สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเตรียมวัสดุดูดซับน้ำยิ่งยวดจากแป้งมันสำปะหลังผสมวุ้นแมงลัก โดยใช้ N,N-Methylenebisacrylamide เป็นสารก่อพันธะเชื่อมโยง

PREPARATION OF SUPERABSORBENT MATERIAL FROM CASSAVA STARCH/MUCILAGE GEL OF OCIMUM AMERICANUM BY USING N,N-METHYLENEBISACRYLAMIDE AS CROSSLINKER

T117190

จันทนา สุภูโต
รัตติกาล สวนทรัพย์
อำไพ เจษฎาทัศน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลงทะเบียน 117190
วัน,เดือน,ปี 19 ก.ค. 2554

b 12341927
i

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเคมีอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PREPARATION OF SUPERABSORBENT MATERIAL FROM CASSAVA STARCH/MUCILAGE GEL OF OCIMUM AMERICANUM BY USING N,N-METHYLENEBISACRYLAMIDE AS CROSSLINKER

MISS JUNTANA SUPOOTO

MISS RATTIKAN SUANSAP

MISS AUMPAI JEDSADATUD

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN INDUSTRIAL CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเตรียมวัสดุดูดซับน้ำยิ่งยวดจากแป้งมันสำปะหลังผสมวุ้นแมงลักโดยใช้ N,N-Methylenebisacrylamide เป็นสารก่อพันธะเชื่อมโยง Preparation of Superabsorbent Material from Cassava Starch/Mucilage gel of Ocimum americanum by using N,N-Methylenebisacrylamide as crosslinker
ชื่อนักศึกษา	นางสาว จันทนา สุภูโต นางสาว รัตติกาล สวนทรัพย์ นางสาว อำไพ เจษฎาทัศน์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย	
รศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร	
รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเตรียมวัสดุดูดซับน้ำยิ่งยวดจากแป้งมันสำปะหลังผสมวุ้นแมงลักโดยใช้ N,N-Methylenebisacrylamide เป็นสารก่อพันธะเชื่อมโยง
ชื่อนักศึกษา	นางสาว จันทนา สุภูโต
	นางสาว รัตติกาล สวนทรัพย์
	นางสาว อำไพ เจษฎาทัศน์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลจากแป้งมันสำปะหลังผสมวุ้นแมงลัก โดยใช้ N,N-Methylenebisacrylamide เป็นสารเชื่อมโยง และAmmonium persulfate เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา ศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก ผลของปริมาณ NaOH และผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ผลการทดลองพบว่า ฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่มีอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง:แมงลักเป็น 3:7 สารเชื่อมโยง N,N-Methylenebisacrylamide 0.095 กรัม และตัวริเริ่มปฏิกิริยา Ammonium persulfate 0.095 กรัม ให้ฟิล์มไฮโดรเจลผสมที่มีสมบัติเหมาะกับการนำไปใช้งาน กล่าวคือ ดูดซับน้ำได้ดี และหลังการแช่น้ำฟิล์มไฮโดรเจลยังคงรูปเป็นแผ่นได้ ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR พบว่า ช่วงเลขคลื่นที่ 3390-3417 cm^{-1} ลักษณะของพีคกว้างขึ้น ซึ่งเกิดจาก O-H stretching ของแป้งและแมงลักมารวมกัน และช่วงเลขคลื่นที่ 1650-1652 cm^{-1} พบหมู่ฟังก์ชัน C=O ของทั้งแป้งและแมงลัก นอกจากนี้ยังพบเลขคลื่นที่ 1739 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึง C=O และเลขคลื่น 1555 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึง N-H bending ที่มาจากสารเชื่อมโยง N,N-Methylenebisacrylamide ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด พบว่า ฟิล์มไฮโดรเจลมีค่าความแข็งแรงดึง และค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดที่เหมาะสม และจากผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA พบว่า อุณหภูมิประมาณ 780 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิการสลายตัวของแป้งและแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับทั้งสองข้างของสารเชื่อมโยง N,N-Methylenebisacrylamide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Preparation of Superabsorbent Material from Cassava Starch/Mucilage gel of Ocimum americanum by using N,N-Methylenebisacrylamide as crosslinker
Student	Miss Juntana Supooto
	Miss Rattikan Suansap
	Miss Aumpai Jedsadatud
Degree	Bachelor of Science
Major	Industrial Chemistry
Academic Year	2010
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Malinee Chaisupakitsin

ABSTRACT

This research preparation of superabsorbent material from cassava starch/mucilage gel of Ocimum americanum by using N,N-Methylenebisacrylamide as crosslinker and Ammonium persulfate as initiator. The ratio of cassava starch:mucilage gel of Ocimum americanum, NaOH and crosslinker N,N-Methylenebisacrylamide were studied.

The experimental results found that cassava starch:mucilage gel 3:7, 0.095 g. of N,N-Methylenebisacrylamide and 0.095 g. of Ammonium persulfate provided the good properties hydrogel. This type of hydrogel showed high %swelling. After immersion in water, the hydrogel showed stable shape.

FTIR result showed broad spectrum of OH stretching at wavenumber 3390-3417 cm^{-1} of cassava starch and mucilage gel, C=O stretching at wavenumber 1650-1652 cm^{-1} of cassava starch and mucilage gel. Moreover it was found that at wavenumber 1739 cm^{-1} showed C=O stretching and 1555 cm^{-1} showed N-H bending of MBA. From universal testing machine, it was found that tensile strength and %elongation at break is appropriate. TGA analysis found that at 780 ºC should be the decomposition temperature of cassava starch and mucilage gel of Ocimum americanum with N,N-Methylenebisacrylamide.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานพิเศษนี้ จะสำเร็จลุล่วงมิได้หากขาดความช่วยเหลือ ความร่วมมือ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่คณะผู้จัดทำ จากบุคคลและองค์กรต่างๆ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษเป็นอย่างสูงที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และคำสั่งสอนต่างๆในการจัดทำโครงงานพิเศษครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร และรศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย ที่กรุณาเป็นกรรมการตรวจสอบ ตลอดจนให้คำแนะนำ และตรวจทานแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นกำลังใจในการดำเนินงานครั้งนี้

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ เจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการห้องคอมพิวเตอร์และแม่บ้าน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

จันทนา สุภูโต
รัตติกาล สวนทรัพย์
อำไพ เจษฎาทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูปภาพ	XI
บทที่ 1 บทนำ	**1-3**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	**4-39**
2.1 ไฮโดรเจล	4
2.2 แมงลัก	9
2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	9
2.2.2 สรรพคุณในตำราไทย	11
2.2.3 ตำรับยากลางบ้าน	12
2.2.4 การศึกษาทางเคมี	13
2.2.5 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	15
2.2.6 สารเมือก	16
2.3 แป้ง	19
2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง	19
2.3.2 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 การเกิดเป็นเจลของแป้ง	22
2.3.4 การย่อยสลายด้วยเอนไซม์	24
2.3.5 การนำแป้งไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ	24
2.4 แป้งมันสำปะหลัง	25
2.4.1 องค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลัง	26
2.4.2 ลักษณะโดยทั่วไปของแป้งมันสำปะหลัง	26
2.4.3 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง	27
2.4.4 ประโยชน์ของมันสำปะหลังแยกตามส่วนต่างๆ	28
2.4.5 การใช้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปต่างๆ	29
2.4.6 การใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบประกอบในอุตสาหกรรมอื่น	30
2.4.7 ผลิตภัณฑ์ใหม่จากแป้งมันสำปะหลัง	30
2.5 N,N-Methylenebisacrylamide (MBA)	32
2.6 Ammonium persulfate (APS)	33
2.7 กลีเซอรอล (Glycerol)	34
2.8 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน	**40-51**
3.1 สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้	40
3.1.1 สารเคมี	40
3.1.2 เครื่องมือ	41
3.1.3 อุปกรณ์	41
3.2 วิธีการทดลอง	42
3.2.1 เตรียมผงสารเมือกแห้งจากเม็ดแมงลัก	42
3.2.2 เตรียมสารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลัง	43
3.2.3 เตรียมสารละลาย 5%โซเดียมไฮดรอกไซด์	44
3.2.4 เตรียมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.5 การเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก	46
ตอนที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนของสารละลายแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล	47
ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ NaOHที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล	48
ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล	49
3.3 การทดสอบสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจล	50
3.3.1 การวิเคราะห์หาโครงสร้างทางเคมีโดยใช้เทคนิควิเคราะห์สารด้วยเครื่อง FT-IR	50
3.3.2 การทดสอบสมบัติการบวมน้ำ	50
3.3.3 การหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล	50
3.3.4 การทดสอบสมบัติเชิงกล	51
3.3.5 การทดสอบสมบัติทางความร้อน	51
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**52-87**
ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล	52-71
4.1 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล	52
4.2 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นด้วยเทคนิค FT-IR	54
4.2.1 N,N-Methylenebisacrylamide (MBA)	54
4.2.2 ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	55
4.2.3 ฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	56
4.2.4 ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	57
4.2.5 ฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	58
4.2.6 ฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ	61
4.3.1 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (%Swelling)	61
4.3.2 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content)	64
4.4 ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล	65
4.5 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล	66
4.6 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA	67
4.6.1 ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	67
4.6.2 ฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	68
4.6.3 ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	69
4.6.4 ฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	70
4.6.5 ฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ	71
ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล	72-79
4.7 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล	72
4.8 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นด้วยเทคนิค FT-IR	73
4.9 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ	74
4.9.1 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (%Swelling)	74
4.9.2 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content)	76
4.10 ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล	77
4.11 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล	78
4.12 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล	80-87
4.13 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล	80
4.14 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นด้วยเทคนิค FT-IR	81
4.15 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ	82
4.15.1 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (%Swelling)	82
4.15.2 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content)	84
4.16 ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล	85
4.17 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล	86
4.18 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA	87
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	**88-113**
สรุปผลการทดลอง	88
ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารอ้างอิง	92
ภาคผนวก	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	สารอาหารในใบแมงลัก 100 กรัม	11
ตารางที่ 2.2	องค์ประกอบทางเคมีของสารเมือกแมงลัก	18
ตารางที่ 2.3	องค์ประกอบต่างๆในมันสำปะหลัง	26
ตารางที่ 3.1	รายละเอียดของสารเคมี	40
ตารางที่ 3.2	สรุปสูตรที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจล	46
ตารางที่ 3.3	อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 1-8	47
ตารางที่ 3.4	การเตรียมสารละลาย 5%M ที่ปริมาณ NaOH ต่างๆ	48
ตารางที่ 3.5	อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 6, 9, 10	48
ตารางที่ 3.6	อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 6, 11, 12	49
ตารางที่ 4.1	ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆ	53
ตารางที่ 4.2	เลขคลื่นที่แสดงหมู่ฟังก์ชันของแป้ง วุ้นแมงลักและสารก่อพันธะเชื่อมโยง (MBA)	60
ตารางที่ 4.3	ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำ โดยศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล	61
ตารางที่ 4.4	อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ	71
ตารางที่ 4.5	ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆ	72
ตารางที่ 4.6	ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำ	74
ตารางที่ 4.7	อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณ NaOH แตกต่างกัน	79
ตารางที่ 4.8	ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆ	80
ตารางที่ 4.9	ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำ	82
ตารางที่ 4.10	อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณ MBA ที่แตกต่างกัน	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 5.1	สมบัติต่างๆของฟิล์มไฮโดรเจล	88
ตารางที่ B-1	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังแช่น้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 1-8	100
ตารางที่ B-2	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังแช่น้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 9 และ10	101
ตารางที่ B-3	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังแช่น้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 11 และ12	101
ตารางที่ B-4	ผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 1-8	102
ตารางที่ B-5	ผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 9 และ10	103
ตารางที่ B-6	ผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 11 และ12	103
ตารางที่ C-1	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังอบของฟิล์มไฮโดรเจล เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล สูตรที่ 1-8	105
ตารางที่ C-2	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังอบของฟิล์มไฮโดรเจล เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล สูตรที่ 6, 9, 10	106
ตารางที่ C-3	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังอบของฟิล์มไฮโดรเจล เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล สูตรที่ 6, 11, 12	106
ตารางที่ D-1	ค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของสูตรที่ 1-8	108
ตารางที่ D-2	ค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของ สูตรที่ 6, 9 และ10	109
ตารางที่ D-3	ค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของ สูตรที่ 6, 11 และ12	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	โครงสร้างและการบวมตัวของไฮโดรเจล	5
รูปที่ 2.2	ลักษณะของน้ำที่อยู่ในไฮโดรเจล	6
รูปที่ 2.3	อัตราการแพร่ผ่านจากผิวหนังเข้าไปในไฮโดรเจลของสีย้อม methyl red ที่อยู่ในรูปผงแป้ง	8
รูปที่ 2.4	ต้นแมงลัก	9
รูปที่ 2.5	โครงสร้างของ Glucuronic acid	17
รูปที่ 2.6	โครงสร้างของ Galacturonic acid	17
รูปที่ 2.7	สูตรโครงสร้างของอะไมโลส	20
รูปที่ 2.8	การจัดตัวในรูป helical structure ของอะไมโลส	20
รูปที่ 2.9	ปรากฏการณ์รีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) ของอะไมโลส	21
รูปที่ 2.10	สูตรโครงสร้างของอะไมโลเพกติน	21
รูปที่ 2.11	หัวมันสำปะหลัง	25
รูปที่ 2.12	โครงสร้างของ N,N-Methylenebisacrylamide	32
รูปที่ 2.13	โครงสร้างของ Ammonium persulfate	33
รูปที่ 2.14	โครงสร้างของกลีเซอรอล	34
รูปที่ 2.15	ปฏิกิริยา Saponification	35
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการเตรียมผงสารเมือกแห้งจากเม็ดแมงลัก	42
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลัง	43
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย 5%โซเดียมไฮดรอกไซด์	44
รูปที่ 3.4	ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก	45
รูปที่ 4.1	IRสเปกตรัมของ N,N-Methylenebisacrylamide	54
รูปที่ 4.2	IRสเปกตรัมของฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	55
รูปที่ 4.3	IRสเปกตรัมของฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	56
รูปที่ 4.4	IRสเปกตรัมของฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	57
รูปที่ 4.5	IRสเปกตรัมของฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.6	IRสเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ	59
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับ เวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 2 และ 8	62
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับ เวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 2-8	63
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Equilibrium water content กับ Mucilage solution content	64
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Gel fraction กับ Mucilage solution content (g)	65
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงค่า Tensile strength และ %Elongation at break ของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ	66
รูปที่ 4.12	อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	67
รูปที่ 4.13	อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	68
รูปที่ 4.14	อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	69
รูปที่ 4.15	อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง	70
รูปที่ 4.16	IRสเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลที่มีปริมาณ NaOH แตกต่างกัน	73
รูปที่ 4.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับ เวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 6 สูตร 9 และสูตร 10	75
รูปที่ 4.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Equilibrium water content กับ 5%NaOH content	76
รูปที่ 4.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Gel fraction กับ 5%NaOH content	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.20	กราฟแสดงค่า Tensile strength และ %Elongation at break ของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณ NaOH แตกต่างกัน	78
รูปที่ 4.21	IRสเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลที่มีปริมาณ MBA แตกต่างกัน	81
รูปที่ 4.22	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับเวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจล สูตร 6 สูตร 11 และสูตร 12	83
รูปที่ 4.23	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Equilibrium water content กับ MBA content (g)	84
รูปที่ 4.24	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Gel fraction กับ MBA content	85
รูปที่ 4.25	กราฟแสดงค่า Tensile strength และ %Elongation at break ของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่าง แป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณของ MBA แตกต่างกัน	86
รูปที่ 5.1	สันนิษฐานโครงสร้างของแป้งที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับMBA	90
รูปที่ 5.2	สันนิษฐานโครงสร้างของแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับMBA	90
รูปที่ 5.3	สันนิษฐานโครงสร้างของแป้งและแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับMBA	91
รูปที่ A-1	สูตรที่ 1	97
รูปที่ A-2	สูตรที่ 2	97
รูปที่ A-3	สูตรที่ 3	97
รูปที่ A-4	สูตรที่ 4	97
รูปที่ A-5	สูตรที่ 5	97
รูปที่ A-6	สูตรที่ 6	97
รูปที่ A-7	สูตรที่ 7	98
รูปที่ A-8	สูตรที่ 8	98
รูปที่ A-9	สูตรที่ 9	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ A-10	สูตรที่ 10	98
รูปที่ A-11	สูตรที่ 11	98
รูปที่ A-12	สูตรที่ 12	98
รูปที่ E-1	สูตรที่ 1	112
รูปที่ E-2	สูตรที่ 2	112
รูปที่ E-3	สูตรที่ 3	112
รูปที่ E-4	สูตรที่ 4	112
รูปที่ E-5	สูตรที่ 5	112
รูปที่ E-6	สูตรที่ 6	112
รูปที่ E-7	สูตรที่ 7	113
รูปที่ E-8	สูตรที่ 8	113
รูปที่ E-9	สูตรที่ 9	113
รูปที่ E-10	สูตรที่ 10	113
รูปที่ E-11	สูตรที่ 11	113
รูปที่ E-12	สูตรที่ 12	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ [1, 2]

ปัจจุบันได้มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุต่างๆเพื่อประโยชน์ใช้สอยอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะวัสดุพอลิเมอร์ได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เนื่องจากสามารถใช้ทดแทนวัสดุบางชนิดได้ประกอบกับวัสดุพอลิเมอร์มีน้ำหนักเบาและนำมาขึ้นรูปต่างๆได้ตามต้องการ นอกจากนี้ความหลากหลายของพอลิเมอร์ทำให้สามารถนำมาใช้งานได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดนั้นๆ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ไฮโดรเจล (Hydrogel) คือ พอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงในตัวกลางที่เป็นน้ำ และมีสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี ซึ่งลักษณะของไฮโดรเจลก่อนจะดูดซับน้ำจะคล้ายผลึกควอร์ซชิ้นเล็กๆ แต่เมื่อดูดซับน้ำแล้วจะพองตัวและอ่อนนิ่ม มีลักษณะคล้ายกับเยลลี่ เนื่องจากโครงสร้างไฮโดรเจลเป็นพอลิเมอร์ที่มีความชอบน้ำ (จับกับน้ำได้ดี) เพราะสมบัติการชอบน้ำของไฮโดรเจลเกิดจากการที่มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl, -OH) คาร์บอกซิล (Carboxyl, -COOH) และเอไมด์ (Amide, $-CONH_2$) เป็นต้น และโครงสร้างทางเคมีหรือทางกายภาพของไฮโดรเจล มีการเชื่อมโยงเป็นโครงสร้างตาข่ายสามมิติ หรือ โครงสร้างร่างแห จึงช่วยในการจับน้ำและดูดซับน้ำเก็บเอาไว้ จึงทำให้ไฮโดรเจลสามารถคงรูปอยู่ได้และไม่ละลายน้ำ โดยการบวมตัวและการหดตัวของเจลเป็นกระบวนการที่สามารถย้อนกลับไปมาได้ ซึ่งเจลที่บวมตัวอาจหดกลับได้ถ้าน้ำระเหยออกไปจนหมด โดยปริมาณและลักษณะของโครงร่างตาข่ายจะมีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ 2 โครงสร้าง โครงสร้างที่เป็นผลึกจะกำหนดลักษณะเฉพาะของเจลในสภาพที่บวมตัว ไฮโดรเจลที่มีโครงร่างตาข่ายหนาแน่นและมีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ หรือมีความเป็นผลึกสูงจะดูดซับน้ำได้น้อย นอกจากนี้สภาวะแวดล้อมรอบๆไฮโดรเจล เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความแข็งแรงของไอออน ก็จะมีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลด้วยเช่นกัน จากสมบัติความสามารถในการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลจึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในหลายๆด้าน เช่น นำมาประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์ เนื่องจาก สามารถเข้ากันได้กับร่างกายมนุษย์ เช่น การใช้เป็นแผ่นปิดแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก เนื่องจากมีความชุ่มชื้นสูง ช่วยดูดซับน้ำเหลืองและของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไหลออกจากแผลได้ดี ขณะเดียวกันออกซิเจนสามารถผ่านรูพรุนของของไฮโดรเจลได้ ทำให้ร่างกายสามารถสร้างเนื้อเยื่อได้ดีกว่าปกติ และด้วยความใสทำให้สังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผลได้เป็นอย่างดี สามารถประยุกต์ใช้ทำคอนแทคแลนส์ที่ให้ความสบายต่อดวงตา ลดการระคายเคือง ซึ่งได้มีการศึกษาและพัฒนาเพื่อให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ไฮโดรเจลไม่เพียงแต่เป็นวัสดุที่ใช้ในการดูดซับน้ำเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงสามารถใช้ในด้านการเกษตรกรรม โดยจะช่วยอุ้มน้ำในดิน และปรับปรุงสภาพดินที่แห้งแล้งให้มีความชุ่มชื้นสูงขึ้น และยังสามารถย่อยสลายได้ในดินทำให้ไม่มีของเสียเกิดขึ้น โดยสามารถที่จะลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

ในงานวิจัยนี้ได้นำผงที่ได้จากสารเมือกแมงลักมาเป็นองค์ประกอบในฟิล์มไฮโดรเจล เนื่องจากสารเมือกเม็ดแมงลักมีสมบัติการดูดซับน้ำได้ คือสามารถพองตัวได้ 45 เท่า หาได้ง่าย มีราคาถูก จึงเหมาะที่จะนำมาปรับปรุงเป็นไฮโดรเจลเพื่อเพิ่มมูลค่าของสารเมือกจากเม็ดแมงลัก ซึ่งได้มีการนำความสามารถในการดูดซับน้ำนี้มาทำการศึกษา

แป้งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสม และใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น สารยึดติดสิ่งทอ กระดาษ อาหาร ยารักษาโรคและวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น การที่สามารถนำแป้งไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมายเกิดจากสมบัติของแป้งในด้านความข้นเหนียว การเกิดเป็นเจล การยึดติด และการเกิดเป็นฟิล์ม นอกจากนั้นแป้งยังมีราคาถูกในท้องตลาด และหาได้ง่าย สามารถนำไปปรับปรุงสมบัติด้านต่างๆได้ โดยผ่านกระบวนการทางเคมีและชีวภาพ เมื่อแป้งได้รับความชื้นจะเกิดการพองตัว และเสียรูปจากนั้นก็จะเกิดการย่อยสลายไปอย่างรวดเร็ว กลายเป็นวัตถุดิบที่กลับคืนสู่ธรรมชาติ

ในงานวิจัยนี้นำแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักมาทำเป็นวัสดุดูดซับน้ำยิ่งยวดในรูปของฟิล์ม โดยมี Ammonium persulfate (APS) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา และN,N-methylenebisacrylamide (MBA) เป็นสารก่อพันธะเชื่อมโยง จากนั้นศึกษาสมบัติต่างๆของฟิล์มที่เตรียมได้ เช่น การบวมตัว สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA ลักษณะของหมู่ฟังก์ชั่นในฟิล์มผสมด้วยเทคนิค FT-IR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

เตรียมวัสดุดูดซับน้ำยิ่งยวดในรูปของฟิล์มไฮโดรเจล จากสารละลายผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง กับวุ้นแมงลักโดยมี N,N-methylenebisacrylamide (MBA) เป็นสารก่อพันธะเชื่อมโยง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลจากสารละลายผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง กับสารเมือกที่ได้จากการพองตัวของเม็ดแมงลัก เพื่อปรับปรุงสมบัติของเจลให้เหมาะสมสำหรับสมบัติการบวมตัว นอกจากนี้ยังศึกษาสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจลที่ได้จากการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยงและตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ปริมาณต่างๆ ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่มีผลต่อสมบัติของฟิล์ม เพื่อให้ได้ฟิล์มไฮโดรเจลที่มีสมบัติที่ดีขึ้น คือ ไม่ละลายน้ำ คงรูป สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านสิ่งแวดล้อม ทางการเกษตร หรือในทางการแพทย์ต่อไป

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มมูลค่าวัสดุธรรมชาติ เช่น แป้งมันสำปะหลัง และเม็ดแมงลัก
2. ทราบถึงขั้นตอนในการเตรียมฟิล์ม และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีสมบัติทางกายภาพและเชิงกลดี
3. ทราบผลของปริมาณวุ้นแมงลัก MBA และ APS ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก
4. ทราบปริมาณของวุ้นแมงลัก MBA และ APS ที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตฟิล์มไฮโดร-เจลผสมแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก
5. สามารถลดมลพิษทางด้านขยะ เนื่องจากฟิล์มไฮโดรเจลสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

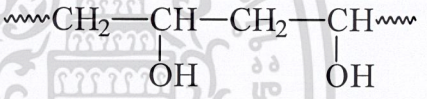
2.1 ไฮโดรเจล [3, 4]

ไฮโดรเจลเป็นวัสดุพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น วุ้น(Agar) เจลาติน หรือได้จากการสังเคราะห์ เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ มีโครงสร้างเป็นโครงร่างตาข่าย 3 มิติ สามารถดูดซับน้ำไว้ภายในโครงสร้างได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

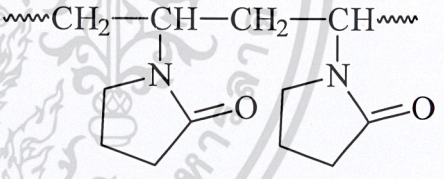
พอลิเมอร์หรือมอนอเมอร์ที่สามารถเกิดเป็นไฮโดรเจลได้ต้องมีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) และละลายน้ำได้ ภายในโครงสร้างต้องมีหมู่ฟังก์ชั่นต่อไปนี้ คือ -OH, -COOH, $-CONH_2$, $-SO_3H$ และ -CONH

ตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดเป็นไฮโดจเจลได้

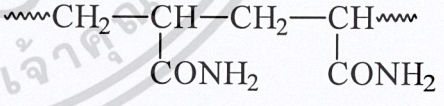
Poly (vinyl alcohol) สูตรโครงสร้าง



Poly (vinyl pyrrolidone) สูตรโครงสร้าง



Poly (vinyl acrylamide) สูตรโครงสร้าง

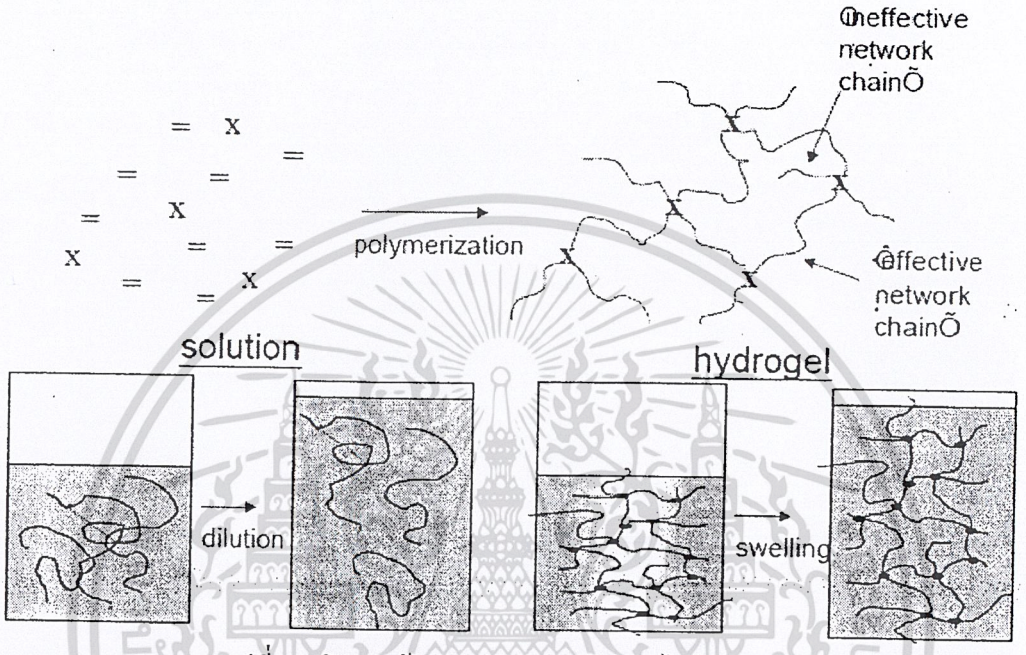


พันธะเคมีในไฮโดรเจล

1. พันธะเชื่อมโยงทางกายภาพ (Physical crosslink) ไฮโดรเจลที่มีพันธะเช่นนี้ เรียกว่า Physical hydrogel reversible gel หรือ Pseudogel โดยจะมีโครงสร้างเป็นร่างแหสามมิติ แต่ละสายโซ่มีการเชื่อมโยงกันด้วยพันธะไฮโดรเจนอ่อนๆ หรือแรงทางไฟฟ้าสถิตย์ ซึ่งเตรียมได้จากเทคนิคที่เรียกว่า “Freezing and thawing” วิธีการนี้แม้จะให้ไฮโดรเจลที่มีความแข็งแรงสูง แต่จะหลอมเหลวกลับไปเป็นสารละลายได้ที่อุณหภูมิ 55 °C เนื่องจากไม่มีพันธะเคมีเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่ มีเพียงการเชื่อมโยงทางกายภาพเท่านั้น

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พันธะเชื่อมโยงทางเคมี (Chemical crosslink) แต่ละสายโซ่พอลิเมอร์จะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ที่มีความแข็งแรง ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสลายตัวได้เพียงในกรณีที่โมเลกุลมหภาคถูกทำลายเท่านั้น



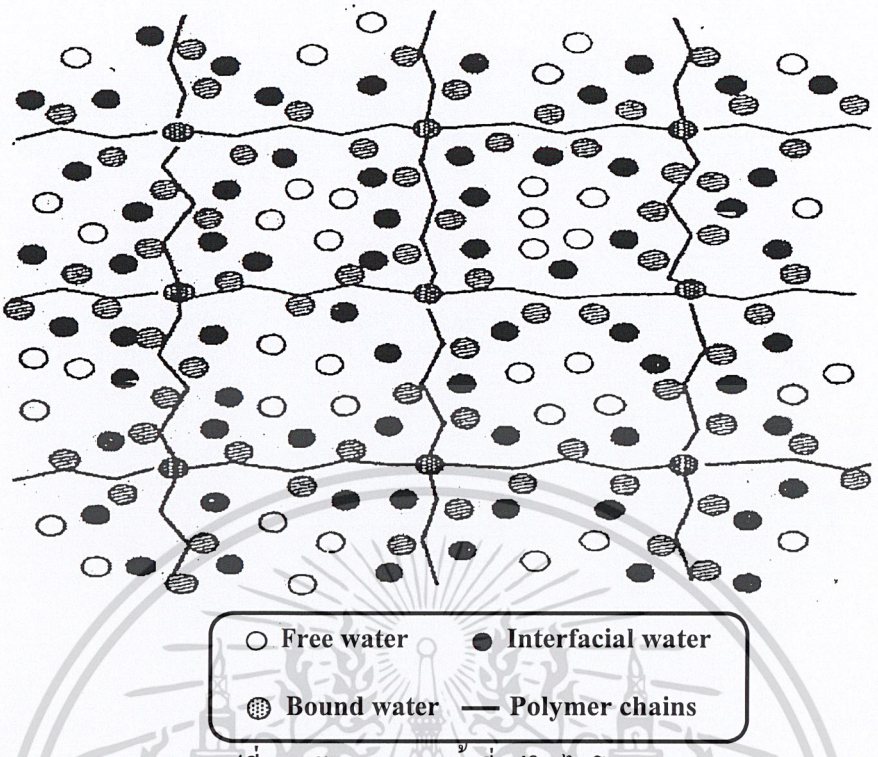
รูปที่ 2.1 โครงสร้างและการบวมตัวของไฮโดรเจล

โครงร่างตาข่ายสามมิติ เกิดจากการเกี่ยวพันกันของมอนอเมอร์ในสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำและมีพันธะเชื่อมโยงอยู่ด้วย ตัวอย่างสารก่อพันธะเชื่อมโยง เช่น N,N-methylenebis acrylamide โครงร่างตาข่ายสามมิติส่วนที่ชอบน้ำของไวนิลมอนอเมอร์ เช่น Hydroxyethyl methacrylate, Poly(ethylene glycol), Acrylic acid, Acrylamide, N-isopropylacrylamide รูปที่ 2.1 โครงสร้างและการบวมตัวของไฮโดรเจล โดยที่ X คือสารก่อพันธะเชื่อมโยง และ= คือ มอนอเมอร์เกิดพอลิเมอไรเซชันได้เป็นไฮโดรเจล

เมื่อไฮโดรเจลเกิดการบวมตัวในน้ำจะมีลักษณะของน้ำอยู่ในไฮโดรเจล 3 แบบ คือ

1. Free water คือ น้ำที่อยู่บริเวณผิวนอกของไฮโดรเจล
2. Interfacial water คือ น้ำที่แทรกอยู่ในโมเลกุลของไฮโดรเจล
3. Bound water คือ น้ำที่ดึงดูดกับไฮโดรเจลด้วยพันธะไฮโดรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะของน้ำที่อยู่ในไฮโดรเจล

สมบัติของไฮโดรเจลและการนำไปใช้งาน

ไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำและไอออนได้ โดยมีสมบัติเชิงกลที่ดีและรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลง มีสมบัติเข้ากันได้ดีกับสารชีวภาพ เช่น เลือด น้ำเหลือง เนื้อเยื่อ จึงสามารถนำมาทำเลนส์สัมผัส วัสดุตกแต่งบาดแผลจากไฟไหม้ ตลอดจนใช้เคลือบวัตถุที่ต้องนำมาใช้สัมผัสกับร่างกาย ใช้เคลือบอวัยวะเทียมที่ใช้ในร่างกาย และบรรจุภัณฑ์อาหาร เป็นต้น

Hydrogel dressing

บาดแผลที่เกิดจากอุบัติเหตุไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวกนั้น มีความเสี่ยงสูงมากต่อการเกิดเชื้อโรคจากสิ่งแวดล้อม และการสูญเสียน้ำจากร่างกาย โดยทั่วไปแล้วการรักษาพยาบาลแผลไฟไหม้ธรรมดา จนถึงแผลฉกรรจ์ ทำได้ด้วยวิธีปลูกถ่ายเนื้อเยื่อ หรือการทำศัลยกรรมแต่งผิวเท่านั้น เพื่อช่วยแก้ปัญหาการสูญเสียผิวหนัง และเร่งการรักษาบาดแผลให้เร็วยิ่งขึ้น โดยแผ่นผิวหนังที่ใช้อาจเป็นแผ่นผิวหนังที่สมบูรณ์ หรือผิวหนังที่ผ่านการเพาะเชื้อจากห้องปฏิบัติการ เนื่องจากวิธีการดังกล่าวมีข้อเสีย ผิวหนังเทียมจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญอีกทางหนึ่งที่อาจช่วยแก้ปัญหาโดย Hydrogel dressing เป็นวัสดุที่มีแนวโน้มว่านำมาใช้เป็นผิวหนังเทียมปิดรักษาบาดแผลที่นิยมมากที่สุด วัสดุตกแต่งบาดแผลหรือหนังเทียมที่ใช้นั้น สามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กลุ่มธรรมดา (conventional) ได้แก่ ผ้ากอซ ผ้าพันแผลที่อิ่มตัวด้วยขี้ผึ้ง หรือน้ำมันซิลิโคน เป็นต้น
2. กลุ่มชีวภาพ (biological) ได้แก่ ผิวหนังจากศพ ผิวหนังสัตว์ ฟองน้ำ และ คอลลาเจน เป็นต้น
3. กลุ่มสังเคราะห์ (synthesis) ได้มาจากพอลิเมอร์สังเคราะห์

วัสดุตกแต่งแผลจะมีการนำมาใช้แบบครั้งต่อครั้ง ซึ่งความถี่ของการเปลี่ยนแต่ละครั้งจะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุเอง เช่น สมบัติการขัดถู หรือขึ้นกับปฏิกิริยาการต่อต้านของร่างกายเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมผ่านเข้ามาในร่างกาย

สมบัติของวัสดุตกแต่งบาดแผล มีดังนี้

1. สมบัติดูดซับของเหลวออกจากร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ดูแลสุขภาพผิวได้
3. มีความยืดหยุ่นและความแข็งแรงเชิงกลสูง
4. มีความโปร่งใส
5. ยอมให้ก๊าซออกซิเจนแพร่ซึมเข้าไปถึงผิวหน้าของบาดแผลได้
6. ควรปราศจากเชื้อโรค
7. สามารถควบคุมปริมาณการปล่อยยาได้
8. ใช้ง่าย สะดวก และเก็บรักษาได้ง่าย
9. มีความเสถียรคงทน หาได้ทั่วไปและราคาถูก

นอกจากนี้วัสดุตกแต่งบาดแผลยังต้องมีคุณสมบัติสำคัญเพิ่มเติม ได้แก่

- การควบคุมความชื้นของแผล วัสดุตกแต่งแผลควรมีสมบัติในการควบคุมความชื้นของแผลให้เหมาะสม ไม่เปียกชุ่มเกินไปด้วยน้ำเหลืองที่ออกจากแผล หรือปล่อยให้แผลแห้งจนเป็นสะเก็ด เพราะว่าแผลที่เปียกชุ่มเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แต่ถ้าแผลแห้งจนเป็นสะเก็ดก็จะขัดขวางการเคลื่อนที่ของเซลล์ผิวหนังที่พยายามจะเคลื่อนที่มาสมานแผลโดยกลไกธรรมชาติ ดังนั้นวัสดุที่จะนำมาใช้ปิดแผลจึงต้องมีความสามารถในการดูดซับของเหลวได้ในอัตราเดียวกันกับการผลิตของเหลวจากแผล และสามารถให้ของเหลวระเหยออกจากแผลได้ ซึ่งจะทำให้สามารถรักษาระดับความชื้นของแผลไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

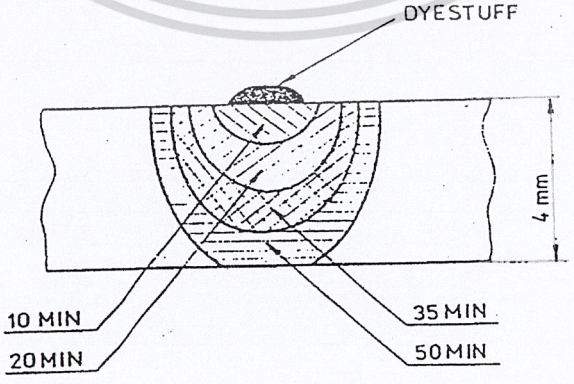
- ความสามารถในการยึดติดกับแผล วัสดุที่ใช้ควรสามารถยึดเกาะกับแผลได้แนบสนิท แต่ไม่ควรแน่นเกินไปจนทำลายเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นใหม่เมื่อลอกวัสดุตกแต่งออกจากแผล

สมบัติบางประการของ Hydrogel dressing

ไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำได้มาก เมื่อทำเป็นแผ่นบางจะมีความยืดหยุ่น ใส และสะดวกต่อการนำไปใช้ แต่มีปัญหาบางประการ ได้แก่ เมื่อทำเป็นแผ่นบาง อัตราการสูญเสียน้ำจากไฮโดร-เจลจะสูงทำให้ เจลแห้ง แข็ง เปราะ และทำให้ติดผิวหนัง รวมทั้งการดูดซับน้ำหรือของเหลวออกจากร่างกาย ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการเติมสารละลายพอลิเอทิลีนไกลคอล และสารทำให้คงรูปร่าง เช่น วุ้น หรือเจลาติน เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณของพอลิเอทิลีนไกลคอล จะทำให้ไฮโดรเจลมีสมบัติการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้ามีวุ้นในปริมาณมากจะส่งผลให้สมบัติการดูดซับน้ำต่ำลง

สมบัติเชิงกลของ Hydrogel dressing บางประการ เช่น ความแข็งแรงดึง และอัตราการดึงยืด ณ จุดขาด ไม่เพียงแต่แปรตามปริมาณองค์ประกอบในไฮโดรเจลเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของรังสีที่ถูกดูดกลืนด้วยซึ่งพบว่าที่ปริมาณรังสีมากๆ ค่าความแข็งแรงดึงของไฮโดรเจลจะเพิ่มขึ้นขณะที่อัตราการดึงยืด ณ จุดขาดมีค่าลดลง ทั้งนี้มีผลมาจากค่าองศาการเชื่อมโยงที่สูงขึ้นนั่นเอง

เนื่องจาก Hydrogel dressing มีความสามารถในการดูดซับน้ำจึงยอมให้มีการซึมผ่านของออกซิเจน หรือก๊าซอื่นๆเข้าไปในบาดแผลได้ นอกจากนี้ Hydrogel dressing ยังยอมให้สารบางชนิดที่เป็นของแข็งแพร่ผ่านจากผิวด้านหนึ่งไปยังผิวอีกด้านหนึ่งได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จะแสดงอัตราการแพร่ผ่านจากผิวหน้าเข้าไปในไฮโดรเจลด้วยสีย้อม methyl red ที่อยู่ในรูปผงแป้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การอ้างอิงถึงเอกสารนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 อัตราการแพร่ผ่านผิวหนังเข้าไปในไฮโดรเจลของสีย้อม methyl red ที่อยู่ในรูปผงแป้ง

2.2 แมงลัก [5, 6]



รูปที่ 2.4 ต้นแมงลัก

ชื่อสมุนไพร : แมงลัก

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : Ocimum canum Sims.

ชื่อพ้อง : O.americanum Linn.

ชื่ออังกฤษ : Hoary Basil

ชื่อวงศ์ : LABIATAE

ชื่อท้องถิ่น : มังลัก (ภาคกลาง), ก้อมก้อขาว (ภาคเหนือ)

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้ล้มลุกฤดูเดียว ลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านมาก มีกลิ่นหอม สูง 0.3-1 เมตร ลำต้นและกิ่งก้านเป็นสี่เหลี่ยม สีเขียวแกมเหลือง เมื่อยังอ่อนอยู่มีขนสีขาวหนาแน่น ใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามรูปใบหอกถึงรูปวงรี กว้าง 1-2.5 เซนติเมตร ยาว 2.5-5 เซนติเมตร โคนใบรูปลิ่ม ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ผิวใบเรียบ มีต่อมทั่วไป ก้านใบยาวได้ถึง 15 เซนติเมตร ประกอบด้วยช่อย่อยแบบกระจุกๆละ 3 ดอก ข้อละ 2 กระจุก ใบประดับรูปวงรีแกมใบหอก ยาว 2-3 มิลลิเมตร มีขน ก้านดอกย่อยยาวได้ถึง 4 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันปลายแยกเป็น 2 พู กลีบดอกสีขาว เชื่อมติดกันเป็นหลอดปลายแยกเป็น 2 ปาก ยาว 4-6 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้ 4 อัน ยาว 23 อัน สั้น 2 อัน เกสรตัวเมียมีออวุล 4 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังไข่เว้าเป็น 4 พู ผลแห้งประกอบด้วยผลย่อย 4 ผล มีกลีบเลี้ยงหุ้มอยู่ ผลย่อยทรงรูปไข่สีดำกว้าง 1 มิลลิเมตร ยาว 1.25 มิลลิเมตร

ส่วนของเม็ดคล้ายรูปสามเหลี่ยม ด้านหลังโค้งเล็กน้อย ด้านท้องเป็นเหลี่ยม แต่ไปบรรจบกันที่เส้นกลาง จากเส้นที่บรรจบกันที่เป็นรอยลาดไปจนถึงหัว Hilum (คล้ายเมล็ดน้อยหน่า) เมื่อดูด้วยแว่นขยายจะเห็นเยื่อขาวๆหุ้มอยู่ภายนอกเม็ด เปลือกแข็งมาก เม็ดแก่มีสีดำด้านๆ เม็ดยังไม่แก่สีน้ำตาลไหม้ โดยพบว่าเม็ดของต้นแมงลัก จะมีเยื่อหุ้มเม็ด (Husk) ซึ่งจะให้ใยอาหารหรือไฟเบอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ถึง 25 เท่าของน้ำหนักตัวเอง และเมื่อดูดซับน้ำไว้แล้ว ไฟเบอร์จากเม็ดแมงลักก็จะมีลักษณะเป็นเยื่อเมือกที่เรียกว่า Mucillage และส่วนนี้เองที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ และโภชนาการอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ในทางโภชนาการเราสามารถจำแนกชนิดของเส้นใยอาหารหรือไฟเบอร์อย่างง่ายๆ ตามลักษณะของการละลายน้ำได้ 2 ชนิด คือ

1. ไฟเบอร์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble fiber) ซึ่งเมื่อไฟเบอร์นี้ละลายน้ำจะมีลักษณะเป็นเจลขึ้น ซึ่งจะเกาะติดกับโมเลกุลของไขมันจากอาหารที่รับประทานเข้าไปได้เป็นอย่างดี ทำให้ป้องกันการดูดซึมของไขมันเข้าสู่กระแสเลือด และไฟเบอร์ชนิดนี้ก็จะนำพาสารอาหารที่ติดอยู่ขับออกไปทางอุจจาระ จึงช่วยลดระดับไขมัน และน้ำตาลในคนไข้ที่มีปัญหาได้เป็นอย่างดี ทำให้น้ำหนักตัวค่อยๆลดลงอย่างปลอดภัย

2. ไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble fiber) ไฟเบอร์ชนิดนี้จะมีการทำงานคล้ายๆฟองน้ำ (sponge) โดยจะทำการดูดน้ำไว้กับตัวเองทำให้เกิดการพองตัว ถ้าหากรับประทานไฟเบอร์ชนิดนี้เข้าไป ก็จะทำให้รับประทานอาหารได้น้อยลง เพราะรู้สึกอิ่มแน่นท้อง นอกจากนี้ก็จะส่งผลให้ความต้องการที่จะขับถ่ายมีมากขึ้น เร่งให้อุจจาระเคลื่อนที่ผ่านไปลำไส้ใหญ่ได้เร็วขึ้น จึงป้องกันปัญหาการดูดซึมสารอาหารเข้าร่างกาย และทำให้ลดและป้องกันภาวะท้องผูกอีกด้วย

จากประโยชน์ดังกล่าวของไฟเบอร์จากเม็ดแมงลัก จึงได้มีการนำเม็ดแมงลักมาช่วยลดน้ำหนัก แก้ไขปัญหาไขมันในเลือดสูง หรือน้ำตาลในเลือดสูง และใช้ป้องกันและรักษาปัญหาท้องผูก ซึ่งมักมีการผสมไฟเบอร์ทั้งสองแบบในสัดส่วนที่แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ แต่ส่วนใหญ่ที่มีขายตามท้องตลาดก็มักจะประกอบด้วย ไฟเบอร์ชนิดละลายน้ำได้ประมาณ 70-80% เพื่อป้องกันการดูดซึมไขมัน และน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือด และไฟเบอร์ชนิดไม่ละลายน้ำประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20-30% เพื่อช่วยทำให้อิ่มเร็วขึ้น และเร่งการขับถ่าย แก้ปัญหาท้องผูก เพื่อลดสารตกค้างในลำไส้ที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง และแก้ไขปัญหาริดสีดวงทวารในคนที่ขับถ่ายได้ลำบาก [7]

นอกจากนี้ใบแมงลักยังมีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.7 ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก คือ ซิทรัล (citral) ในต่างประเทศใช้ใบแมงลักแต่งกลิ่นอาหาร เนื่องจากมีกลิ่นมะนาวจึงมักใช้แต่งกลิ่นอาหารจำพวกปลา และไก่ในอาหารฝรั่ง ที่สหรัฐอเมริกามีการปลูกแมงลักเป็นไม้ประดับ และใช้ใบแห้งประกอบบุหงาสำหรับสุคนธบำบัด [8]

ตารางที่ 2.1 สารอาหารในใบแมงลัก 100 กรัม [8]

ใบแมงลัก 100 กรัม มีสารอาหารสำคัญดังนี้		
แคลเซียม	350	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	86	มิลลิกรัม
เหล็ก	4.9	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	10,666	มิลลิกรัม
ไทอามีน	0.30	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.14	มิลลิกรัม
ไนอาซิน	1.0	มิลลิกรัม
วิตามินซี	78	มิลลิกรัม
เส้นใยอาหาร	2.6	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	11.1	กรัม
ไขมัน	0.8	กรัม
โปรตีน	2.9	กรัม
พลังงาน	32	แคลอรี

2.2.2 สรรพคุณในตำราไทย

ทั้งต้น แก้จุกเสียด ขับลมในลำไส้ แก้ลมตานซาง แก้พิษตาลซาง แก้ท้องอืดเฟ้อในเด็ก ขับเหงื่อ แก้ไอ รักษาโรคทางเดินอาหาร แก้ปวดฟัน แก้ลมป่วง

ใบ แก้โรคลำไส้พิการ ขับลมในลำไส้ แก้พิษตานซาง แก้หวัด หลอดลมอักเสบ รักษาโรคผิวหนัง แก้อาเจียน ขับลม ขับเหงื่อ รักษาเกลื้อนน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์นี้ไปเผยแพร่ต่อ ไม่ว่าจะเพื่อการค้าหรือไม่ก็ตาม ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม็ด เป็นยาระบาย รักษาบิด ขับปัสสาวะ

และนอกจากนี้ แมงลักยังใช้ผสมกับสมุนไพรอื่นๆรักษาโรคได้ดังต่อไปนี้

ราก รักษาอาการไอแห้ง รักษาอาการพิษสำแดง

ทั้งต้น รักษาโรคริดสีดวง ตานขโมย แก้ท้องอืด ผอมแห้ง แก้ยาเบื่อ

ใบ แก้กระษัย แก้ลมกระษัยเหล็ก แก้ลมกระษัยดาน ขับน้ำนม แก้ไข้ลิ้นหด

เม็ด บีบน้ำมันผสมยาถูนวด แก้ลม ขับเหงื่อ แก้โรคทางเดินอาหาร เป็นยาระบาย

2.2.3 ตำรับยากลางบ้าน

รักษาเกลื้อนน้ำนม

ใบแมงลัก 10 ใบนำมาขยี้ผสมกับน้ำนม ใช้ทาบริเวณหน้าเด็ก (อายุประมาณ 1-5 เดือน) ที่เป็นเกลื้อนน้ำนม ซึ่งมีลักษณะเป็นผื่นแดงๆ ทาวันละ 1 ครั้ง เพียง 7 วันเท่านั้น โรคเกลื้อนน้ำนมจะหายไป

แก้ท้องผูก

เม็ดแมงลักแช่น้ำจะพองเป็นเมือกขาวโต นำมารับประทานจะทำให้ถ่ายสะดวก

ขับลมในลำไส้

อาหารไม่ย่อย อาการอืดอัด แน่นท้อง ไม่สบายท้อง ให้นำต้นและใบแมงลักต้มน้ำดื่ม

ขับเหงื่อ

เมื่อมีอาการครั่นเนื้อครั่นตัว ไม่ค่อยสบาย นำต้นและใบแมงลักต้มน้ำดื่ม

บรรเทาอาการหวัด

อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล หลอดลมอักเสบ ใช้ใบแมงลัก 1 กำมือ ล้างให้สะอาด โขลกคั้นน้ำดื่ม 1 ถ้วยตะไลเพื่อบรรเทาอาการดังกล่าว สำหรับกรณีของหลอดลมอักเสบให้คั้นน้ำดื่ม 1 ถ้วยตะไล 3 เวลา เช้า-กลางวัน-เย็น

บรรเทาอาการผื่นคัน

พิษจากพืช พิษสัตว์กัดต่อย หรืออาการคันจากเชื้อรา ให้ใช้ใบแมงลักสดโขลก และพอกบริเวณที่มีอาการ และเปลี่ยนยาบ่อยๆ

แก้ท้องร่วงท้องเสีย

นำใบแมงลักสัก 2 กำมือ ล้างให้สะอาด โขลกบีบคั้นน้ำดื่ม สามารถแก้ท้องร่วงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มน้ำนมแม่

ให้แม่ที่ให้นมลูกกินแกงเลียงหัวปลีใส่ใบแมงลัก และให้ลูกดูดหัวน้ำนมบ่อยๆ

บำรุงสายตา

ใบแมงลักมีวิตามินเอสูง การกินใบแมงลักเป็นประจำจะช่วยบำรุงสายตา

บำรุงเลือด แก้โลหิตจาง

ใบแมงลักอุดมด้วยธาตุเหล็กช่วยบำรุงโลหิต

เสริมสร้างกระดูก

ใบแมงลักมีแคลเซียมสูงช่วยบำรุงกระดูก

เป็นยาระบาย

ใช้เม็ดแก่ของแมงลักสัก 1 ช้อนชา แช่น้ำ 1 แก้ว ปล่อยให้พองตัว แล้วเติมน้ำตาลเล็กน้อย ดื่มแก้ท้องผูก แนะนำให้ใช้กับหญิงตั้งครรภ์ และแม่ที่เลี้ยงลูกด้วยนมตัวเองที่ไม่ต้องการภาวะท้องผูก เพราะเป็นการแก้ปัญหาแบบธรรมชาติ

ใช้ลดความอ้วน

เปลือกผล (ที่เรียกเม็ดแมงลัก) มีสารเมือกซึ่งสามารถพองตัวในน้ำได้ 45 เท่า เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ชอบกินอาหารที่มีกาก ใช้ผลแมงลัก 1-2 ช้อนชา แช่น้ำ 1 แก้ว ทิ้งไว้จนพองตัวเต็มที่ กินก่อนมื้ออาหารครึ่งชั่วโมง แล้วดื่มน้ำตาม จะช่วยให้กินอาหารได้น้อยลง ลดปริมาณพลังงานอาหาร ช่วยให้อุจจาระอ่อนตัว จำนวนครั้งในการขับถ่าย และปริมาณอุจจาระเพิ่มขึ้น ลดอาการท้องผูกด้วย

ข้อควรระวังในการใช้แมงลัก

ถ้าใช้เม็ดแมงลักที่ยังพองตัวไม่เต็มที่จะทำให้มีการดูดน้ำจากลำไส้ เกิดอาการขาดน้ำ และอาจเกิดอาการลำไส้อุดตันได้ (โดยพาะแมงลักที่บดเป็นผง)

2.2.4 การศึกษาทางเคมี

ได้มีผู้ศึกษาค้นคว้า และพบสารเคมีในส่วนต่างๆ ของแมงลักดังนี้

ใบ

- Borneol
- Camphene
- Caryophyllene
- P-Cymene
- Humulene
- Myrcene
- Isoborneol
- (+) Camphor
- 1,8-Cineol
- ß-Elemene
- Limonene
- Myrtenol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Nevadensin
- Oleanolic acid
- α-Pinene
- Sabinene
- Trans-Sabinene hydrate
- α-Selinene
- Terpinolene
- Ursolic acid
- Methyl chavicol
- Triterpenoid
- Oct-1-en-3-ol
- α-Phellandrene
- ß-Pinene
- cis-Sabinene hydrate
- Salvigenin
- ß-Selinene
- γ-Terpinolene
- Eugenol
- Linalool
- Essestial Oil

ดอก

- Nevadensin
- Salvigenin
- Oleanolic acid
- Ursolic acid

เมล็ด

- D-Arabinose
- D-Glucose
- D-Mannose
- D-Xylose
- D- Galacturonic acid
- Pentosans
- Polysaccharide
- Camphor
- Oil
- L-Arabinose
- D-Galactose
- L-Rhamnose
- Galacturonic acid
- D-Mannuronic acid
- Mucilages
- Camphene
- Myrcene

น้ำมันหอมระเหย

- Borneol
- α-Cadinene
- ß-Cadinol
- Caryophyllene oxide
- Methyl ether chavicol
- Cinnamic acid methyl ester
- Borneol acetate
- ß-Cadinene
- Camphor
- ß-Caryophyllene
- 1,8-Cineol
- p-Cymene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ß-Elemene
- Elemol
- Estragole
- Eugenol
- Eugenol methyl ether
- Geraniol
- Geraniol acetate
- Limonene
- Linelool
- Linelool acetate
- Myrcene
- Ocimene
- α-Pinene
- Tricyclene

2.2.5 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

1. ฤทธิ์ในการฆ่าหอย (Mollusicidal activity)

สกัดใบแห้งของแมงลักด้วยเมทานอล ในขนาดความเข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน สามารถฆ่าหอยทาก Bulinus globosus ในหลอดทดลองได้ถึง40%

2. ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth inhibition)

สารสกัดใบแมงลักด้วยน้ำมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยเมื่อใช้ความเข้มข้นต่างๆกัน สามารถยับยั้งการงอกของหัวพืช (Tuber sprouting) และความยาวของส่วนยอด (shoot length) ของหญ้าแห้วหมู (Cyperus rotundus)

3. ฤทธิ์ต้านเชื้อรา (Antifungal activit)

น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากแมงลักมีฤทธิ์ต้านเชื้อราที่อยู่บริเวณผิวผนังชั้นนอกที่มีเคอราตินสูง (Keratinophilic fungi) ได้ปานกลาง และยังมีผู้พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักมีฤทธิ์ต้านเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคในพืช ได้แก่ Physalospora tucumanensis, Ceratocystis paradoxa,Sclerotium rolfsii, Curvularia lunata, Helminthosporium sacchari, Fusarium moniliforme var. subglutinans และ Cephalosporium sacchari ซึ่งเป็นโรคเชื้อราที่เกิดในอ้อย

4. ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial activity)

สารสกัดแมงลักด้วยแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียทั้งชนิดแกรมบวก และแกรมลบ

5. ฤทธิ์ต้านเชื้อวัณโรค (Antituberculosis)

สารสำคัญจากเม็ดแมงลักที่ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำ แล้วทำให้อิ่มตัวด้วยเกลือแกง สกัดด้วยอีเทอร์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อวัณโรค (Mycobacterium tuberculosis) ในหลอดทดลองที่มีความเจือจาง 1:50,000 1:12,500 และ1:5,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ฤทธิ์ยาระบาย [8]

มีการทดลองกับผู้ป่วยที่จะได้รับการผ่าตัดต่อมลูกหมาก และนิ่วในไต โดยให้กินยาระบายจากเม็ดแมงลัก (เม็ดแมงลักบดเป็นผง) ขนาดครึ่งถึง 1 ช้อนชา และ 1 ช้อนชาครึ่ง ในน้ำ 150 มิลลิลิตร 3 ครั้งหลังอาหาร/วัน และหลังการผ่าตัด เป็นเวลา 3-8 วัน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเม็ดแมงลัก พบว่าสัดส่วนอาการท้องผูกหลังการผ่าตัดของผู้ป่วยกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเม็ดแมงลักเท่ากับร้อยละ 80.6 ขณะที่กลุ่มที่ได้รับเม็ดแมงลักมีสัดส่วนของอาการท้องผูกเท่ากับร้อยละ 13.3, 31.6 และ 10.5 ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นว่าเม็ดแมงลักสามารถลดอาการท้องผูกของผู้ป่วยหลังผ่าตัดได้

7. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

งานวิจัยจากอินเดียปี พ.ศ. 2551 รายงานการพบสารพอลีฟีนอลหลายชนิดในใบแมงลัก สารดังกล่าวคือกรดโรสมารินิก กรดลิโทสเปอมิก กรดวานิลิก กรดคูมาริก กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก กรดซีริงจิก กรดกาเฟอิก กรดเฟอรูลิก กรดซินามิก กรดไฮดรอกซีฟีนิลแล็กติก และกรดซินาปิก สารสกัดใบแมงลักแสดงฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในหลอดทดลองได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบันมีงานวิจัยของไทยเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากแมงลัก มีการทดลองใช้มิว-ซิเลจ (สารเมือก) จากเม็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวแทนกัวร์กัมในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอม พบว่าเมื่อปริมาณของมิวซิเลจจากเม็ดแมงลักเพิ่มขึ้น ไอศกรีมจะมีความหนืดสูงขึ้น เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมสูตรมาตรฐาน ที่ใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความคงตัว พบว่าสูตรที่ใช้มิวซิเลจจากเม็ดแมงลักร้อยละ 0.5 มีเนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวมสูงกว่า และมีปริมาณเส้นใยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หมายความว่าไอศกรีมสารเมือกแม็ดแมงลัก อร่อยกว่าไอศกรีมที่ทำจากกัวร์กัม และมีคุณค่าอาหารสูงกว่า

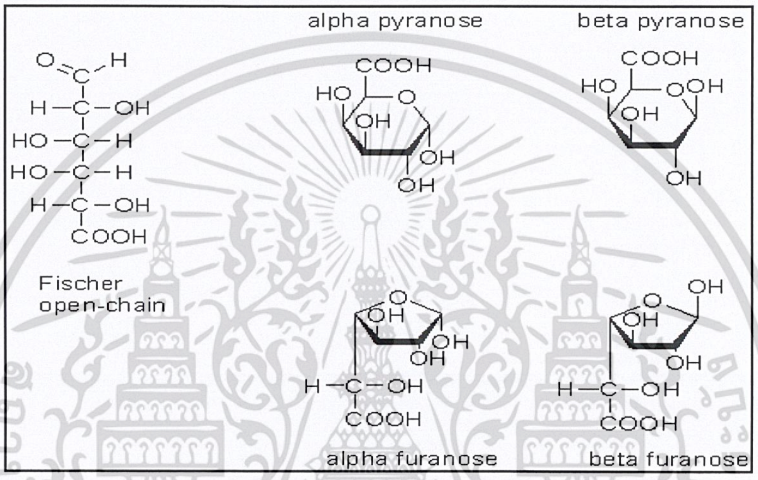
2.2.6 สารเมือก (Mucilag)

การแยกสารเมือก (Mucilage) ออกจากเม็ดใช้กรรมวิธีแบบง่ายๆ โดยขั้นตอนได้กล่าวในส่วนการทดลอง สารเมือกที่ได้มีลักษณะเหนียวข้น คล้ายวุ้น สีขาวขุ่น มีการไหลที่ไม่ดีนัก มีความหนืดมากแม้จะมีความเข้มข้นเพียงเล็กน้อยก็ตาม เมื่อนำเมือกมาทำให้แห้งจะเกาะเป็นแผ่นบางสีขาวเหลือง เมื่อถูกน้ำจะพองตัวอีกทันที มีสภาวะเป็นกลาง และจะเกิดสีน้ำเงินเมื่อหยดไอโอดีน สารเมือกเมื่อเติมแอลกอฮอล์ลงไปมากๆจะเกิดการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนตกนอนก้นภาชนะ

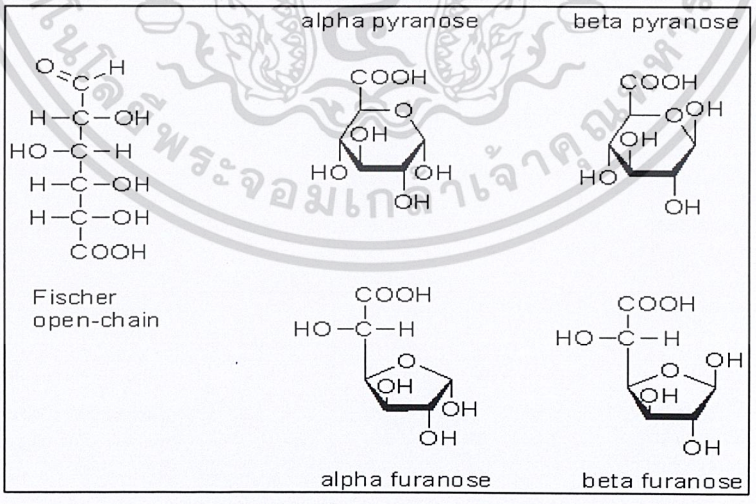
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ส่วนประกอบทางเคมีของสารเมือกจากเม็ดแมงลักเป็นพอลิยูโรไนด์ (polyuronide) พบในธรรมชาติในรูปของเกลือ อาจจะเป็นเกลือของแคลเซียม โปแตสเซียม หรือแมกนีเซียมซึ่งประกอบด้วยน้ำตาล และ Uronic acid เชื่อมต่อด้วย Glycoside linkage และเป็นลักษณะโซ่กิ่ง ส่วนน้ำตาลอาจเป็นเพนโตส หรือเฮกโซส อาจมีทั้งเฮกโซสและเพนโตสอยู่ด้วยกัน Uronic acid ที่พบมากคือ Glucuronic acid และ Galacturonic acid [9]



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของ Glucuronic acid



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Galacturonic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

117190

และมีองค์ประกอบทางเคมีของสารเมือกแมงลักดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของสารเมือกแมงลัก [10]

Chemical composition	Content (%wet basis)
Moisture	10.48
Protein	0.81
Fat	1.73
Ash	4.43
Crude fiber	17.35
Carbohydrate	65.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แป้ง [11, 12]

แป้งเป็นสารประเภทพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ประกอบด้วยกลูโคสซึ่งเกิดจากกลูโคสจำนวนหลายโมเลกุลมาเชื่อมต่อกัน มีโครงสร้างเป็นทั้งแบบสายยาวและกิ่งก้านสาขา เป็นสารแขวนลอยที่รวมตัวกับน้ำได้ดี แต่ไม่ละลายในน้ำเย็น สามารถพบในพืชประเภทเมล็ดและหัว ข้าวโพดมีแป้ง 50% ข้าวเจ้ามีแป้ง 75% และมันฝรั่งมีแป้ง 20%

สมบัติของแป้งสามารถแยกได้ 2 ประเภท คือ

1. Starch ผลิตได้จากพืชผลทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี และจากพืชหัวชนิดต่างๆ เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง สำหรับกระบวนการผลิตแป้งต้องใช้แบบเปียก ซึ่งจะทำให้แยก starch ออกมาได้
2. Flour ผลิตได้จากการโม่แบบแห้ง และยังคงเหลือองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ด้วย

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง

แป้งประกอบด้วยคาร์บอน(C) ไฮโดรเจน(H) และออกซิเจน(O) ในอัตราส่วน 6:10:5 ($C_6H_{10}O_5$) เป็นสารประกอบอินทรีย์ ประเภทคาร์โบไฮเดรต หน่วยกลูโคสในสายโซ่สามารถแสดงได้เป็นหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส หรือหน่วยกลูโคไพราโนซิล (Glucopyranosyl unit) ซึ่งเกิดจากพันธะโคเวเลนส์เชื่อมโยงแต่ละหน่วย และทำให้น้ำถูกกำจัดออกไปในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น เนื่องจากแป้งที่พบอยู่ในต้นพืชได้จากกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ ดังนั้นกระบวนการพอลิเมอไรเซชันของโมเลกุลแป้งจึงเกี่ยวกับเอนไซม์ หน่วยของกลูโคสจะเชื่อมต่อกันผ่านอะตอมของออกซิเจนที่ติดกับอะตอมของคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคส กับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสถัดไป เกิดเป็นพอลิเมอร์สายยาวขึ้น พันธะเชื่อมโยงระหว่างหน่วยกลูโคสนี้เรียกว่า “พันธะกลูโคซายด์”

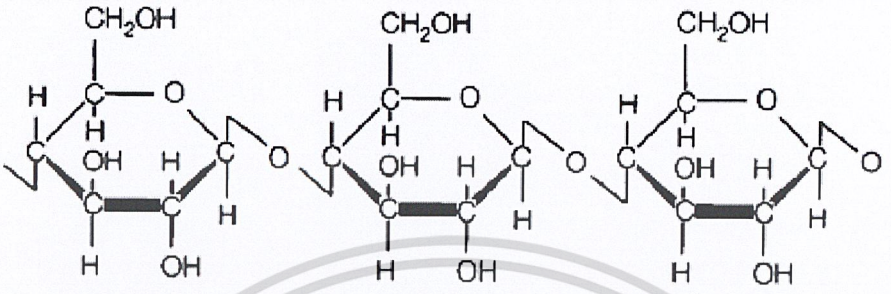
2.3.2 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง

แป้งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ประกอบด้วยโมเลกุล 2 ชนิด คือ

1. อะไมโลส (Amylose) เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นสายตรง ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสเชื่อมกันโดย α-1,4 glycosidic linkage ขนาดโมเลกุลของอะไมโลสจะขึ้นกับแหล่งที่ให้แป้ง และ

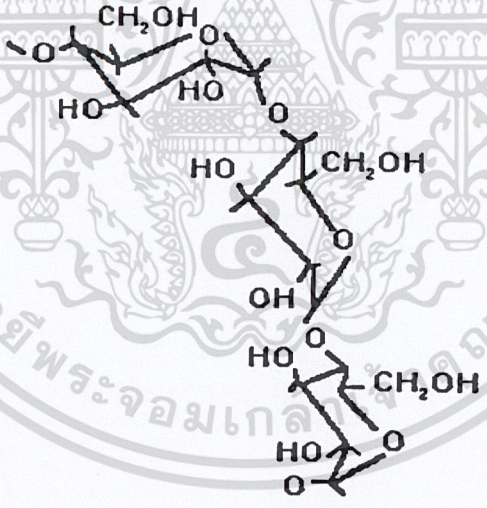
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะของกระบวนการที่แยกแป้ง อะไมโลสประกอบด้วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 200-2,000 หน่วย โดยแป้งส่วนใหญ่มีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบ 25% มีสูตรโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของอะไมโลส

นอกจากนี้อะไมโลส อาจจะจัดตัวอยู่ในรูป Helical structure โดยจะประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส 6 หน่วยย่อยต่อหนึ่งเกลียว และแต่ละเกลียวจะเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน



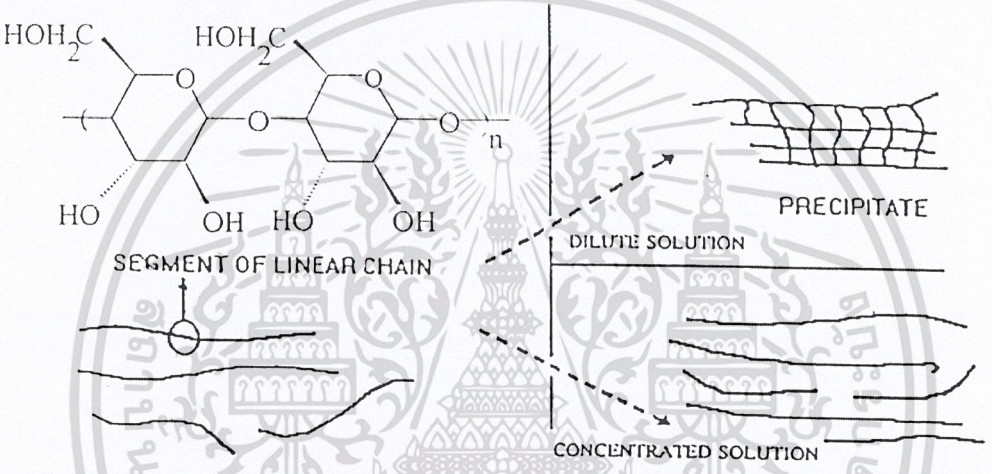
รูปที่ 2.8 การจัดตัวในรูป helical structure ของอะไมโลส

เนื่องจากอะไมโลสมีหมู่ไฮดรอกซีปริมาณมาก ทำให้พอลิเมอร์มีสมบัติไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) คือ สามารถดูดความชื้น และกระจายตัวในน้ำได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากโมเลกุลมีลักษณะเป็นเส้นตรง และมีหมู่ไฮดรอกซีเป็นจำนวนมาก ทำให้อะไมโลสจัดเรียงตัวขนานกัน และใกล้กันมากพอที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล ทำให้เกิดโครงสร้างร่างตาข่ายขึ้น สมบัติไฮโดรฟิลิกลดน้อยลง และสารละลายที่ได้จะมีลักษณะขุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

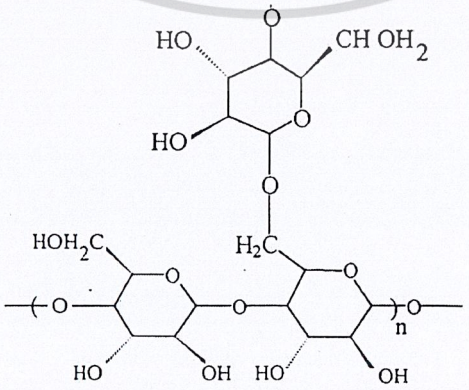
ในสารละลายเจือจางจะเกิดการรวมตัวกันของอะไมโลสที่ติดกันเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดที่ทำให้เกิดการตกตะกอนได้ แต่สำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงๆ ผลของความเกะกะจะขัดขวางการรวมตัว แต่จะมีการจัดเรียงตัวเพียงบางส่วนระหว่างช่วงของสายโซ่โมเลกุล ทำให้ได้เจลที่มีร่างแหสามมิติที่ยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยทั่วไปมักทำให้เกิดฟิล์มที่มีความแข็งแรง

ปรากฏการณ์ยึดติดกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลส เรียกว่า "รีโทรเกรเดชัน" (Retrogradation) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.9



รูป 2.9 ปรากฏการณ์รีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) ของอะไมโลส

2. อะไมโลเพกติน (Amylopectin) เป็นพอลิเมอร์โซ่สาขา (branched polymer) ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส เชื่อมกันด้วย α-1,4 glycosidic linkage และ α-1,6 glycosidic linkage แต่ละโซ่สาขาในโมเลกุลอะไมโลเพกตินมีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 20-30 หน่วย โดยโครงสร้างที่เป็นอะไมโลเพกตินจะคิดเป็น 75% ของแป้ง มีสูตรโครงสร้างดังนี้ คือ



รูปที่ 2.10 สูตรโครงสร้างของอะไมโลเพกติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะไมโลแพกตินเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่าอะไมโลส และการที่มีโซ่สาขาของโมเลกุลอะไมโลเพกติน ทำให้ลดการเคลื่อนที่ของสายโซ่พอลิเมอร์ และขัดขวางการที่สายโซ่จะเกิดการเรียงตัวให้ใกล้กันพอที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจน ด้วยเหตุนี้สารละลายอะไมโลเพกตินจึงมีลักษณะใส ฟิล์มที่ได้จากอะไมโลเพกตินจะไม่มีความแข็งแรง และไม่สามารถโค้งงอได้เหมือนฟิล์มที่ได้จากอะไมโลส

ถ้าสายโซ่หลักของอะไมโลเพกตินและอะไมโลสอยู่ขนานติดกันจะมีโอกาสเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างส่วนที่ติดกันได้ ทำให้เกิดกลุ่มของโครงผลึก (micellar crystallites) ซึ่งจะเป็นตัวยึดให้แป้งอยู่เป็นเม็ด และมีสมบัติของไบร์ฟริงเจนซ์ (birefringence) ซึ่งสามารถแสดงให้ทราบได้โดยการเกิดโพลาไรเซชัน (polarization cross)

ส่วนของแป้งที่เอื้อต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ คือ โครงสร้างที่เป็นสายโซ่ตรงจุลินทรีย์จะย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์เบตาอะไมเลส (ß-amylase) โดยทำลายเฉพาะพันธะ α-1,4 glycosidic linkage เท่านั้น ส่วน α-1,6 glycosidic linkage ไม่สามารถทำลายได้ ดังนั้นการย่อยแป้งซึ่งส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นอะไมโลเพกตินจึงได้เป็นสายสั้นของแป้งที่เรียกว่า เดกซ์ตริน (dextrin) เท่านั้น

2.3.3 การเกิดเป็นเจลของแป้ง

1. การบวมตัวและการเกิดเป็นเจลของเม็ดแป้ง

เม็ดแป้งจะไม่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 50 °C โดยอุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งอยู่ในช่วง 55-80 °C ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งและความเข้มข้น โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลที่ยึดติดเม็ดแป้งไว้ด้วยกันจะอ่อนตัวลง และเม็ดแป้งก็จะเริ่มบวมตัวอย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการบวมตัว เรียกว่า อุณหภูมิการเกิดเจล เม็ดแป้งจะอุ้มน้ำไว้ และบวมตัวหลายเท่าจากปริมาตรเดิม เมื่อให้ความร้อนและปั่นกวนส่วนผสมไปด้วยพร้อมกัน จะทำให้ส่วนผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ความหนืดมีค่ามากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งเกิดการบวมตัวและอุ้มน้ำไว้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นจะเกิดการแตกออกของเม็ดแป้ง ความหนืดก็จะลดลงขณะที่เม็ดแป้งที่เป็นเจลจะแตกออกจากกัน

เม็ดแป้งประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึก (crystalline) และส่วนที่เป็นอสัณฐาน(amorphous) ซึ่งระหว่างเกิดการบวมตัวที่สามารถผันกลับได้นั้น น้ำจะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำให้เกิดการบวมตัวที่บริเวณอสัณฐานนั้น โดยส่วนที่เป็นผลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เมื่อทำให้เม็ดแป้งแห้ง น้ำที่แทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐานจะถูกกำจัดออก โดยไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อคุณสมบัติของเม็ดแป้ง เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงเกินอุณหภูมิของการเกิดเจล น้ำจะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นผลึกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียรูปแบบไบร์ฟริงเจนซ์ ซึ่งหมายถึง องศาของการจัดเรียงตัวภายในโมเลกุลลดลง การสังเกตจากภาพตัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ สามารถใช้ในการกำหนดอุณหภูมิในการเกิดเป็นเจลได้

2. การเกิดเป็นเจลโดยใช้ความร้อน

สมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของแป้ง คือ การเกิดเป็นลักษณะแป้งเปียกที่หนืดเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้ง การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อความร้อนในขณะที่ให้ความร้อนแก่เม็ดแป้ง เป็นค่าที่ใช้ในการทำนายคุณสมบัติของแป้ง

การทำให้เกิดการบวมตัวเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้น เม็ดแป้งเกิดการพองตัวกระทบซึ่งกันละกัน ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดวิกฤติ จากนั้นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเริ่มอ่อนตัวลงและความหนืดจะลดลง ในกรณีที่เกิดการรวมตัวกันของอะไมโลส จะทำให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

จากการศึกษารูปแบบการบวมตัวของแป้งชนิดต่างๆ โดย X-ray diffraction และการทดสอบเม็ดแป้งโดยแสง และอิเล็คตรอนไมโครสโคป ทำให้ทราบถึงโครงสร้างที่เป็นไปได้และการจัดเรียงตัวของเม็ดแป้ง พบว่าเม็ดแป้งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นผลึก อสัณฐาน และส่วนที่เป็นกึ่งผลึก ในอะไมโลเพกตินโมเลกุลส่วนใหญ่จะมีทั้งส่วนที่เป็นผลึกและอสัณฐาน ส่วนที่เป็นผลึกเกิดจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล อะไมโลเพกตินในส่วนที่เป็นเส้นตรงของโซ่สาขา

การบวมตัวในช่วงเริ่มต้นระหว่างการเกิดเจล ในส่วนที่เป็นอสัณฐานของเม็ดแป้ง จะเกิดการแตกออกของพันธะไฮโดรเจนที่อ่อนตัว และเกิดการแทรกตัวของน้ำเข้าไปในโมเลกุล ขณะที่อุณหภูมิของน้ำแป้งสูงขึ้น การแทรกตัวของน้ำก็จะเกิดมากขึ้น และพันธะไฮโดรเจนในส่วนที่เป็นผลึกก็จะเริ่มแตกออก เม็ดแป้งบวมขึ้นโดยโมเลกุลอะไมโลเพกตินถูกแทรกด้วยน้ำ แต่โครงสร้างนี้ยังคงรูปอยู่ได้ เนื่องจากมีบางส่วนไม่ถูกแทรกด้วยน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่ยึดโครงสร้างนี้ไว้

3. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งที่เป็นเจล

คุณสมบัติของแป้งที่เป็นเจลจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการให้ความร้อน และสารมลทินที่ปนอยู่ในแป้ง ดังนั้นถ้าควบคุมสภาวะของการให้ความร้อนจะทำให้ได้สมบัติตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเข้มข้น อุณหภูมิ เวลา อัตราเร็วของการปั่นกวน ค่าpH และชนิดของสารตัวเติมและสิ่งเจือปนต่างๆ

2.3.4 การย่อยสลายด้วยเอนไซม์

การนำแป้งไปใช้ในทางอุตสาหกรรม ขึ้นอยู่กับความสามารถของเอนไซม์อะไมเลสที่จะเข้าไปย่อยแป้ง เช่น อัลฟา หรือเบต้าอะไมเลส สามารถย่อยเม็ดแป้ง (Native granule) ได้ ซึ่งการแยกแป้งออกจากพืชในห้องปฏิบัติการมีความเสียหายน้อยกว่าการผลิตแป้งในเชิงการค้า ซึ่งแป้งบางส่วนถูกทำลายในสารเคมี หรือแรงเชิงกล การย่อยสลายด้วยเอนไซม์จะขึ้นอยู่กับชนิดเอนไซม์และแป้ง สำหรับอัลฟาอะไมเลสที่ได้จากสัตว์ แบคทีเรีย หรือพืช จะทำปฏิกิริยากับแป้งแต่ละชนิดให้ผลที่แตกต่างกัน

2.3.5 การนำแป้งไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

การนำเอาพอลิเมอร์ธรรมชาติมาใช้ เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อสำหรับพลาสติก หรือใช้แทนพลาสติกบางตัว และความสามารถของพอลิเมอร์ธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ในทางชีวภาพทำให้ลดปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมได้

แป้งสามารถใช้ผสมในพลาสติก เช่น ใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิไวนิลคลอไรด์ ในโฟมยูรีเทนชนิดแข็ง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เพื่อให้มีสมบัติในการสลายตัวทางชีวภาพ และยังมีประโยชน์ในการใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (Extender) หรือเป็นสารเสริมแรง (Reinforcing agent)

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ใช้เป็นสารยึดเกาะทั้งในการเคลือบกระดาษ และตกแต่งสิ่งทอและใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อในการผลิตกระดาษ

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ใช้ในการเป็นสารเพิ่มเนื้อ และใช้แทนพอลิเมอร์สังเคราะห์ เพื่อลดการใช้มอนอเมอร์ที่ผลิตจากปิโตรเลียม และเพื่อให้พอลิเมอร์เกิดการสลายตัวโดยจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แป้งมันสำปะหลัง [13, 14]



รูปที่ 2.11 หัวมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังผลิตจากส่วนหัวของมันสำปะหลัง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า มานิฮอท เอสคูเลนตา (Manihot esculenta Grantz) มีชื่อตามแหล่งที่ปลูก เช่น คาซซาวา (Cassava) มานิออค (Manioc) แมนดิโอคา (Mandioca) ทาพิโอคา (Tapioca) เป็นต้น มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนความแห้งแล้งได้ดี จึงปลูกได้ตามเขตร้อนต่างๆทั่วโลก เช่น ฟิลิปปินส์ ไนจีเรีย บราซิล มาเลเซีย และประเทศไทย เป็นต้น สำหรับประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังมากทางภาคตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือ และเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีผลผลิตตลอดปี และราคาถูก

นักวิทยาศาสตร์ได้จัดมันสำปะหลังไว้เป็นหมวดหมู่ ดังนี้

ORDER: GERANIALES OR EUPHORBIALES

CLASS: DICOTYLEDONEA

SUBCLASS: ARCHICHLAMYDEAE

FAMILY: EUPHORBIACEAE

TRIBE: MANIHOTEAE

GENUS: MANIHOT

SPECIES: ESCULENTA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 องค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่เก็บสะสมอาหารไว้ในราก เมื่อพืชมีการสร้างอาหารจากใบ และส่วนที่เป็นสีเขียวแล้ว จะสะสมในรูปของคาร์โบไฮเดรต คือ แป้งไว้ในราก ความสามารถในการสร้าง และสะสมแป้งในรากมีความแตกต่างกันบ้าง เนื่องมาจากพันธุ์ของมันสำปะหลัง อายุเก็บเกี่ยว ปริมาณน้ำฝนในช่วงแรกก่อนการเก็บเกี่ยว และปัจจัยอื่นๆ จึงทำให้ส่วนประกอบของหัวมันอาจจะแตกต่างกันไป โดยทั่วไปหัวมันสำปะหลังที่มีอายุ 12 เดือน ที่ได้รับปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอ และไม่มีฝนตกชุกในขณะที่ทำการเก็บเกี่ยว จะมีองค์ประกอบแสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบต่างๆในมันสำปะหลัง

องค์ประกอบในหัวมัน	ปริมาณ (ต่อ 100 กรัมน้ำหนักหัวมัน)
น้ำ	60.21-75.32
เปลือก	4.08-14.08
เนื้อ (แป้ง)	25.87-41.88
ไซยาไนด์ (ppm)	2.85- 0.27

องค์ประกอบในเนื้อมัน	ปริมาณ (ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้งเนื้อมัน)
แป้ง	71.9-85.0
โปรตีน	1.57-5.78
เยื่อใย	1.77-3.98
เถ้า	1.20-2.80
ไขมัน	0.06-0.43
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง	3.59-8.66

2.4.2 ลักษณะโดยทั่วไปของแป้งมันสำปะหลัง

1. **ลักษณะปรากฏ:** แป้งในสภาวะที่แห้งจะมีสีขาว
2. **ขนาด:** โดยทั่วไปเมื่อนำไปผ่านตะแกรง 140 mesh (United State Number) จะต้องมีแป้งตกค้างอยู่ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **กลิ่น:** แป้งควรจะไม่มีกลิ่น ถ้ามีกลิ่นเปรี้ยวแสดงว่าเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์
4. **พีเอช:** แป้งปกติจะมีพีเอชประมาณ 6.2-6.5
5. **ความชื้น:** ความชื้นของแป้งควรจะมีค่าประมาณ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 61 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 21 °C ที่ความชื้นสูงถึง 18 เปอร์เซ็นต์ อาจมีราขึ้นและทำให้แป้งเป็นก้อน และสีจะเปลี่ยนไป
6. **เถ้า:** แป้งที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และเก็บรักษาในที่ที่สะอาด จะมีเถ้าต่ำกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามากกว่านี้แสดงว่ามีทราย หรือฝุ่นละอองติดมาด้วย
7. **สี:** ส่วนที่สำคัญ คือ สีของแป้งเปียก (paste) ซึ่งโดยทั่วไปจะโปร่งแสง ถ้าแป้งเปียก (paste) มีสีฟ้า หรือสีเทาแสดงว่ามีธาตุเหล็กปนเปื้อนอยู่
8. **การปนเปื้อน:** สารปนเปื้อนส่วนใหญ่ ได้แก่ เปลือก ไฟเบอร์ ฝุ่นและแมลง แป้งควรมีการปนเปื้อนน้อยที่สุด
9. **เนื้อเยื่อ (pulp):** แป้งควรมี pulp หรือ root fiber ต่ำ
10. **Acid Factor:** Acid Factor คือ ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล ที่ใช้ (หน่วยเป็นมิลลิลิตร) ในการไทเทรตกับแป้ง 25 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 3.0 ค่า Acid Factor ของแป้งไม่ควรเกิน 2.6
11. **Cold viscosity:** ถ้ามีค่าสูง จะทำให้การกวนแป้งที่มีความเข้มข้นสูงทำได้ยาก
12. **Hot viscosity:** ควรจะมีค่าความหนืดดี และมีความใส

2.4.3 สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง

ลักษณะของแป้งมันสำปะหลังเมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ประกอบด้วย เม็ดแป้งตั้งแต่ 2-8 เม็ดมารวมกัน แต่ละเม็ดยาวตั้งแต่ 4-35 ไมโครเมตร เม็ดแป้งส่วนมากมีลักษณะเป็นเม็ดกลมหรือไข่ซึ่งปลายข้างหนึ่งถูกตัดออก และผิวตรงส่วนที่ตัดออกจะมีลักษณะเว้าเข้าข้างใน บางเม็ดอาจมีริมด้านหนึ่งโค้ง อีกด้านหนึ่งแบนไม่สม่ำเสมอกัน เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโพลาไรซ์ จะเห็นลักษณะกากบาทสีดำ เรียกว่า Birefringence ภายในเม็ดแป้งประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลเพกติน ที่มีการเรียงตัวเป็น 2 แบบ แบบแรกสายพอลิเมอร์ของอะไมโลสเรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบ มีอะไมโลสบางส่วนเรียงขนานกับส่วนที่เป็นสายตรงส่วนนอกของอะไมโลเพกติน และยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้โมเลกุลบริเวณนี้จับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างหนาแน่น และมีแรงยึดเหนี่ยวสูง บริเวณนี้เรียกว่า Crystalline regions หรือ Micelles เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะ Birefringence ของเม็ดแป้ง Crystalline regions นี้มีความสามารถในการดูดน้ำและพองตัวต่ำมาก ส่วนแบบที่สองสายพอลิเมอร์ของอะไมโลส และอะไมโลเพกตินมีการเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ แรงดึงดูดระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ของอะไมโลส และอะไมโล-เพกตินต่ำกว่าแบบแรก บริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบนี้ เรียกว่า Amorphous regions เป็นส่วนที่มีการดูดน้ำได้ดี และเกิดการพองตัวได้ง่าย

สมบัติในการเกิดปฏิกิริยาของเม็ดแป้งกับน้ำ เป็นสมบัติที่สำคัญในการนำแป้งไปใช้ประโยชน์ เมื่อเม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำได้รับความร้อน พลังงานความร้อนจะทำลายพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างของเม็ดแป้ง ทำให้โมเลกุลของน้ำเข้าไปจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระของเม็ดแป้งได้ เม็ดแป้งจะเริ่มพองตัวขึ้น เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสต่ำจึงมีการพองตัวที่ดี และมีค่าความสามารถในการละลายประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 95 °C ลักษณะการพองตัวของแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิการพองตัวต่างๆจะเป็นขั้นตอนเดียว (Single stage swelling) ในระหว่างที่ให้ความร้อนกับเม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และเม็ดแป้งเริ่มดูดซับน้ำจากภายนอกนั้น เม็ดแป้งจะเริ่มพองตัวพร้อมๆกับที่เม็ดแป้งสูญเสียความสามารถในการเบี่ยงเบนแสงโพลาไรซ์ (Birefringence) ลักษณะเช่นนี้ทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งเป็นแบบผันกลับไม่ได้ โดยปกติเม็ดแป้งที่พองตัว เมื่อได้รับความร้อนเม็ดแป้งจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแป้งเปียก (Pates) ที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก และเมื่อเม็ดแป้งเย็นลงจะเกิดเป็นเจลขึ้น อุณหภูมิการเกิดเจลจะอยู่ในช่วง 58-70 °C แป้งเปียกที่เกิดขึ้นจะไม่คงตัวมากนัก ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้แป้งมันสำปะหลัง จึงจำเป็นต้องมีการดัดแปรแป้งเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวของแป้งเปียกทำให้เมื่อเย็นตัวลงความหนืดจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากเกิดการจับกันของหมู่ไฮดรอกซิลของอะไมโลสต่ำ แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่เกิดการคืนตัวต่ำ และให้ลักษณะของแป้งเปียกที่ใสและไม่ทึบแสง

2.4.4 ประโยชน์ของมันสำปะหลังแยกตามส่วนต่างๆ

หัวสด

- ใช้เป็นอาหารมนุษย์ โดยรับประทานสด ต้ม นึ่ง ย่าง อบ เชื่อม ทำเป็นแป้ง แล้วแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่างๆ ตลอดจนนำมาฝานเป็นแผ่นบางๆ แล้วทอด
- ใช้เป็นอาหารสัตว์ ทั้งที่เป็นหัวสด กากที่เหลือจากการทำแป้ง เปลือกของหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ส่งโรงงานอุตสาหกรรมทำแป้ง มันเส้น มันอัดเม็ด แอลกอฮอล์ ฯลฯ

ใบ

- ใช้เป็นอาหารมนุษย์ รับประทานสด ต้มจิ้มน้ำพริก นำมาแกง
- ใช้เป็นอาหารสัตว์ ในรูปใบสด ตากแห้งป่นผสมกับอาหารข้นเลี้ยงสัตว์ และเป็นอาหารผสม

ลำต้น

- ใช้ทำเป็นท่อนพันธุ์ โดยตัดออกเป็นท่อนๆ แล้วนำไปปลูก
- ใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยตัดส่วนยอดผสมกับใบสดใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ตากแห้งทำเป็นอาหารหยาบ

เมล็ด

- ใช้สกัดน้ำมันที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาได้

2.4.5 การใช้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปต่างๆ

มันเส้น

- ใช้เป็นอาหารสัตว์ หมักแล้วเติมเนื้อสัตว์ น้ำมัน ผัก เครื่องเทศ และน้ำปรุงอาหาร
- ใช้เลี้ยงสัตว์โดยตรง

แป้ง

- ใช้เป็นอาหารมนุษย์ อาหารทารก เป็นเครื่องปรุงอาหารหลายชนิด ใช้ทำวุ้นเส้น ทำเบียร์
- ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นตัวทำให้สารติดแน่น คงรูปร่าง เป็นตัวทำให้เป็นผงฝุ่นใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมซักรีด อุตสาหกรรมทำกาว กระดาษ แป้งเปียก แอลกอฮอล์ อะซีโตน ยา กลูโคส ใช้ในอุตสาหกรรมเจาะน้ำมัน และแป้งแปรรูป

แป้งดิบ

- เป็นแป้งที่ไม่ได้สกัดเอาเยื่อใยออก ทำได้โดยนำหัวมันสำปะหลังมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตากแห้งให้ละเอียด แล้วร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง จะได้แป้งดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สามารถนำมาใช้ทำขนมอบชนิดต่างๆได้คล้ายแป้งสาลี เช่น นำมาทำเป็นเค้ก แพนเค้ก ขนมปัง คุกกี้ พาย สามารถนำมาทดแทนแป้งสาลีได้

2.4.6 การใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบประกอบในอุตสาหกรรมอื่น

- **อุตสาหกรรมทอผ้า** อุตสาหกรรมทอผ้านั้นจะต้องใช้แป้งมันสำปะหลัง โดยด้ายที่จะใช้ทอผ้านั้นจะต้องผ่านการชุบแป้งเสียก่อน ด้ายจึงจะเรียบไม่มีขน นอกจากนี้ในขั้นตอนการพิมพ์ลายผ้าแป้งจะช่วยทำให้พิมพ์ลายได้สม่ำเสมอ
- **อุตสาหกรรมกระดาษ** การทำกระดาษต้องใช้เยื่อกระดาษที่ทำจากไม้ต่างๆ เช่น ไม้ไผ่ ไม้สน ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น ทำให้เป็นเยื่อเล็กๆ แล้วนำเยื่อกระดาษเหล่านั้นมาเรียงเป็นแผ่น อย่างไรก็ตามแผ่นกระดาษจะไม่เรียบ จะต้องมีการฉาบผิวด้วยกาวจากแป้งทำให้กระดาษเรียบ ช่วยทำให้กระดาษไม่ซึมหมึกเวลาเขียนด้วยน้ำหมึกหรือพิมพ์สี
- **อุตสาหกรรมไม้อัด** แป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติเป็นกาวจึงถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัด เนื่องจากในการผลิตไม้อัด ต้องประกอบไม้ให้ติดกันโดยใช้กาว
- **อุตสาหกรรมกาว** แป้งมันสำปะหลังยังมีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อถูกความร้อนหรือถูกสารเคมีจะมีความเหนียว และมีคุณสมบัติสามารถรักษาความเหนียวได้เหมือนเดิมโดยไม่มีการคืนตัว แป้งมันสำปะหลังที่จะใช้ทำกาวจะต้องเป็นแป้งบริสุทธิ์
- อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม
- ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น สาคู ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม
- ซอสต่างๆ เช่น ซอสมะเขือเทศ อาหารกระป๋อง ใช้แป้งมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มความเข้มข้น

2.4.7 ผลิตภัณฑ์ใหม่จากแป้งมันสำปะหลัง

- สารดูดน้ำ การใช้งานของพอลิเมอร์ดูดซับน้ำยิ่งยวดมีหลายด้าน เช่น ใช้งานด้านอนามัยทางการแพทย์ ปริมาณที่ใช้มากที่สุด ได้แก่ ผ้าอ้อมสำหรับเด็กและผู้ใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อดูดซับของเหลวในร่างกายจากการขับถ่ายที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง หรือใช้ในทางอุตสาหกรรมเป็นสารข้นสำหรับหมึกสกรีนระบบน้ำ วัสดุดูดน้ำออกจากเชื้อเพลิง

- พลาสติกที่สลายได้ทางชีวภาพ
- การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง หัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่ประกอบด้วยแป้ง ซึ่งแป้งสามารถเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ที่เรียกว่า เอทานอล (ethanol) ซึ่งแอลกอฮอล์ที่ได้นี้เมื่อนำไปผสมน้ำมันเบนซินในอัตรา 10-20 : 90-80 ส่วน จะสามารถใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ที่เรียกว่า ก๊าซโซฮอล์ (gasohol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 N,N-Methylenebisacrylamide (MBA) [15]

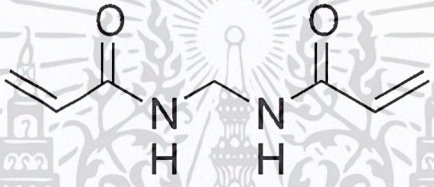
N,N-Methylenebisacrylamide นิยมใช้เป็นสารเชื่อมโยงในโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในทางการแพทย์เนื่องจากไม่เป็นพิษ

ชื่อ IUPAC : *N*-[(Prop-2-enoylamino) methyl] prop-2-enamide

สูตรโมเลกุล : $C_7H_{10}N_2O_2$

มวลโมเลกุล : 154.17 g mol^{-1}

สูตรโครงสร้าง :



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของ N,N-Methylenebisacrylamide

- **สมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)**

  ลักษณะ : ผลึกสีขาว

  จุดหลอมเหลว : > 300 °C

  ความหนาแน่น : 5.31

  ความถ่วงจำเพาะ : 1.24

- **ความเสถียรภาพ (Stability)**

  มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติ เมื่อสลายตัวเกิดก๊าซอันตราย คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ในระหว่างพอลิเมอไรซ์ไม่เกิดสารที่เป็นอันตราย ไม่เข้ากันกับเบสแก่ และกรดแก่

- **ความเป็นพิษ (Toxicology)**

  อันตรายถ้ากลืนกินเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Ammonium persulfate (APS) [12]

ชื่ออื่น : Ammonium peoxidesulphate, Peroxidisulfuric acid, Diammonium Salt

สูตรโมเลกุล : $(NH_4)_2S_2O_8$

มวลโมเลกุล : 228.19 g mol^{-1}

สูตรโครงสร้าง :



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของ Ammonium persulfate

- **สมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)**

  ลักษณะ : ไม่มีสีเป็นผลึกสีขาว

  กลิ่น : ไม่มีกลิ่น

  ค่า pH (20°C) : 3.2

  จุดหลอมเหลว : 120 °C (สลายตัว)

  ความถ่วงจำเพาะ : 1.98

  ความสามารถในการละลายน้ำ (20°C) : 582 g/l

  อุณหภูมิสลายตัว : >120 °C

- **ความเสถียรภาพ (Stability)**

  มีความเสถียรอาจจะเกิดการลุกไหม้กับวัสดุที่ติดไฟได้ ไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกับเบส วัสดุติดไฟสารประกอบเปอร์ออกซี สารประกอบซิลเวอร์ และอาจจะสลายตัวได้ถ้าอยู่ในน้ำหรืออากาศที่ชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ความเป็นพิษ (Toxicology)**

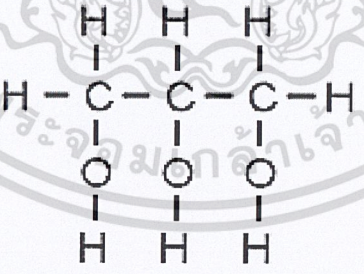
  อันตรายมากถ้ากลืนกินเข้าไป เป็นอันตรายอย่างมากกับผนังเยื่อบุ อาจเป็นสาเหตุของโรคผิวหนังอักเสบ ตาอักเสบหรือระคายเคืองทางเดินหายใจ และอาจทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้เนื่องจากการสูดดมหรือสัมผัสกับผิวหนัง

2.7 กลีเซอรอล (Glycerol) [17]

กลีเซอรอลเป็นพอลิออลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มีน้ำหนักโมเลกุล 92 มีสูตรโครงสร้างดังนี้

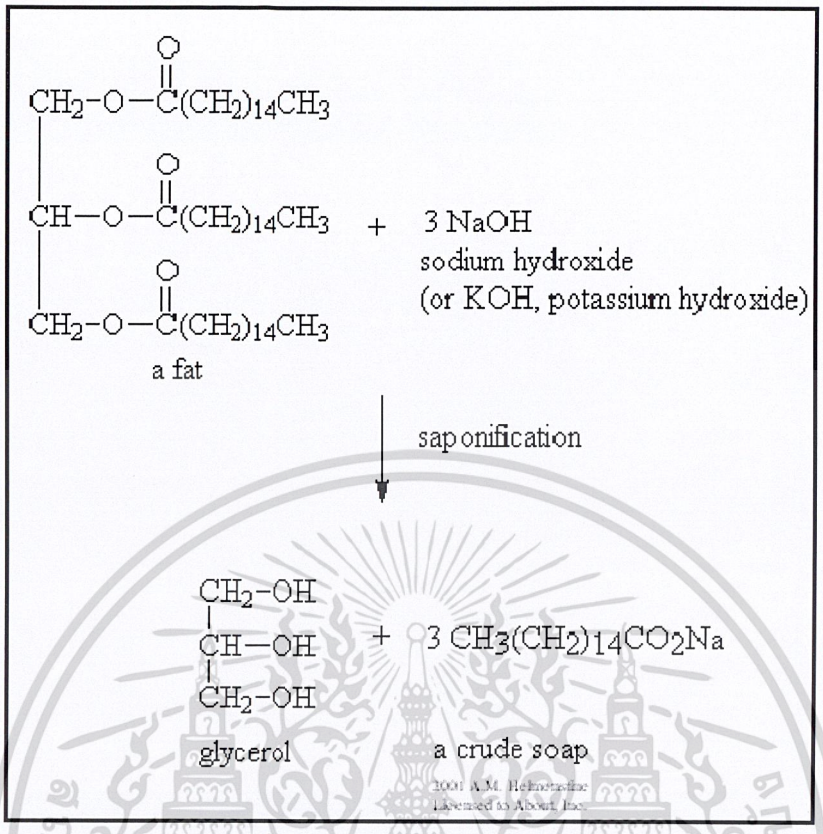
$C_3H_8O_3$ $[(HO)\text{-}CH_2\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2(OH)]$

สมบัติทางเคมีคล้ายแอลกอฮอล์ H ในหมู่ของ (OH) นั้นมีสมบัติเป็นกรดอ่อนมากๆ กลีเซอรอลมีสมบัติเป็นของเหลวที่มีความหนืด มีรสหวานเป็น 0.6 เท่าของน้ำตาลผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ และแอลกอฮอล์ได้ดีที่อุณหภูมิปกติ กลีเซอรอลใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางค์ที่ต้องการให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง เรียกว่า มอยส์เจอร์ไรซ์เซอร์โดยส่วนมากกลีเซอรอลจะมาจากผลพลอยได้ในการผลิตสบู่ และกรดไขมันโดยมีกรดหรือเบสเจือจางเป็นตัวเร่งหรือที่เรียกว่าปฏิกิริยา Saponification



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ปฏิกิริยา Saponification

2.8 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และวชิรพันธ์ จันทร์พงษ์ [17] การใช้มิวซิเลจแห้งจากเม็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอม การใช้มิวซิเลจจากเม็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวแทนกัวร์กัมในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอม โดยแปรปริมาณของมิวซิเลจจากเม็ดแมงลักเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.3, 0.4 และ 0.5 (w/w) พบว่าเมื่อปริมาณของมิวซิเลจจากเม็ดแมงลักเพิ่มขึ้น ไอศกรีมจะมีความหนืดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีผลทำให้อัตราการขึ้นฟูและการละลายลดลง เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมกล้วยหอมที่เติมมิวซิเลจจากเม็ดแมงลักร้อยละ 0.5 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส การละลายในปากและความชอบโดยรวมสูงที่สุด และเมื่อนำมาทดสอบเปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมสูตรมาตรฐานที่ใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความคงตัว พบว่าสูตรที่ใช้มิวซิเลจจากเม็ดแมงลักมีเนื้อสัมผัส การละลายในปากและความชอบโดยรวมสูงกว่า และองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกล้วยหอมที่เติมมิวซิเลจจากเม็ดแมงลัก ร้อยละ 0.5 พบว่ามีความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใย ร้อยละ 73.83, 16.07, 4.90, 4.20, 1.00 และ 7.30 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมสูตรมาตรฐาน พบว่ามีปริมาณเส้นใยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุลธิดา แซ่อุ่ย (2550) [12] ได้ศึกษาการเตรียมผงสารเมือกแห้งจากเม็ดแมงลัก และเตรียมไฮโดรเจลจาก Poly(2-hydroxyethy methacrylate) ผสมกับสารเมือกจากเม็ดแมงลัก เนื่องจากสารเมือกจากเม็ดแมงลักมีสมบัติการดูดซับน้ำได้ดี จึงเหมาะที่จะนำมาพัฒนาและเตรียมเป็นไฮโดรเจล โดยศึกษาปริมาณของสารเมือกจากเม็ดแมงลัก ปริมาณสารเชื่อมโยง (crosslinking agent) ปริมาณตัวริเริ่มปฏิกิริยา (Initiator) ผลของอุณหภูมิในขณะทำการผสมที่มีต่อพฤติกรรมการพองตัว และสมบัติเชิงกลของไฮโดรเจล ผลจากการทดสอบพบว่า อุณหภูมิของปฏิกิริยาไม่มีผลต่อการเกิดพันธะเชื่อมโยงในสารเมือกจากเม็ดแมงลัก แต่มีผลกระทบต่อการเกิด Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) โดยที่อุณหภูมิสูงเกิดพอลิเมอร์ได้มาก เมื่อสารเชื่อมโยง และตัวริเริ่มปฏิกิริยามีน้อย ผลจากการตรวจวิเคราะห์ด้วย FTIR, TGA และ SEM พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ผลการทดลองแสดงว่า สารเมือกจากเม็ดแมงลักสามารถนำมาทำเป็นฟิล์มไฮโดรเจลที่มีความสามารถดูดซับน้ำได้ โดยใช้สารเชื่อมโยง N,N-Methylenebisacrylamide

ณรงค์ ยุคันตรพรพงษ์และคณะ (2524) [18] ศึกษาการแยกสารที่มีคุณสมบัติในการพองตัวจากเม็ดแมงลักเพื่อใช้ในเภสัชอุตสาหกรรม และเภสัชกรรม สารเมือก (Mucilage) ซึ่งได้การพองตัวในน้ำของเม็ดแมงลัก มีสมบัติน่าสนใจ การเอาสารเมือกออกจากเม็ดและทำให้อยู่ในรูปของผงแห้งใช้กรรมวิธีแบบง่ายๆ และผงเมือกแห้งที่ได้นี้ ได้นำไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพในแนวทางที่จะนำเอาไปใช้ประโยชน์ อาทิเช่น ศึกษาสมบัติการไหล ความหนืด การพองตัวในน้ำที่มีค่า pH ต่างๆ และความคงตัวของสารเมือกอันเป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการเอาสารเมือกจากเม็ดแมงลักไปใช้เป็น suspending agent ศึกษาปริมาณความชื้นที่มีในผงแห้งและความสามารถในการดูดความชื้น เพื่อเป็นข้อมูลในการเอาผงเมือกแห้งไปตอกเป็นเม็ด หรือแคปซูล หรือในการเก็บรักษาผงเมือกแห้ง นอกจากนี้ได้ทดลองเตรียมยาน้ำแขวนตะกอน โดยใช้สารเมือกจากเม็ดแมงลักนี้เป็น suspending agent

ธีระพล มณีวรานนท์กุล สุวิทย์ เอื้อโสภณ อรกมล ทองใบ (2544) [5] ศึกษาการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างสารเมือก ที่ได้จากการพองตัวของเม็ดแมงลัก กับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA 3% w/w) ศึกษาอัตราส่วน และระยะเวลาในการปรับสภาพทางความร้อนที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ทำการเปรียบเทียบค่าการดูดซับน้ำ และสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่ได้จาก PVA อย่างเดียวที่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนที่ 100 °C เป็นเวลา 0, 2.5, 5 และ10 นาที ตามลำดับ กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มผสมระหว่างสารเมือก และ PVA ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร และในอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร โดยผ่านการปรับสภาพเช่นเดียวกับฟิล์มที่ได้จาก PVA อย่างเดียว ศึกษาสมบัติทางความร้อนของฟิล์มทั้ง 3 สูตร โดยใช้เทคนิค TGA และ DSC ในการตรวจสอบ จากการทดลองพบว่าสมบัติทางความร้อนของฟิล์มผสมจะแปรผันกันตามปริมาณของสารเมือกที่ใช้ และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพทางความร้อน และฟิล์มผสมในอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร โดยผ่านการปรับสภาพเช่นเดียวกับฟิล์มที่ได้จาก PVA อย่างเดียว ที่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนเป็นเวลา 2.5 นาที ให้สมบัติโดยรวมดีที่สุด โดยจะให้ค่าการดูดซับน้ำ 605.34% ค่าความแข็งแรงดึง 584 MPa และค่าความสามารถในการยืด 16%

D.R.Lu, C.M. Xiao, S.J. Xu (2552) [19] แป้งคือพอลิเมอร์ตามธรรมชาติที่มีลักษณะเฉพาะตัวหลายๆอย่างพอลิเมอร์สังเคราะห์บางตัวนั้นสามารถสลายตัวทางชีวภาพได้ และยังสามารถนำไปทำเสื้อผ้าได้อย่างง่ายดายอีกด้วย ดังนั้นถ้านำข้อดีของแป้ง และพอลิเมอร์สังเคราะห์มารวมกันจะได้พอลิเมอร์ที่สลายตัวทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์โดยมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก (SCBP) เพื่อใช้ในทางการแพทย์ และสิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้แนะนำโครงสร้าง และลักษณะเฉพาะแบบคร่าวๆ รวมถึงการเตรียม SCBP ผ่านการผสมทางกายภาพ และทางเคมี สุดท้ายจะเป็นการยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ และการพัฒนาเพื่อลดปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมีลง และเพื่อช่วยลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมด้วย

K.Chonsubjumroen, K.Techawongsuwan and T.Noikumsiri (2550) [20] ในงานวิจัยนี้ศึกษาผงวุ้นที่สกัดได้จากเม็ดแมงลักซึ่งใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อในสารอินทรีย์ได้ อีกทั้งยังศึกษาถึงการเติมพลาสติกไซเซอร์ เช่น กลีเซอรอล หรือ พอลิเอทิลีนไกลคอล การผสมทำได้โดยใช้เครื่องผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง ที่ 125°C เวลา 15 นาที ฟิล์มพอลิเอทิลีนที่ผสมได้นั้นสามารถเป่าขึ้นรูปได้ โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเป่าขึ้นรูป โดยอัตราส่วนที่สามารถเป่าขึ้นรูปได้ นั้นต้องมีอัตราส่วนของพลาสติกไซเซอร์กับผงวุ้นในอัตราส่วน 1:1 และปริมาณผงวุ้นแมงลักที่ผสมต้องมีไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด เมื่อขึ้นรูปฟิล์มได้แล้วก็นำมาทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น ทดสอบสมบัติความแข็งแรงในการดึงยืด และเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของฟิล์ม ซึ่งการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของผงวุ้นเข้าไปแล้วค่าที่ได้จากการทดสอบสมบัติทั้งสองอย่างนี้ลดลง และได้ทำการทดสอบการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับน้ำปรากฏว่าพอลิเอทิลีนมีการดูดซับน้ำได้ดีกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมาก และเมื่อทดสอบการฝังดินเป็นเวลา 4 เดือน ก็เห็นการสลายตัวของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้นถึง 10%

S.K. Bajpai (2542) [21] ศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลจาก Casein (โปรตีนในนม) ผสมกับ Polyacrylamide แล้วทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยง และศึกษาพฤติกรรมการบวมตัวและการปลดปล่อยยา วิธีการเตรียมทำได้โดยนำ Casein มาละลายใน NaOH เติมมอนอเมอร์ Acrylamide, N,N-Methylenebisacrylamide(เป็นสารก่อเชื่อมโยง),Sodium metabisulphite และ Potassium persulphate (เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาแบบ Redox) และน้ำได้ Casein crosslink กับ Polyacrylamide และพบว่าไฮโดรเจลบวมตัวได้มากที่สุดที่สภาวะเป็นกลาง

T. Siriwittayacom, N. Suebsanti, R.Molly, P. Siriwittayacom, และM. Prasitsilp, (2544) [22] เตรียมโฮโมพอลิเมอร์ของ 2-hydroxyethyl methylacrylate และโคพอลิเมอร์ของ 2-hydroxyethylmethacrylate-co-methyl acrylate จากเทคนิคบัลค์ใช้ปริมาณของ methyl acrylate อยู่ในช่วง 0-25 % โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อ methyl acrylate เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่ดูดซึมจนอิ่มตัว ปริมาณการกักเก็บน้ำ อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว และความทนแรงดึงลดลง แต่ความทนความร้อนสูงขึ้น โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์มีแนวโน้มที่จะนำมาทำผิวหนังเทียมได้

B. Anroop, S.P. Bhatnagar, B. Ghosh และ V. Parcha (2548) [23] ศึกษาสมบัติแขวนลอยของสารเมือกจากเม็ดแมงลัก สารเมือกสกัดจากเม็ดแมงลักนำมาศึกษาความเป็นพิษ เตรียมสารแขวนลอยของ Zinc oxide โดยผสมกับสารเมือกจากแมงลัก, Tragacanth และโซเดียมคาร์บอก-ซีเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าสารเมือกจากแมงลักทำหน้าที่เป็นสารแขวนลอยดีกว่าสารอีกสองชนิด และไม่มีพิษ ดังนั้นสารสกัดจากแมงลักสามารถนำมาใช้ทางเภสัชวิทยาโดยใช้เป็นสารแขวนลอยได้

นายนิวัตน์ บุญญะรัง , นางสาวศุภวรรณ ดีโรจนเดช และนางสาวสุธีจินต์ พยัคคง (2552) [24] งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจล (Hydrogel) จากสารเมือก (Mucilage) ที่ได้จากการพองตัวของเม็ดแมงลัก (*Ocimum canum Sims.*) กับพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล (Glycerol) และ พอลิเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol) โดยผสมแมงลักกับพลาสติกไซเซอร์ ในอัตราส่วน 1:1, 1.5:1 และ 2:1 โดยน้ำหนัก ทำการเปรียบเทียบค่าการดูดซับน้ำ (Water Uptake) ร้อยละน้ำหนักของแข็งที่เหลือ (%Solid content) สมบัติเชิงกลของฟิล์มแมงลัก และฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมงลักผสมพลาสติกไซเซอร์ ที่ไม่แช่และแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 0, 1, 3 และ 5 นาที ตามลำดับ ศึกษาสมบัติทางความร้อนของฟิล์มแมงลัก โดยใช้เทคนิค TGA และ DSC ศึกษาสัณฐานวิทยาของฟิล์มแมงลัก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ (Optical polarized microscope) และตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันโดยใช้เครื่อง FT-IR จากการทดลองพบว่า สมบัติต่างๆ ของฟิล์มแมงลักแปรผันตามชนิด อัตราส่วนและระยะเวลาในการเชื่อมโยงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ดีกว่าพอลิเอทิลีนไกลคอล โดยเฉพาะอัตราส่วนแมงลักต่อกลีเซอรอลเท่ากับ 2:1 ฟิล์มไฮโดรเจลที่อัตราส่วนนี้ แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 3 นาที ให้สมบัติดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้

3.1.1 สารเคมี

1. แป้งมันสำปะหลัง ตรา New grade
2. เม็ดแมงลัก ตรา ไร่ทิพย์
3. น้ำกลั่น
4. N,N-Methylenebisacrylamide (MBA) บริษัท Fluka Chemika
5. Ammonium persulfate (APS) บริษัท Fluka Chemika
6. Sodium hydroxide (NaOH) บริษัท Fluka Chemika
7. Glycerol บริษัท Fluka Biochemika

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของสารเคมี [15]

สารเคมี	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล ($g\ mol^{-1}$)	จุดหลอมเหลว (°C)	ความหนาแน่น ($g\ cm^{-3}$)
N,N-methylenebis acrylamide (MBA)	$C_7H_{10}N_2O_2$	154.17	300	5.31
Ammonium persulfate (APS)	$(NH_4)_2S_2O_8$	228.19	120	1.98
Sodium hydroxide	NaOH	39.99	318	2.13
Glycerol	$C_3H_8O_3$	92.09	17.8	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก: DENVER รุ่น TR 6101
2. ตู้อบ
3. เครื่องปั่น National Super blender
4. Hot plate: Lab Tech
5. มอเตอร์พร้อมใบพัดปั่นกวน: IKA RW 20 DIGITAL
6. เครื่องทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile testing machine)
7. เครื่อง Thermogravimetric Analyzer บริษัท Perkin Elmer รุ่น Model TGA 51 S/N TG-A51-129
8. เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer บริษัท Perkin Elmer รุ่นModel FT-IR SPECTRUM GX

3.1.3 อุปกรณ์

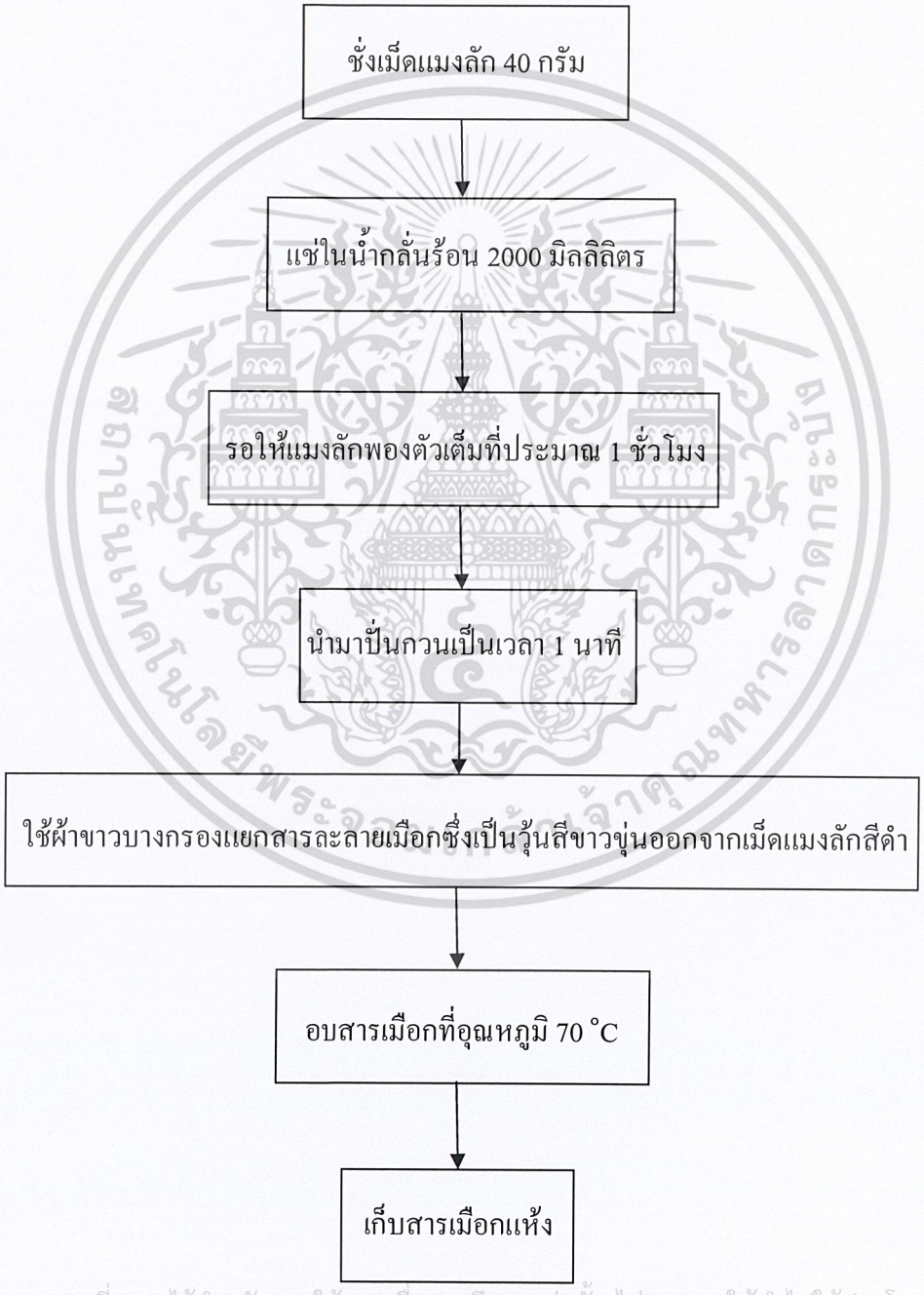
1. บีกเกอร์ ขนาด 1000 มิลลิลิตร
   ขนาด 500 มิลลิลิตร
   ขนาด 250 มิลลิลิตร
   ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
   ขนาด 10 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้วคนสาร
4. ช้อนตักสาร
5. แม่พิมพ์ ขนาด 15x21 เซนติเมตร
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. ถาดอะลูมิเนียม
8. ผ้าขาวบาง
9. แผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์
10. ถ้วยพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 เตรียมผงสารเมือกแห้งจากเม็ดแมงลัก

ชั่งเม็ดแมงลัก 40 กรัม แช่ในน้ำกลั่นร้อน 2000 มิลลิลิตร จากนั้นรอให้แมงลักพองตัวเต็มที่ประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วนำมาปั่นกวนเป็นเวลา 1 นาที ใช้ผ้าขาวบางกรองแยกสารละลายเมือกซึ่งเป็นวุ้นสีขาวขุ่นออกจากเม็ดแมงลักสีดำ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C จนได้สารเมือกแห้ง

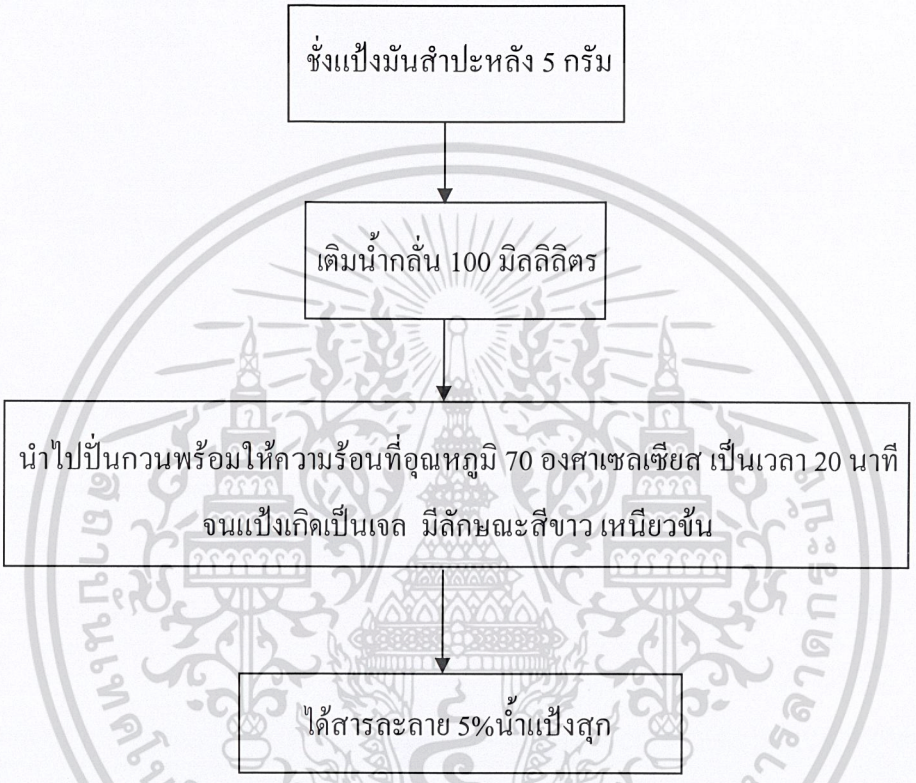


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมผงสารเมือกแห้งจากเม็ดแมงลัก

3.2.2 เตรียมสารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลัง (5%S)

ชั่งแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปปั่นกวนพร้อมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จนแป้งเกิดเป็นเจลมีลักษณะสีขาว เหนียวข้นจะได้สารละลาย 5%น้ำแป้งสุก

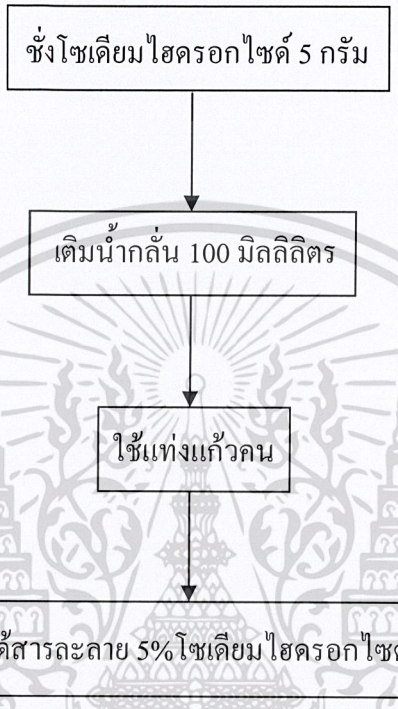


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เตรียมสารละลาย 5%โซเดียมไฮดรอกไซด์ (5%NaOH)

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมแล้วเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร โดยใช้แท่งแก้วคนจนของแข็งละลาย จะได้สารละลาย 5%โซเดียมไฮดรอกไซด์

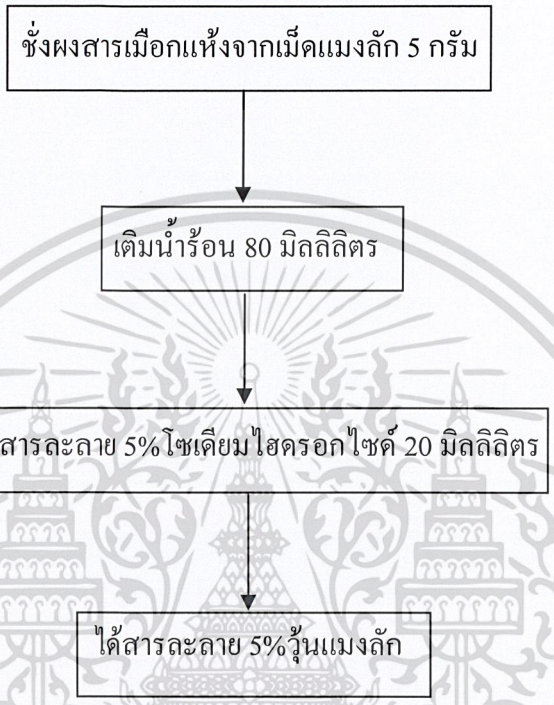


รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย 5%โซเดียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เตรียมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก (5%M)

ชั่งผงสารเมือกแห้งจากเม็ดแมงลัก 5 กรัม เติมน้ำร้อน 80 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย 5%โซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 มิลลิลิตร ได้สารละลาย 5%วุ้นแมงลัก



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก

อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สรุปสูตรที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจล

สูตร	5%S (g)	5%M (g)	5%NaOH (ml)	น้ำร้อน (ml)	MBA (g)	APS (g)	Glycerol (g)
1	**10**	**0**	0	0	0	0	0
2	**10**	**0**	0	0	0.095	0.095	0.5
3	**9**	**1**	20	80	0.095	0.095	0.5
4	**7**	**3**	20	80	0.095	0.095	0.5
5	**5**	**5**	20	80	0.095	0.095	0.5
6	**3**	**7**	20	80	0.095	0.095	0.5
7	**0**	**10**	20	80	0	0	0
8	**0**	**10**	20	80	0.095	0.095	0.5
9	3	7	**10**	**90**	0.095	0.095	0.5
10	3	7	**30**	**70**	0.095	0.095	0.5
11	3	7	20	80	**0.19**	0.095	0.5
12	3	7	20	80	**0.048**	0.095	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตอนที่ 1</u> ศึกษาอัตราส่วนของสารละลายแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

1. นำส่วนผสมต่างๆมาผสมกัน ดังตารางที่ 3.3 พร้อมกับปั่นกวนและให้ความร้อน โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 70 °C จนของผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 1-8

สูตร	5%S (g)	5%M (g)	MBA (g)	APS (g)	G (g)
1	**10**	**0**	0	0	0
2	**10**	**0**	0.095	0.095	0.5
3	**9**	**1**	0.095	0.095	0.5
4	**7**	**3**	0.095	0.095	0.5
5	**5**	**5**	0.095	0.095	0.5
6	**3**	**7**	0.095	0.095	0.5
7	**0**	**10**	0	0	0
8	**0**	**10**	0.095	0.095	0.5

หมายเหตุ 5%S คือ สารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลัง

5%M คือ สารละลาย 5%วุ้นแมงลัก

MBA คือ N,N-Methylenebisacrylamide

APS คือ Ammonium persulfate

G คือ กลีเซอรอล

2. ขึ้นรูปโดยการหล่อเป็นแผ่นฟิล์มขนาด 15x21 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. นำชิ้นงานที่อบแห้งมาทดสอบสมบัติต่างๆ
4. เลือกสูตรที่ให้สมบัติโดยรวมที่ดีที่สุดมาทำการศึกษาผลของปริมาณ NaOH และสารเชื่อมโยงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

เนื่องจากในการทดลองเตรียมฟิล์มผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักต้องใช้ 5%NaOH ในการเตรียมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก เนื่องจากเมื่อสารเมือกแห้งจากแมงลักดูดน้ำแล้วจะกลายเป็นก้อนเหนียว มีความหนืดมาก กระจายตัวยาก ในตอนที่ 2 จึงทำการศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก

1. เตรียมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก (5%M) โดยใช้ปริมาณ NaOH ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การเตรียมสารละลาย 5%M ที่ปริมาณ NaOH ต่างๆ

สูตร	ผงสารเมือกแห้งจากเม็ดแมงลัก (g)	NaOH (ml)	น้ำร้อน (ml)
6	5	**20**	**80**
9	5	**10**	**90**
10	5	**30**	**70**

2. จากตารางที่ 3.4 นำสารละลาย 5%M ที่เตรียมได้มาผสมกับส่วนผสมต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.5 พร้อมกับปั่นกวนและให้ความร้อน โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 70 °C จนของผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ตารางที่ 3.5 อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 6, 9, 10

สูตร	5%S (g)	5%M (g)	MBA (g)	APS (g)	G (g)	หมายเหตุ
6	3	7	0.095	0.095	0.5	**NaOH 20 ml**
9	3	7	0.095	0.095	0.5	**NaOH 10 ml**
10	3	7	0.095	0.095	0.5	**NaOH 30 ml**

หมายเหตุ 5%S คือ สารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลัง

5%M คือ สารละลาย 5%วุ้นแมงลัก

MBA คือ N,N-Methylenebisacrylamide

APS คือ Ammonium persulfate

G คือ กลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขึ้นรูปโดยการหล่อเป็นแผ่นฟิล์มขนาด 15x21 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำชิ้นงานที่อบแห้งมาทดสอบสมบัติต่างๆ

<u>ตอนที่ 3</u> ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

1. นำส่วนผสมต่างๆมาผสมกัน ดังตารางที่ 3.6 พร้อมกับปั่นกวนและให้ความร้อน โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 70°C จนของผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ตารางที่ 3.6 อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมฟิล์มไฮโดรเจลสูตร 6, 11, 12

สูตร	5%S (g)	5%M (g)	MBA (g)	APS (g)	G (g)
6	3	7	**0.095**	0.095	0.5
11	3	7	**0.19**	0.095	0.5
12	3	7	**0.048**	0.095	0.5

หมายเหตุ 5%S คือ สารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลัง
5%M คือ สารละลาย 5%วุ้นแมงลัก
MBA คือ N,N-Methylenebisacrylamide
APS คือ Ammonium persulfate
G คือ กลีเซอรอล

2. ขึ้นรูปโดยการหล่อเป็นแผ่นฟิล์มขนาด 15x21 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. นำชิ้นงานที่อบแห้งมาทดสอบสมบัติต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบสมบัติของฟิล์มไฮโดรเจล

3.3.1 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นด้วยเทคนิค FT-IR

(Fourier Transform Infrared Spectroscopy Technique)

การวิเคราะห์หาโครงสร้างทางเคมีของตัวอย่าง โดยการนำชิ้นตัวอย่างส่วนที่ไม่ละลายน้ำ หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มาบดกับ KBr แล้วอัดให้เป็นแผ่นนำมาวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR ในช่วงความยาวคลื่น 400-4000 cm^{-1} เพื่อตรวจสอบหมู่ฟังก์ชั่นของฟิล์มไฮโดรเจล

3.3.2 การทดสอบสมบัติการบวมน้ำ (Swelling property)

นำชิ้นงานมาตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมให้มีขนาด 1x1 นิ้ว นำไปชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง โดยชิ้นงานต้องจมลงในน้ำ แล้วหยิบขึ้นซับน้ำส่วนเกินออก นำขึ้นมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (%Swelling) จากนั้นแช่น้ำต่อจนครบ 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content) ทำเช่นนี้ทุกสูตรๆละ 2 ซ้ำ

$$\% \text{ Swelling} = [W_t - W_o / W_o] \times 100$$

W_o = น้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำ W_t = น้ำหนักหลังแช่น้ำที่เวลาใดๆ

$$\% \text{ Equilibrium water content} = [W_e - W_o/W_o] \times 100$$

W_o = น้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำ W_e = น้ำหนักหลังแช่น้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง

3.3.3 การหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction)

นำชิ้นงานส่วนไม่ละลายน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง จาก 3.3.2 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 60 °C จนชิ้นงานแห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนักของแข็งที่ไม่ละลาย ทำเช่นนี้ทุกสูตรๆละ 2 ซ้ำ

$$\% \text{ Gel fraction} = [W_g/W_o] \times 100$$

W_o = น้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำ W_g = น้ำหนักอบแห้งหลังแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การทดสอบสมบัติเชิงกล

ตัดชิ้นงานตัวอย่างก่อนแช่น้ำเป็นรูปแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 2.5x10 เซนติเมตร ทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ASTM D-1822-L โดยใช้เครื่อง Tensile testing machine และใช้ Crosshead speed 50 mm/min และ Load cell 100 N เพื่อหาค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) โดยใช้ตัวอย่าง 3 ชิ้น ต่อ 1 สูตร

3.3.5 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการทนความร้อนของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก โดยหาอุณหภูมิการสลายตัวด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis; TGA โดย

1. ชั่งสาร หรือฟิล์มตัวอย่างลงบน Pt pan ประมาณ 5-10 มิลลิกรัม(1 mg = 20 mV)
2. ตั้งสภาวะของเครื่อง ดังนี้
    2.1 Initial temperature 80 °C
    2.2 Isothermal 5 min
    2.3 Heating rate 20 °C/min. to 900 °C
3. ทดสอบหาอุณหภูมิการสลายตัวของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

ฟิล์มไฮโดรเจลเตรียมได้จากการนำสารละลาย 5%แป้งมันสำปะหลังผสมกับสารเชื่อมโยง N,N-Methylenebisacrylamide (MBA) และกลีเซอรอล ปั่นกวนพร้อมกับให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70 ºC จากนั้นเติมสารละลาย 5%วุ้นแมงลัก ปั่นกวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเติมตัวริเริ่มปฏิกิริยา Ammonium persulfate (APS) ปั่นกวนต่ออีก 10 นาที จากนั้นจึงเทลงในแม่พิมพ์ อบที่อุณหภูมิ 70 ºC อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมสารต่างๆแสดงดังตารางที่ 3.2-3.5 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

การรายงานผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

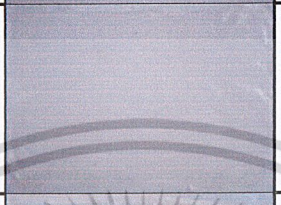
ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

4.1 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล

ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆ

สูตร	อัตราส่วนแป้ง:แมงลัก	รูปแผ่นฟิล์มไฮโดรเจล	ลักษณะของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจล
1	ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง		โปร่งใส แข็ง เปราะ ดึงยืดไม่ได้
2	ฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง		โปร่งแสง เหนียว นิ่มคล้ายยาง
3	9S:1M		สีขาวออกเหลืองเล็กน้อย เป็นแผ่น นิ่ม
4	7S:3M		สีขาวออกเหลืองเล็กน้อย เป็นแผ่น นิ่ม
5	5S:5M		แผ่นฟิล์มขุ่นมากขึ้น เมื่อใช้มือสัมผัสรู้สึกผิวเนียนมากขึ้น
6	3S:7M		แผ่นฟิล์มมีสีขาวออกเหลืองเข้มการกระจายตัวของวุ้นแมงลักกับแป้งไม่ดี
7	ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง		แผ่นฟิล์มมีสีน้ำตาลเข้ม เป็นแผ่นแข็งแต่เปราะ
8	ฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง		แผ่นฟิล์มมีสีน้ำตาลอ่อน นิ่ม เหนียว การกระจายตัวไม่ดี

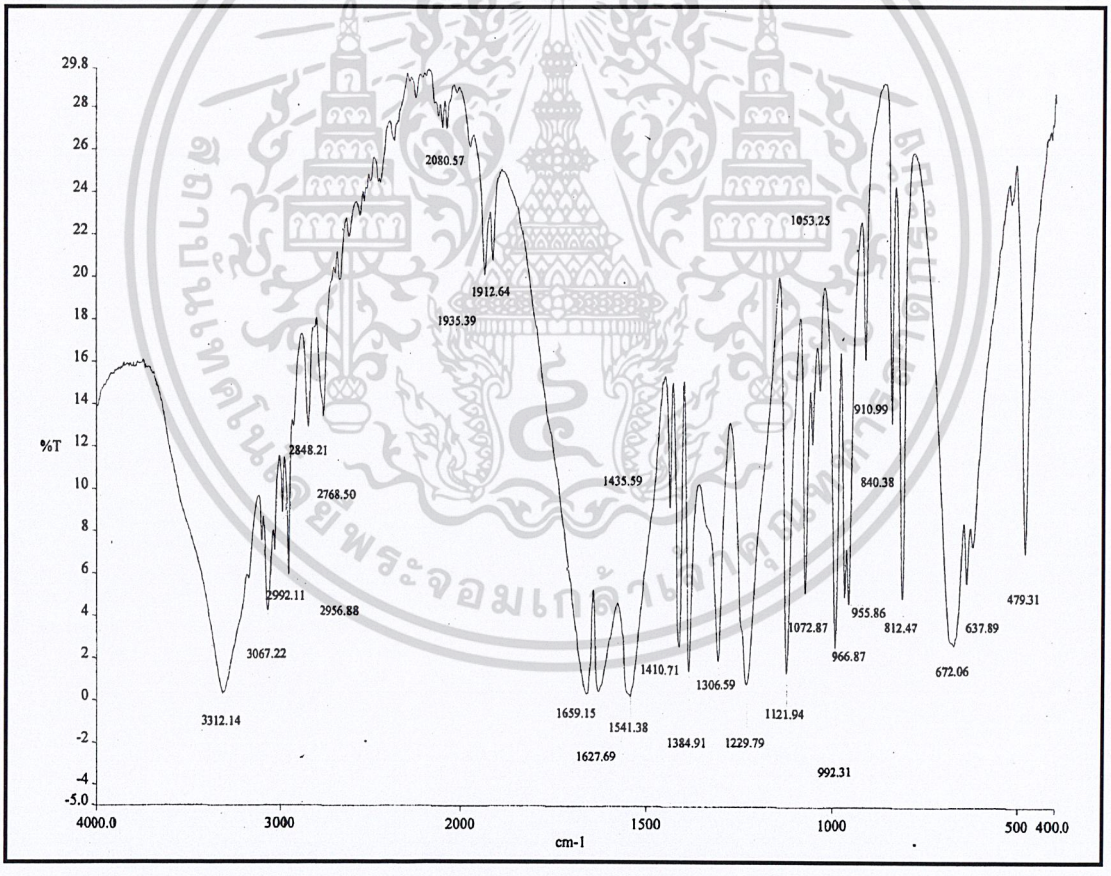
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลที่ได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมวุ้นแมงลัก โดยสมบัติที่ทดสอบ ได้แก่ ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชัน การทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (%Swelling) และการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content) การหาสัดส่วนของแข็งที่ไม่ละลาย (Gel fraction) การทดสอบสมบัติเชิงกล และการทดสอบสมบัติทางความร้อน

4.2 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

นำชิ้นงานตัวอย่างแห้งที่ได้จากการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction) มาบดกับ KBr แล้วอัดให้เป็นแผ่นนำมาวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

4.2.1 N,N-Methylenebisacrylamide

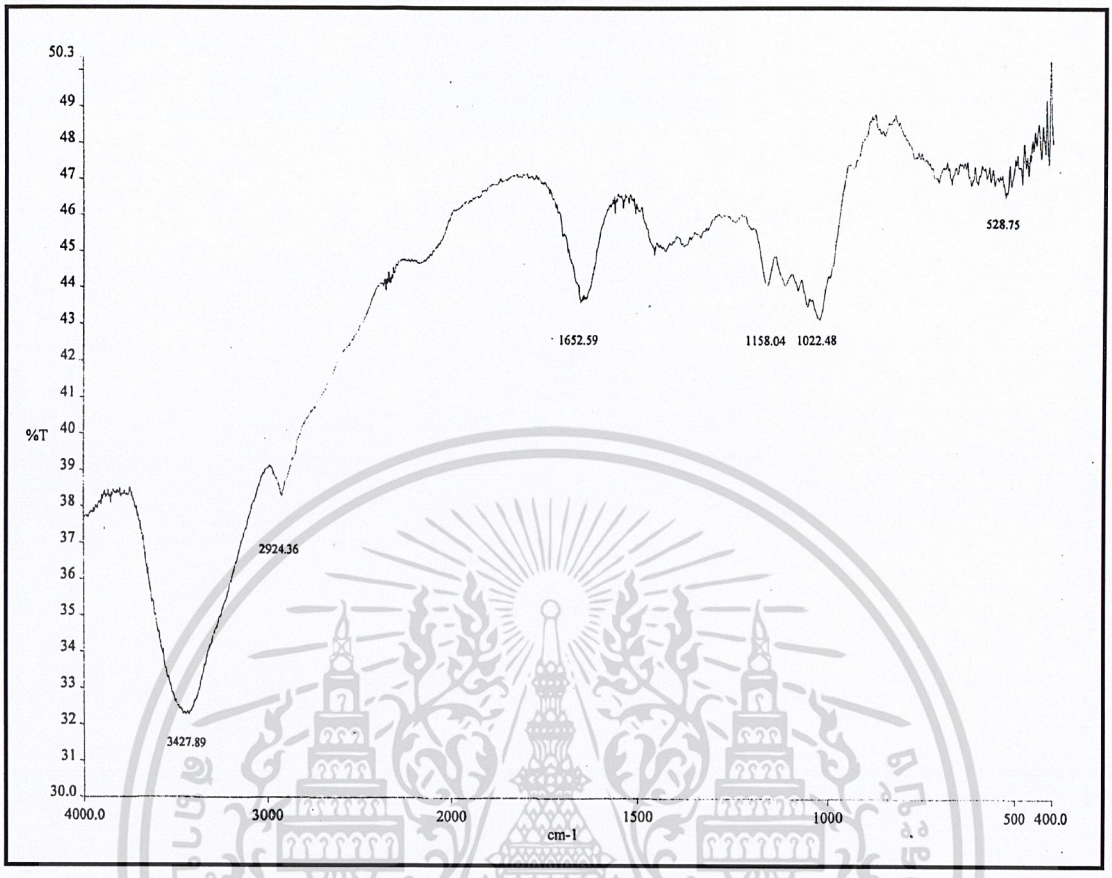


รูปที่ 4.1 IRสเปกตรัมของ N,N-Methylenebisacrylamide

จากรูปที่ 4.1 พบเลขคลื่นที่ 3312 cm^{-1} แสดงถึง N-H stretching เลขคลื่นที่ 2992-2956 cm^{-1} แสดงถึง C-H stretching เลขคลื่น 1659 และ 1627 cm^{-1} แสดงถึง C=O เลขคลื่น 1541 cm^{-1} แสดงถึง N-H bending [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 1)

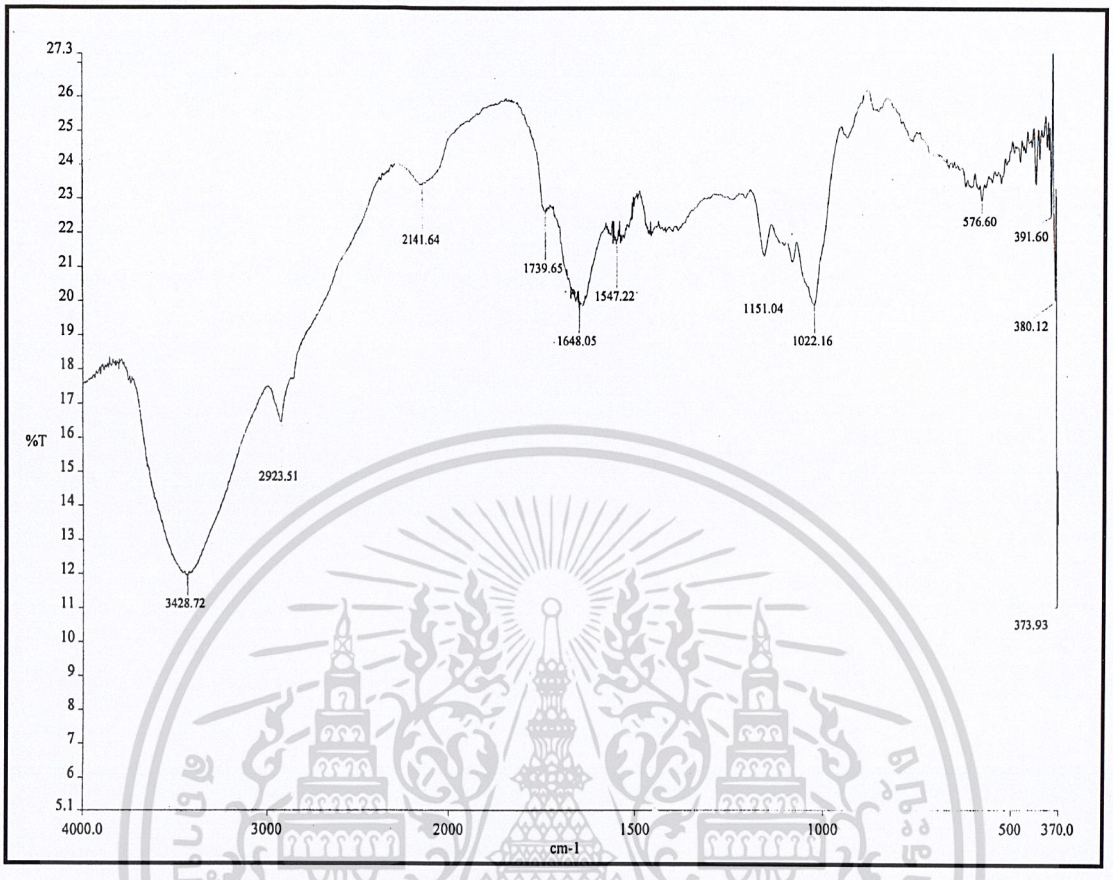


รูปที่ 4.2 IRสเปกตรัมของฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.2 พบเลขคลื่นที่ 3428 cm^{-1} แสดงถึง O-H stretching เลขคลื่นบริเวณ 2924 cm^{-1} แสดงถึง C-H stretching เลขคลื่นบริเวณ 2067 cm^{-1} แสดงถึง –CN เลขคลื่นที่ 1652 cm^{-1} แสดงถึง C=O asymmetric stretching ของแป้งที่เกิดจากการสลายตัวของกลูโคส เลขคลื่นที่ 1370 cm^{-1} แสดงถึง O-H bending เลขคลื่น 1158, 1080 และ1016 cm^{-1} แสดงถึง $-CH_2-O-CH_2-$ asymmetric stretching และเลขคลื่นที่ 929 cm^{-1} แสดงถึง out of plane bending ของ O-H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 2)

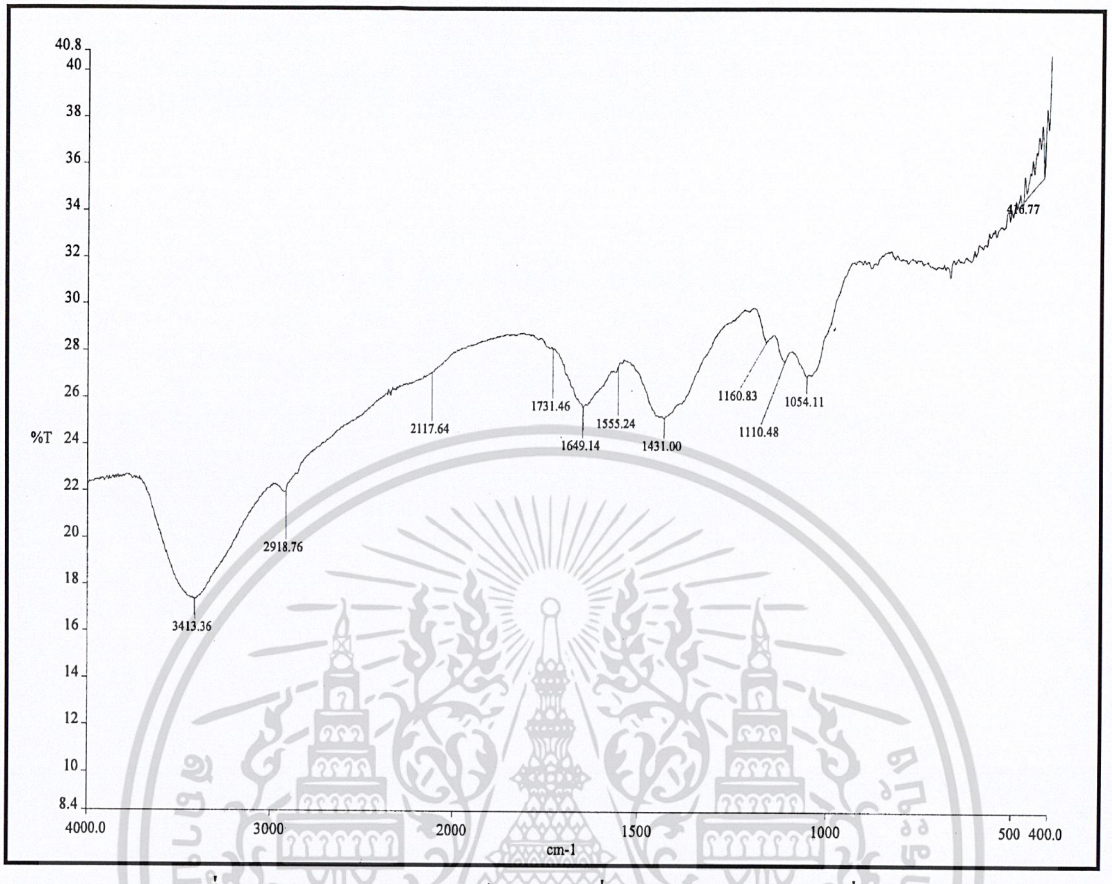


รูปที่ 4.3 IRสเปกตรัมของฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.3 พบเลขคลื่นบริเวณ 3428 cm^{-1} แสดงถึง O-H stretching ของแป้ง เลขคลื่นบริเวณ 1740 cm^{-1} แสดงถึง C=O ของ MBA เลขคลื่นที่ 1648 cm^{-1} แสดงถึง C=O asymmetric stretching ของแป้ง เลขคลื่น 1547 cm^{-1} แสดงถึง N-H bending ของ MBA จากเลขคลื่นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารก่อพันธะเชื่อมโยง(MBA) เกิดพันธะเชื่อมโยงกับแป้งมันสำปะหลังได้ [25]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 7)

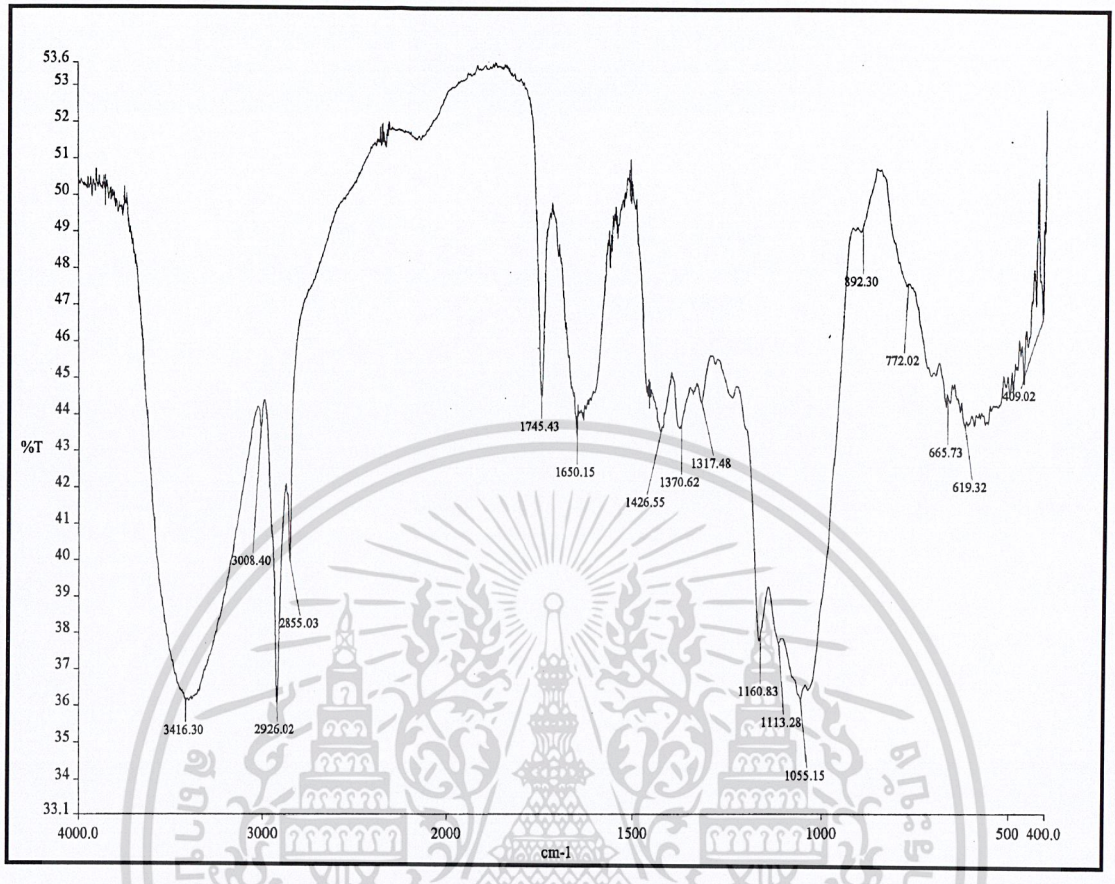


รูปที่ 4.4 IRสเปกตรัมของฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.4 พบเลขคลื่นที่ 3413 cm^{-1} แสดงถึง O-H stretching เลขคลื่นบริเวณ 2918 cm^{-1} แสดงถึง C-H stretching เลขคลื่นบริเวณ 1650 cm^{-1} แสดงถึง C=O เลขคลื่น 1426 cm^{-1} แสดงถึง COO^- เลขคลื่น 1370 และ 1317 cm^{-1} แสดงถึง O-H bending และเลขคลื่น 1160-1055 cm^{-1} แสดงถึง –C-O-C- [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 8)

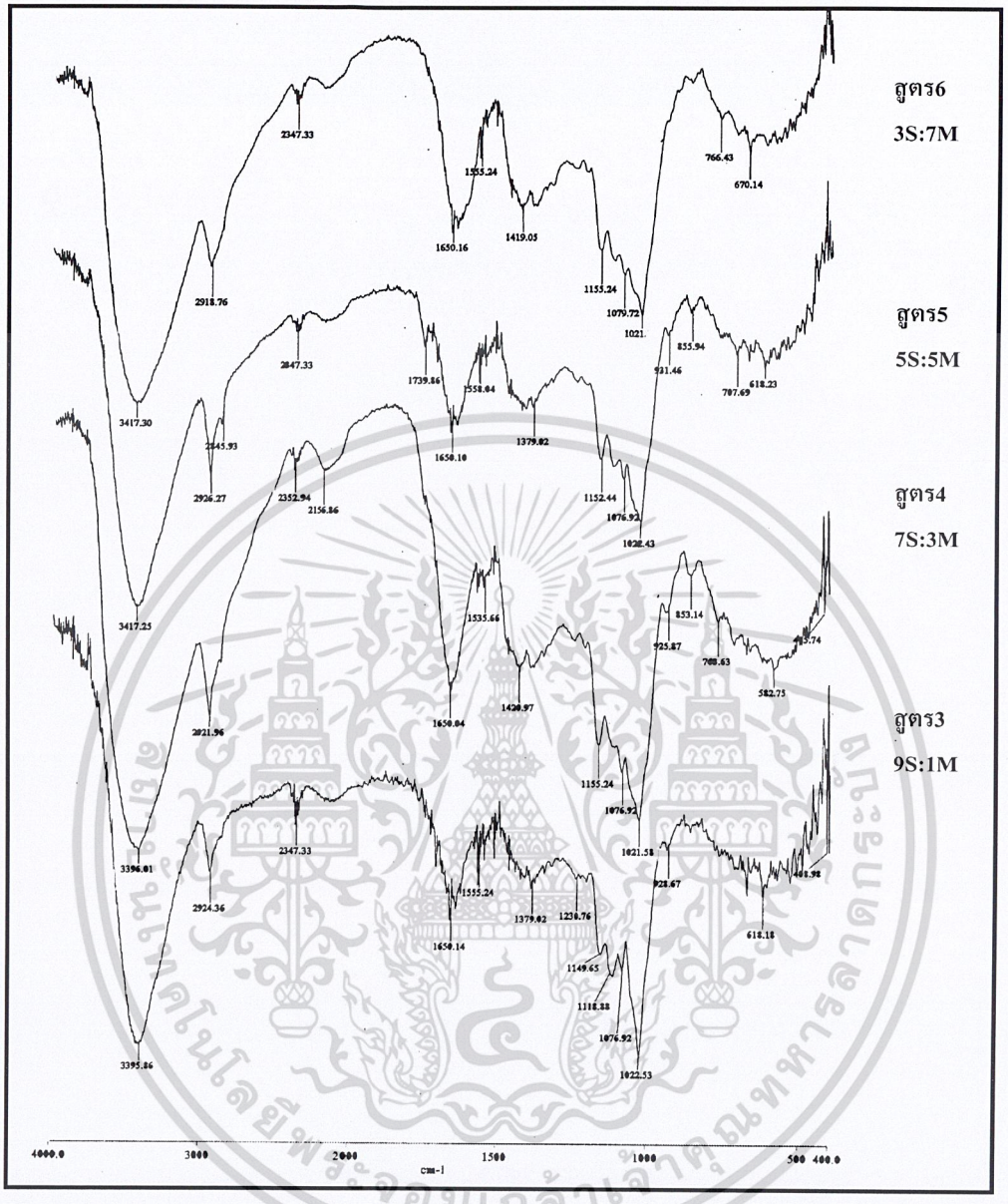


รูปที่ 4.5 IRสเปกตรัมของฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.5 พบเลขคลื่นที่ 3416 cm^{-1} แสดงถึง O-H stretching ของแมงลัก เลขคลื่นที่ 1745 cm^{-1} แสดงถึง C=O ของ MBA เลขคลื่น 1650 cm^{-1} แสดงถึง C=O ของแมงลัก เลขคลื่นบริเวณ 1547 cm^{-1} แสดงถึง N-H bending ของ MBA จากเลขคลื่นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารก่อพันธะเชื่อมโยง(MBA) เกิดพันธะเชื่อมโยงกับแมงลักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 สเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.6 IRสเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.6 พบว่า IRสเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่อปริมาณของแมงลักเพิ่มขึ้น พีคที่บริเวณ 1656 cm^{-1} ซึ่งแสดงหมู่ C=O ที่มีในโครงสร้างของสารประเภทคาร์โบไฮเดรตจะกว้างขึ้น เนื่องจาก C=O ของแป้งและแมงลักเกิดที่เลขคลื่นใกล้กัน และพีคบริเวณ 3390-3417 cm^{-1} จะกว้างขึ้น ซึ่งเกิดจาก O-H stretching ของแป้งและแมงลักมารวมกัน นอกจากนี้พบเลขคลื่นที่ 1739 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึง C=O และ 1555 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึง N-H bending ที่มาจาก MBA ลดลงเมื่อปริมาณของแมงลักเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า MBA สามารถเกิดพันธะเชื่อมโยงกับแป้งได้มากกว่าแมงลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 พบเลขคลื่นที่แสดงหมู่ฟังก์ชันของแป้งมันสำปะหลัง วุ้นแมงลัก และสารก่อพันธะเชื่อมโยง (MBA) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เลขคลื่นที่แสดงหมู่ฟังก์ชันของแป้งมันสำปะหลัง วุ้นแมงลัก และสารก่อพันธะเชื่อมโยง (MBA)

เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชั่น	ความน่าจะเป็น	หมายเหตุ
3300-3450	O-H	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของทั้งแป้งมันสำปะหลัง และแมงลัก เนื่องจากสารทั้งสองชนิดนี้มีหน่วยย่อยเหมือนกัน คือ กลูโคส	
3300-3450	N-H	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของMBA	N-H stretching
2918-2924	C-H	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของทั้งแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลัก	
1739-1745	C=O	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของคาร์บอนิลใน MBA	C=O ของเอไมด์ที่เป็นวงมีเลขคลื่นที่ 1760 cm^{-1} ซึ่งเป็นการยืนยันว่าเกิดพันธะเชื่อมโยงขึ้นในโครงสร้าง
1650-1652	C=O	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของคาร์บอนิลในแป้งมันสำปะหลังและแมงลัก	
1535-1555	N-H	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของ MBA	N-H bending ของเอไมด์
1420-1426	$\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^-$	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของวุ้นแมงลัก	
1400-1450	$-CH_2-$	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของทั้งแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก	$-CH_2-$ scissoring
1317-1370	O-H	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของทั้งแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก	O-H bending
618-619	N-H	เป็นหมู่ฟังก์ชั่นของ MBA	N-H wagging vibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

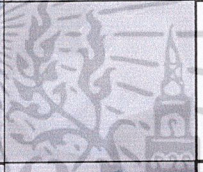
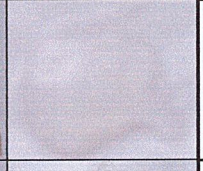
4.3 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ

นำชิ้นงานที่ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด1×1 นิ้ว แช่ลงในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำขึ้นมาชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นแช่น้ำต่อจนครบ 24 ชั่วโมงแล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

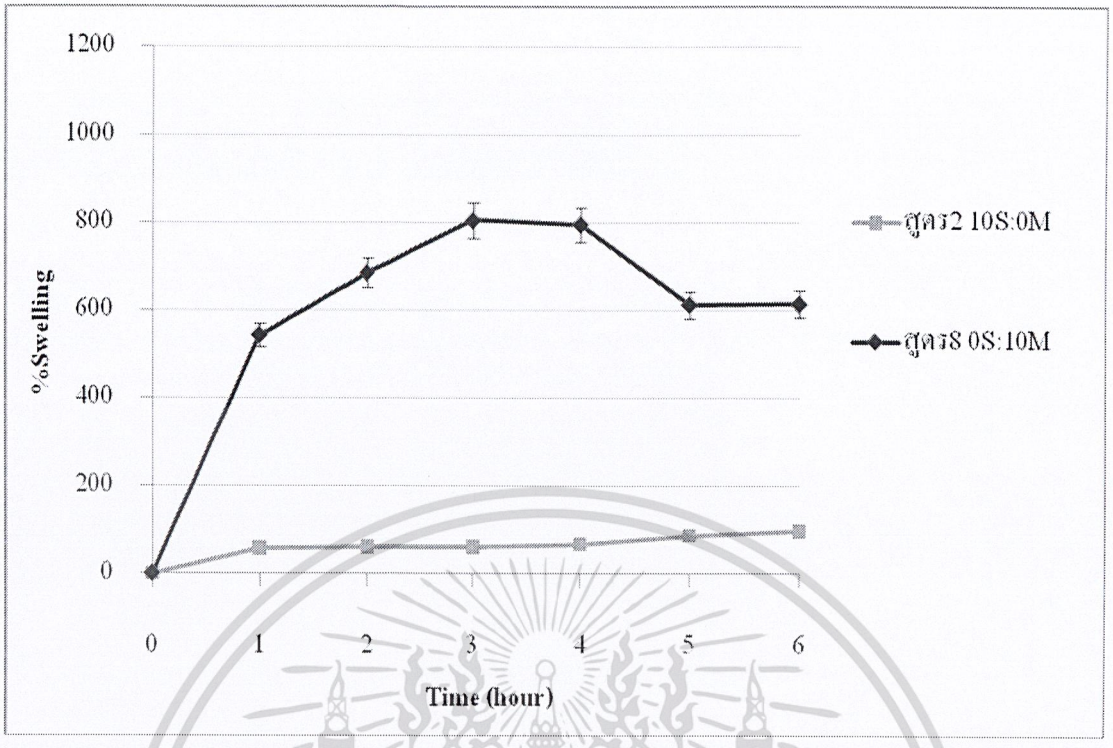
4.3 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง(%Swelling)

ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำแสดงได้ดังตารางที่4.3

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำ

สูตร	อัตราส่วนแป้ง:แมงลัก	รูปก่อนแช่น้ำ	รูปหลังแช่น้ำ	ลักษณะชิ้นงานหลังแช่น้ำ
1	ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง			ชิ้นงานละลายเป็นวุ้น ไม่คงรูป
2	ฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง			ชิ้นงานบวมตัว เป็นแผ่น เริ่มไม่คงรูป
3	9S:1M			ชิ้นงานไม่บวมตัว เป็นแผ่น คงรูปได้
4	7S:3M			ชิ้นงานบวมตัว เป็นแผ่น คงรูปได้
5	5S:5M			ชิ้นงานบวมตัว ดูดซับน้ำได้ดี เป็นแผ่น เริ่มไม่คงรูป
6	3S:7M			ชิ้นงานบวมตัว ดูดซับน้ำได้ดีที่สุด เป็นแผ่น คงรูป
7	ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง			ชิ้นงานละลายเป็นวุ้น ไม่คงรูป
8	ฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง			ชิ้นงานบวมตัว เป็นแผ่น เริ่มไม่คงรูป

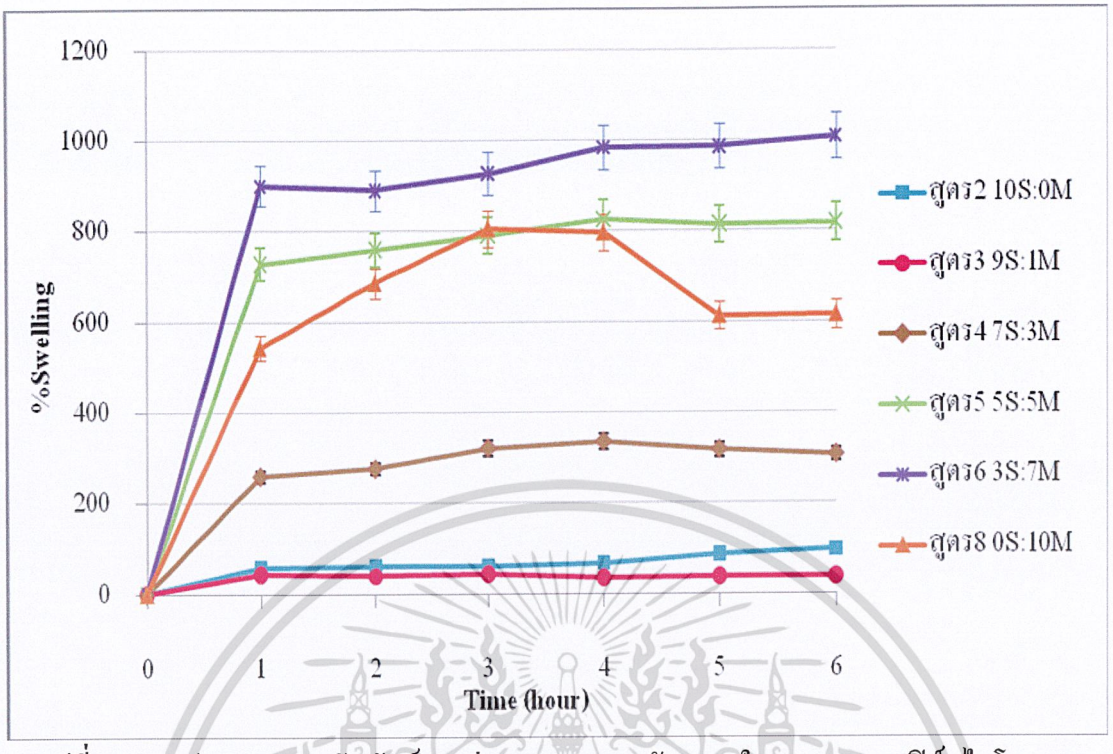
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับ เวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจล สูตร 2 และ 8

จากรูปที่ 4.7 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลมาทดสอบสมบัติการบวมน้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง พบว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 7 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งและฟิล์มแมงลักที่ไม่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง สามารถดูดซับน้ำได้เร็ว และชิ้นงานเสียสภาพละลายเป็นวุ้น ไม่สามารถคงรูปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมได้ ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ไม่มีผลการทดสอบ สำหรับสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยงสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง โดยฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยงสามารถดูดซับน้ำได้ถึง 614% ในเวลา 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



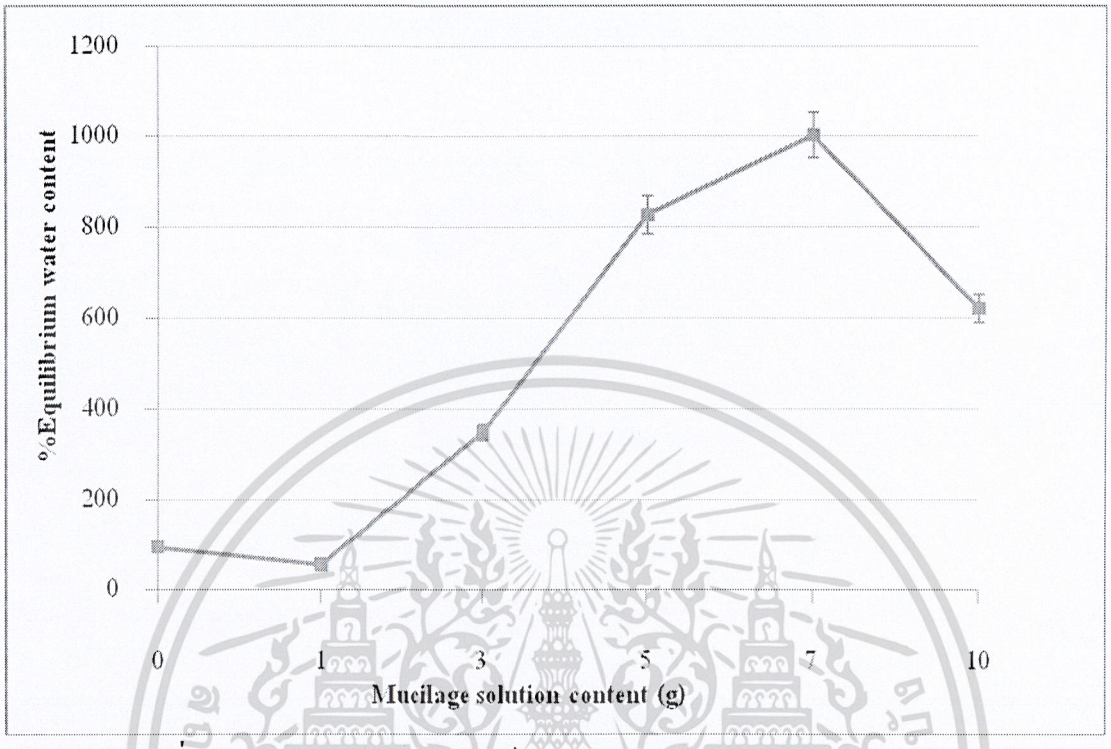
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับ เวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจล สูตร 2 ถึง 8

จากรูปที่ 4.8 การบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลเรียงลำดับได้ดังนี้ สูตรที่ 6 ซึ่งมีอัตราส่วน 3S:7M มีปริมาณของแมงลักมาก สามารถดูดซับน้ำได้มากที่สุด และยังคงรูปเป็นแผ่นได้ดี หลังการทดสอบจึงเลือกสูตรที่ 6 นำไปศึกษาผลของปริมาณ NaOH และสารก่อพันธะเชื่อมโยง สูตรที่ 5 ซึ่งมีอัตราส่วน 5S:5M ดูดซับน้ำได้ 819% สูตรที่ 8 ซึ่งเป็นฟิล์มแมงลักที่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง ดูดซับน้ำได้ 614% ซึ่งน้อยกว่าสูตรที่ 5 เนื่องจากเมื่อมีแมงลักเพียงอย่างเดียวจะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของกรดคาร์บอกซิลิกในพอลิยูโรไนด์มากกว่าที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ สูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วน7S:3M ดูดซับน้ำได้ 306% สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งที่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง ดูดซับน้ำได้ 97% และสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วน 9S:1M ดูดซับน้ำได้ 38% ซึ่งจะพบว่าการดูดซับน้ำลดลงตามปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือปริมาณของวุ้นแมงลักมีผลทำให้ฟิล์มไฮโดรเจลผสมมีการดูดซับน้ำดีขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณของแมงลักเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนของหมู่ฟังก์ชั่นคาร์-บอกซิลิกในแมงลักซึ่งเป็นหมู่ที่ชอบน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ฟิล์มไฮโดรเจลผสมจึงมีการดูดซับน้ำดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content)

ทดสอบการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลเมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



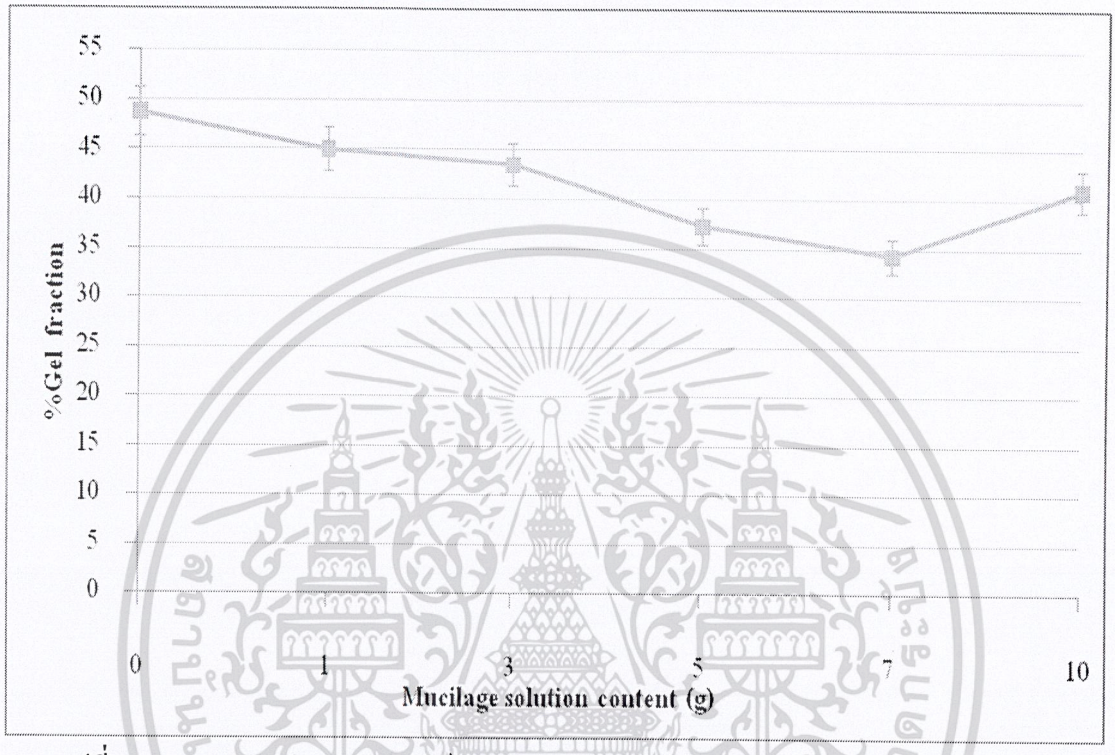
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Equilibrium water content กับ Mucilage solution content

จากรูปที่ 4.9 พบว่าฟิล์มแป้งที่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยงดูดซับน้ำได้ 96% ฟิล์มแมงลักที่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยงดูดซับน้ำได้ 621% และเมื่อปริมาณของวุ้นแมงลักเพิ่มขึ้นจาก 1, 3, 5 และ7 ส่วน ตามลำดับ ฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ได้สามารถดูดซับน้ำได้ 56%, 347%, 828%, 1003% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณของวุ้นแมงลักมีน้อย จะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ –OH ของแป้ง กับกรดคาร์บอกซิลิกในพอลิยูโรไนด์ ทำให้สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ลดลง การดูดซับน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลผสมเมื่อใช้ปริมาณของวุ้นแมงลักน้อย จึงดูดซับน้ำได้น้อย แต่เมื่อปริมาณของวุ้นแมงลักเพิ่มขึ้น ปริมาณของกรดคาร์บอกซิ-ลิกซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในแมงลักก็เพิ่มขึ้นด้วย สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มากขึ้น ทำให้ฟิล์มไฮโดรเจลผสมเมื่อมีปริมาณของแมงลักมาก จึงดูดซับน้ำได้เพิ่มขึ้น นั่นคือน่าจะมีการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก และเมื่อเป็นฟิล์มที่มีเพียงแมงลักเติมสารเชื่อมโยงการดูดซับน้ำจะลดลงแต่จะดูดซับน้ำได้มากกว่าฟิล์มแป้งที่เติมสารเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction)

นำชิ้นงานที่บวมน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ºC จากนั้นชั่งน้ำหนักกากที่เหลือหลังการอบ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล ซึ่งหมายถึง โมเลกุลที่ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยง และแสดงถึงความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงในฟิล์มไฮโดรเจล



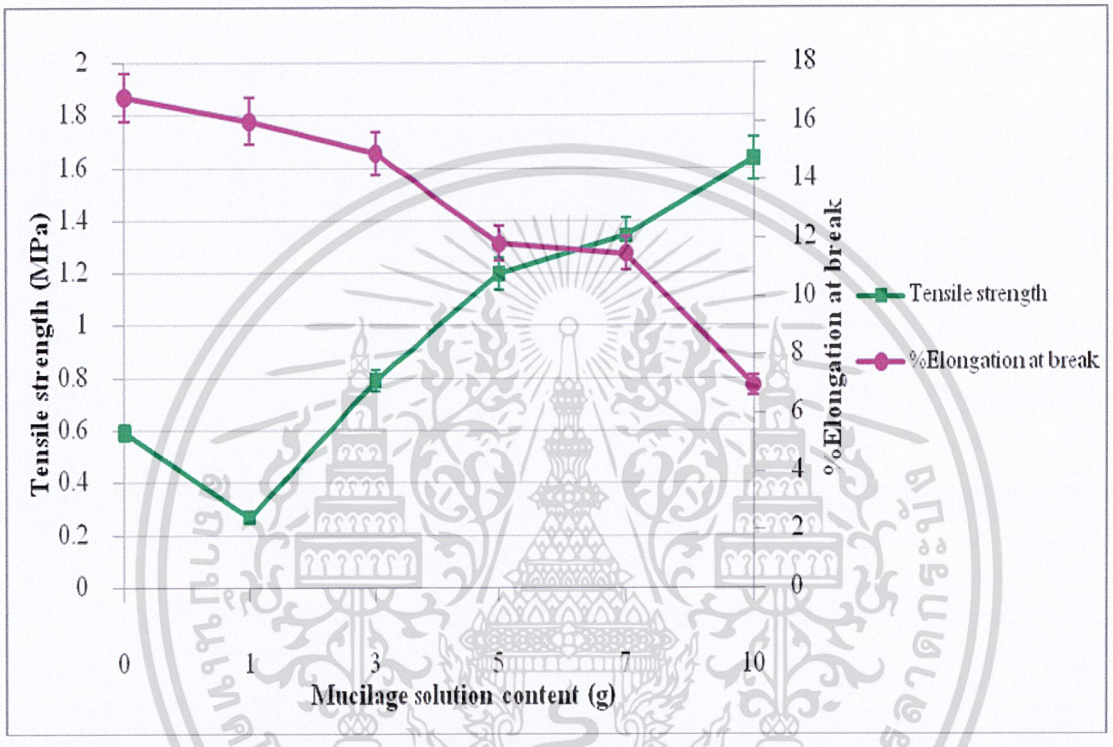
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Gel fraction กับ Mucilage solution content

จากรูป 4.10 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 1-8 มาบวมน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วอบให้แห้ง พบว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 7 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้ง และฟิล์มแมงลักที่ไม่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง ชิ้นงานจะเสียสภาพละลายเป็นวุ้น และไม่สามารถคงรูปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมได้ ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ไม่มีผลการทดสอบ สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งที่มีสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีค่าสัดส่วนเจลมากที่สุด คือ 48.79% แสดงว่าฟิล์มแป้งสามารถเกิดพันธะเชื่อมโยงกับ MBA ได้มากกว่าสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นฟิล์มแมงลักที่มีสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล เท่ากับ 40.97% สำหรับสูตร 3, 4, 5, และ6 ซึ่งมีอัตราส่วนของแมงลักเพิ่มขึ้นเป็น 1, 3, 5 และ7 ส่วน ตามลำดับ พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลค่อยๆลดลง คือ 45%, 43.53%, 37.29% และ 34.31% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาควบคู่กับผลการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า เมื่อปริมาณวุ้นแมงลักเพิ่มขึ้นการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลลดลง แสดงให้เห็นว่า แมงลักช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำให้กับฟิล์มไฮโดรเจลผสม แล้วจากนั้นก็จะละลายออกจากฟิล์ม เพราะแมงลักเกิดพันธะเชื่อมโยงกับ MBA ได้น้อยกว่าแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

นำชิ้นงานที่ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 2.5×10 ซม. มาทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ASTM D-1822-L ด้วยเครื่อง Universal testing machine ได้ค่า Tensile strength และ%Elongation at break ของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่า Tensile strength และ %Elongation at break ของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.11 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 1-8 มาทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 7 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งและฟิล์มแมงลักที่ไม่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง ไม่สามารถวัดค่า Tensile strength และ %Elongation at break ได้ เนื่องจาก ชิ้นงานมีความแข็งเปราะ ไม่สามารถดึงยืดได้ ทำให้ไม่มีผลการทดสอบ สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งที่มีสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีค่า Tensile strength ต่ำ คือ 0.5917 MPa และมีค่า %Elongation at break สูงสุด คือ 16.83% แสดงว่าฟิล์มแป้งนิ่มและเหนียว ใช้แรงเพียงเล็กน้อย ก็ดึงยืดได้มาก ซึ่งตรงข้ามกับสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นฟิล์มแมงลักที่มีสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีค่าTensile strengthสูงสุด คือ 1.636 MPa และมีค่า%Elongation at break ต่ำสุด คือ 6.96% แสดงว่าฟิล์มแมงลักแข็งแต่เปราะ สำหรับสูตร 3, 4, 5 และ6 ซึ่งมีปริมาณของแมงลักเพิ่มขึ้นเป็น 1, 3, 5 และ7 ส่วนตามลำดับ พบว่าค่า Tensile strength เพิ่มขึ้น คือ 0.2676,

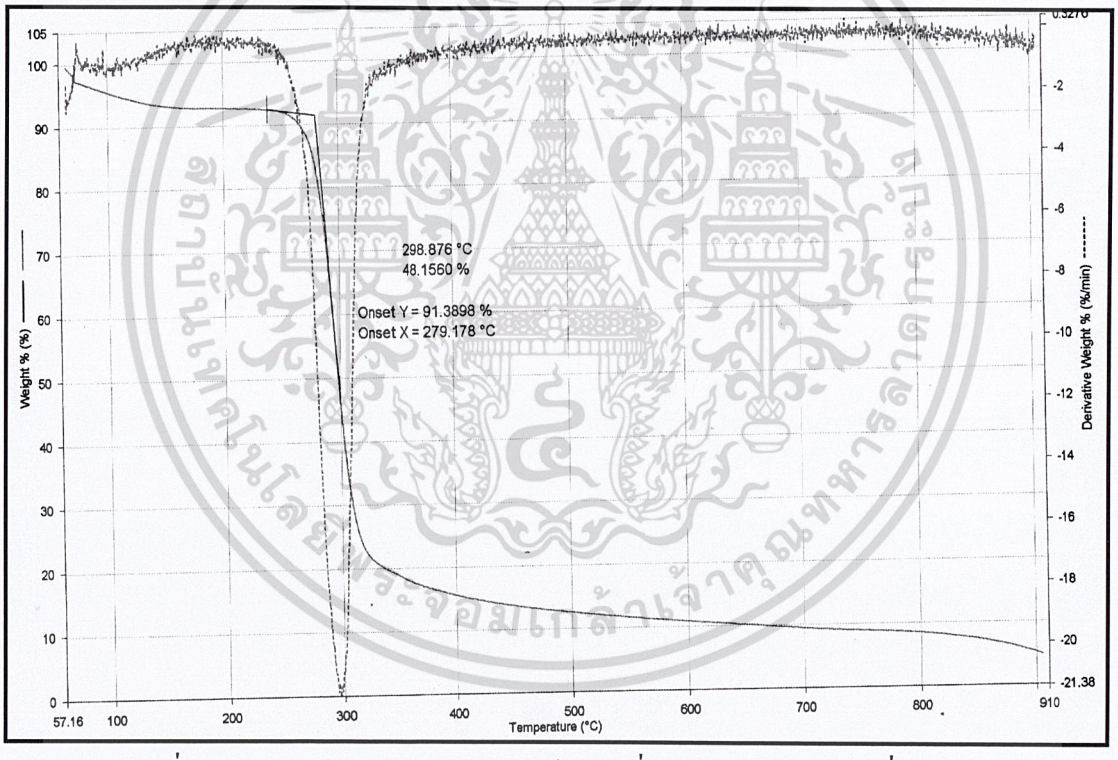
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.7901, 1.1975 และ1.3430 MPa ตามลำดับ แต่ค่า %Elongation at break ต่ำลง คือ 16.01, 14.91, 11.82 และ11.49 %ตามลำดับ ตามอัตราส่วนของวุ้นแมงลักที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับวุ้นแมงลักสามารถผสมเข้ากันได้ดี และเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกัน ดังนั้นฟิล์มไฮโดรเจลจึงมีความแข็งและเปราะมากขึ้น นอกจากนี้สูตรที่ 6 ซึ่งมีอัตราส่วนเป็น 3S:7M มีค่า Tensile strength และ %Elongation at break ที่เหมาะสม จึงนำมาศึกษาผลของปริมาณ NaOH และสารก่อพันธะเชื่อมโยงต่อไป

4.6 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis

นำฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาอุณหภูมิการสลายตัว (T_d) ด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

4.6.1 ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 1)

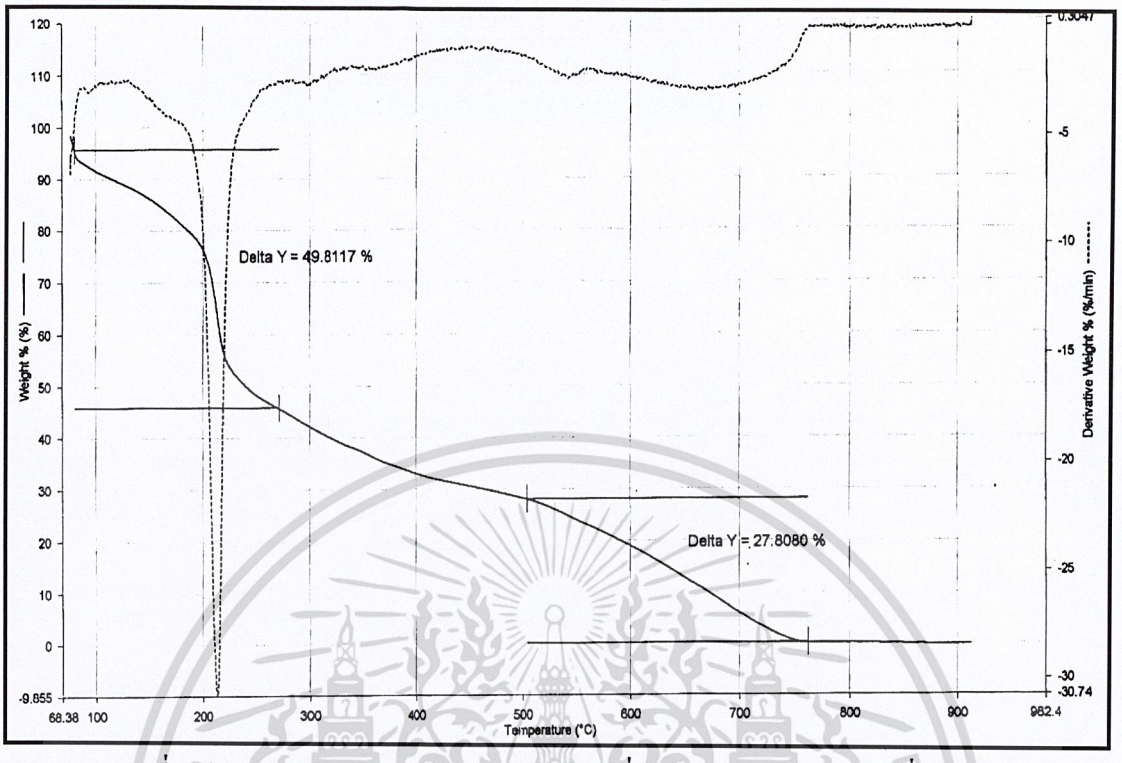


รูปที่ 4.12 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.12 ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีอุณหภูมิการสลายตัว 1 ขั้น คือ สลายตัวที่อุณหภูมิ 298.88 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 2)

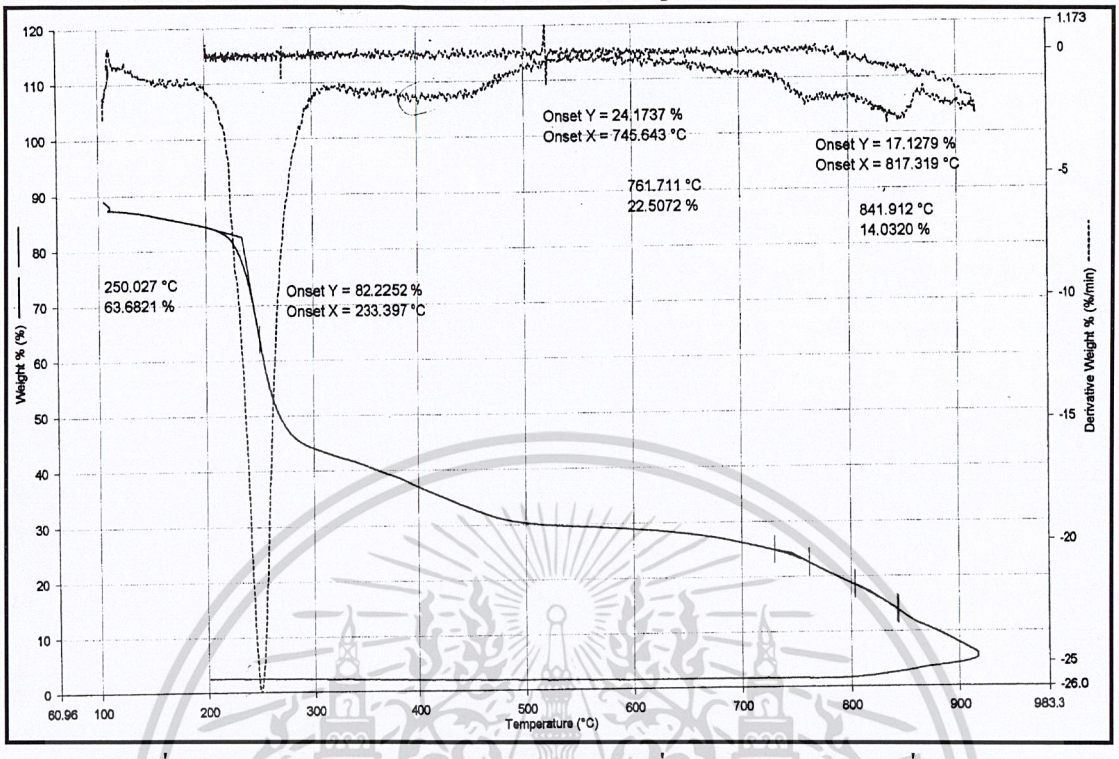


รูปที่ 4.13 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.13 ฟิล์มแป้งที่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีอุณหภูมิสลายตัว 2 ขั้น คือ ขั้นแรกสลายตัวที่อุณหภูมิ 210 ºC และขั้นที่สองสลายตัวที่อุณหภูมิ 700 ºC ซึ่งน่าจะเป็นการสลายตัวในส่วนของแป้งที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับ MBA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 7)

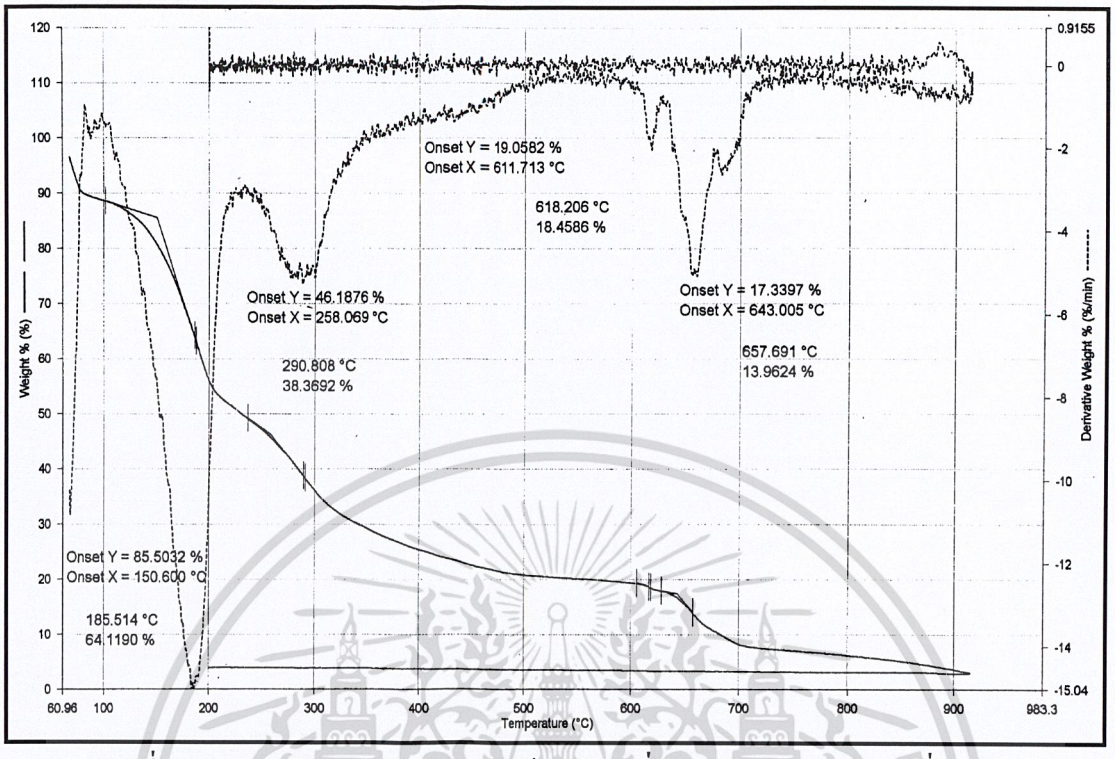


รูปที่ 4.14 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.14 ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีอุณหภูมิการสลายตัว 3 ขั้น คือ ขั้นแรกสลายตัวที่อุณหภูมิ 250.03 ºC ขั้นที่สองที่อุณหภูมิ 761.71 ºC ขั้นที่สามที่อุณหภูมิ 841.91 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.4 ฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง (สูตร 8)



รูปที่ 4.15 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.15 ฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารก่อพันธะเชื่อมโยง มีอุณหภูมิการสลายตัว 4 ขั้น คือ ขั้นแรกสลายตัวที่อุณหภูมิ 185.51 ºC ขั้นที่สองสลายตัวที่อุณหภูมิ 290.81 ºC ขั้นที่สามสลายตัวที่อุณหภูมิ 618.21 ºC และขั้นที่สี่สลายตัวที่อุณหภูมิ 657.69 ºC ทั้งนี้เนื่องจากแมงลักประกอบด้วยพอลิยูโรไนด์ 2 ชนิด คือ polyglucuronic และ polygalacturonic เมื่อเกิดพันธะเชื่อมโยงจึงทำให้มีอุณหภูมิการสลายตัวหลายขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.5 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆ

สูตร	อัตราส่วนแป้ง:แมงลัก	อุณหภูมิสลายตัว (°C)
1	ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารเชื่อมโยง	299
2	ฟิล์มแป้งที่เติมสารเชื่อมโยง	210, 700
3	9S:1M	225, 709
4	7S:3M	241, 778
5	5S:5M	188, 266, 802
6	3S:7M	187, 294, 332, 780
7	ฟิล์มแมงลักที่ไม่เติมสารเชื่อมโยง	250, 761, 842
8	ฟิล์มแมงลักที่เติมสารเชื่อมโยง	186, 291, 618, 658

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่อัตราส่วนต่างๆมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA เพื่อยืนยันการเกิดพันธะเชื่อมโยง พบว่าสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งที่มีการเติมสารเชื่อมโยง มีอุณหภูมิการสลายตัวที่ 700 °C เพิ่มขึ้นมาจากสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นฟิล์มแป้งที่ไม่เติมสารเชื่อมโยง ดังนั้นอุณหภูมิการสลายตัวที่ 700 °C จึงน่าจะเป็นส่วนของแป้งที่เกิดพันธะเชื่อมโยง สำหรับสูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณของแป้งมาก มีอุณหภูมิการสลายตัวที่ 709 °C จึงน่าจะเป็นการสลายตัวของแป้งที่เกิดพันธะเชื่อมโยง สูตรที่ 4, 5 และ6 มีอุณหภูมิการสลายตัวที่ใกล้เคียงกัน คือ 778 °C, 802 °C และ780 °C ตามลำดับ ซึ่งเป็นพีคที่แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก สำหรับฟิล์มแมงลักที่มีการเติมสารเชื่อมโยงพบพีคอุณหภูมิการสลายตัวของส่วนที่เกิดพันธะเชื่อมโยงที่อุณหภูมิ 618 °C และ 658 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

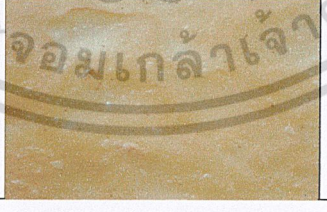
<u>ตอนที่ 2</u> ศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ในการทดลองเตรียมฟิล์มผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก จำเป็นต้องใช้สารละลาย NaOH เพื่อช่วยให้วุ้นแมงลักกระจายตัวได้ดีขึ้น เนื่องจากเมื่อวุ้นแมงลักดูดซับน้ำแล้วจะมีการกระจายตัวยากขึ้น ความหนืดเพิ่มขึ้น จึงทำการศึกษาผลของ NaOH ที่มีต่อฟิล์มไฮโดรเจล โดยจากตอนที่ 1 พบว่าสูตรที่ 6 ซึ่งมีอัตราส่วน 3S:7M สามารถดูดซับน้ำได้มากที่สุด และยังคงรูปเป็นแผ่นได้ดี มีค่า Tensile strength และ %Elongation at break ที่เหมาะสม จึงเลือกสูตรที่ 6 นำมาศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

4.7 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล

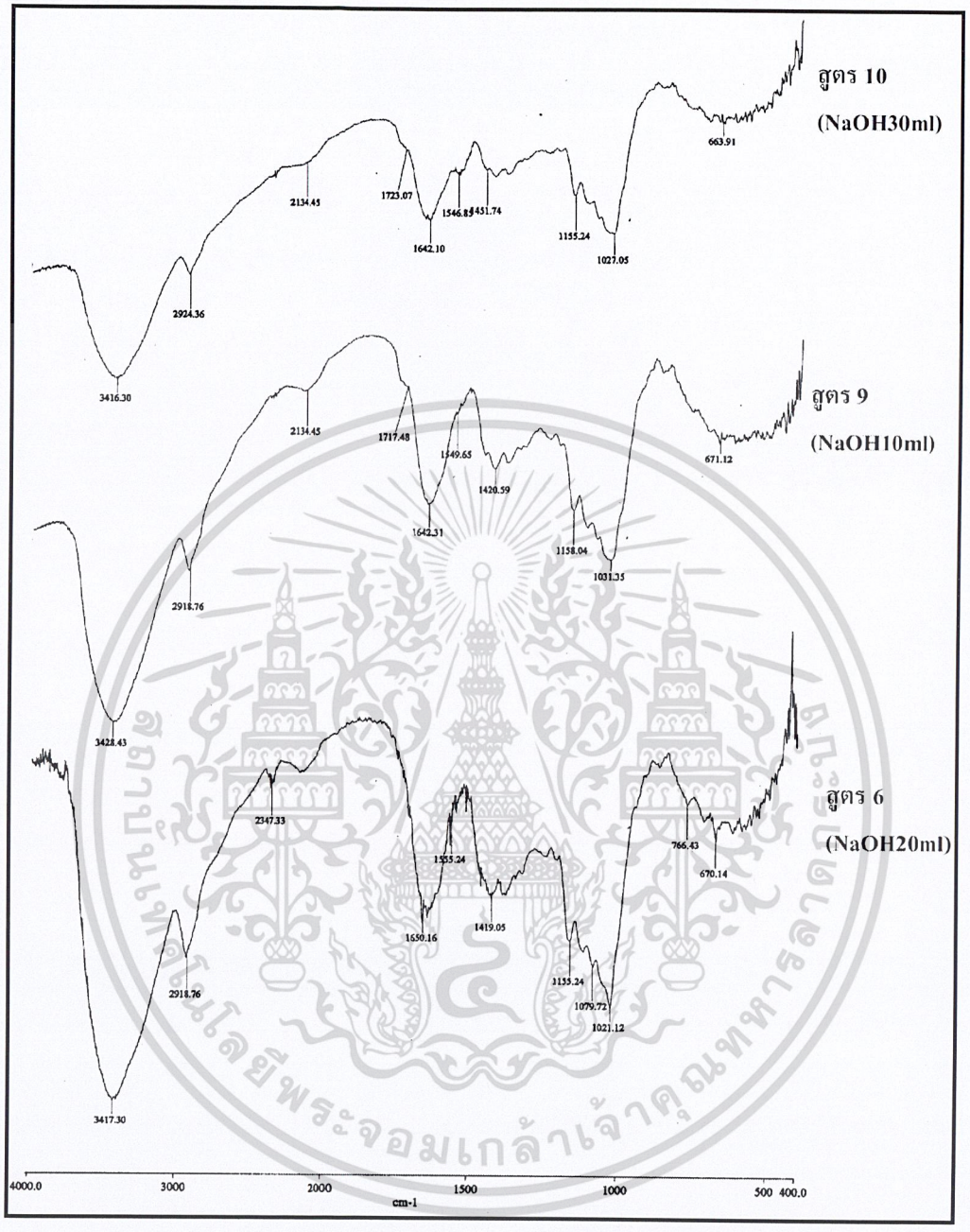
ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆ

สูตร	ปริมาณ NaOH ใน 5%M (ml)	รูปฟิล์มไฮโดรเจล	ลักษณะของฟิล์มไฮโดรเจล
6	20		แผ่นฟิล์มมีสีขาวออกเหลืองเข้ม การกระจายตัวของวุ้นแมงลักกับแป้งไม่ดี
9	10		แผ่นฟิล์มมีสีขาวเหลืองขุ่น การกระจายตัวของวุ้นแมงลักไม่ดี
10	30		แผ่นฟิล์มมีสีน้ำตาลเข้ม วุ้นแมงลักมีการกระจายตัวมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)



รูปที่ 4.16 IRสเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลที่มีปริมาณ NaOH แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.16 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ NaOH พีคที่บริเวณ 1723 cm^{-1} และ1546 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงหมู่ฟังก์ชั่นของ C=O และ N-H bending ชัดเจนขึ้น สำหรับพีคที่ 1419 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงหมู่ฟังก์ชั่นของคาร์บอกซิเลตที่อยู่ในแมงลัก และพีคที่ตำแหน่งอื่นยังคงเหมือนเดิม จากเลขคลื่นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณของ NaOH เพิ่มขึ้น ฟิล์มไฮโดรเจลมีการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกับวุ้นแมงลักมากขึ้น

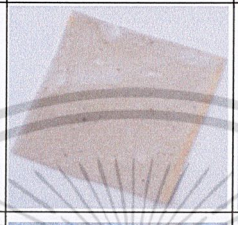
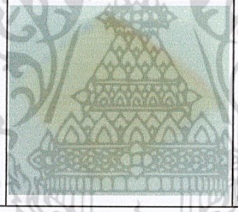
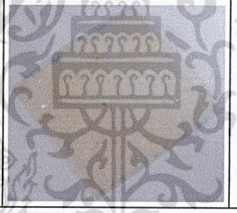
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ

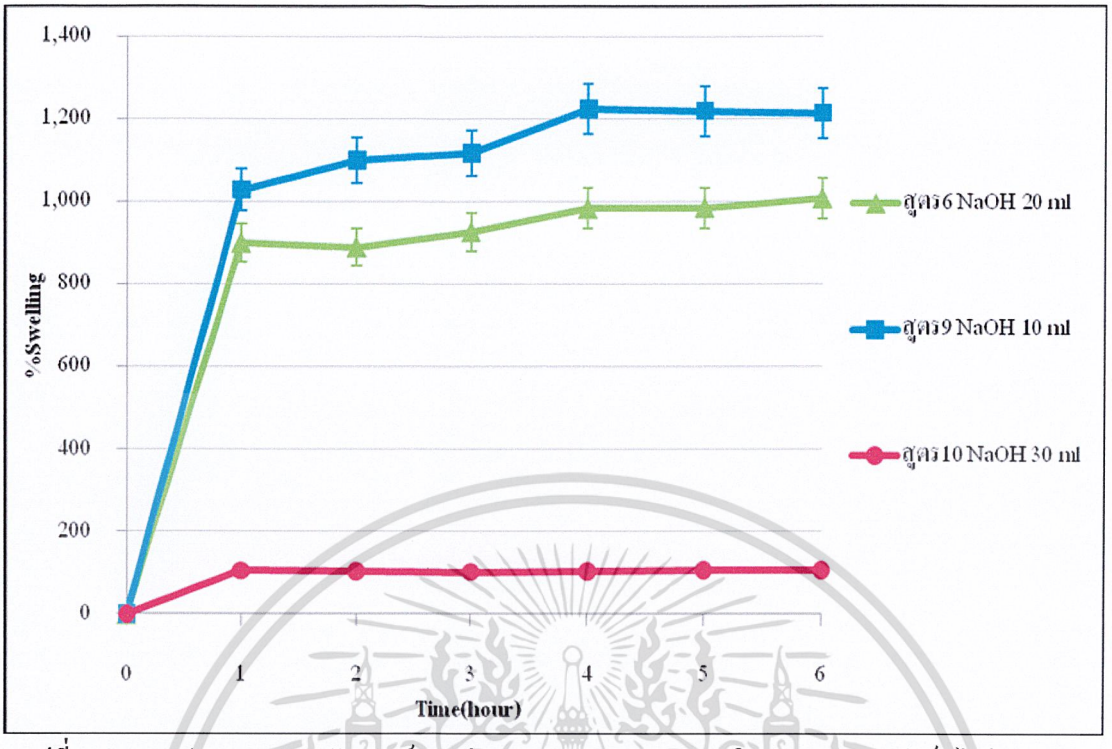
4.9.1 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (%Swelling)

ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำ

สูตร	ปริมาณ NaOH ใน 5%M (ml)	รูปก่อนแช่น้ำ	รูปหลังแช่น้ำ	ลักษณะชิ้นงานหลังแช่น้ำ
6	20			ชิ้นงานบวมตัว ดูดซับน้ำได้ดีที่สุด เป็นแผ่น คงรูป
9	10			ชิ้นงานบวมตัว ดูดซับน้ำได้ดี เป็นแผ่น คงรูปได้
10	30			ชิ้นงานไม่บวมตัว เป็นแผ่น คงรูปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

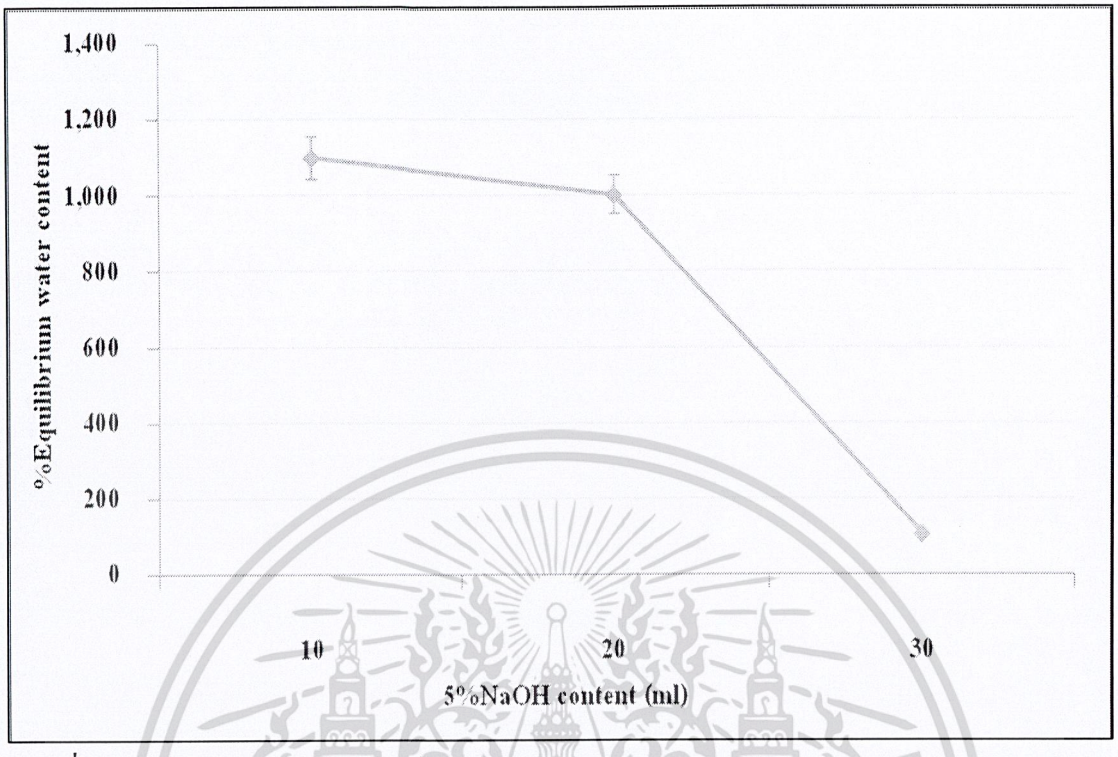


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับ เวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจล สูตร 6, 9 และ10

จากรูปที่ 4.17 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 9 และ 10 มาทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง พบว่าการดูดซับน้ำของฟิล์มไฮโดร-เจลสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ สูตรที่ 9 ซึ่งใช้ปริมาณ NaOH 10 มิลลิลิตร มีค่า %Swelling เท่ากับ 1213.96% สูตรที่ 6 ซึ่งใช้ NaOH 20 มิลลิลิตร มีค่า %Swelling เท่ากับ 1007.58% และสูตรที่ 10 ซึ่งใช้ NaOH 30 มิลลิลิตร มีค่า %Swelling เท่ากับ 107.50% จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าเมื่อปริมาณของสารละลาย NaOH มากขึ้น จะทำให้สายโซ่ของแมงลักอยู่ห่างกันมาก เนื่องจากการผลักกันของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิเลตที่อยู่ในแมงลัก ทำให้สารก่อพันธะเชื่อมโยงสามารถเข้าไปเกิดการเชื่อมโยงกับสายโซ่ของวุ้นแมงลักได้มาก การดูดซับน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลจึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.2 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content)

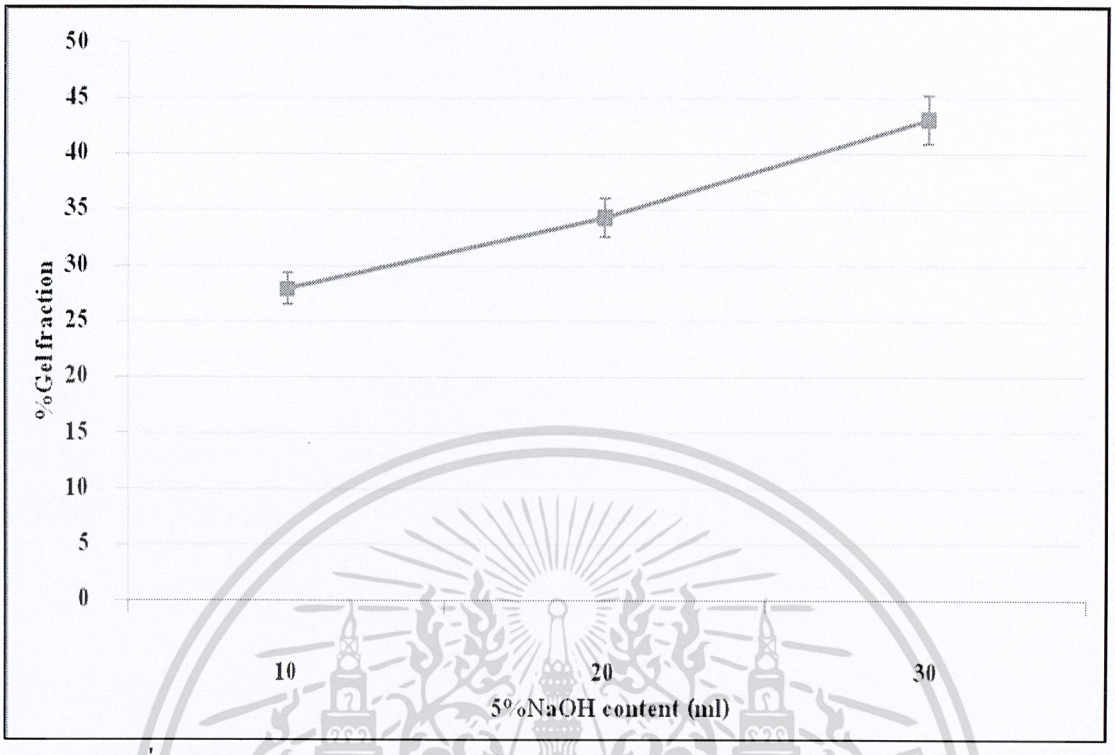


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Equilibrium water content กับ 5%NaOH content

จากรูปที่ 4.18 พบว่าเมื่อปริมาณของสารละลาย NaOH เพิ่มขึ้นจาก 10, 20 และ30 มิลลิลิตร ตามลำดับ ฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ได้สามารถดูดซับน้ำได้ลดลง โดยมีค่าเป็น 1099.68, 1002.92, 107.50 ตามลำดับ และสูตรที่ 10 ซึ่งมีปริมาณของ NaOH มาก ใช้สารละลาย NaOH 30 มิลลิลิตร สามารถเกิดพันธะเชื่อมโยงกับ MBA ได้มาก ค่า%Equilibrium water content จึงน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction)

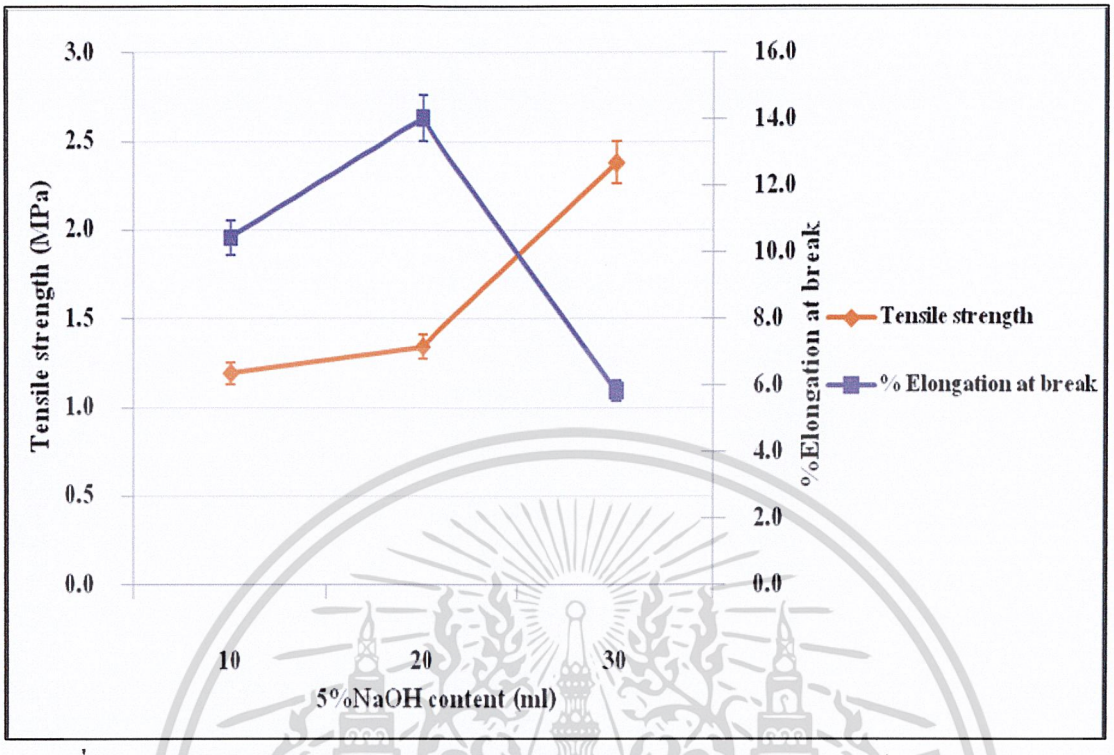


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Gel fraction กับ 5%NaOH content

จากรูปที่ 4.19 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 9 และ 10 มาดูดซับน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วอบให้แห้ง พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสามารถเรียงลำดับได้ ดังนี้ สูตรที่ 10 ซึ่งใช้ NaOH 30 มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลมากที่สุด คือ 43.08% สูตรที่ 6 ซึ่งใช้ NaOH 20 มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล 34.31% และสูตรที่ 9 ซึ่งใช้ NaOH 10 มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลน้อยที่สุด คือ 27.92% จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณของ NaOH เพิ่มขึ้น จะมีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลเพิ่มขึ้น สูตรที่ 10 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าเกิดพันธะเชื่อมโยงมากที่สุด จึงเหลือเป็นกากของแข็งที่ไม่ละลายมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่สูตรที่ 10 มีการดูดซับน้ำน้อยที่สุด นอกจากนี้สูตรที่ 6 ซึ่งใช้ NaOH 20 มิลลิลิตร มีกากของแข็งที่ไม่ละลายเหลือค่อนข้างมาก นั่นคือสามารถเกิดการเชื่อมโยงได้มาก และยังสามารถดูดซับน้ำได้มากจากการทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำ ดังนั้นปริมาณของ NaOH 20 มิลลิลิตร จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในเงื่อนไขการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่า Tensile strength และ %Elongation at break ของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณ NaOH แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.20 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณ NaOH แตกต่างกันมาทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า สูตรที่ 6 ซึ่งใช้ NaOH 20 มิลลิลิตร มีค่า Tensile strength และ %Elongation at break เท่ากับ 1.3430 MPa และ 14.03% ตามลำดับ สูตรที่ 9 ซึ่งใช้ NaOH 10 มิลลิลิตร มีค่า Tensile strength และ %Elongation at break เท่ากับ 1.1940 MPa และ10.44%ตามลำดับ สูตรที่ 10 ซึ่งใช้ NaOH 30 มิลลิลิตร มีค่า Tensile strength และ %Elongation at break เท่ากับ 2.38 MPa และ 5.84% ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออัตราส่วนของ NaOH เพิ่มขึ้นจะเกิดพันธะเชื่อมโยงมากขึ้น เนื่องจาก ค่า Tensile strength มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่า %Elongation at break มีแนวโน้มลดลง นั่นคือฟิล์มไฮโดรเจลจะแข็งแต่เปราะ นอกจากนี้สูตรที่ 6 มีค่า Tensile strength และ%Elongation at break ที่เหมาะสม ดังนั้นปริมาณ NaOH 20 มิลลิลิตร จึงเหมาะกับเงื่อนไขการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis

นำฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาอุณหภูมิการสลายตัว (T_d) ด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณ NaOH แตกต่างกัน

สูตร	ปริมาณ NaOH ใน 5%M (ml)	อุณหภูมิการสลายตัว(°C)
6	20	187, 294, 332, 780
9	10	205, 281, 319, 768
10	30	199, 258, 752, 831

จากตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณของ NaOH มีผลต่อการเกิดพันธะเชื่อมโยง โดยสูตรที่ 6 ซึ่งใช้ NaOH 20 มิลลิลิตร พบพีคการสลายตัวที่ 780 °C น่าจะเป็นอุณหภูมิการสลายตัวของแป้งและวุ้นแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยง สูตรที่ 9 มีอุณหภูมิการสลายตัวที่ 768 °C ซึ่งน่าจะเป็นการสลายตัวของแมงลักที่ไม่เกิดการเชื่อมโยง เนื่องจากใช้ปริมาณของ NaOH น้อย จึงทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอกซิเลตที่อยู่ในแมงลักน้อย สายโซ่ของแมงลักจึงอยู่ใกล้กัน สารเชื่อมโยงจึงเข้าไปเกิดพันธะเชื่อมโยงได้ยาก สำหรับสูตรที่ 10 ซึ่งเพิ่มปริมาณ NaOH เป็น 30 มิลลิลิตร พบพีคอุณหภูมิการสลายตัว 2 ที่ คือ 752 °C และ 831 °C ซึ่งน่าจะเป็นพีคที่เกิดการเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก โดยอุณหภูมิการสลายตัวที่ 752 °C น่าจะเป็นการสลายตัวของส่วนที่เกิดพันธะเชื่อมโยงของแป้งมาก และอุณหภูมิการสลายตัวที่ 831 °C เป็นอุณหภูมิการสลายตัวของการเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

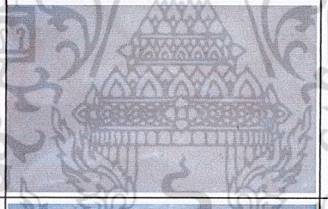
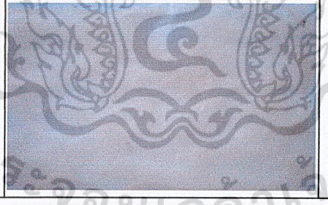
<u>ตอนที่ 3</u> ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล โดยจากตอนที่ 1 พบว่าสูตรที่ 6 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้ง:แมงลักเป็น 3:7 สามารถดูดซับน้ำได้มากที่สุด และยังคงรูปเป็นแผ่นได้ดีมีค่า Tensile strength และ %Elongation at break ที่เหมาะสม จึงนำสูตรที่ 6 มาศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

4.13 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจล

ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆแสดงได้ดังตารางที่ 4.8

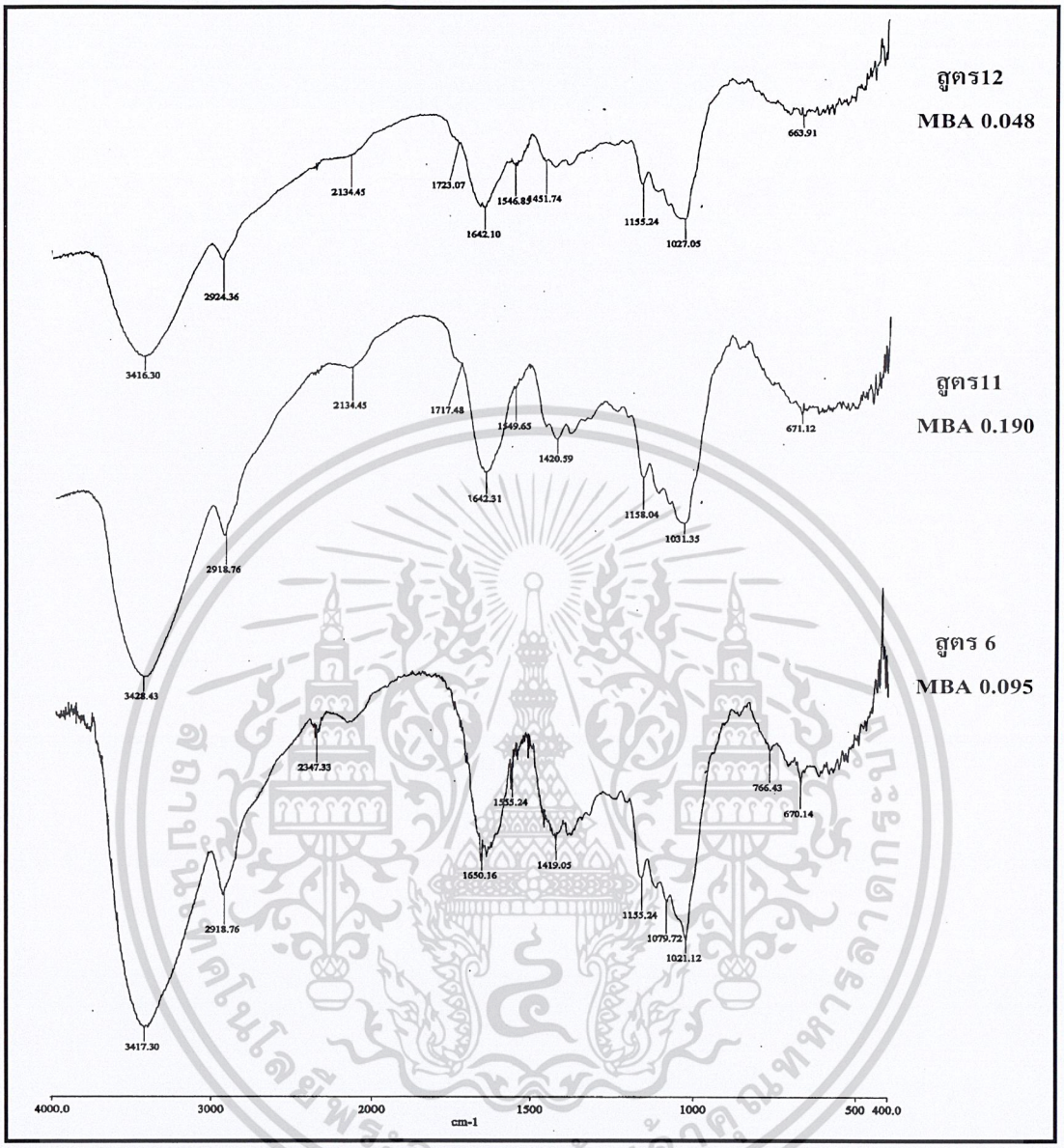
ตารางที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรต่างๆ

สูตร	MBA (g)	รูปฟิล์มไฮโดรเจล	ลักษณะของฟิล์มไฮโดรเจล
6	0.095		แผ่นฟิล์มมีสีขาวออกเหลืองเข้ม การกระจายตัวของวุ้นแมงลักกับแป้งไม่ดี
11	0.19		แผ่นฟิล์มมีสีขาวขุ่น แข็ง เปราะ
12	0.048		แผ่นฟิล์มมีสีขาวขุ่น นิ่ม และเหนียว

หมายเหตุ MBA หมายถึง N,N-Methylenebisacrylamide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.14 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)



รูปที่ 4.21 IRสเปกตรัมของฟิล์มไฮโดรเจลที่มีปริมาณ MBA แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.14 พบว่าเมื่อปรับปริมาณของสารเชื่อมโยง(MBA) จากสูตรที่ 6 ซึ่งมีปริมาณของ MBA เท่ากับ 0.095 กรัม โดยปรับเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า คือ 0.19 กรัม (สูตร11) และลดลงครึ่งหนึ่ง คือ 0.048 กรัม (สูตร12) แล้วนำมาเทียบกับสูตรที่ 6 พบว่า เมื่อเพิ่มสารเชื่อมโยง (MBA) ลงในสารละลายผสม พีคที่บริเวณ 1717-1723 cm^{-1} และ 1546-1555 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึง C=O และ–NH bending ที่มาจาก MBA ชัดเจนขึ้น แสดงให้เห็นว่าฟิล์มไฮโดรเจลมีการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลักมากขึ้น

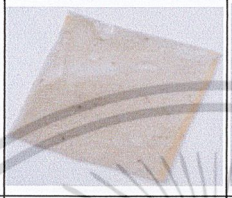
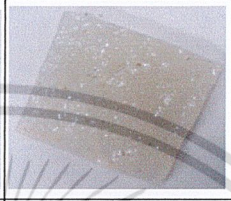
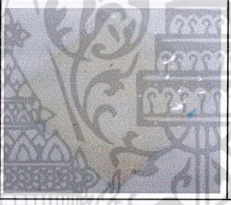
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ

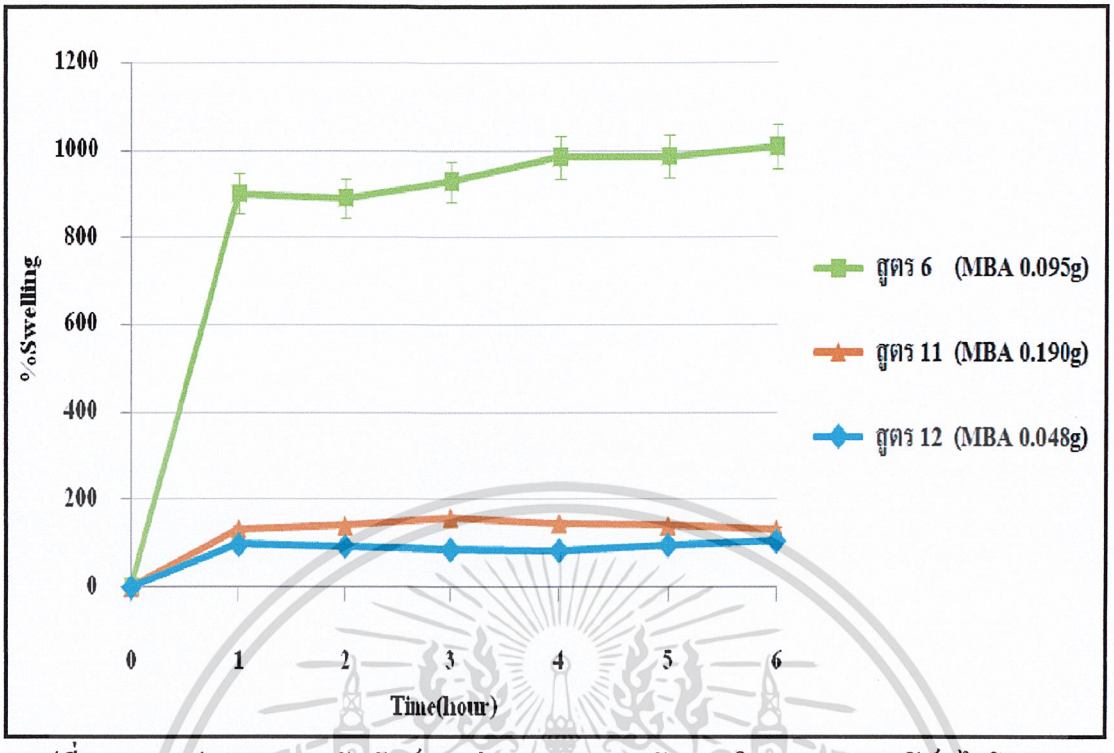
4.15.1 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (%Swelling)

ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มไฮโดรเจลก่อนและหลังแช่น้ำ

สูตร	MBA	รูปก่อนแช่น้ำ	รูปหลังแช่น้ำ	ลักษณะชิ้นงานหลังแช่น้ำ
6	0.095			ชิ้นงานบวมตัว ดูดซับน้ำได้ดีที่สุด เป็นแผ่น คงรูป
11	0.19			ชิ้นงานไม่บวมตัว เป็นแผ่น คงรูปได้
12	0.048			ชิ้นงานไม่บวมตัว เป็นแผ่น คงรูปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

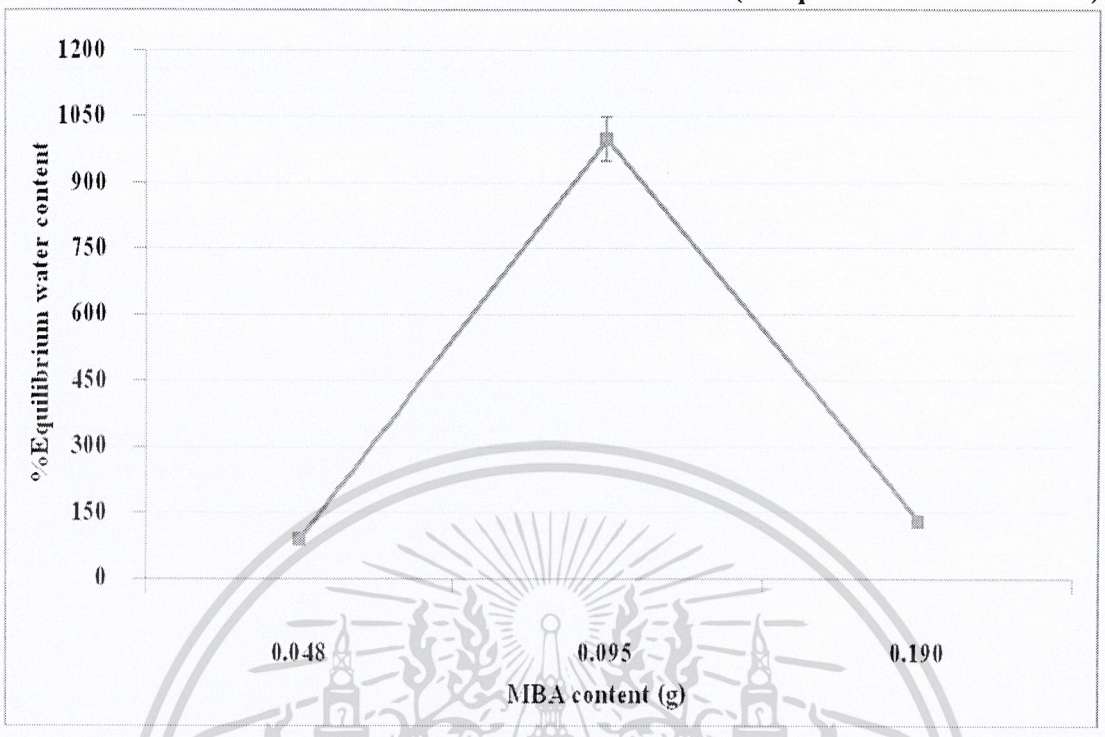


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Swelling กับเวลาในการทดสอบฟิล์มไฮโดรเจล สูตร 6, 11 และ12

จากรูปที่ 4.22 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 11 และ 12 มาทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง พบว่า สูตรที่ 12 มีปริมาณ MBA เท่ากับ 0.048 กรัม มีค่า %Swelling เท่ากับ 104.75% เนื่องจากปริมาณของสารเชื่อมโยงน้อย พันธะเชื่อมโยงส่วนใหญ่จึงน่าจะเกิดในส่วนของแมงลัก เพราะสูตรนี้ใช้ปริมาณของแมงลักมาก หมู่ที่ชอบน้ำไปเกิดพันธะเชื่อมโยงกับ MBA ทำให้ฟิล์มไฮโดรเจลดูดซับน้ำได้น้อย สำหรับสูตรที่ 6 ซึ่งมีปริมาณ MBA เพิ่มขึ้นเป็น 0.095 กรัม มีค่า %Swelling เท่ากับ 1007.58% กรัม เนื่องจากมีสารเชื่อมโยงมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถเกิดพันธะเชื่อมโยงทั้งแป้งและแมงลัก หมู่ที่ชอบน้ำในแมงลักส่วนที่ไม่เกิดพันธะเชื่อมโยงจึงช่วยดูดซับน้ำได้ ทำให้สูตรที่ 6 สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าเมื่อเทียบกับสูตรที่ 12 และสูตรที่ 11 ซึ่งมีปริมาณ MBA เท่ากับ 0.190 กรัม มีค่า %Swelling เท่ากับ 131.82% เนื่องจาก เกิดพันธะเชื่อมโยงได้มากทั้งในส่วนของแป้งและวุ้นแมงลัก การดูดซับน้ำจึงน้อยกว่าสูตรที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15.2 ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง (%Equilibrium water content)

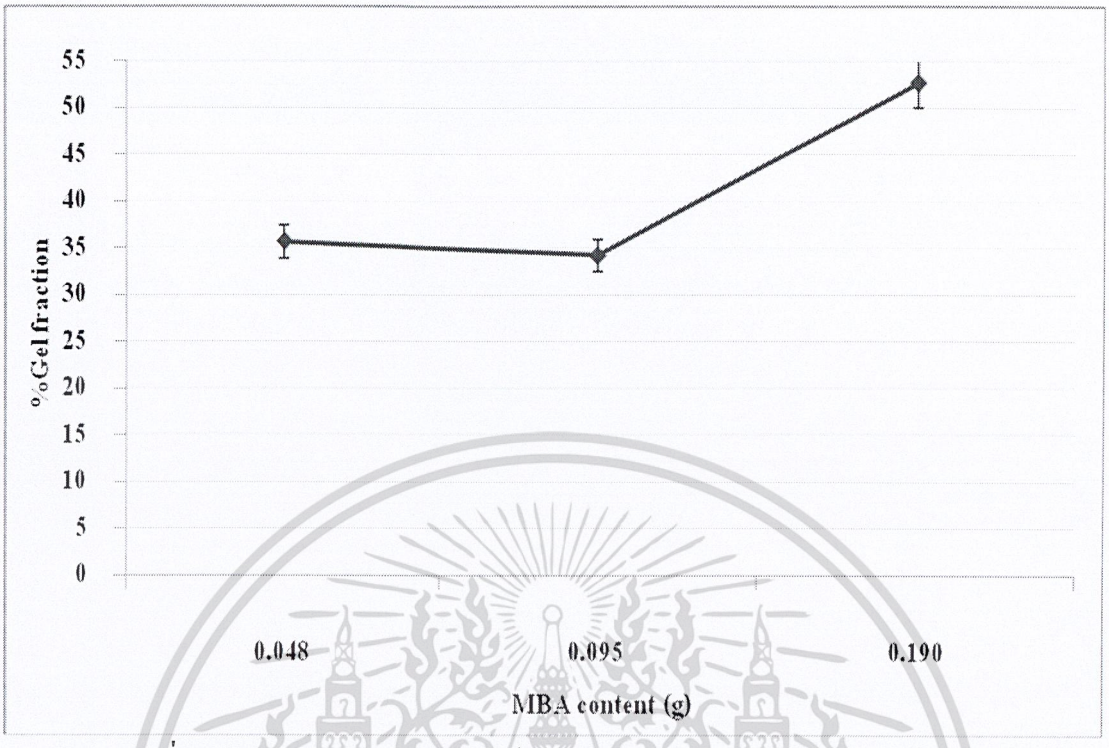


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Equilibrium water content กับ MBA content (g)

จากรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่อปริมาณของ MBA เพิ่มขึ้นจาก 0.048, 0.095 และ 0.190 ตามลำดับ ฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ได้ มีค่า %Equilibrium water content เท่ากับ 92.31, 1002.92 และ 131.44 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีพันธะเชื่อมโยงเกิดขึ้นระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก ทำให้ฟิล์มไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำได้ และยังคงรูปเป็นแผ่น นอกจากนี้สูตรที่ 6 ซึ่งมีปริมาณ MBA 0.095 กรัม เป็นปริมาณของสารเชื่อมโยงที่เหมาะสมที่สุดในการเชื่อมโยงฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลัก เนื่องจากพันธะเชื่อมโยงส่วนใหญ่จะเกิดระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก และมีการดูดซับน้ำมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.16 ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction)

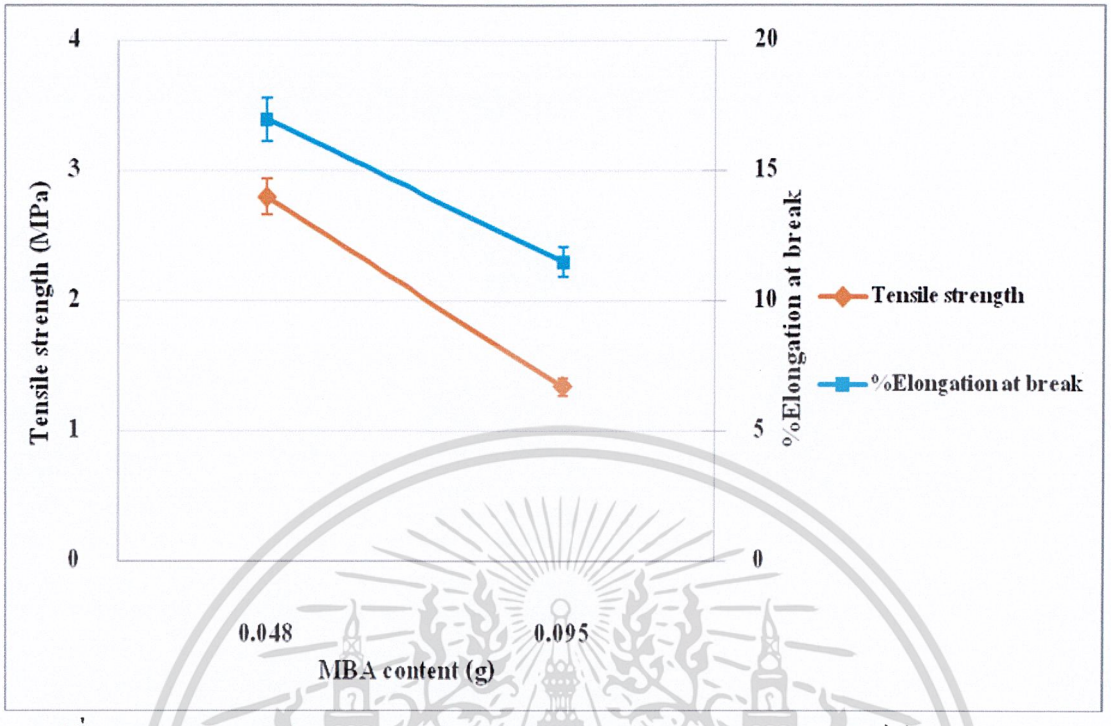


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Gel fraction กับ MBA content

จากรูปที่ 4.24 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 11 และ 12 มาบวมน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วอบให้แห้ง พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ สูตรที่ 11 ซึ่งมีปริมาณของ MBA 0.190 กรัม มีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลมากที่สุด คือ 52.66% สูตรที่ 12 ซึ่งมีปริมาณของ MBA 0.048 กรัม มีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล 35.71% และสูตรที่ 6 ซึ่งมีปริมาณของ MBA 0.095 กรัม มีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล 34.31% จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลของสูตรที่ 6 และ 12 ใกล้เคียงกัน แต่ผลการดูดซับน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลกลับแตกต่างกันมาก ซึ่งเป็นการยืนยันว่าในสูตรที่ 12 ที่มีปริมาณของ MBA ลดลงครึ่งหนึ่งจากสูตรที่ 6 คือ 0.048 กรัม พันธะเชื่อมโยงส่วนใหญ่เกิดในส่วนของแมงลัก ทำให้มีของแข็งที่ไม่ละลายใกล้เคียงกับสูตรที่ 6 ซึ่งมีปริมาณของ MBA เท่ากับ 0.095 g แต่พันธะเชื่อมโยงส่วนใหญ่เกิดระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก ทำให้ดูดซับน้ำได้มากกว่า และไม่ละลายน้ำ สำหรับสูตรที่ 11 ซึ่งมีปริมาณของ MBA 0.190 กรัม เกิดพันธะเชื่อมโยงได้มากทั้งในแป้งและวุ้นแมงลักจึงมีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.17 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่า Tensile strength และ %Elongation at break ของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณของ MBA แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.25 เมื่อนำฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณของ MBA แตกต่างกันมาทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า สูตรที่ 11 ซึ่งมีปริมาณของ MBA เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากสูตรที่ 6 คือ 0.190 กรัม ฟิล์มไฮโดรเจลที่ได้มีลักษณะแข็งเปราะ ไม่สามารถดึงยืดได้ ทำให้ไม่มีผลการทดสอบ สำหรับสูตรที่ 12 ซึ่งลดปริมาณของ MBA ลงครึ่งหนึ่งจากสูตรที่ 6 คือ 0.048 กรัม มีค่า Tensile strength และ%Elongation at break เท่ากับ 2.7990 MPa และ 16.97% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสูตรที่ 6 ซึ่งมีปริมาณของ MBA 0.095 กรัม มีค่า Tensile strength และ%Elongation at break เท่ากับ 1.3430 MPa และ 11.49% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 12 ฟิล์มไฮโดรเจลจะแข็งและเหนียวมากกว่าสูตรที่ 6 แต่สูตรที่ 6 สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า และมีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสูงกว่า สามารถทนต่อแรงดึงได้ดีดังนั้นปริมาณของ MBA ที่เหมาะสมที่สุดในเงื่อนไขการทดลองนี้ คือ 0.095 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.18 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis

นำฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาอุณหภูมิการสลายตัว (T_d) ด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis ได้ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.10

ตารางที่ 4.10 อุณหภูมิการสลายตัวของฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักที่ใช้ปริมาณ MBA แตกต่างกัน

สูตร	ปริมาณ MBA	อุณหภูมิการสลายตัว (°C)
6	0.095	187, 294, 332, 780
11	0.19	253, 785
12	0.048	184, 291, 323, 508, 650

จากตารางที่ 4.10 พบว่า สูตรที่ 6 ซึ่งใช้ปริมาณของ MBA 0.095 กรัม พบพีคอุณหภูมิการสลายตัวของแป้งและวุ้นแมงลักที่เกิดการเชื่อมโยงที่อุณหภูมิ 780 °C สูตรที่ 12 ซึ่งใช้ปริมาณของ MBA 0.048 กรัม พบพีคอุณหภูมิการสลายตัว 2 ที่ คือ 508 °C และ 650 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิการสลายตัวในส่วนของแมงลักที่เกิดการเชื่อมโยง และสูตรที่ 11 ซึ่งใช้ปริมาณของ MBA 0.190 กรัม พบพีคอุณหภูมิการสลายตัวที่อุณหภูมิ 785 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิการสลายตัวของแป้งและวุ้นแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำแป้งมันสำปะหลัง และสารเมือกจากเม็ดแมงลักซึ่งเป็นพอลิเมอร์ดูดซับน้ำจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ โดยการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วย Ammonium persulfate (APS) แบบอนุมูลอิสระ และใช้ N,N-Methylenebisacrylamide (MBA) เป็นสารก่อพันธะเชื่อมโยง อุณหภูมิที่ใช้ในการผสมสารเคมีต่างๆ คือ 70 °C ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก ผลของปริมาณ NaOH และผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล และทำการตรวจวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) สมบัติการบวมน้ำ เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction) สมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 สมบัติต่างๆของฟิล์มไฮโดรเจล

สูตร	%Swelling	%Equilibrium water content	%Gel fraction	Tensile Strength (MPa)	%Elongation at break	Decomposition Temperature (°C)
1	-	-	-	-	-	229
2	97.14	95.72	48.79	0.5917	16.833	210, 700
3	38.18	56.37	45.00	0.2676	16.010	225, 709
4	305.88	346.86	43.53	0.7901	14.910	241, 778
5	817.81	827.92	37.29	1.1975	11.823	188, 266, 802
6	1007.58	1002.92	34.31	1.3433	11.490	187, 294, 332, 780
7	-	-	-	-	-	250, 761
8	614.59	620.84	40.97	1.6357	6.964	186, 291, 618, 658
9	1213.96	1099.68	27.92	1.1940	10.440	205, 281, 319, 768
10	107.50	107.50	43.08	2.3800	5.840	199, 258, 752, 831
11	131.82	131.44	52.66	-	-	253, 785
12	104.75	92.31	35.71	2.7990	16.970	184, 291, 323, 508, 650

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ฟิล์มไฮโดรเจลด้วยเทคนิค FTIR พบว่า ฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก เมื่อใส่ปริมาณของวุ้นแมงลัก NaOH และสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น พบเลขคลื่นที่แสดงให้เห็นว่าฟิล์มไฮโดรเจลมีการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลักมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์สมบัติการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจล พบว่า ฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก เมื่อใส่ปริมาณของวุ้นแมงลักเพิ่มขึ้น ฟิล์มไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำได้เพิ่มขึ้น เมื่อใส่ปริมาณ NaOH เพิ่มขึ้น พบว่า เกิดพันธะเชื่อมโยงมาก การดูดซับน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลจึงลดลง และเมื่อใส่ปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น พบว่า เกิดพันธะเชื่อมโยงได้มาก ทั้งในส่วนของแป้งและวุ้นแมงลักการดูดซับน้ำจึงลดลง นอกจากนี้พบว่าสูตรที่ 6 สามารถดูดซับน้ำได้มาก และยังคงรูปเป็นแผ่นได้ดี จึงเป็นสูตรที่ดีที่สุด และเหมาะกับการนำไปใช้งาน

ผลการวิเคราะห์การหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล พบว่า ฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก เมื่อใส่ปริมาณวุ้นแมงลักเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลลดลง เมื่อใส่ปริมาณ NaOH เพิ่มขึ้น เกิดพันธะเชื่อมโยงมาก เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลจึงเพิ่มขึ้น และเมื่อใส่ปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น พบว่า เกิดพันธะเชื่อมโยงมากทั้งในแป้งและวุ้นแมงลักจึงมีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของฟิล์มไฮโดรเจล พบว่า ฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก เมื่อใส่ปริมาณวุ้นแมงลัก และNaOH เพิ่มขึ้น เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างแป้งและแมงลัก ค่าความแข็งแรงดึงจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดมีแนวโน้มลดลง และเมื่อใส่ปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น พบว่า สูตรที่ 12 ฟิล์มไฮโดรเจลจะแข็งและเหนียว มากกว่าสูตรที่ 6 แต่สูตรที่ 6 สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า และมีเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสูงกว่า สามารถทนต่อแรงดึงได้ดี ดังนั้นสูตรที่ 6 จึงเป็นสูตรที่ดีที่สุด และเหมาะที่จะนำไปใช้งาน

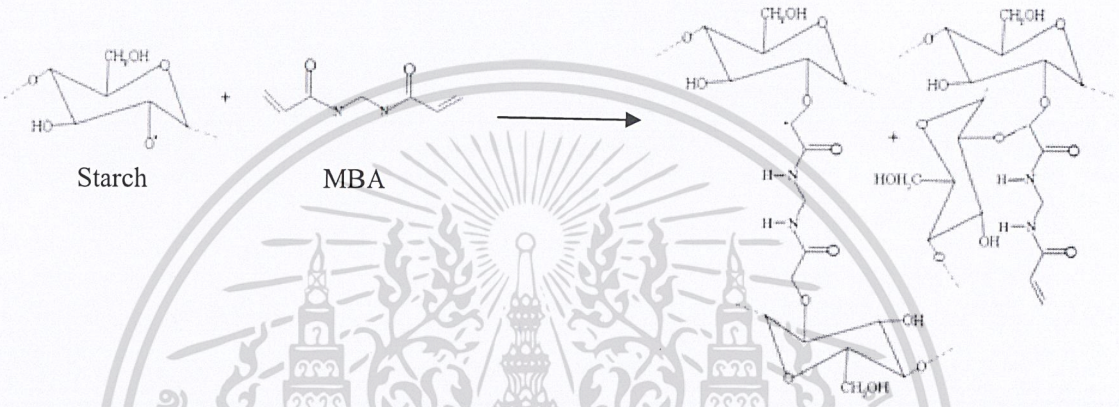
ผลการวิเคราะห์ฟิล์มไฮโดรเจลด้วยเทคนิค TGA พบว่า ฟิล์มไฮโดรเจลผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลัก เมื่อใส่ปริมาณของวุ้นแมงลักเพิ่มขึ้น พบพีคการสลายตัวที่อุณหภูมิ 778 ºC, 802 ºC และ 780 ºC ซึ่งเป็นพีคที่แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลักขึ้น เมื่อใส่ปริมาณ NaOH เพิ่มขึ้น พบพีคอุณหภูมิการสลายตัวที่อุณหภูมิ 752 ºC และ 831 ºC เป็นอุณหภูมิการสลายตัวของการเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก เมื่อใส่ปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น พบพีคอุณหภูมิการสลายตัวที่อุณหภูมิ 785 ºC เป็นอุณหภูมิการสลายตัวของการเชื่อมโยงระหว่างแป้งกับวุ้นแมงลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น สูตรในการผสมสารต่างๆที่เหมาะกับการผลิตฟิล์มไฮโดรเจลเพื่อนำไปใช้งานเป็นวัสดุปิดแผล คือ สูตรที่ 6 โดยมีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังและวุ้นแมงลักเป็น 7:3 ปริมาณ NaOH 20 มิลลิลิตร และปริมาณสารเชื่อมโยง 0.095 กรัม

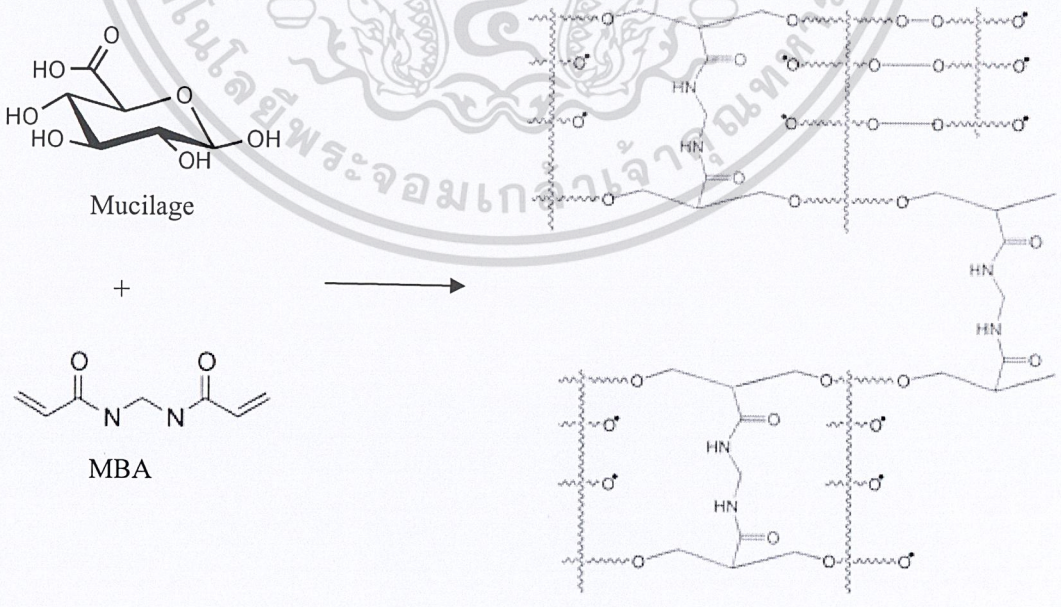
การสันนิษฐานการเกิดพันธะเชื่อมโยง

- สันนิษฐานโครงสร้างของแป้งที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับ N,N-methylenebisacrylamide



รูปที่ 5.1 สันนิษฐานโครงสร้างของแป้งที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับ N,N-methylenebisacrylamide

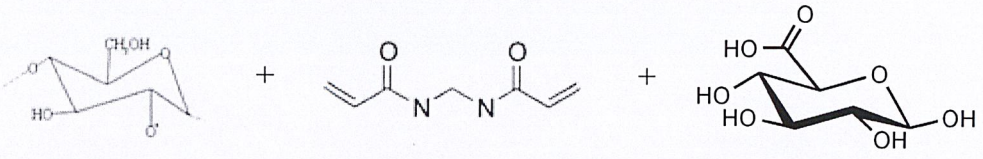
- สันนิษฐานโครงสร้างของแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับ N,N-methylenebisacrylamide



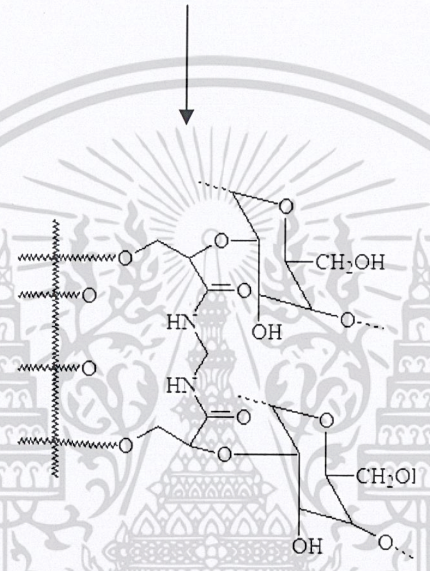
รูปที่ 5.2 สันนิษฐานโครงสร้างของแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับ N,N-methylenebisacrylamide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สันนิษฐานโครงสร้างของแป้งและแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยง



Starch MBA Mucilage



รูปที่ 5.3 สันนิษฐานโครงสร้างของแป้งและแมงลักที่เกิดพันธะเชื่อมโยงกับ N,N-methylenebisacrylamide

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาผลของปริมาณ NaOH และสารเชื่อมโยงในสูตรที่ 5 ซึ่งมีอัตราส่วนเป็น 5S:5M ด้วย เนื่องจากสูตรที่ 5 นั้นมีสมบัติเชิงกลที่ใกล้เคียงกับสูตรที่ 6 และสามารถดูดซับน้ำได้มาก เพื่อให้ได้สมบัติของฟิล์มไฮโดรเจลผสมแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่ดีที่สุด
2. เนื่องจากสารละลายผสมมีความหนืดมากทำให้ฟิล์มไฮโดรเจลที่ได้มีฟองอากาศเกิดขึ้น จึงควรกำจัดฟองอากาศออกก่อนนำไปเทลงในแม่พิมพ์ด้วยเครื่องอัลตราโซนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] A.Pourjavadi, Sh. Barzegar and G.R. Mahdavinia. 2006. MBA-crosslinked Na-Alg/CMC as a smart full-Polysaccharide superabsorbent hydrogel. Carbohydrate Polymers. 66, 386-395.

[2] วัชรพงษ์ โล่รัตนรุ่งโรจน์, ศศิรัตน์ เมษพันธุ์ และพันธศิลป์ อินทร์ชูรัตน์. 2543. ผลของ CMC และ แป้งมันสำปะหลัง ผสมกลีเซอรอลต่อสมบัติของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ. ปริญญานิพนธ์ ภาคเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2543.

[3] K.Park."Superporous Hydrogels for Pharmaceutical & Other Application." [Online]. Available: www.drugdeliverytech.com/cgi-bin/article.cgi?idArticle=60.2006

[4] P.J.Flory.2003. Hydrogel Biomaterials: Structure and Physical Chemistry.[lecture]. England: Cornell University

[5] ธีระพล มณีวรานนท์กุล, สุวิทย์ เอื้อโสภณ และอรกมล ทองใบ. 2544. การเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างสารเมือกจากเม็ดแมงลัก (Ocimumcannm sims.) กับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA). ปริญญานิพนธ์ ภาคเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2544.

[6] อโนชา อุทัยพัฒน์. "สมุนไพรกับเอดส์." [Online].Available: http://www.aidsthai.org/module/module20.2006

[7] [Online].Available: http://www.samunpai.com/diet/show.php?id=53&cat=3

[8] [Online].Available: http://www.elib-online.com/doctors53/food_vet001.html

[9] พจน์ ศรีบุญลือ โสพิศ วงศ์ดำ และพัชนี บุญศิริ. 2543. ตำราชีวเคมี. ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[10] กลมทิพย์ สัจจาอนันนตกุล และมาลี ซิ้มศรีสกุล. 2546. ผลการใช้ผงเมือกแมงลักเป็นสารเพิ่มความเหนียวในผลิตภัณฑ์บะหมี่สุกแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] ถนอมลาภ เต็มพงศ์พอจิต และพรศักดิ์ ธนากร. 2541. การศึกษาเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง. ปริญญานิพนธ์ ภาคเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2541.

[12] กุลธิดา แซ่อุ่ย. 2550. การศึกษาของไฮโดรเจลผสมระหว่างพอลิ-2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต และสารเมือกจากเม็ดแมงลัก. วิทยานิพนธ์ ภาคเคมี สาขาเทคโนโลยี พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2550.

[13] ดวงเดือน ภู่เจริญ. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดแลกติกโดยเชื้อ Rhizopus oryzae NRRL395 จากแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาชีววิทยา สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2544.

[14] จิตต์เรขา ทองมณี.2550. การผลิตกรดแลกติกจากแป้งมันสำปะหลังและน้ำตาลซูโครสโดยเชื้อ Rhizopus oryzae NRRL 395. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาชีววิทยา สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง พ.ศ.2550.

[15] ชรินทร์ ศรีเพ็ญแสงพงษ์, ณัชคม กัลยาณทิพย์ และ ดาลัด แสงเพ็ชร์. 2552. การเตรียมวัสดุดูดซับน้ำจากสารเมือกแมงลักผสมกับ 2-HEMA. ปริญญานิพนธ์ ภาคเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2553.

[16] The physical and theoretical chemistry laboratory Oxford University [Online], 24 September 2007, Chemical and Other Information. Available from: http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/GL/glycerol.html (accessed 4 September 2007)

[17] ปิยนุสร์ น้อยด้วง และวชิรพันธ์ จันทร์พงษ์. การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอม. [online]. Available: foodtech.siam.edu/.../การใช้มิวซิเลจเป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมกล้วยหอม.

[18] ณรงค์ ยุคันตรพรพงษ์ และคณะ. การแยกสารที่มีคุณสมบัติในการพองตัวจากเม็ดแมงลักเพื่อใช้ในการเภสัชอุตสาหกรรมและเภสัชกรรม. ปริญญานิพนธ์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ.2524.

[19] D.R.Lu, C. M. Xiao and S. J. Xu. 2009. Starch-based completely biodegradable polymer materials. Express Polymer Letters. 3(6), 366-375

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[20] K.Chonsubjumroen, K.Techawongsuwan and T.Noikumsiri. 2550. Degradability of Film Prepared from LDPE/Mucilage gel of Ocimum sims.Speacial project of Polymer Science and Technology program Bachelor degree.

[21] S.K. Bajpai. 1999. Casein Cross-linked Polyacrylamide Hydrogel:Study of Swelling and Drug Release Behaviour. Iranian Polymer.8, 231-239.

[22] T.Siriwittayacorn, N.Suebsanti, R.Molly, P.Siriwittayacom, and M.Prasitsilp. 2001. Synthesis and characterization of Poly(2-hydroxyethyl methacrylate-co-methyl acrylate) hydrogels for use as temporary skin substitutes. Chiang Mai Journal Science.28(2), 71-82.

[23] B.Anroop,S.P. Bhatnagar, B. Ghosh and V. Parcha.2005. Studies on Ocimum gratissimum seed mucilage: evaluation of suspending properties. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences.67(2), 206-209.

[24] นิวัตน์ บุญญะรัง, ศุภวรรณ ดีโรจนเดช และสุธีจินต์ พยัคคง. บทบาทของแคลเซียมไอออนที่มีต่อการเกิดพันธะเชื่อมโยงของวุ้นเม็ดแมงลัก. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

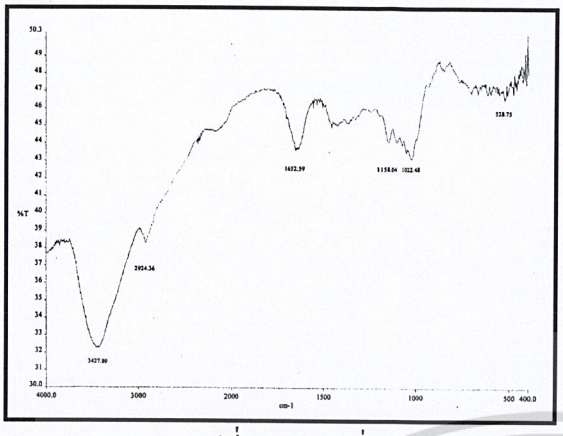
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix-A

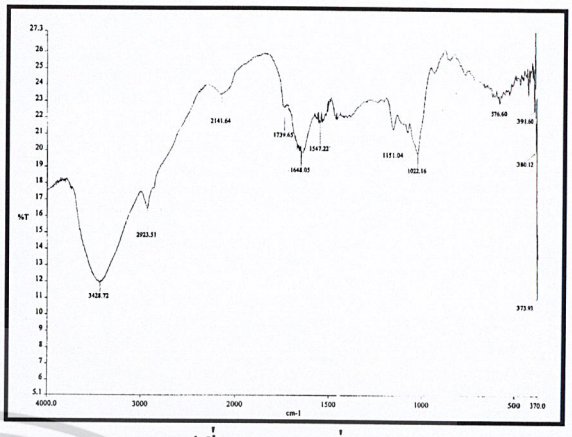
IR spectra ของฟิล์มไฮโดรเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

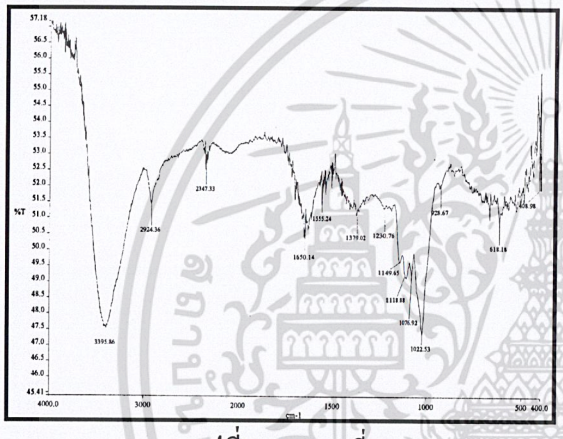
IR spectra ของฟิล์มไฮโดรเจล



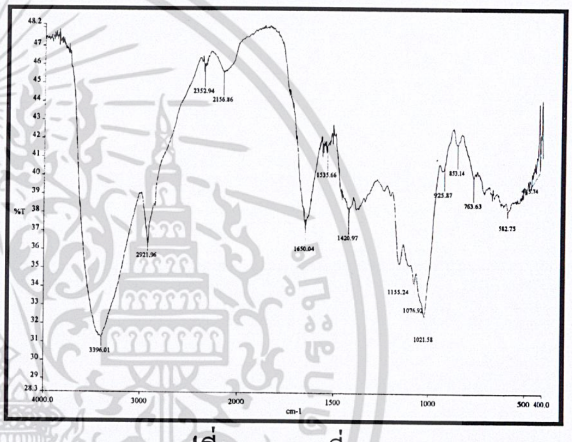
รูปที่ A-1 สูตรที่ 1



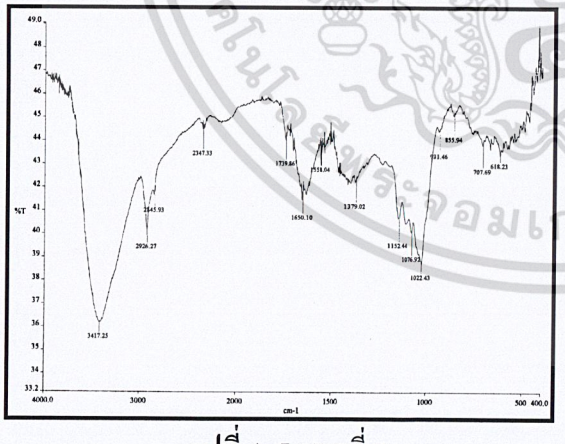
รูปที่ A-2 สูตรที่ 2



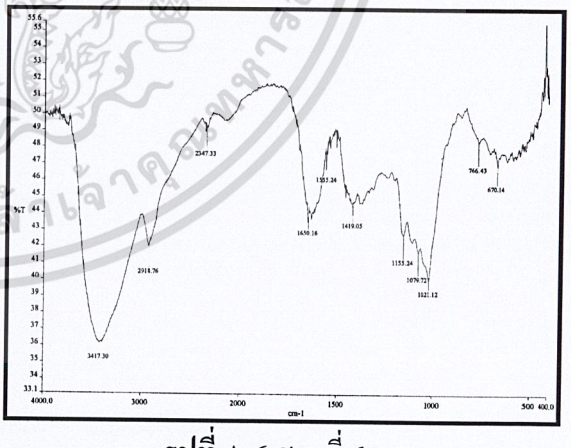
รูปที่ A-3 สูตรที่ 3



รูปที่ A-4 สูตรที่ 4

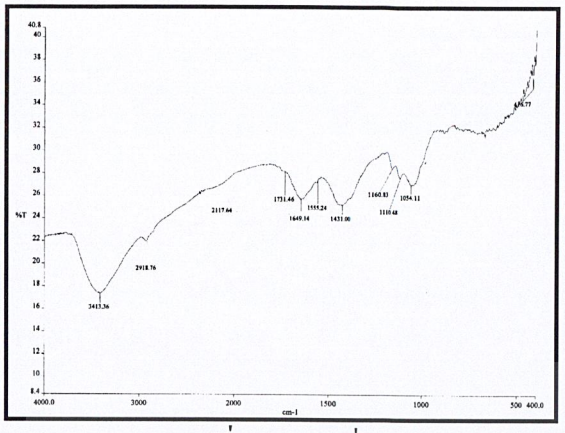


รูปที่ A-5 สูตรที่ 5

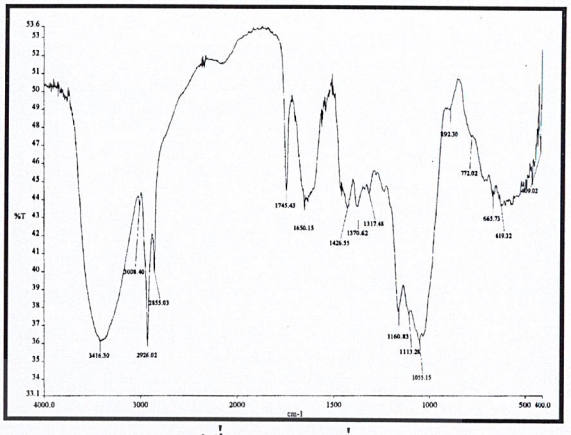


รูปที่ A-6 สูตรที่ 6

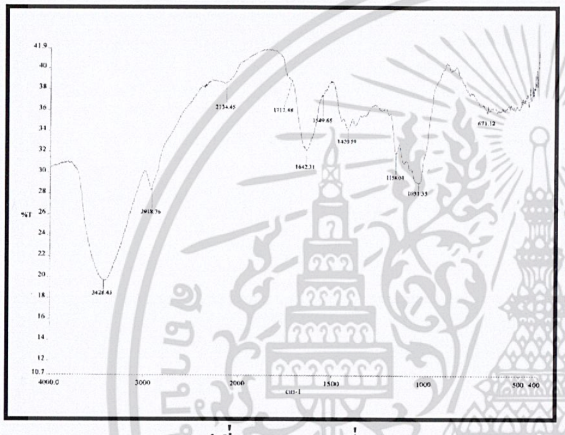
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



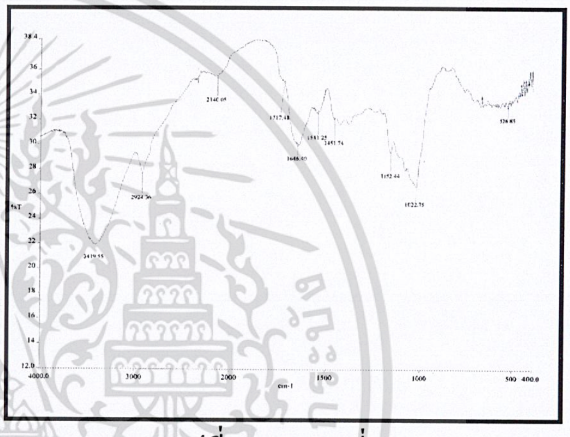
รูปที่ A-7 สูตรที่ 7



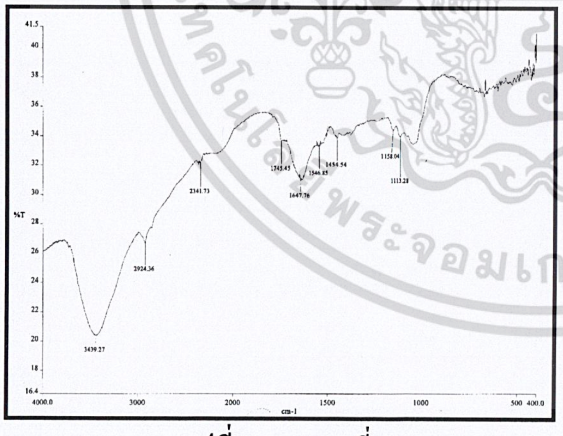
รูปที่ A-8 สูตรที่ 8



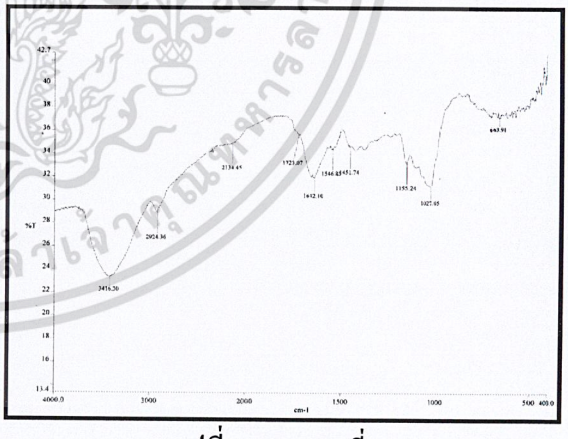
รูปที่ A-9 สูตรที่ 9



รูปที่ A-10 สูตรที่ 10



รูปที่ A-11 สูตรที่ 11



รูปที่ A-12 สูตรที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Appendix-B

ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบสมบัติการบวมน้ำ

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ B-1 น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังแช่น้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 1-8

สูตร	ชิ้นงาน	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)						
			ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 5	ชั่วโมงที่ 6	ชั่วโมงที่ 24
1	1	0.22	1.60	2.56	–	–	–	–	–
	2	0.20	1.35	2.24	–	–	–	–	–
2	1	0.35	0.54	0.56	0.56	0.58	0.65	0.68	0.67
	2	0.26	0.42	0.42	0.42	0.44	0.49	0.52	0.52
3	1	0.35	0.51	0.50	0.46	0.48	0.47	0.49	0.49
	2	0.22	0.31	0.30	0.34	0.29	0.30	0.30	0.38
4	1	0.15	0.54	0.51	0.60	0.58	0.58	0.60	0.67
	2	0.17	0.61	0.70	0.75	0.82	0.76	0.70	0.76
5	1	0.31	2.62	2.73	2.79	2.95	2.88	2.96	3.13
	2	0.26	2.11	2.18	2.29	2.34	2.34	2.29	2.20
6	1	0.21	1.94	2.03	2.11	2.25	2.24	2.38	2.37
	2	0.22	2.37	2.23	2.31	2.41	2.43	2.38	2.37
7	1	0.07	4.38	5.18	–	–	–	–	–
	2	0.07	3.94	5.83	–	–	–	–	–
8	1	0.14	1.43	1.44	1.50	1.66	1.66	1.63	1.59
	2	0.11	1.36	1.51	1.50	1.61	1.60	1.61	1.39

หมายเหตุ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 7 ไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ เนื่องจาก ชิ้นงานละลายเป็นวุ้น ไม่คงรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ B-2 น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังแช่น้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 9 และ10

สูตร	ชิ้นงาน	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)						
			ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 5	ชั่วโมงที่ 6	ชั่วโมงที่ 24
6	1	0.21	1.94	2.03	2.11	2.25	2.24	2.38	2.37
	2	0.22	2.37	2.23	2.31	2.41	2.43	2.38	2.37
9	1	0.14	1.43	1.44	1.50	1.66	1.66	1.63	1.59
	2	0.11	1.36	1.51	1.50	1.61	1.60	1.61	1.39
10	1	0.20	0.44	0.42	0.41	0.43	0.43	0.43	0.43
	2	0.13	0.25	0.26	0.26	0.25	0.26	0.26	0.26

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ B-3 น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังแช่น้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 11 และ12

สูตร	ชิ้นงาน	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)						
			ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 5	ชั่วโมงที่ 6	ชั่วโมงที่ 24
6	1	0.21	1.94	2.03	2.11	2.25	2.24	2.38	2.37
	2	0.22	2.37	2.23	2.31	2.41	2.43	2.38	2.37
11	1	0.11	0.31	0.3	0.31	0.31	0.29	0.29	0.28
	2	0.12	0.22	0.25	0.28	0.25	0.26	0.24	0.25
12	1	0.13	0.29	0.28	0.26	0.27	0.28	0.28	0.24
	2	0.17	0.29	0.29	0.29	0.27	0.3	0.33	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ B-4 ผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 1-8

สูตร	ชิ้นงาน	%Swelling						
		ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 5	ชั่วโมงที่ 6	ชั่วโมงที่ 24
1	1	627.27	1063.64	–	–	–	–	–
	2	575.00	1020.00	–	–	–	–	–
	เฉลี่ย	601.14	1041.82	–	–	–	–	–
2	1	54.29	60.00	60.00	65.71	85.71	94.29	91.43
	2	61.54	61.54	61.54	69.23	88.46	100.00	100.00
	เฉลี่ย	57.91	60.77	60.77	67.47	87.09	97.14	95.72
3	1	45.71	42.86	31.43	37.14	34.29	40.00	40.00
	2	40.91	36.36	54.55	31.82	40.91	36.36	72.73
	เฉลี่ย	43.31	39.61	42.99	34.48	37.60	38.18	56.37
4	1	260.00	240.00	300.00	286.67	286.67	300.00	346.67
	2	258.82	311.76	341.18	382.35	347.06	311.76	347.05
	เฉลี่ย	259.41	275.88	320.59	334.51	316.87	305.88	346.86
5	1	745.16	780.65	800.00	851.61	829.03	854.84	909.68
	2	711.54	738.46	780.77	800.00	800.00	780.77	746.15
	เฉลี่ย	728.35	759.56	790.39	825.81	814.52	817.81	827.92
6	1	823.81	866.67	904.76	971.43	966.67	1033.33	1028.57
	2	977.27	913.64	950.00	995.45	1004.55	981.82	977.27
	เฉลี่ย	900.54	890.16	927.38	983.44	985.61	1007.58	1002.92
7	1	6157.10	7300.00	–	–	–	–	–
	2	5528.57	8228.57	–	–	–	–	–
	เฉลี่ย	5842.84	7764.29	–	–	–	–	–
8	1	675.00	837.50	1087.50	1025.00	725.00	762.50	675.00
	2	411.11	533.33	522.22	566.67	500.00	466.67	566.67
	เฉลี่ย	543.06	685.42	804.86	795.84	612.50	614.59	620.84

<u>หมายเหตุ</u> สูตรที่ 1 และสูตรที่ 7 ไม่สามารถแสดงผลการดูดซับน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลได้เนื่องจากชิ้นงานละลายเป็นวุ้น ไม่คงรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ B-5 ผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 9 และ10

สูตร	ชิ้นงาน	%Swelling						
		ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 5	ชั่วโมงที่ 6	ชั่วโมงที่ 24
6	1	823.81	866.67	904.76	971.43	966.67	1033.33	1028.57
	2	977.27	913.64	950.00	995.45	1004.55	981.82	977.27
	เฉลี่ย	900.54	890.16	927.38	983.44	985.61	1007.58	1002.92
9	1	921.43	928.57	971.43	1085.71	1085.71	1064.28	1035.71
	2	1136.36	1272.73	1263.64	1363.64	1354.55	1363.64	1163.64
	เฉลี่ย	1028.90	1100.65	1117.54	1224.68	1220.13	1213.96	1099.68
10	1	120.00	110.00	105.00	115.00	115.00	115.00	115.00
	2	92.31	100.00	100.00	92.31	100.00	100.00	100.00
	เฉลี่ย	106.16	105.00	102.50	103.66	107.50	107.50	107.50

ตารางที่ B-6 ผลการบวมน้ำของฟิล์มไฮโดรเจลสูตรที่ 6, 11 และ12

สูตร	ชิ้นงาน	%Swelling						
		ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 5	ชั่วโมงที่ 6	ชั่วโมงที่ 24
6	1	823.81	866.67	904.76	971.43	966.67	1033.33	1028.57
	2	977.27	913.64	950.00	995.45	1004.55	981.82	977.27
	เฉลี่ย	900.54	890.16	927.38	983.44	985.61	1007.58	1002.92
11	1	181.82	172.73	181.82	181.82	163.64	163.64	154.54
	2	83.33	108.33	133.33	108.33	116.67	100.00	108.33
	เฉลี่ย	132.58	140.53	157.58	145.08	140.16	131.82	131.44
12	1	123.08	115.38	100.00	107.69	115.38	115.38	84.61
	2	70.59	70.59	70.59	58.82	76.47	94.12	100.00
	เฉลี่ย	96.84	92.99	85.30	83.26	95.93	104.75	92.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix-C

ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล(Gel fraction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจล (Gel fraction)

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ C-1 น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังอบของฟิล์มไฮโดรเจล เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสูตรที่ 1-8

สูตร	ชิ้นงาน	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (g)	%Gel fraction
1	1	0.22	–	–
	2	0.20	–	–
	เฉลี่ย			–
2	1	0.35	0.18	51.43
	2	0.26	0.12	46.15
	เฉลี่ย			48.79
3	1	0.35	0.14	40.00
	2	0.22	0.11	50.00
	เฉลี่ย			45.00
4	1	0.15	0.06	40.00
	2	0.17	0.08	47.06
	เฉลี่ย			43.53
5	1	0.31	0.10	32.26
	2	0.26	0.11	42.31
	เฉลี่ย			37.29
6	1	0.17	0.06	35.29
	2	0.15	0.05	33.33
	เฉลี่ย			34.31
7	1	0.07	–	–
	2	0.07	–	–
	เฉลี่ย			–
8	1	0.08	0.03	37.50
	2	0.09	0.04	44.44
	เฉลี่ย			40.97

หมายเหตุ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 7 ไม่สามารถหาเปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลได้ เนื่องจาก ชิ้นงานละลายเป็นวุ้น ไม่คงรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ C-2 น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังอบของฟิล์มไฮโดรเจล เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสูตรที่ 6, 9, 10

สูตร	ชิ้นงาน	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (g)	%Gel fraction
6	1	0.17	0.06	35.29
	2	0.15	0.05	33.33
	เฉลี่ย			34.31
9	1	0.14	0.04	28.57
	2	0.11	0.03	27.27
	เฉลี่ย			27.92
10	1	0.20	0.08	40.00
	2	0.13	0.06	46.15
	เฉลี่ย			43.08

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ C-3 น้ำหนักก่อนแช่น้ำ และหลังอบของฟิล์มไฮโดรเจล เปอร์เซ็นต์ค่าสัดส่วนเจลสูตรที่ 6, 11, 12

สูตร	ชิ้นงาน	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (g)	%Gel fraction
6	1	0.17	0.06	35.29
	2	0.15	0.05	33.33
	เฉลี่ย			34.31
11	1	0.11	0.07	63.64
	2	0.12	0.05	41.67
	เฉลี่ย			52.66
12	1	0.12	0.04	33.33
	2	0.21	0.06	38.09
	เฉลี่ย			35.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Appendix-D

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และวุ้นแมงลักที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ D-1 ค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของสูตรที่ 1-8

สูตร	ชิ้นงาน	Tensile strength (MPa)	%Elongation at break
1	1	–	–
	2	–	–
	3	–	–
	เฉลี่ย	–	–
2	1	0.4401	17.13
	2	0.8645	14.38
	3	0.4706	18.99
	เฉลี่ย	0.5917	16.83
3	1	0.2886	16.04
	2	0.2656	16.02
	3	0.2487	15.98
	เฉลี่ย	0.2676	16.01
4	1	0.9053	16.63
	2	0.7241	13.61
	3	0.741	14.50
	เฉลี่ย	0.7901	14.91
5	1	0.7494	12.97
	2	1.4350	9.37
	3	1.4080	13.13
	เฉลี่ย	1.1975	11.82
6	1	0.951	10.81
	2	1.5050	12.86
	3	1.574	10.77
	เฉลี่ย	1.3433	11.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร	ชิ้นงาน	Tensile strength (MPa)	%Elongation at break
7	1	–	–
	2	–	–
	3	–	–
	เฉลี่ย	–	–
8	1	1.4310	7.92
	2	1.2780	5.70
	3	2.1980	7.26
	เฉลี่ย	1.6357	6.96

หมายเหตุ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 7 ไม่สามารถหาค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดได้เนื่องจากชิ้นงานแข็ง เปราะ ไม่สามารถทดสอบได้

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ NaOH ที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ D-2 ค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของสูตรที่ 6, 9 และ10

สูตร	ชิ้นงาน	Tensile strength (MPa)	%Elongation at break
6	1	0.951	10.81
	2	1.5050	12.86
	3	1.574	10.77
	เฉลี่ย	1.3433	11.49
9	1	1.1382	9.93
	2	1.2922	9.58
	3	1.1517	11.82
	เฉลี่ย	1.1940	10.44
10	1	2.772	3.78
	2	1.491	7.75
	3	2.876	5.98
	เฉลี่ย	2.3800	5.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตอนที่ 3</u> ศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อฟิล์มไฮโดรเจล

ตารางที่ D-3 ค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของสูตรที่ 6, 11 และ12

สูตร	ชิ้นงาน	Tensile strength (MPa)	%Elongation at break
6	1	0.9510	10.81
	2	1.5050	12.86
	3	1.5740	10.77
	เฉลี่ย	1.3433	11.49
11	1	–	–
	2	–	–
	3	–	–
	เฉลี่ย	–	–
12	1	2.6170	17.78
	2	2.6360	15.67
	3	3.1440	17.46
	เฉลี่ย	2.7990	16.97

<u>หมายเหตุ</u> สูตรที่ 12 ไม่สามารถหาค่าความแข็งแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดได้ เนื่องจากชิ้นงานแข็ง เปราะไม่สามารถทดสอบได้

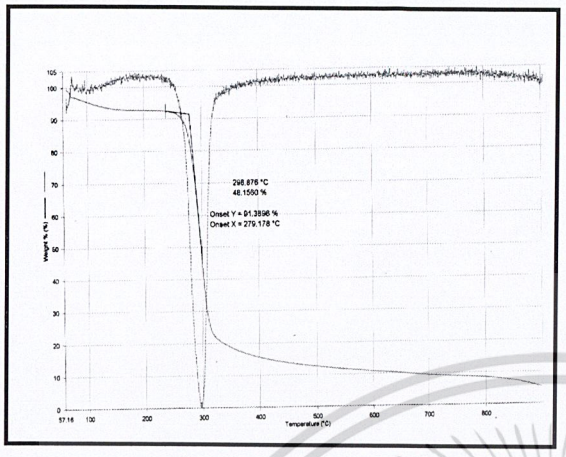
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix-E

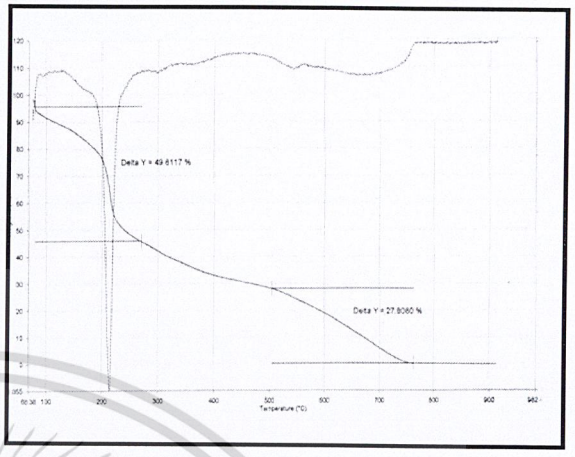
สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

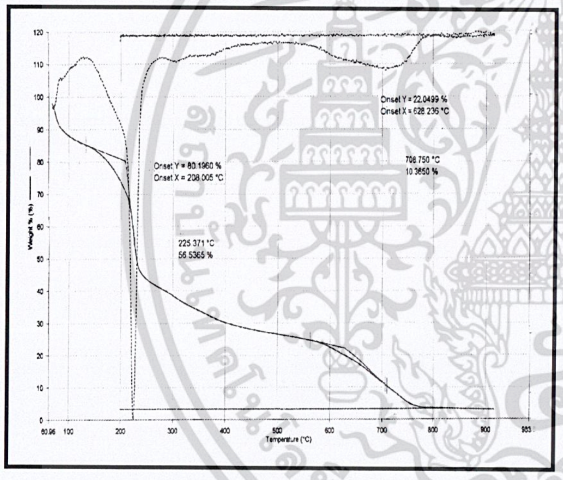
Thermogram ของฟิล์มไฮโดรเจล



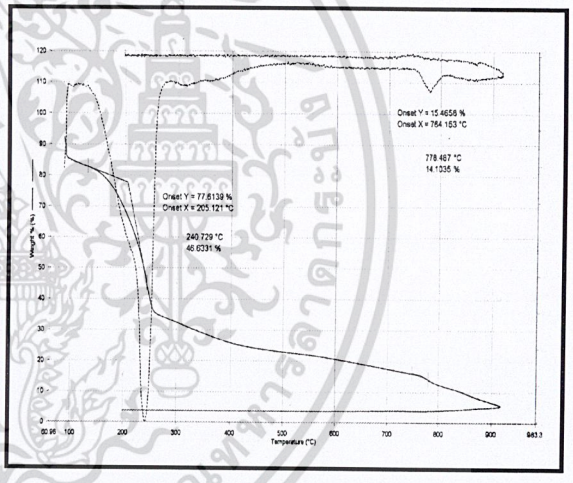
รูปที่ E-1 สูตรที่ 1



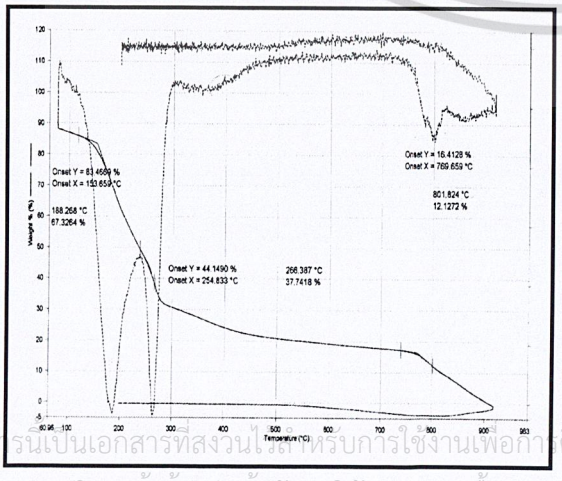
รูปที่ E-2 สูตรที่ 2



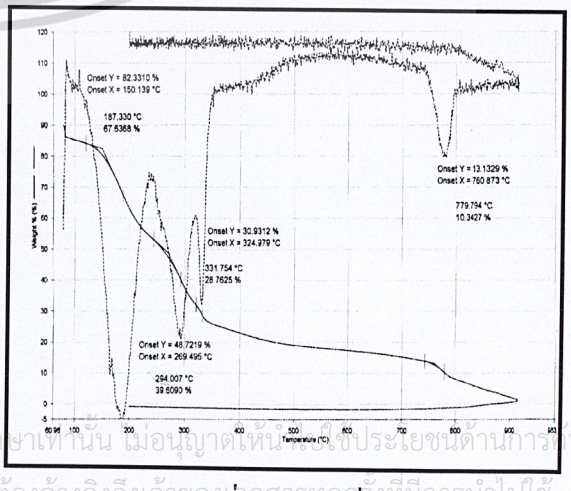
รูปที่ E-3 สูตรที่ 3



รูปที่ E-4 สูตรที่ 4

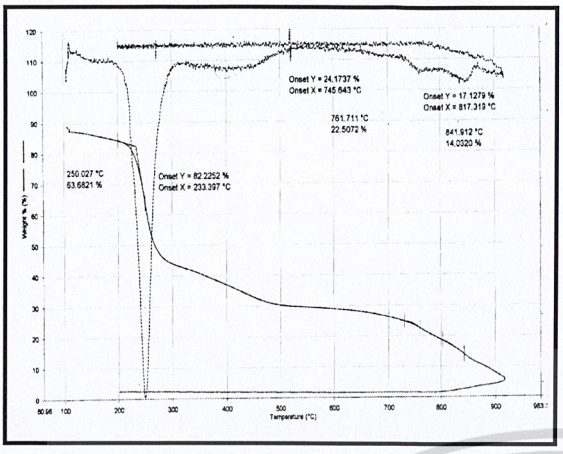


รูปที่ E-5 สูตรที่ 5

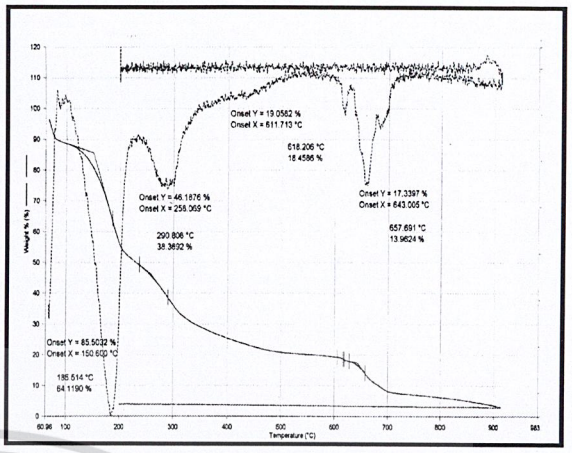


รูปที่ E-6 สูตรที่ 6

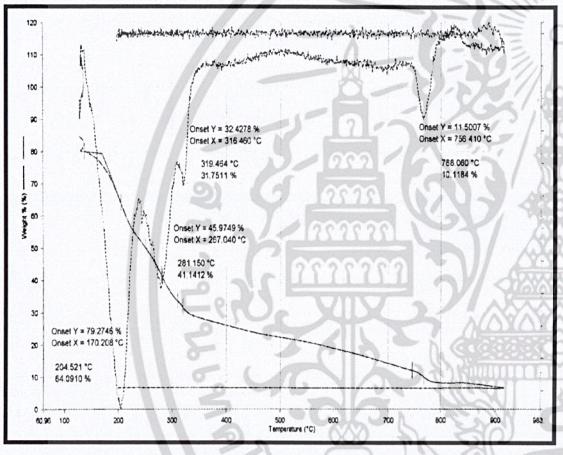
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



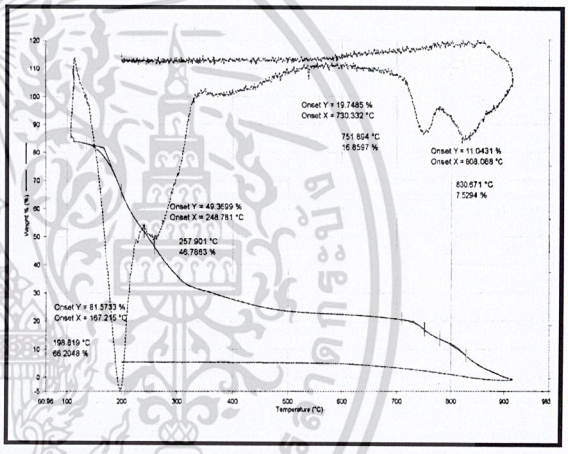
รูปที่ E-7 สูตรที่ 7



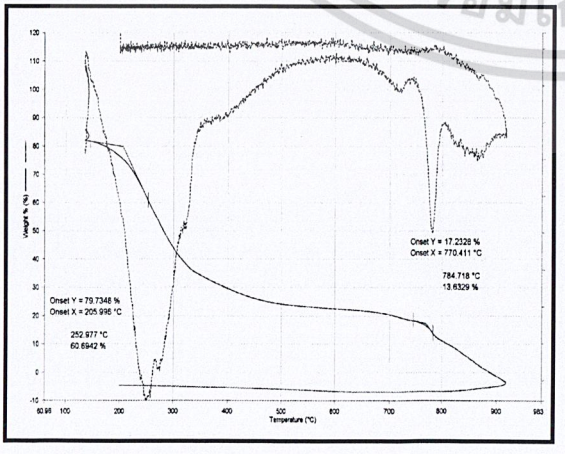
รูปที่ E-8 สูตรที่ 8



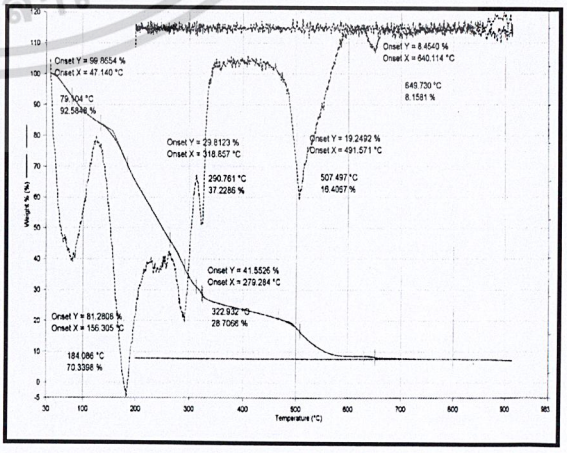
รูปที่ E-9 สูตรที่ 9



รูปที่ E-10 สูตรที่ 10



รูปที่ E-11 สูตรที่ 11



รูปที่ E-12 สูตรที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้