดุษฎี อุตภาพ. (2543). เคมีและสมบัติของแป้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2558, จากhttp://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter2.html

[2] ดุษฎี อุตภาพ. (2543). เคมีและสมบัติของแป้ง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2558, จาก http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter2.html

[3] ดุษฎี อุตภาพ. (2543). เคมีและสมบัติของแป้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2558, จาก http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/Chapter2_4.html

[4] H2O Hydro Garden. (2550). กลีเซอรีนบริสุทธิ์คืออะไร มีประโยชน์อย่างไร. Obooncare. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2558, จาก http://www.obooncare.com/article-detail.php?id=2&

[5] ถนัด ศรีบุญเรือง และคณะวิทยาศาสตร์. (2554) อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

[6] นิภาภรณ์ จันทะโยธา. อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[7] Writer. (27 พฤษภาคม 2557). ดอกอัญชันริมรั้ว...กินอร่อยและช่วยป้องกันโรคภัย. Decembertownดอทคอม. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2558, จาก http://decembertown.com/ดอกอัญชัน

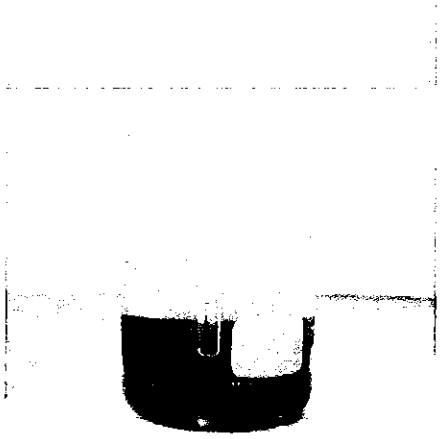
[8] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2556). Anthocyanin/แอนโทไซยานิน. Food Network Solution. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2558, จาก www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin-แอนโทไซยานิน

[9] บริษัท สหวิทยาสตีลอินดัสตรี จำกัด(มหาชน). (27 เมษายน 2556). การทดสอบแรงดึง. ssi-steel. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2559, จาก http://www.ssi-steel.com/index.php/about-ssi/product-process/service-center/beneficialinformation/Metallurgical-aspect-of-hot-rolled-steel/mechanical-properties-of-hot-rolled-steel/testing-of-mechanical-properties/tensile-test

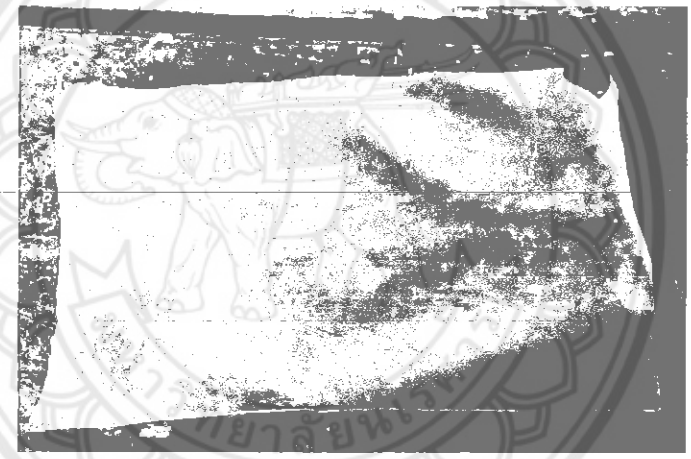
[10] แม้น อมรสิทธิ์ ,ขจรศักดิ ศิริมัย. โลหะวิทยาในงานอุตสาหกรรม. วัสดุวิศวกรรม.

[11] อรุษา เชาวนลิขิต ,ศิโรรัตน์ อภิชยารักษ์, สรารัตน์ คงทอง และ สุชนา ชูประทุม. 5 สิงหาคม, 2552. ผลกระทบของ pH และอุณหภูมิ ต่อสีและความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

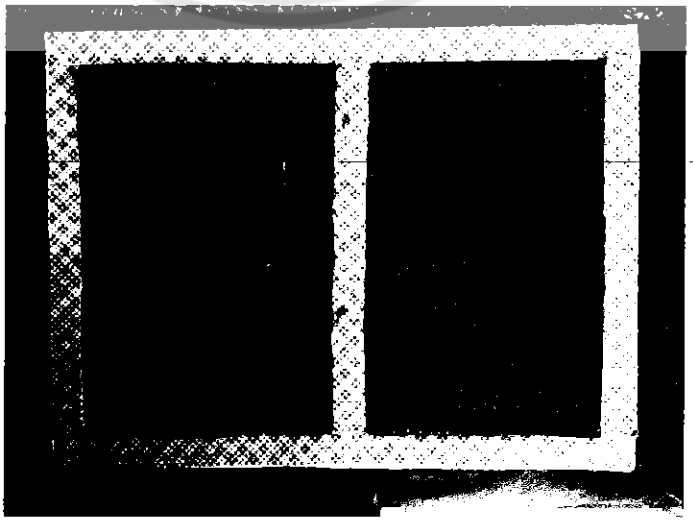
ภาคผนวก ก
อุปกรณ์และขั้นตอนการดำเนินงาน



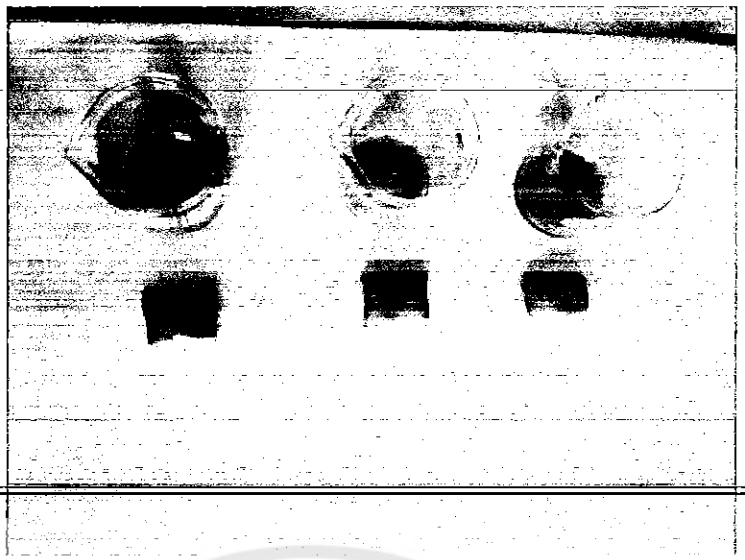
รูปที่ ก.1 สารสกัดอัญชัญผสมแป้งข้าวโพด



รูปที่ ก.2 ฟิล์มแป้งข้าวโพดที่ส่วนผสมแป้งข้าวโพด 5 กรัม น้ำ 95 กรัม และกลี**เซอรอล 5 กรัม**



รูปที่ ก.3 การขึ้นรูปฟิล์มอินดิเคเตอร์



รูปที่ ก.4 ทดสอบการเปลี่ยนสีกับสารละลายบัฟเฟอร์ที่สภาวะ pH 4, 7 และ 10 ตามลำดับ

รูปที่ ก.5 ทดสอบการเปลี่ยนสีที่สารละลาย HCl และ NaOH pH 1, 4, 10 และ 11 ตามลำดับ