



การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ
เพื่อนำไปใช้ทางการเกษตรโดยวิธีโฝมพอลิเมอไรเซชัน

นายบรรพต จิตตะสนธิ

นางสาวสุวีพร ตรีพัฒนาศูวรรณ

๒๓
๒๓๖๓
๒๕๖๕

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

๖1๒๕๓๙๐๕๓

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

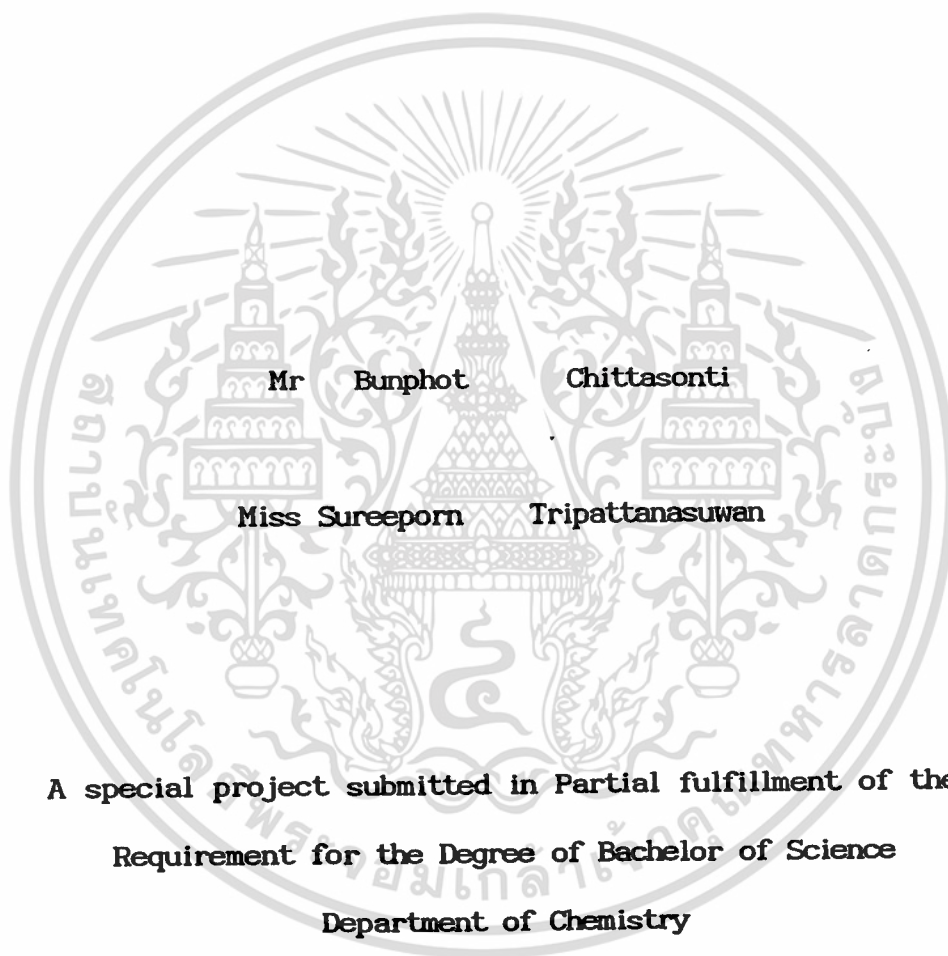
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๖๕



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Synthesis of WaterAbsorbable Graft Copolymer Using
Fomed Polymerisation as application in Agriculture**



**A special project submitted in Partial fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry**

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1993



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ
กิตติกรรมประกาศ
สารบัญตาราง
สารบัญรูป
คำย่อที่ใช้ในโครงการพิเศษ

หน้า
ก
ค
ง
จ
ช
ณ

บทที่ 1 บทนำ

- | | |
|---|---|
| 1.1 การประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ | 1 |
| 1.2 การประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำทางเกษตรกรรม | 2 |
| 1.3 ปัญหาในการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำทางการเกษตรในประเทศไทย | 4 |
| 1.4 โครงการพิเศษ | 5 |

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

- | | |
|---|----|
| ส่วนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับธาตุอาหารของพืช | 7 |
| 2.1 ธาตุอาหาร | |
| ส่วนที่ 2 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ | |
| 2.2 โครงสร้างหลักของพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ | 9 |
| 2.3 การเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ | 12 |
| 2.4 เทคนิคการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ | 15 |
| ส่วนที่ 3 สารเชื่อมโยง | |
| 2.5 ลักษณะของสารเชื่อมโยง | 17 |
| ส่วนที่ 4 พอลิเมอไรเซชันแบบโฟม | |
| 2.6 สารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบโฟม | 19 |
| 2.7 ระบบสำหรับกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน | 22 |
| 2.8 ลักษณะของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบโฟม | 23 |
| 2.9 ปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเอง | 24 |

บทที่ 3 การทดลอง



3.1	สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	26
3.2	วิธีทดลอง	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์		
4.1	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา	38
4.2	การศึกษาผลของสารเชื่อมโยงที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา	44
4.3	การศึกษาคุณลักษณะต่างๆของพอลิเมอร์แบบต่อของแป้ง กับมอนอเมอร์ร่วม	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะส่วนที่ 1 สรุปผลการทดลอง		
5.1	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ	68
5.2	การศึกษาปัจจัยที่มีผลของสารเชื่อมโยงต่อค่าการดูดซึมน้ำและ เวลาการเกิดปฏิกิริยา	69
5.3	การศึกษาหาคุณลักษณะต่างๆของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ แป้งกับมอนอเมอร์	70
5.4	การวิเคราะห์คุณลักษณะของพอลิเมอร์ที่ได้จาก เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต	72
5.5	การวิเคราะห์ราคาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม	72
5.6	ข้อดีข้อเสียของการใช้สารเชื่อมโยงที่มีต่อพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติ ในการดูดซึมน้ำ	72
5.7	กลไกการเกิดการเชื่อมโยง	73
ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะ		
5.8	การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งโดย ใช้เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต	75
5.9	การประยุกต์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำเพื่อมา ใช้ในการกลั่นน้ำมันดิบ	75
5.10	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไฮโดรพอลิเมอร์ของ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง	76
ภาคผนวก		
	ภาคผนวกที่ 1	77
	ภาคผนวกที่ 2	79



หัวข้อโครงการพิเศษ การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำเพื่อใช้ใน

การเกษตรกรรมโดยวิธีโฟมพอลิเมอไรเซชัน

โดย

นายบรรพต จิตตะสนธิ

นางสาวสุวิพร ตรีพัฒนาศูวรรณ

ภาควิชา

เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ เป็นการศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยวิธีโฟมพอลิเมอไรเซชัน โดยคาดหวังว่าอาจนำพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรม การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้ (1) การศึกษาชนิดสายโซ่หลัก ปริมาณแบ็งอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ชนิดของเกลือคาร์บอกซิเลต และ AMPS ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา (2) ชนิดสารเชื่อมโยง MBA และ DVB ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา (3) ตรวจสอบคุณลักษณะต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วม เช่น ปริมาณองค์ประกอบของน้ำ ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไปปริมาณไฮโดรพอลิเมอร์ ค่าการดูดซึมน้ำหลังการสกัดสารเจือปน และ ในสารละลายเกลือแอมโมเนียมคลอไรด์ ค่าความแข็งแรงเจล และโครงสร้างทางเคมี

จากการศึกษาส่วนที่ 1: ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ ณ อุณหภูมิ 30 °C ชนิดและปริมาณสารตั้งต้น ที่ให้ค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดได้แก่ แบ็งละลายน้ำ 10% เทียบกับน้ำหนักมอนอเมอร์ผสมอัตราส่วนที่เหมาะสมของ [AM]:[AA] เท่ากับ 6:4 ชนิดเกลือที่เหมาะสมได้แก่ เกลือโซเดียมคาร์บอกเนตจากและการเกิดปฏิกิริยาเคมีใช้เวลาประมาณ 20 นาที นอกจากนี้พบว่า AMPS ช่วยให้การผสมของสารตั้งต้นดีขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเกิดได้เร็วขึ้น และค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1162 มล./ก. เป็น 1270 มล./ก. ของน้ำกลั่น

จากการศึกษาส่วนที่ 2: พบว่าสารเชื่อมโยงส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว แต่อัตราการดูดซึมน้ำสูงขึ้นและความคงสภาพเป็นเจลมีนานขึ้น MBA ไม่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยา แต่ DVB ทำให้เวลาการเกิดปฏิกิริยานานขึ้น

จากการศึกษาส่วนที่ 3: คุณลักษณะต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน เป็นดังนี้ องค์ประกอบของน้ำประมาณ 25-35% ค่าการดูดซึมน้ำในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับน้ำกลั่น หลังสกัดไฮโดรพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ค่าการดูดซึมน้ำจะสูงขึ้นเป็น 1400 มล./ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไปเกือบ 100% ปริมาณไฮโมพอลิเมอร์ 0-25% พอลิเมอร์สังเคราะห์จากเกลือโซเดียมคาร์บอเนตมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.7 ส่วนแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตประมาณ 5.8 โดยมีปริมาณเกลือแอมโมเนียม 1.28% โดยน้ำหนัก ความแข็งแรงเจลไม่สามารถทำการทดสอบได้

นอกจากนี้ ยังได้ทำการคาดคะเนราคาของพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์นี้ จากราคาสารตั้งต้นที่ใช้ พบว่า พอลิเมอร์มีราคา 263 บาท/กิโลกรัม ซึ่งสูงมากในการนำไปใช้ทางเกษตรกรรมแต่อย่างไรก็ตาม อาจลดต้นทุนการผลิตได้ต่ำสุดประมาณ 46 บาท/กิโลกรัม โดยที่คาดว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลงไม่มากไปจากเดิม



[AM]:[AA] equal to 6:4 giving the highest water absorbency among the synthesised copolymers. The suitable salt in this study is sodium acrylate salt. The reaction time was about 20 minutes giving the optimum water absorbency. It was also found that using AMPS provides better mixing of materials in the reaction vessel and the water absorbency increases from 1162 ml/g to 1270 ml/g.

For the second part, it was found that the crosslinking agent affect on rapidly decreasing in water absorbency but increasing in the rate and gel strength. MBA has no effect on reaction time but DVB does.

For the final part, the conclusions of copolymer characteristics are that water content is in the range of 25-35%. Water absorbency in aqueous ammonium chloride solution, decreases in comparison to that measured in distilled water. Water absorbency after extraction of homopolymers and monomers increase to 1400 ml/g. Monomer conversion is almost 100%. Homopolymer content is 0-25%. pH value of the copolymer synthesised when using sodium carbonate is about 7.7 and that using ammonium bicarbonate about 5.8. The NH_4^+ content in the copolymer when using NH_4HCO_3 is approximately 1.28%. Gel strength can not be measured.

The synthesised copolymer cost is estimated from the cost of reactants and quantity used in the special project. It is found that the copolymer costs approximately 263 baht/kilogram. This is very high cost and not suitable for utilizing in agriculture. However, the cost may be reduced to 46 baht/kilogram, and the water absorbency ability is expected not to much different from those cost 263 baht/kilogram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงการพิเศษนี้ตลอดมา ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุนิตย์ สุขสำราญ และ อ.อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ ได้กรุณาแก้ไขข้อผิดพลาดในรายงานฉบับนี้ถูกต้องให้ยิ่งขึ้นข้าราชการในสังกัดกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ช่วยแนะนำจุดประสงค์เพื่อการใช้งานของโครงการพิเศษ คณาจารย์ในภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาในระหว่างการทำงานโครงการพิเศษ เจ้าหน้าที่สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ม.มหิดล ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินโครงการพิเศษ โดยเฉพาะในการทดสอบเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และ บริษัทสยามฟายเบอร์(มิตซู) ที่เอื้อเฟื้อสารเคมีที่ใช้ในการโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และ ขอบคุณ รุ่นพี่ รุ่นน้อง เจ้าหน้าที่ภาคเคมีทุกท่าน และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนในทุก ๆ ด้านตลอดมา

นายบรรพต จิตตะสนธิ

นางสาวสุวิพร ตรีพัฒนาศูวรรณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงรูปแบบของธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้	7
ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของพอลิเมอร์สายโซ่หลักที่สามารถนำมาใช้ทางการเกษตร	11
ตารางที่ 2.3 แสดงข้อดีและข้อเสีย ของการพอลิเมอร์เซชันแบบโฟม	25
ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณของแอม้งละลายน้ำ	31
ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณของ อะคริลาไมด์ กรดอะคริลิก โซเดียมคาร์บอเนต	31
ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณ AMPS	32
ตารางที่ 3.4 แสดงชนิดและปริมาณของเกลือกรดที่ใช้ในการทดลอง	32
ตารางที่ 3.5 แสดงชนิดของสายโซ่หลักของพอลิเมอร์	33
ตารางที่ 3.6 แสดงชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยง	34
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณของแอม้งละลายน้ำที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ	39
ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ	40
ตารางที่ 4.3 แสดงผล AMPS ต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ	41
ตารางที่ 4.4 แสดงชนิดของเกลือที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ	42
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการศึกษาชนิดของสายโซ่หลักต่อการดูดซึมน้ำ	43
ตารางที่ 4.6 แสดงผลปริมาณของเมทิลลิน(บีเอส)อะคริลาไมด์ต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา	44
ตารางที่ 4.7 แสดงผลปริมาณของไดไวนิลเบนซีน ต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา	46
ตารางที่ 4.8 แสดงผลการศึกษาคุณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอม้งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้เมทิลลิน(บีเอส)อะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมโยง	54
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการศึกษาคุณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอม้งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้ไดไวนิลเบนซีนเป็นสารเชื่อมโยง	55
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอม้งกับมอนอเมอร์ร่วม	56
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอม้งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้เมทิลลิน(บีเอส)อะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมโยง	56



ตารางที่ 4.12 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ แบ่งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้ไดไวนิลเบนซีนเป็นสารเชื่อมโยง	57
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความเป็นกรดต่างของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ แบ่งกับมอนอเมอร์ร่วม	60
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ ร่วมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์ร่วม	64
ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	65
ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณและราคาสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ ร่วมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์ร่วม	66
ตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณและราคาสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ ร่วมแบบต่อของแบ่งที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร	67



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงผลการใช้ยาปราบศัตรูพืชทั่วไปกับการใช้พอลิเมอร์ในการควบคุมศัตรูพืช	2
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของโคโคแซน	9
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของอะไมโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส	10
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพกตินซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบสาขาประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสและเกิดสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6	11
รูปที่ 2.4 แสดงกลไกการริเริ่มปฏิกิริยาของเปอร์ซัลเฟตบนสายโซ่โมเลกุลของแป้ง	14
รูปที่ 2.5 แสดงการเกิดการเชื่อมโยงด้วยตนเองของพอลิเมอร์	17
รูปที่ 2.6 แสดงการเกิดการเชื่อมโยงโดยการใช้สารเชื่อมโยงในพอลิเมอร์	18
รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดปฏิกิริยาความเร่งของการพอลิเมอไรเซชันเมทิลเมทาอะคริเลตในตัวทำละลายเบนซินที่อุณหภูมิ 50 °ซ โดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นตัวริเริ่ม	24
รูปที่ 3.1 แสดงการจัดอุปกรณ์เครื่องมือการทดลองในโครงการพิเศษ	30
รูปที่ 4.1 แสดงผลของปริมาณแป้งละลายน้ำที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ	39
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน[AM]:[AA] ค่าการดูดซึมน้ำ	41
รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของ AMPS	42
รูปที่ 4.4 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดเมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์	45
รูปที่ 4.5 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดไดไวนิลเบนซิน	46
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยง	47
รูปที่ 4.7 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่มีการใช้สารเชื่อมโยงชนิดเมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์ ในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 โมลาร์	49



รูปที่ 4.8 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่มีการใช้สาร เชื่อมโยงชนิดไดไวนิลเบนซีน ในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 โมลาร์	50
รูปที่ 4.9 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ที่มีการใช้สารเชื่อมโยงชนิดเมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์ หลังสกัดมอนอเมอร์ และไฮโมพอลิเมอร์	51
รูปที่ 4.10 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ที่มีการใช้สารเชื่อมโยงชนิดไดไวนิลเบนซีน หลังสกัดมอนอเมอร์และ ไฮโมพอลิเมอร์	52
รูปที่ 4.11 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับ มอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยงชนิดเมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์	58
รูปที่ 4.12 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง กับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยงชนิดไดไวนิลเบนซีน	59
รูปที่ 4.13 แสดงสเปกตรัมของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่วิเคราะห์ จากเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	61
รูปที่ 4.14 แสดงสเปกตรัมของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ที่ใช้เมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมโยง	62
รูปที่ 4.15 แสดงสเปกตรัมของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับ มอนอเมอร์ร่วมที่ใช้ไดไวนิลเบนซีนเป็นสารเชื่อมโยง	69
รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารเชื่อมโยงกับค่าความแข็งแรงเจล	71
รูปที่ 5.2 แสดงกลไกการเกิดการเชื่อมโยงระหว่างไฮโมพอลิเมอร์	73
รูปที่ 5.3 แสดงกลไกการเกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่หลัก	73
รูปที่ 5.4 แสดงกลไกการเกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายกราฟท์	73
รูปที่ A1.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง TGU และ Screen Factor	77
รูปที่ A4.1 แสดงขบวนการผลิตพอลิเมอร์ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผง	80



คำย่อที่ใช้ในโครงการพิเศษ

HSPAN :	พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ่งไฮโดรไลซ์กับพอลิอะคริลาไมด์
PAM :	พอลิอะคริลาไมด์
[AM]	: ความเข้มข้นของอะคริลาไมด์
[AA] :	ความเข้มข้นของกรดอะครีลิก
Na EDTA	: เกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติก.2 โมเลกุลของน้ำ (ethylenediamine tetraacetic disodium salt dihydrate)
aq.Na EDTA	: สารละลายเกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติก.2 โม เลกุลของน้ำ ในตัวทำละลายน้ำที่มีความเข้มข้น 5.6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อ ปริมาตร
AMPS :	กรด 2-อะคริลาไมโด-2-เมทิล-1-โพรเพนซัลโฟนิค (2-acryamido-2-methyl-1-propane sulfonic acid)
AGU	: หน่วยแอนไฮโดรกลูโคส
ก.	: กรัม
มล.	: มิลลิลิตร
ซม.	: เซนติเมตร
oช :	องศาเซลเซียส
%	: เปอร์เซ็นต์
[M]	: ความเข้มข้นของมอนอเมอร์
[R-M.]	: ความเข้มข้นของสายโซ่อนุมูลอิสระที่กำลังเจริญเติบโต
k(P) :	ค่าคงที่ของขั้นเจริญเติบโต
k(t)	: ค่าคงที่ของขั้นสิ้นสุดพอลิเมอร์ไรเซชัน
R(P) :	อัตราการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน
Xn :	องศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (degree of polymerisation)
HWAP :	พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ



1

บทนำ

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาได้มี การศึกษา และวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาพอลิเมอร์ที่มีสมบัติในการดูดซึมน้ำอย่างกว้างขวาง โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ดังกล่าวต่อไปจากการศึกษาของ สุธา เกียรติกำจรวงศ์ [1] พบว่า พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากผลิตภัณฑ์จำพวกแป้งจะถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพทำให้มีอายุการใช้งานประมาณ 1 ปี ส่วนพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์จากสารปิโตรเคมีจะไม่เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพและมีอายุการใช้งานประมาณ 4 ปี หรือมากกว่านั้น

1.1 การประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ

การพัฒนาเพื่อการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำพบว่า สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย อาทิเช่น

(1) พอลิเมอร์ร่วมที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำของ แป้ง ไฮโดรไลซ์ กับ พอลิอะคริลาไมด์ (HSPAN) สามารถนำไปใช้เป็นสารช่วยกำจัดน้ำ (dehydrating agent) ของผสมเอทานอลก๊าซโซลีน เพื่อใช้ในการกลั่นแยกน้ำออกจากเอทานอล ทั้งนี้ HSPAN จะทำให้ของผสมกลั่นได้เกินจุดเดือดคงที่ (azeotropic) นอกจากนี้ HSPAN ยังสามารถนำไปใช้ในการดูดซึมน้ำออกจากตัวทำละลายอินทรีย์ หรือ สารละลายของพอลิเมอร์ เช่น โปรตีน ทั้งนี้ต้องอยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากนัก [1]

(2) ในขบวนการผลิตถ่านหินการใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ จะทำให้ผงถ่านหินมีความชื้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการไหล และยังช่วยกำจัดความชื้นที่ทำให้ถ่านหินจับตัวเป็นก้อน [1]

(3) ในขบวนการพิมพ์ผ้า การใช้ HSPAN เป็นสารเพิ่มความข้น (thickener) ในการพิมพ์สี ซึ่งในการพิมพ์ผ้าฝ้ายที่ใช้พอลิเมอร์เป็นสารเพิ่มความข้น จะทำให้คุณสมบัติในการติดสีเพิ่มขึ้นและมีอายุการใช้งานนานขึ้น [1]

(4) พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำสามารถนำมาใช้ในการดับไฟโดยเฉพาะไฟไหม้ป่าซึ่งทำได้โดยการพ่นพอลิเมอร์ที่ดูดซึมน้ำแล้ว ในลักษณะที่เป็นสเปรย์ พอลิเมอร์จะยึดติดกับใบไม้ที่กำลังไหม้ไฟได้ดีกว่าน้ำที่โดยมากจะตกลงสู่พื้น [1]

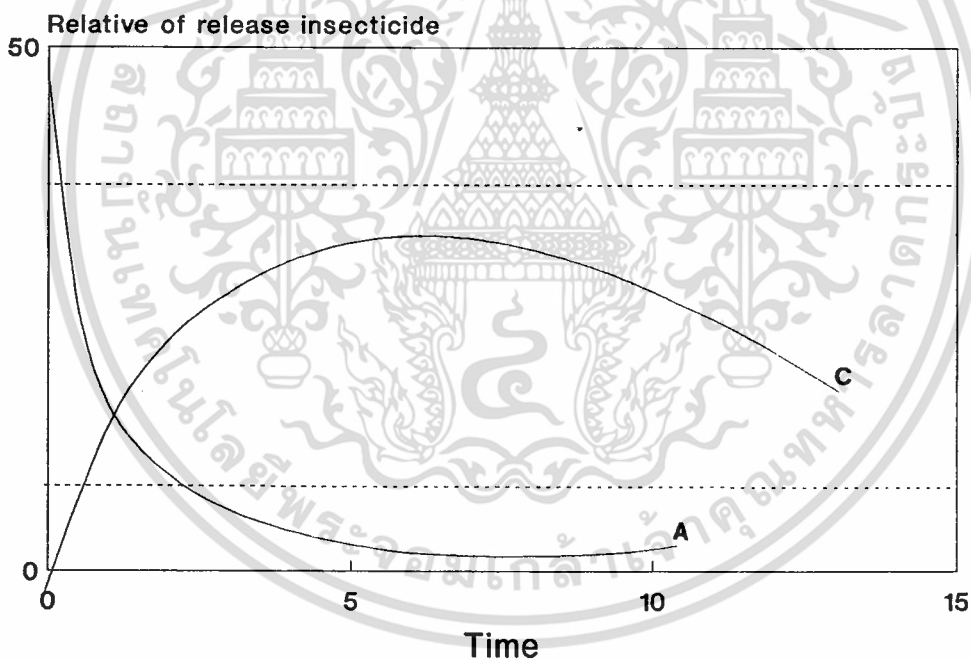


(5) ทางชีววิทยาได้นำพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำมาใช้แทนวันในการเพาะพันธุ์เนื้อเยื่อ[1]

(6) ทางด้านเวชภัณฑ์ มีการใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ในการดูดซับของเหลวจากร่างกายเช่น นำมาใช้เป็นผ้าพันแผลเพื่อใช้ในการดูดซับเลือด น้ำหนอง ทำให้บาดแผลแห้งสะอาดช่วยให้บาดแผลหายเร็วขึ้น [1]

1.2 การประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำในทางการเกษตรกรรม

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาได้มีการนำพอลิเมอร์มาประยุกต์ใช้ทางการเกษตรอย่างกว้างขวาง [2] เช่น นำมาใช้เป็นปุ๋ย, ยากำจัดศัตรูพืชหรือนำมาใช้ในการปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งในการใช้ปุ๋ยหรือยากำจัดศัตรูพืชทั่วไปที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะต้องคำนึงถึงปริมาณการใช้ให้เหมาะสมที่ไม่มากจนทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้



รูปที่ 1.1 แสดงผลการใช้ยาปราบศัตรูพืชทั่วไปกับการใช้พอลิเมอร์ในการควบคุมศัตรูพืช

รูปที่ 1.1 เป็นการเปรียบเทียบการใช้ยาปราบศัตรูพืชทั่วไป(A) กับ การใช้พอลิเมอร์ (C)เส้นประเส้นบนแสดงปริมาณการใช้ยาปราบศัตรูพืชที่เป็นอันตรายต่อพืช เส้นล่างแสดงปริมาณการใช้ต่ำสุดที่สามารถควบคุมศัตรูพืชได้ จะเห็นว่าถ้าใช้ยาปราบศัตรูพืชทั่วไปจำเป็นจะต้องใช้ปริมาณมากในช่วงแรก จึงจะสามารถควบคุมศัตรูพืชได้ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช แต่ถ้าใช้พอลิเมอร์ในการควบคุมศัตรูพืช จะลดปริมาณศัตรูพืชได้ตลอดฤดูกาลเจริญเติบโต โดยไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เขียนได้แก้ไขปรับปรุงเนื้อหาในการตีพิมพ์แล้วจะแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เกิดอันตรายต่อพืชที่ปลูกสำหรับการนำพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำมาใช้ในกาเพาะปลูกพืชสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งาน ได้ดังนี้

1. การหุ้มเมล็ด (seed coating) [2] เป็นการนำพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำมาห่อหุ้มเมล็ดก่อนนำไปเพาะพันธุ์ การใช้พอลิเมอร์วิธีนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ใช้ชะลอการงอก ป้องกันการเน่า คบคุมศัตรูพืช หรือ ใช้เป็นปุ๋ยจากการทดลองปลูกฝ้าย และถั่วเหลือง โดยวิธีนี้พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 20-30% ในสภาพการเพาะปลูกที่แห้งแล้ง

2. การย้ายกล้า (gel planting) [2] เป็นการนำพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ มาห่อหุ้มรากก่อนการย้ายแหล่งเพาะปลูก เพื่อป้องกันความแห้งแล้ง ทำให้พืชไม่เหี่ยวเฉาเนื่องจากการขาดน้ำ

3. สารปรับแต่งสภาพดิน (soil conditioning) [2],[3] เป็นการนำพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำมาผสมในดิน ซึ่งจะทำให้ดินมีคุณสมบัติดังนี้ เพิ่มรพูนภายในดิน ทำให้ดินร่วนซุย และการผ่านของอากาศภายในดินดีขึ้น เพิ่มการแทรกซึมของน้ำเข้าไปในดิน ป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของดิน และป้องกันการชะล้างของหน้าดิน และช่วยในการเก็บรักษาปุ๋ยในดิน

ชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นสารปรับแต่งสภาพดินมี 2 ประเภท ดังนี้

ก. ชนิดที่ช่วยเก็บน้ำไว้ในดิน จะเป็นพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงของสายโซ่ ทำให้พอลิเมอร์คงสภาพอยู่ได้โดยไม่ละลายน้ำ และไม่ทำปฏิกิริยากับดิน การใช้พอลิเมอร์ชนิดนี้จะนำไปใส่ในดินเวลาที่เพาะปลูกพืช หรือใส่ไว้ในหลุมที่ขุดไว้เพื่อเพาะเมล็ด

ข. ชนิดที่ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของดินทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น พอลิเมอร์ชนิดนี้จะ เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่มีการเชื่อมโยงของสายโซ่ ซึ่งสามารถละลายน้ำและทำปฏิกิริยากับดิน ทำให้ดินจับตัวกันและอุ้มน้ำไว้ได้ดี

สำหรับการทำปฏิกิริยาของดินกับพอลิเมอร์จะขึ้นกับความเป็นประจุของดินกับพอลิเมอร์ โดยการเชื่อมกันของดินกับพอลิเมอร์จะเกิดผ่านประจุบวกของสารอินทรีย์ในดินกับประจุลบของพอลิเมอร์ แต่ในบางกรณีการเชื่อมกันของดินกับพอลิเมอร์จะไม่เกิดขึ้นซึ่งจะต้องเติมไอออนบวกลงไป ในดินเพื่อช่วยทำให้เกิดการเชื่อมโยงจึงมีความจำเป็นต้องทดสอบสมบัติของดินก่อนนำพอลิเมอร์ไปประยุกต์ใช้

จากการทดลองใช้ PAM เป็นสารตกแต่งสภาพดินในการปลูกมะเขือเทศ พบว่าการใช้ PAM จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้ถึง 50% โดยจะนำไปใช้ในลักษณะที่ดูดซึมน้ำแล้วจึงนำไปพ่นลงสู่ดิน [3]

ตำแหน่งที่จะใช้พอลิเมอร์จะมีอยู่ 4 ลักษณะดังนี้ [4]

1. พอลิเมอร์ที่ใช้อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 5 ซม.เป็นการใช้เพื่อปรับปรุงการแทรกซึมของน้ำผ่านดิน

2. พอลิเมอร์ที่ใช้อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 2 ซม. จะช่วยทำให้ดินยึดจับตัวกันได้ดี เป็นการป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน

3. โปรยพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นเจลลงบนผิวดิน หลังจากพอลิเมอร์แห้งแล้ว จะทำให้โครงสร้างของดินแข็งแรง ทนต่อฝนและพายุ



4. การใช้พอลิเมอร์ร่วมกับการทอดน้ำ เนื่องจากการทอดน้ำจะทำให้เกิดการกัดเซาะหน้าดิน ซึ่งการใช้พอลิเมอร์สามารถลดการกัดเซาะหน้าดินได้จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ มีประโยชน์ทางการเกษตรมาก

อย่างไรก็ตาม การนำพอลิเมอร์ ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำมาประยุกต์ใช้ ในการเกษตรในประเทศไทย ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของโครงการพิเศษนี้ พบว่ายังคงประสบปัญหาซึ่งจะกล่าวต่อไป

1.3 ปัญหาในการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ เพื่อการเกษตรในประเทศไทย

จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทางด้านเกษตรกรรม จากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับ การประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ในประเทศไทยไว้ดังนี้

ก. ราคาไม่ควรสูงเกินไป เมื่อเทียบราคากับปุ๋ยทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ ในประเทศมีฐานะยากจน

ข. ควรมีค่าความแข็งแรงในการเป็นเจล (gel strength) สูงเพื่อให้พอลิเมอร์คงสภาพเป็น เจลโดยการอุ้มน้ำได้นานที่สุด เนื่องจากในพื้นที่เกษตรกรรมบางส่วนของประเทศนั้นมีสภาพ พื้นที่แห้งแล้งมากดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำจึงมีความสำคัญมาก



1.4 โครงการพิเศษ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยวิธีโพลีเมอไรเซชัน โดยคาดหวังว่าอาจนำไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรมในประเทศ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 การศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและการดูดซึมน้ำ เช่นชนิดของสายโซ่หลัก อัตราส่วนของมอนอเมอร์ร่วมชนิดของเกลือที่อยู่บนสายโซ่และผลของ AMPS ในการศึกษาจะนำข้อมูลส่วนนี้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่ให้ค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด

ส่วนที่ 2 การศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ

ส่วนที่ 3 การทดลองหาค่าคุณลักษณะของพอลิเมอร์แบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วม เช่นปริมาณองค์ประกอบของน้ำ (water content) ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป (monomer conversion) การสกัดโฮโมพอลิเมอร์ (removal of homopolymer) และโครงสร้างทางเคมี โดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infra-red spectrophotometer)

1.4.1 วัตถุประสงค์

- ก. เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วม
- ข. เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยง (crosslinking agent) ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วม
- ค. เพื่อศึกษาวิธีการหาค่าคุณลักษณะต่างๆของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วม

1.4.2 ขอบเขตการศึกษา

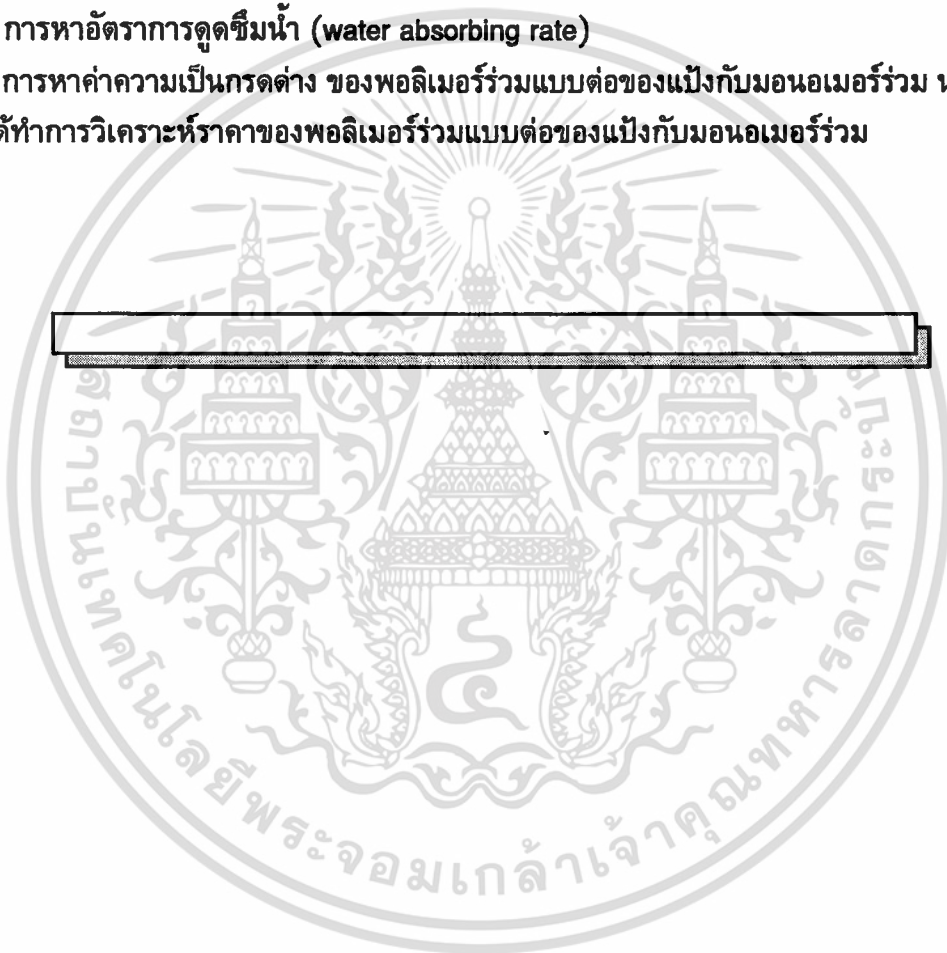
- ก. ศึกษาปัจจัยที่ผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วม ได้แก่ ชนิดและปริมาณของสายโซ่หลัก อัตราส่วนของมอนอเมอร์ร่วมชนิดของเกลือบนสายโซ่และผลของ AMPS เมื่อนำมาใช้เป็นมอนอเมอร์ร่วมอีกชนิดหนึ่ง
- ข. ศึกษาผลของสารเชื่อมโยงที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วม
- ค. การหาค่าคุณลักษณะต่างๆของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแฉ่งกับมอนอเมอร์ร่วม
 - ค.1 การหาค่าการดูดซึมน้ำ (water absorbency)
 - ค.2 การหาค่าการดูดซึมน้ำหลังสกัดมอนอเมอร์ (water absorbency of homopolymer and graft copolymer)

ค.3 การหาค่าการดูดซึมน้ำหลังสกัดโฮโมพอลิเมอร์ (water absorbency of graft copolymer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



-
-
- ค.4 การหาปริมาณองค์ประกอบน้ำ (water content)
 - ค.5 การหาปริมาณมอนอเมอร์ที่ทำปฏิกิริยาไป (monomer conversion)
 - ค.6 การหาค่าการดูดซึมน้ำในสารละลายเกลือ (water absorbency in saline solution)
 - ค.7 การวิเคราะห์หาค่าความแข็งแรงของการเป็นเจล (gel strength)
 - ค.8 การหาโครงสร้างทางเคมีโดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infra-red spectrophotometer)
 - ค.9 การหาปริมาณเกลือแอมโมเนียม
 - ค.10 การหาอัตราการดูดซึมน้ำ (water absorbing rate)
 - ค.11 การหาค่าความเป็นกรดต่าง ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วม นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ราคาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วม



2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ ที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 1

ความรู้เกี่ยวกับธาตุอาหารของพืช

2.1 ธาตุอาหาร

ธาตุอาหาร คือ ธาตุทางเคมีที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นธาตุอาหารพืช ก็คือ ธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้สร้างต้น กิ่ง ใบ และทุก ๆ ส่วนของพืช ธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้จะ อยู่ในรูปสารประกอบหรือไอออน [5]

2.1.1 ประเภทธาตุอาหาร

แบ่งตามปริมาณที่พืชต้องการได้เป็น 2 ประเภทได้แก่.

ก. ธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก ได้แก่ C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S

ข. ธาตุอาหารที่พืชต้องการน้อย ได้แก่ Fe, Mn, Zn, B, C, Mo, Co, Cl

ธาตุอาหารหลัก	ธาตุอาหารรอง	ธาตุอาหารเสริม
H ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻
O ₂ , OH ⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Cu ²⁺
CO ₂		H ₂ BO ₃ ²⁻ , B(OH) ₄ ⁻
NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻		Fe ²⁺ , Fe ³⁺
H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻		Mn ²⁺
K ⁺		MoO ₄ ²⁻
		Zn ²⁺

ตารางที่ 2.1 แสดงรูปแบบของธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้



2.1.2 การนำธาตุอาหารไปใช้ของพืช

พืชนำธาตุอาหารไปใช้โดย 3 ขบวนการคือ

ก. ไหลเป็นมวล (mass flow) เมื่อปุ๋ยละลายน้ำ รากจะดูดซึมธาตุอาหารไปพร้อมกับน้ำ ธาตุอาหารที่พืชได้จากขบวนการนี้คือ ไนโตรเจนและกำมะถัน

ข. การแพร่ (diffusion) ภายในเซลล์รากพืชมีธาตุอาหารเข้มข้นน้อยกว่าในดิน ดังนั้นธาตุอาหารที่เข้มข้นมากกว่าจะซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์ราก ธาตุอาหารที่พืชได้จากขบวนการนี้ได้แก่ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ค. ปลายรากดูดซับ (root interception) รากพืชจะงอกไปสู่บริเวณที่มีธาตุอาหารมาก พืชจะดูดซับธาตุอาหารทั้งขบวนการไหลเป็นมวลและการแพร่



ส่วนที่ 2

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ

(Process for producing highly water absorptive polymer)

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ สามารถทำได้โดยนำพอลิเมอร์สายโซ่หลัก มาทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบต่อกับมอนอเมอร์ที่มีสมบัติเฉพาะ ซึ่งพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำจะมีโครงสร้างหลักดังนี้

2.2 โครงสร้างหลักของพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ

2.2.1 พอลิเมอร์สายโซ่หลัก นิยมใช้พอลิเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่จำนวนมาก (polyhydroxy polymer) เช่น แป้ง เซลลูโลส เดิร์กทริน เดิร์กแทรน เป็นต้นหรือใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีหมู่ที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ เช่นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิเอทิลีนออกไซด์ พอลิเอมีน เป็นต้น

ในการสังเคราะห์จะนิยมใช้พอลิเมอร์สายโซ่หลักที่มีหมู่ไฮดรอกซิลประมาณ 3-70% โดยน้ำหนัก ตัวอย่างพอลิเมอร์สายโซ่หลักที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาใช้ทางการเกษตรมีดังนี้

ก. ไคโตแซน (chitosan) [6]



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของไคโตแซน

ไคโตแซนสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ของไคติน (chitin) เมื่อพิจารณาโครงสร้างของไคโตแซน พบว่าจะมีหมู่เอมีนในโมเลกุล ซึ่งผลของหมู่เอมีนทำให้ไคโตแซนมีคุณสมบัติในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ดี

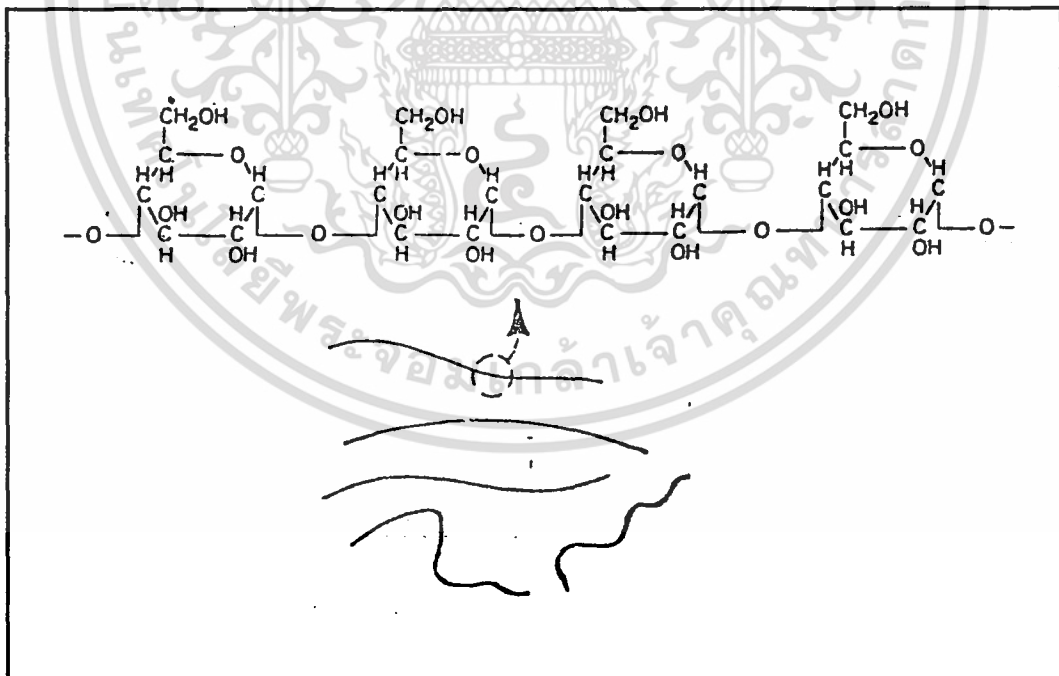


ข. เซลลูโลสแซนแทน(cellulose xanthane) [7] สามารถเตรียมได้จากวัสดุที่มีเซลลูโลสที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น ฟางข้าว เศษพืช และอื่นๆ ขบวนการเตรียมทำได้โดย แช่วัตถุดิบที่มีเซลลูโลสในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 18% ประมาณ 1 ชั่วโมง เติงที่มากเกินไปออกแช่ในคาร์บอนไดซัลไฟด์ประมาณ 12 ชั่วโมงเซลลูโลสจะเปลี่ยนเป็นเซลลูโลสแซนแทนซึ่งมีสีส้ม การใช้เซลลูโลสแซนแทนในสภาพสารละลายเข้มข้น 0.2% ปริมาณ 3000 แกลลอนต่อเอเคอร์ จะช่วยลดการกัดกร่อนของดินเนื่องจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

ค. แป้ง เป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในพืชทุกชนิดโดยจะสะสมไว้ในเซลล์ เช่น ในเมล็ด เนื้อไม้ และรากของพืช เป็นต้น ขบวนการผลิตแป้งนั้นมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ หลักการทั่วไปคือแยกเมล็ดแป้งออกจากองค์ประกอบอื่น เช่น เส้นใย โปรตีน เกลือแร่ จากนั้นทำให้บริสุทธิ์โดยการล้างน้ำ ทำการบั่นแยก แล้วทำการอบแห้งต่อไป ในขบวนการผลิตเหล่านี้จะได้แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เนื่องจากแป้งไม่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น

โครงสร้างของแป้ง แป้งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิดคือ

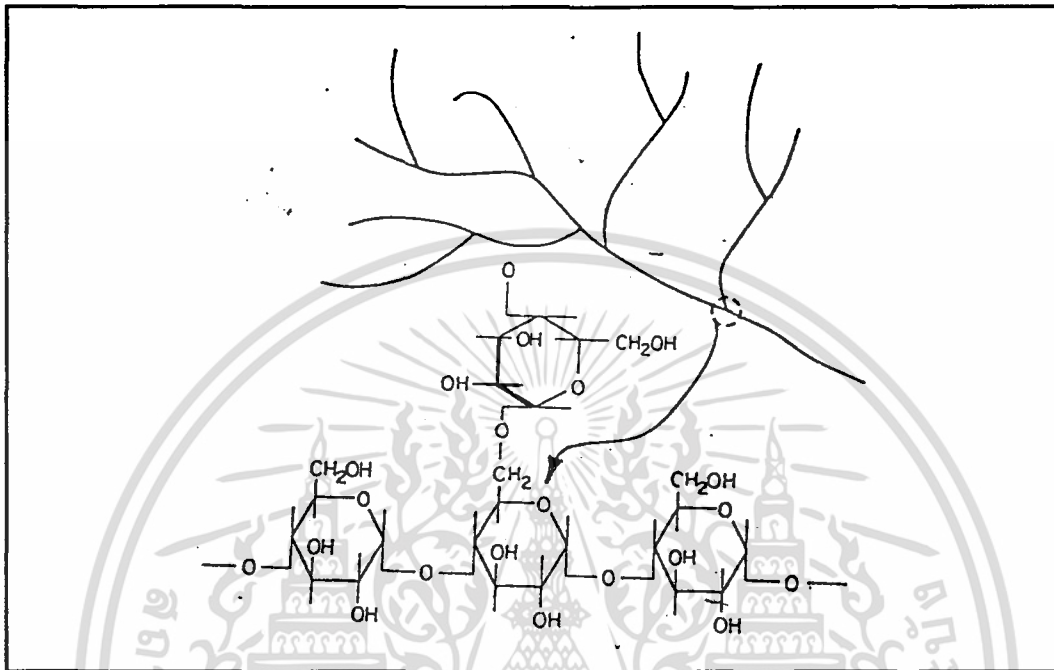
ค.1 อะไมโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่หน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose unit) เชื่อมเข้าด้วยพันธะ อัลฟา-ดี (1-4) กลูโคซิดิก [-D(1-4) glucosidic bond] ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดง โครงสร้างของอะไมโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส [8]



ค.2 อะไมโลเพกติน (amylopectin) เป็นพอลิเมอร์แบบสาขา (branched polymer) ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสเชื่อมกันด้วยพันธะอัลฟา-ดี (1-4) กลูโคซิดิก โดยเกิดสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพกตินซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบสาขาประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสและเกิดสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 [8]

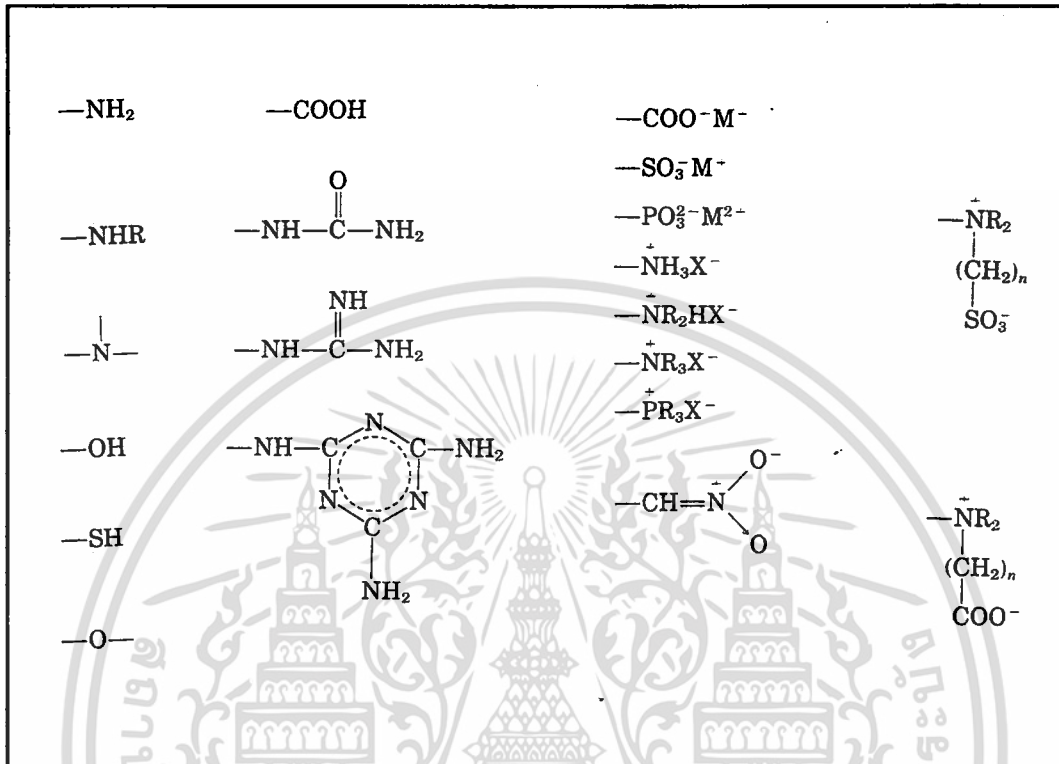
จากการที่โมเลกุลอะไมโลเพกตินมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลอะไมโลส และโครงสร้างโมเลกุลอะไมโลเพกตินเป็นแบบสาขาทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลนี้ลดลงและขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจน

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของพอลิเมอร์สายโซ่หลักที่สามารถนำมาใช้ทางการแพทย์

ชนิดของสายโซ่หลัก	ข้อดี	ข้อเสีย
1. โพลีเอทิลีน	มีราคาถูกที่สามารถเพิ่มผลผลิตของพืชได้	วิธีสกัดยุ่งยากสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง
2. เซลลูโลสแซนแทน	ช่วยลดการกักความร้อนและจับธาตุอาหารในดิน	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูงเนื่องจากต้องเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิสูง
3. แซ็ง	ราคาถูก สามารถย่อยสลายได้ทางธรรมชาติ จึงไม่เกิดมลภาวะ	อายุการใช้งานไม่สูงอีกทั้งไม่มีคุณสมบัติที่ดีทางการแพทย์



2.2.2 มอนอเมอร์ (monomer) การใช้ไวนิลมอนอเมอร์ที่มีหมู่แทนที่ ที่มีสมบัติชอบน้ำ เช่น



สำหรับไวนิลมอนอเมอร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ อะคริลาไมด์ ไดเอทิลามิโนเอทิลเมทาอะคริเลต ไดเมทิลอะมิโนเอทิลเมทาอะคริเลต 2-ไวนิลไพรีดีน เป็นต้น

2.3 การเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ

สามารถสรุปวิธีการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อได้ดังนี้

2.3.1 การเกิดแบบย้ายสายโซ่ของคาร์บอนตำแหน่ง 1,2-ไกลคอลในเซลลูโลส โดยใช้ซัลเฟตแอมโมเนียมไนเตรด (ceric ammonium nitrate) เป็นตัวริเริ่ม ปฏิกริยาสามารถเกิดได้ทั้ง อุณหภูมิห้อง

Mccormick และคณะ [10,11] ได้เตรียมพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของเดกซ์แทรน (dextran) กับอะคริลาไมด์ โดยใช้ซัลเฟตแอมโมเนียมไนเตรด ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Fe(II)/H₂O₂) เป็นตัวริเริ่ม โดยใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต่ำเพียง 0.5 - 1 โมล/ลิตร ใช้เวลาทำปฏิกริยา 4 ชั่วโมง

Lepoutre และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบต่อของกรดอะคริลิกบนแป้ง โดยใช้ซัลเฟตไอออน (ceric ion) เป็นตัวริเริ่ม อุณหภูมิในการเกิดปฏิกริยาประมาณ 29°C ใช้เวลา 3 ชม. ในการศึกษาพบว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของหมู่ไวนิลบนสายโซ่หลักของพอลิเมอร์จะขึ้นกับตำแหน่งและปริมาณการต่อปริมาณการต่อหาได้จาก เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากน้ำหนักแป้งเริ่มต้น



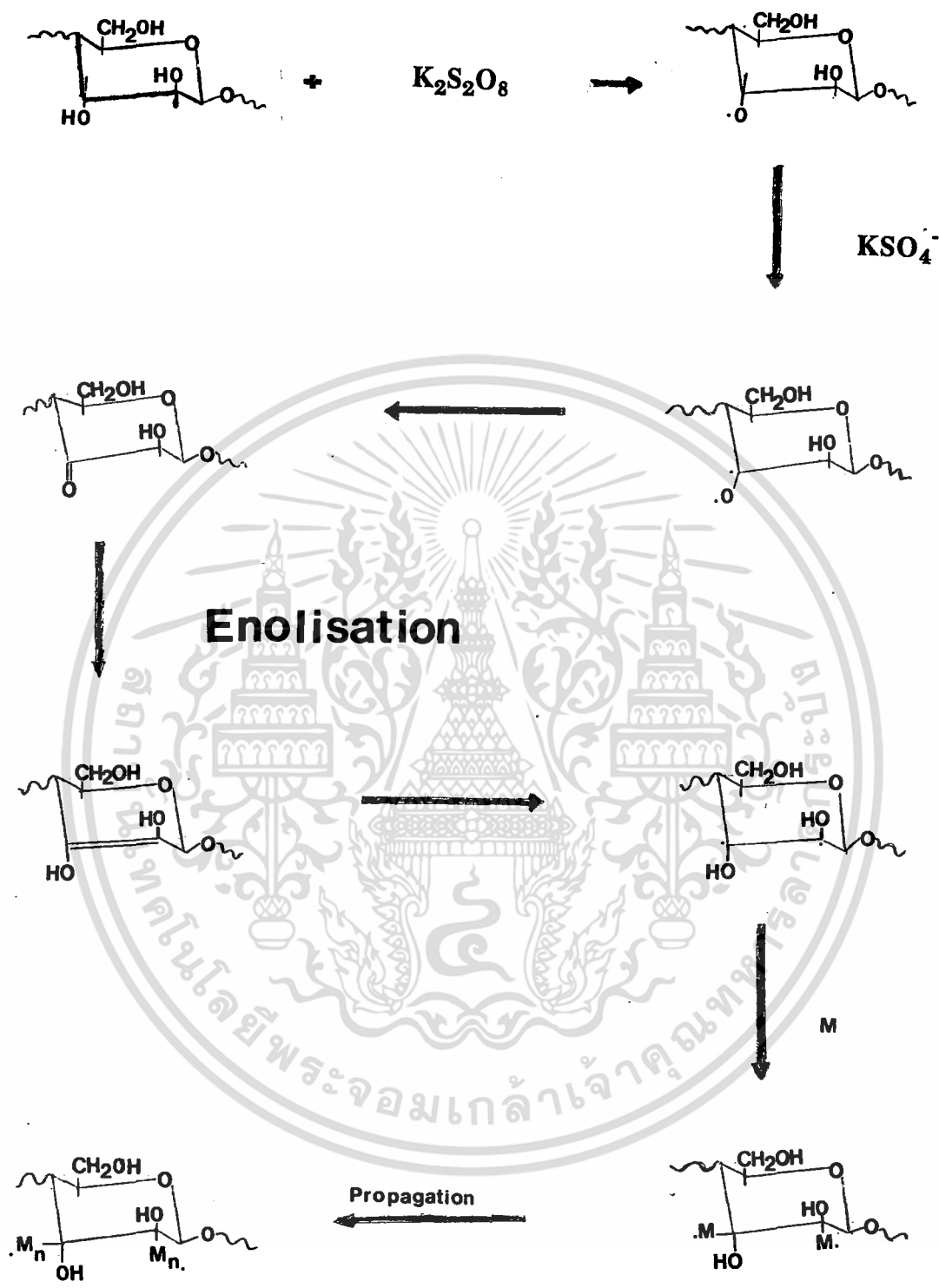
2.3.2 การกระตุ้นทางกายภาพเช่น การใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำ กลไกการเกิดปฏิกิริยาเกิดผ่านอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาเริ่มต้นจะเกิดเป็นไอออนจากการสลายพันธะคาร์บอน-คาร์บอน จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาที่พันธะระหว่างคาร์บอนกับไฮโดรเจนของโมเลกุลของ สายโซ่หลักมอนอเมอร์หรือตัวทำละลาย ซึ่งไอออนเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว

Reyes และคณะ [13] ได้ใช้เทคนิคการกระตุ้นทางกายภาพ เพื่อเตรียมพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอมกับอะคริลาไมด์ โดยการเติมแอมที่ผ่านการฉายรังสีลงไป สารละลายอะคริลาไมด์ตัวทำละลายที่ใช้อาจเป็นน้ำ หรือน้ำผสมกับตัวทำละลายอินทรีย์ โดยพบว่าเมื่อใช้น้ำกับแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายจะได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่มีความถี่ของการต่อมากแต่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

Zhan Xin และ Liu Jochen [14] ได้ศึกษาการพอลิเมอไรเซชันแบบต่อของอะคริลาไมด์ในไตรยีนแอมโดยใช้รังสีแกมมาของ Ce^{4+} ในการทำให้เกิดการริเริ่ม ซึ่งผลการศึกษาพบว่าพอลิเมอร์ที่ได้จะเกิดการเชื่อมโยงที่โซ่สาขา (side chain)

2.3.3 การกระตุ้นทางเคมีเป็นการทำให้เกิดอนุมูลอิสระบนสายโซ่หลัก โดยใช้ตัวริเริ่มเป็นสารประกอบประเภทเฮโซ หรือ เปอร์ออกไซด์เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้มีพันธะที่แตกออกจากกันได้ตัวริเริ่มอนุมูลอิสระกลไกการกระตุ้นอนุมูลอิสระบนสายโซ่หลักโดยใช้ตัวกระตุ้นทางเคมีจะเสนอกกลไกการกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระบนแอมโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตได้ดังนี้





รูปที่ 2.4 แสดงกลไกการริเริ่มปฏิกิริยาของเปอร์ซัลเฟตบนสายโซ่ไมเลกุลของแป้ง [15]



Itoh และ Takeshi [16] ได้ทำการศึกษาการพอลิเมอไรเซชันของแอมโมเนียมอะคริเลต ในสารละลาย การพอลิเมอไรเซชันจะแบ่งเป็น 2 ชั้น ในชั้นแรกจะใช้ตัวริเริ่ม จากนั้นจะนำไปฉายรังสี ทำให้ส่วนของมอนอเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาสามารถเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์

Hedetoshi Shimada [17] ได้ทำการศึกษาการพอลิเมอไรเซชันของกรดอะคริลิก ในเพนเทน โดยใช้ โฟทอสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่ม

2.4 เทคนิคการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีสมบัติคุณสมบัติ

2.4.1 ขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย

(solution Polymerisation) [18]

ระบบพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลายโดยทั่วไปมีมอนอเมอร์เดี่ยวหรือมอนอเมอร์ผสม และตัวริเริ่มละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมพอลิเมอร์ที่ได้อาจละลายในตัวทำละลายหรือตกตะกอน ออกจากสารละลายก็ได้

เนื่องจากมีตัวทำละลายซึ่งทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนอยู่ด้วยพอลิเมอไรเซชันแบบนี้จึงไม่มีปัญหาเรื่องการควบคุมอุณหภูมิแต่ก็จะมีข้อเสีย คืออาจมีปัญหาการขจัดตัวทำละลายและสารอื่นๆ Itoh และ Takeshi [16] ศึกษาขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลายโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

ในระบบมีองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ ของผสม ก. และของผสม ข. ของผสม ก. ประกอบด้วย

1. กรดอะคริลิกที่ถูกทำให้เป็นกลางเพียงบางส่วน
2. เมทิลลีน (บีส) อะคริลาไมด์ (methylene (bis) acrylamide) ใช้เป็นสารเชื่อมโยง
3. ไวนิลมอนอเมอร์ ในการทดลองใช้ อะคริลาไมด์
4. สารลดแรงตึงผิว (surfactant) ในการทดลองใช้ พอลิเอทิลีนไกลคอล
5. ตัวริเริ่มแบบอนุมูลอิสระ ในการทดลองใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ของผสม ข. ใช้กรดแอสคอบิกเป็น reducing agent ละลายอยู่ในของผสม ก. ที่ไม่มีตัวริเริ่ม

ขบวนการพอลิเมอไรเซชันจะเกิดขึ้นโดยผสมของผสม ก. และ ของผสม ข. เข้าด้วยกันที่อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาไม่เกิน 50° ซเนื่องจากที่อุณหภูมิสูง อนุมูลอิสระจะไม่เสถียรและไม่สามารเกิดปฏิกิริยาได้

2.4.2 ขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน

(Emulsion Polymerisation) [18]

องค์ประกอบหลักในการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน ได้แก่มอนอเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก ตัวกลางซึ่งได้แก่ น้ำ อิมัลซิไฟเออร์(emulsifier) ทำหน้าที่ลดความตึงของผิวน้ำเพื่อให้เกิดภาวะอิมัลชันตัวริเริ่มที่สามารถละลายน้ำได้และตัวยาสายโซ่ซึ่งใช้สารจำพวกเมอร์แคปแทน(mercaptan, RSH) การพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชันสามารถควบคุม อุณหภูมิ การเกิด ปฏิกิริยา ได้ง่ายและได้ พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สามารถควบคุมอุณหภูมิ การเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายและได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงในเวลารวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือกำจัด อิมัลซิไฟเออร์และสารปนเปื้อนอื่นๆได้ยากและได้พอลิเมอร์ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ

Kenneth G. Phillips และคณะ [19] ได้ทำการศึกษา การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำโดยการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชันของแอมโมเนียมอะคริเลตซึ่งพบว่าเกิดการพอลิเมอไรเซชันภายในตัวกลางได้แอมโมเนียม พอลิอะคริเลต (ammonium polyacrylate) อยู่แยกออกมาที่ส่วนบนของระบบ

2.4.3 ขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอย (Suspension Polymerisation) [20]

เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบนี้จะกระจายมอนอเมอร์เป็นหยดเล็กๆในตัวกลางที่มอนอเมอร์ไม่ละลายซึ่งโดยทั่วไปเป็นน้ำ การกระจายมอนอเมอร์เป็นหยดเล็กๆจะใช้วิธีการกวนอย่างรวดเร็ว ร่วมกับการใช้ตัวสแตบิไลเซอร์ (stabilizer) ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้หยดมอนอเมอร์ที่กำลังพอลิเมอไรซ์อยู่เกิดการจับตัวกันเป็นหยดใหญ่ตัวริเริ่มที่ใช้เป็นสารที่สามารถละลายมอนอเมอร์ได้ การพอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอยจะควบคุมอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายและได้พอลิเมอร์ที่มีความบริสุทธิ์สูงเมื่อเทียบกับการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน แต่จะมีปัญหาในการควบคุมอัตราและขนาดของเม็ดพอลิเมอร์ที่ได้ซึ่งขึ้นกับความถี่ของการเขย่าหรือกวน

Shimada Hidetoshi [20] ได้ศึกษาการพอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอยของโซเดียมอะคริเลต ใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่มซึ่งจะแขวนลอยอยู่ในสารละลายผสมของเฮกเซนกับซอร์บิทันโมโนสเตียเรต (sorbitan monostearate) โดยใช้เมทิลีน (บีเอส) อะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมโยง อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาประมาณ 60 °C ใช้เวลา 6 ชม. ได้พอลิเมอร์ที่สามารถดูดซึมน้ำได้ 430 กรัม/กรัม



ส่วนที่ 3

สารเชื่อมโยง

(Crosslinking Agent)

2.5 ลักษณะของสารเชื่อมโยง จะมีหมู่ไว้นิลในโมเลกุลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 หมู่ สามารถละลายน้ำและเกิดปฏิกิริยาเคมีกับมอนอเมอร์ได้ เช่น เอทิลลีนไกลคอล เมทิลลีน (บีส) อะคริลาไมด์ ไดเอริลพาทาเลต ไตรเอริลไซยานูเรต ไดไว้นิลเบนซีน ไตรเอทิลฟอสเฟต เป็นต้น ปริมาณสารเชื่อมโยงที่ใช้จะอยู่ในช่วง 0.001-5% โดยน้ำหนัก (นิยมใช้ 0.1-1 ส่วนโดยน้ำหนัก) [17] พอลิเมอร์ที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงของโมเลกุลจะต้องมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้

การเกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่พอลิเมอร์จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

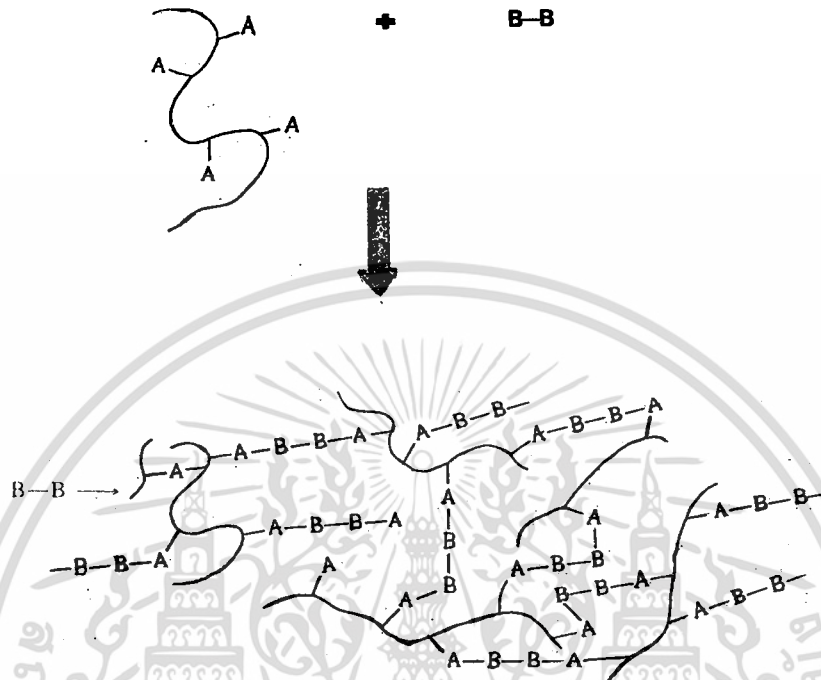
2.5.1 การเชื่อมโยงด้วยตนเอง (self reaction) จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ฟังก์ชันกับสายโซ่ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงกันของสายโซ่ซึ่งอาจเกิดได้โดยใช้แสง ความร้อนหรือรังสีพลังงานสูง



รูปที่ 2.5 แสดงการเกิดการเชื่อมโยงด้วยตนเองของพอลิเมอร์

2.5.2 การเชื่อมโยงโดยใช้สารเชื่อมโยง จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ฟังก์ชันกับสายโซ่พอลิเมอร์กับสารเชื่อมโยงซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้





รูปที่ 2.6 แสดงการเกิดการเชื่อมโยงโดยการใช้สารเชื่อมโยงในพอลิเมอร์

การศึกษาการเกิดการเชื่อมโยงของพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง Liz Jisohuan และ Yu Xifu [21] ได้ศึกษาการบวมตัว (swelling capacity) ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของกรดอะคริลิกและกรดเมทาอะคริลิก โดยใช้ ไดไวนิลเบนซินเป็นสารเชื่อมโยง โพรพิลีนไกลคอลเป็นตัวยาสายโซ่ พบว่าการบวมตัวของพอลิเมอร์จะเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่นในการเชื่อมโยง เนื่องจากการเกิดโครงสร้างแบบตาข่ายจะจำกัดการขยายตัวของสายโซ่ทำให้การบวมตัวของพอลิเมอร์ลดลง

Zhang Zicheng และคณะ [22] ได้ทำการศึกษาการใช้รังสีทำให้เกิดการเชื่อมโยงในพอลิอะคริลาไมด์ได้พอลิอะคริลาไมด์ที่สามารถดูดซึมน้ำได้ 350 มล./กรัม เมื่อนำพอลิอะคริลาไมด์มาทำการไฮโดรไลซิสจะสามารถเพิ่มการดูดซึมน้ำได้ถึง 958 มล./กรัม

Chiso และ Wen B. [23] ได้ศึกษาการเกิดการเชื่อมโยงด้วยตนเอง พบว่าถ้าในระบบประกอบด้วยอย่างน้อย 1% โมลของ ฮาไลไฮดริน มอนอเมอร์และอย่างน้อย 1% โมลของเกลือทุติยภูมิหรือตติยภูมิเอมีน โดยมอนอเมอร์ส่วนใหญ่ยังเป็นไวนิลมอนอเมอร์ พบว่า พอลิเมอร์สามารถเกิดการเชื่อมโยงด้วยตนเองที่อุณหภูมิต่ำได้



ส่วนที่ 4

พอลิเมอไรเซชันแบบโฟม (Fomed Polymerization)

Zhang และผู้ร่วมงาน [24] ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อโดยใช้เทคนิคแบบใหม่เรียกว่า ขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบโฟม (fomed polymerization process) วิธีการสังเคราะห์นี้อาจใช้เตรียมพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างชนิดเดียวกับที่ได้อารตั้งต้นที่ใช้ในขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบโฟม ได้แก่ พอลิเมอร์สายโซ่หลัก มอนอเมอร์ตัวย้ายสายโซ่ สารเชื่อมโยงตัวริเริ่มปฏิกิริยาตัวทำละลาย และระบบสำหรับขบวนการพอลิเมอไรเซชัน

2.6 สารตั้งต้นที่ใช้ในขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบโฟม

2.6.1 มอนอเมอร์อาจจะใช้มอนอเมอร์ชนิดเดียวหรือมอนอเมอร์ร่วมผสมก็ได้ โดยทั่วไปสามารถแบ่งมอนอเมอร์ได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะโครงสร้างของมอนอเมอร์ คือ นอนไอออนิกมอนอเมอร์ (non-ionic monomer) และไอออนิกมอนอเมอร์ (ionic monomer)

ก. นอนไอออนิกมอนอเมอร์ คือ มอนอเมอร์ที่ไม่มีพันธะในโมเลกุลที่แตกตัวออกได้ง่าย ตัวอย่างของมอนอเมอร์ในกลุ่มนี้เช่น อะคริลาไมด์ เมทาอะคริลาไมด์ ไวนิลไพโรลิดีน เป็นต้น

ข. ไอออนิกมอนอเมอร์ คือมอนอเมอร์ที่มีพันธะในโมเลกุลที่แตกตัวได้ง่าย สามารถแบ่งมอนอเมอร์ในกลุ่มนี้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

ข.1 แอนไอออนิกมอนอเมอร์ (anionic monomer) เช่น กรดครอโตนิค (crotonic acid) กรดอิทาโคนิก (itaconic acid) กรดมาลินิก (malenic acid) กรดอะคริลิก (acrylic acid) และ AMPS เป็นต้น

ข.2 แคทไอออนิกมอนอเมอร์ (cationic monomer) เช่น ไดอัลคิลไดเมทิลอลูมิเนียมคลอไรด์ (dialkyldimethylaluminiumchloride) ไดอัลคิลไดอะมิโนอัลคิล (เมทา) อะคริเลต (dialkyldiaminoalkyl (metha) acrylate) ไดอัลคิลไดอะมิโนอัลคิล (เมทา) อะคริลาไมด์ (dialkyldiaminoalkyl (metha) acrylamide)

สำหรับแอนไอออนิกมอนอเมอร์ [16] ในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะถูกทำให้เป็นกลาง (neutralized) โดยใช้เกลือของโลหะอัลคาไลน์หรือเกลือแอมโมเนียม ในกรณีที่ใช้โลหะอัลคาไลน์จะนิยมใช้เกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียมซึ่งพบว่าการทำให้เป็นกลางนั้น ถ้าแอนไอออนิกมอนอเมอร์ถูกทำให้เป็นกลางน้อยกว่า 40% จะทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีสมบัติการดูดซึมน้ำต่ำสำหรับกรณีที่ใช้เกลือแอมโมเนียม ถ้าแอนไอออนิกถูกทำให้เป็นกลางน้อยกว่า 90% จะทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีสมบัติการดูดซึมน้ำต่ำ



ในการใช้มอนอเมอร์ร่วมผสมนั้นนิยมใช้ นอนไอออนิกมอนอเมอร์ร่วมกับ แอนไอออนิกมอนอเมอร์ เช่น ใช้กรดอะคริลิกร่วมกับ AMPS โดยใช้ AMPS ประมาณ 3-30% โดยน้ำหนักของมอนอเมอร์ทั้งหมด นอนไอออนิกมอนอเมอร์ที่นิยมใช้กันมากคือ อะคริลาไมด์

กลไกการเกิดอนุมูลอิสระที่มอนอเมอร์ผสมสามารถอธิบายได้ดังนี้

จากการศึกษาของ Hunkeler [25] เกี่ยวกับกลไกการเกิดปฏิกิริยาและจลนศาสตร์ของเปอร์ซัลเฟตในการริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของอะคริลาไมด์ โดยจะนำกลไกการเข้าทำปฏิกิริยาของเปอร์ซัลเฟตนี้มาเป็นส่วนประกอบในการอธิบาย สามารถแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอนได้ดังนี้

1. การแตกตัวของตัวริเริ่ม (Initiator dissociation)



2. ปฏิกิริยาริเริ่ม (Initiation reaction)

KI1



เนื่องจากในระบบมีน้ำเป็นตัวทำละลายอยู่ด้วย ดังนั้นซัลเฟตไอออนอนุมูลอิสระ ($SO_4^{\cdot -}$) สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำได้ไฮดรอกซีอนุมูลอิสระ (hydroxy radical) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ได้ดังสมการ

KH

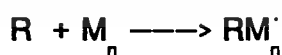


KI2



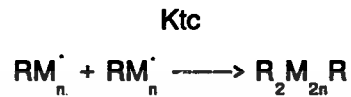
3. ปฏิกิริยาการเจริญเติบโต (propagation reaction)

Kp



4.ปฏิกิริยาขั้นสิ้นสุด(termination)

4.1 แบบรวมตัว (combination)



4.2 disproportionation reaction



4.3 แบบย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระ (transfer reaction)

-ย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระไปที่มอนอเมอร์ (transfer to monomer)



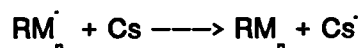
-ย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระไปที่ตัวทำละลาย (transfer to solvent)



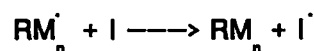
-ย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระไปที่พอลิเมอร์ (transfer to polymer)



-ย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระไปที่ตัวย้ายสายโซ่(transfer to chain transfer)



-ย้ายสายโซ่ของอนุมูลอิสระไปที่ตัวริเริ่ม (transfer to initiator)



2.6.2 พอลิเมอร์สายโซ่หลัก จะนิยมใช้ พอลิเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่จำนวนมาก (polyhydroxy polymer) เช่น แป้ง เซลลูโลส เดริกทริน เดริกแทรน เป็นต้น หรือใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีหมู่ที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิเอทิลีนออกไซด์พอลิเอมีน เป็นต้น

2.6.3 ตัวย้ายสายโซ่ (chain transfer agent) มักจะนำมาใช้เพื่อควบคุมน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ และเพื่อควบคุมให้มีกิ่งก้านสาขา (branching) น้อย ตัวย้ายสายโซ่จะใช้ในปริมาณที่น้อย โดยปกติจะต่ำกว่า 10% โดยน้ำหนักรวมของมอนอเมอร์ร่วมผสมที่ใช้ตัวย้ายสายโซ่ที่มีการใช้ ได้แก่ โพรพิลีนไกลคอล ไนโตรโล-ทริส-โพรไพโอเนอไมด์ (nitro-tris-propionamide) เป็นต้น ตัวย้ายสายโซ่อาจจะเติมไปในขั้นตอนการผสมมอนอเมอร์ร่วม หรือในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันก็ได้

2.6.4 สารเชื่อมโยง (crosslinking agent) เป็นสารที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่หลักของพอลิเมอร์มีผลทำให้สมบัติเชิงกลและทางกายภาพดีขึ้น ในกรณีของการใช้กับพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำเพื่อช่วยให้พอลิเมอร์คงสภาพเป็นเจลได้นานขึ้น สารเชื่อมโยงที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ เมทิลลีน (บีส) อะคริลาไมด์ (methylene (bis) acrylamide) โดยปริมาณการใช้จะอยู่ในช่วง 100-1000 ppm

2.6.5 ตัวริเริ่มปฏิกิริยา (Initiator) การใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาควรคำนึงถึงชนิดของมอนอเมอร์ร่วมตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่เหมาะสมควรแตกพันธะในโมเลกุลแล้วได้โมเลกุลอนุมูลอิสระที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ตัวริเริ่มอาจเป็นแบบที่พันธะแตกออกเนื่องจากความร้อน (thermal-induced dissociation initiator) หรือเป็นตัวริเริ่มแบบรีดอกซ์ (redox initiator) เช่น โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต เป็นต้น จากการศึกษาพบว่ามักจะไม่ใช่ตัวริเริ่มชนิดเดียวแต่จะใช้ร่วมกับสารประกอบอื่นเพื่อช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เช่น Merwin และผู้ร่วมงาน [26] ได้ใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตร่วมกับ EDTA ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของอะคริลาไมด์กับเมทิลลีน(บีส) อะคริลาไมด์โดยใช้ระบบรีดอกซ์ของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตกับกรดไทโอไกลโคลิกพบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น

Feng และผู้ร่วมงาน [28] ได้ใช้ระบบรีดอกซ์ของเปอร์ซัลเฟตกับทุติยภูมิแบบอะลิฟาติก (aliphatic secondary amine) ในขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันอะคริลาไมด์ในสารละลายน้ำ พบว่าทุติยภูมิเอมีนทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง (accelerator) ได้ดี

2.6.6 ตัวทำละลาย (solvent) ขึ้นกับชนิดของตัวริเริ่ม มอนอเมอร์ร่วม พอลิเมอร์สายโซ่หลักที่ใช้ โดยทั่วไปใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

2.7 ระบบสำหรับขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยทั่วไปจำเป็นต้องทำปฏิกิริยา

ภายใต้บรรยากาศ ก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งไม่มีผลต่อการเร่งหรือยับยั้งปฏิกิริยาเช่น Gerald และผู้ร่วมงาน [27] ได้สังเคราะห์พอลิอะคริลาไมด์ภายใต้บรรยากาศเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้มอนอเมอร์ที่มีความเข้มข้นต่ำประมาณ 7-12 % สำหรับขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบโพลีเมอริกาเกิดขึ้นภายใต้บรรยากาศก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสังเคราะห์ให้เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สารประกอบเกลือคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดโปรโตนิค (protonic acid) สารประกอบเกลือที่สามารถนำมา ใช้ได้ เช่น โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต เซียมคาร์บอเนต กรดโปรโตนิคที่ใช้อาจเป็นมอนอเมอร์ที่ประพติดัวเป็นกรด เช่น กรดอะคริลิก

เนื่องจาก ในระบบของขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบโพลีเมอริกา จะเกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลทำให้ส่วนผสมในหม้อปฏิกริยามีปริมาตรเพิ่มมากขึ้น หม้อปฏิกริยาที่ใช้จึงควรมีปริมาตรมากกว่าปริมาตรของสารตั้งต้นทั้งหมดในระบบประมาณ 1.5-2 เท่า

2.8 ลักษณะของปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันแบบโพลีเมอริกา

ลักษณะของปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันแบบโพลีเมอริกา Zhang และผู้ร่วมงาน [24] ได้ทำการคิดค้นขึ้นสามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนดังนี้

2.8.1 ทำให้แบ่งเป็นเจลก่อนทำให้เกิดอนุมูลอิสระบนโมเลกุลของแบ่ง

2.8.2 เจลของแบ่งเกิดการแตกตัวออกจากกัน เนื่องจากฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการทำปฏิกริยากันระหว่างสารประกอบเกลือคาร์บอเนตกับกรด ตัวริเริ่มแบบบริดออกซ์แตกตัวได้อนุมูลอิสระ เนื่องจากปฏิกริยาการคายความร้อนของสาร จากนั้นปฏิกริยาริเริ่ม (Initiation reaction) เกิดขึ้นที่หยดเจลเล็กๆของโมเลกุล แบ่งที่แยกออกจากกันเนื่องจากฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่หยดเจลของแบ่งนี้จะมีมอนอเมอร์ที่มีความเข้มข้นสูงอยู่ กลไกการเกิดอนุมูลอิสระบนโมเลกุลของแบ่งอาจเป็นไปได้ 2 ขบวนการ คือ

ก. เกิดปฏิกริยากันระหว่างโมเลกุลของตัวริเริ่มแบบบริดออกซ์ กับโมเลกุลของแบ่งโดยตัวริเริ่มส่งผ่านอิเล็กตรอนเดี่ยวไปยังโมเลกุลของแบ่ง โดยขบวนการนี้จะได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อเป็นเส้นตรง (linear grafter copolymer)

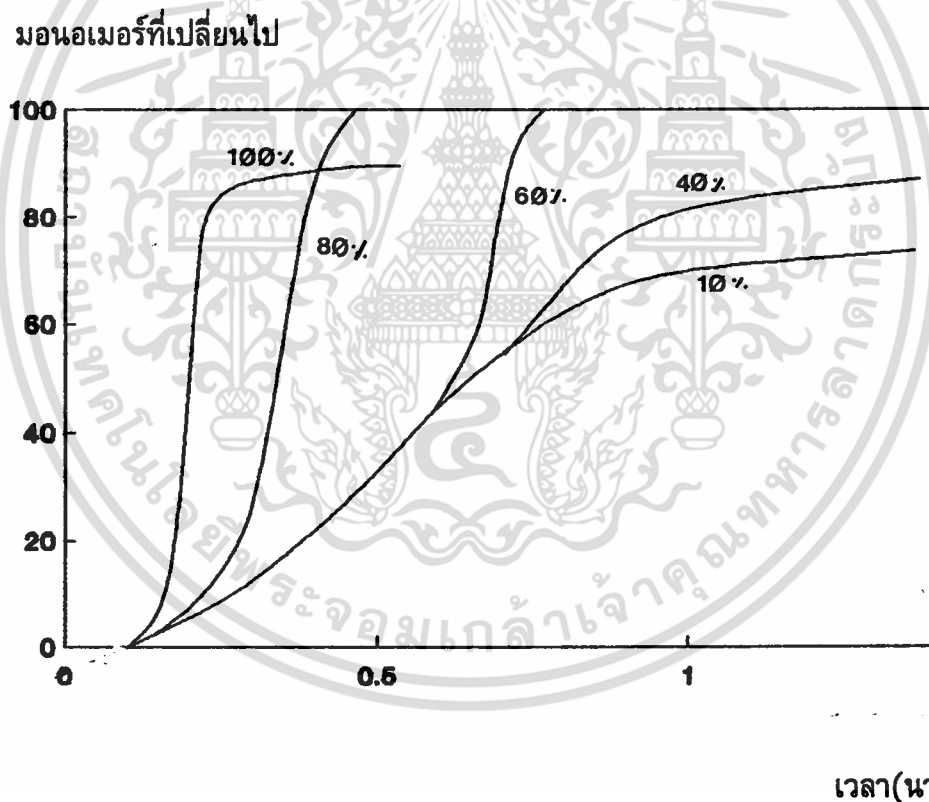
ข. เกิดการส่งผ่านอนุมูลอิสระ (chain transfer) ไปยังสายโซ่โมเลกุลของสายโซ่หลัก เนื่องจากอุณหภูมิของการเกิดปฏิกริยาสูง อาจทำให้ตัวริเริ่มทำปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันได้เช่นเดียวกัน ทำให้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อเกิดการเชื่อมโยงได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่มีโซ่สาขา (branched chain) หรือได้พอลิเมอร์ของมอนอเมอร์ร่วม

2.8.3 เมื่อเริ่มเกิดปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชัน ความร้อนของปฏิกริยาจะถูกปลดปล่อยผ่านทางฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งอุณหภูมิช่วงนี้จะคงที่ในขั้นเริ่มปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันแต่จะเพิ่มตามระยะเวลาที่ทำปฏิกริยา



2.8.4 เมื่อปฏิกิริยาดำเนินก้าวหน้าต่อไปทำให้ความหนืดของระบบเพิ่มขึ้น การระบายความร้อนของปฏิกิริยาเป็นไปได้ยาก เป็นผลให้อุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงขึ้นทันทีและปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเร็วมาก นั่นคือมอนอเมอร์ทำปฏิกิริยาหมดอย่างรวดเร็ว หรือเรียกว่าเกิดปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเอง (auto-acceleration)

2.9 ปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเอง (auto-acceleration) โดยปกติเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น อัตราการเกิดพอลิเมอร์จะลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของมอนอเมอร์และตัวริเริ่มลดลง แต่มีปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของไวนิลมอนอเมอร์หลายชนิดที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเรียกว่า“เกิดปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเอง” หรือบางครั้งอาจเรียกว่าปรากฏการณ์ “ทรมมส์ดอร์ฟ” (Trommsdorff effect) หรือปรากฏการณ์ “นอร์ริช-สมิธ” (Norris-Smith effect) ดังแสดงรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดปฏิกิริยาความเร่งของการพอลิเมอร์ไรเซชันเมทิลเมทาอะคริเลตในตัวทำละลายเบนซีน ที่อุณหภูมิ 50°C โดยใช้เบนโซิลเปอร์ออกไซด์เป็นตัวริเริ่ม [29]



จากการศึกษาของ Zhang และ ผู้ร่วมงาน ได้อธิบายว่า เนื่องจากแบ่งเป็นเจลก่อนการเกิดอนุมูลอิสระบนโมเลกุลของแป้ง ซึ่งมีผลทำให้ระบบมีความหนืดสูง ในตอนเริ่มต้นปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเองมีขึ้นตั้งแต่ขั้นนี้จากการที่สายโซ่พอลิเมอร์ที่กำลังเติบโตได้ถูกแยกออกจากกันโดยฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลทำให้เวลาชีวิตและความเข้มข้นของสายโซ่อนุมูลอิสระที่กำลังเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ทำให้มีผลตามมา 2 ประการคือ

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ($R(p) = K(p)[M][R-M_i]$)

2. องศาของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ($R(t)$) และโอกาสที่สายโซ่อนุมูลอิสระจะรวมตัวกันเข้าสู่ขั้นสิ้นสุด (termination) เป็นไปได้ยาก ($\nu = R(p)/R(t)$) ทำให้ความยาวสายโซ่จลนศาสตร์เพิ่มขึ้น ($X_n = \nu$) มีผลทำให้องศาของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเองพอลิเมอร์ที่ได้จึงมีน้ำหนักโมเลกุลสูง

ตาราง 2.3 แสดงข้อดีและข้อเสีย ของการพอลิเมอไรเซชันแบบโฟม

ข้อดี	ข้อเสีย
<p>ก. เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเร็ว ส่วนใหญ่ใช้เวลาไม่เกิน 30 นาที</p> <p>ข. ขึ้นต่อการสังเคราะห์มีขึ้นเดียว</p> <p>ค. พอลิเมอร์ที่ได้หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยา มีองค์ประกอบน้ำน้อย</p> <p>ง. ใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์สูง ทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง</p> <p>จ. ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไปมีค่าสูง เกือบ 100%</p> <p>ฉ. ไม่จำเป็นต้องทำปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศ ก๊าซเฉื่อย เนื่องจากเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในระบบ</p> <p>ช. เหมาะกับระบบปฏิกิริยาที่มีความหนืดสูง เนื่องจาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะช่วยลดความหนืดของระบบ ทำให้ง่ายต่อการกวนสาร</p> <p>ซ. พอลิเมอร์ที่ได้หลังจากอบแห้งมีลักษณะเป็นรูพรุน สามารถทำเป็นผงได้ง่าย</p>	<p>ก. ควบคุมปฏิกิริยาได้ยาก เนื่องจากเมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ความเร่งด้วยตนเองแล้วอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และความหนืดจะสูงมาก ทำให้ปั่นกวนสารได้ยาก เพื่อแก้ปัญหานี้ใบพัดและหม้อปฏิกิริยาจะต้องออกแบบให้เป็นพิเศษ</p>



3

การทดลอง

3.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมี

สารเคมี	เกรด	ผู้ผลิต(บริษัท)
แมงมันสำปะหลัง	การค้า	ท.จ.ก.เจริญกิจ
อะคริลาไมด์	การค้า	สยามฟายน์เคมี(มิตซูบิชิ)จำกัด
กรดอะคริลิก	การค้า	สยามฟายน์เคมี(มิตซูบิชิ)จำกัด
น้ำกลั่น	การค้า	องค์การเบตเตอร์
2,2,4 ไตรเมทิลเพนเทน	วิเคราะห์	J,T Baker Inc
แอมโมเนียมคลอไรด์	วิเคราะห์	BDH.
กรดไนตริก	วิเคราะห์	Merck
เมทานอล	วิเคราะห์	Merck
เบ็งละลายน้ำ	วิเคราะห์	Fluka chemical
CMC	วิเคราะห์	Fluka chemical
เซลลูโลส	วิเคราะห์	Fluka chemical
Na.EDTA	วิเคราะห์	Fluka chemical
AMPS	วิเคราะห์	Fluka chemical
โพพิลีนไกลคอล	วิเคราะห์	Fluka chemical
โซเดียมคาร์บอเนต	วิเคราะห์	Fluka chemical
แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห์	Fluka chemical
โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	วิเคราะห์	Fluka chemical
เมทิลลีน(บิส)อะคริลาไมด์	วิเคราะห์	Fluka chemical
ไดไวนิลเบนซีน	วิเคราะห์	Fluka chemical



3.1.2 เครื่องมือ

- ก) เครื่องกวนเชิงกล (mechanical stirrer) บริษัท JKA Labortechnik รุ่น RW20
- ข) ไบพัตกวนเทฟลอน (teflon) และ แกนแก้ว
- ค) หม้อปฏิกิริยา แบบ 4 คอ (4-necked reaction vessel) ขนาด 2000 ml บริษัท Schott
- ง) เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 °ซ
- จ) อ่างน้ำ (water bath) พร้อมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ บริษัท Buchi จำกัด รุ่น Buchi 461
- ฉ) เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius จำกัด รุ่น 1420 P
- ช) เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius จำกัด รุ่น IC 210 S
- ซ) เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ บริษัท PERKIN ELEMER รุ่น SYSTEM 2000 FT-IR
- ฅ) เครื่องกรองสูญญากาศ บริษัท Tokyorikakikai จำกัด รุ่น A-3S
- ญ) เครื่องบดละเอียด บริษัท Retch จำกัด
- ฎ) เครื่องแก้วต่างๆ ที่มีความจำเป็นในห้องปฏิบัติการ เช่น บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ กรวยแก้ว ขวดวัดปริมาตร ปิเปต เป็นต้น

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมแป้งไฮโดรไลซ์จากแป้งมันสำปะหลัง

ใส่แป้งมันสำปะหลังจำนวน 100ก. ลงในหม้อปฏิกิริยาที่มีเครื่องกวนเชิงกลประกอบอยู่ พร้อมทั้งจะใช้งาน เติมน้ำละลายกรดกำมะถันในน้ำ 1 นอร์มอล จำนวน 100 มล.ลงในหม้อปฏิกิริยา แล้วกวนสารที่อยู่ในหม้อปฏิกิริยา ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 60°ซ เป็นเวลา 3 ช.ม. หลังจากนั้นใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่มีความเข้มข้น 50 % น้ำหนักต่อน้ำหนักทำการปรับสภาพความเป็นกรดต่าง (pH) ของสารในหม้อปฏิกิริยาให้เป็นกลางกรองสาร และทำการอบสารที่ได้ที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำสารที่อบแห้งแล้วบรรจุในขวดแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.2.2 การเตรียมสารละลาย Na₂EDTA 5.6 เปอร์เซ็นต์

ชั่งน้ำหนักเกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดแอมีนเตตระอะซิติก.2โมเลกุลของน้ำ (ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt dihydrate) จำนวน 5.6 ก. ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง ในบีกเกอร์ขนาด 200 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 80 มล. กวนสารให้เข้ากัน และให้ความร้อนแก่สารในขณะที่กวนตลอดเวลาจนส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมด แล้วทำสารละลายเย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตรที่เที่ยงตรง (volumetric flask) ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตร 100 มล.



3.2.3 การเตรียมกรดไนตริก 1 โมลาร์

ชั่งน้ำหนักของกรดไนตริกเข้มข้น 15.6 มล. เเทลงในขวดวัดปริมาตรที่ยังตรง ขนาด 250 มล. และเติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตร 250 มล.

3.2.4 การสกัดสิ่งเจือปนในโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต

ชั่งโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต จำนวน 10 ก. ในบีกเกอร์ขนาด 100 มล. เทสารละลายเมทานอล จำนวน 50 มล. กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที นำไปกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ นำโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตที่กรองได้ไปอบที่อุณหภูมิ 40°C นาน 48 ชั่วโมงแล้วนำไปเก็บในขวดสีชาในเดซิเคเตอร์จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.5 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ ในสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์

ชั่งโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต จำนวน 2.7 ก. ในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. เทสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 มล. กวนให้เข้ากันจนส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมด นำสารละลายที่ได้เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15°C จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.6 การเตรียมสารละลายเจือจางของ DVB 10 % (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

ชั่งน้ำหนักของสารละลายเข้มข้น DVB จำนวน 5 ก. ในขวดวัดปริมาตรที่ยังตรง ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 2,2,4 ไตรเมทิลเพนเทน จนสารละลายมีปริมาตร 50 มล. เก็บสารละลายใส่ขวดสีชา ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15°C จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป



3.2.7 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมโดย

ขบวนการโฟมพอลิเมอร์ไอเซน

จัดอุปกรณ์การทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.1 และดำเนินการเป็นขั้นดังนี้

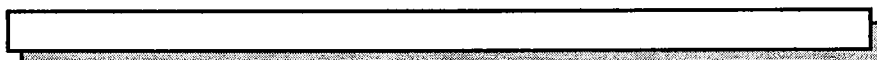
ขั้นตอนที่ 1 เติมน้ำกลั่นลงในหม้อปฏิริยา ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 80°C เติมน้ำกลั่นละลายน้ำ แล้วกวนโดยใช้เครื่องกวนเชิงกลด้วยความเร็วปานกลาง (1000 รอบต่อนาที) จนกระทั่งแป้งเป็นเจลใสแล้วเติมผงโซเดียมคาร์บอเนตลงในหม้อปฏิริยาพร้อมกันนี้ยังคงให้เครื่องกวน กวนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโซเดียมคาร์บอเนตละลายหมดจึงทำการลดอุณหภูมิระบบจนถึงอุณหภูมิต้อง

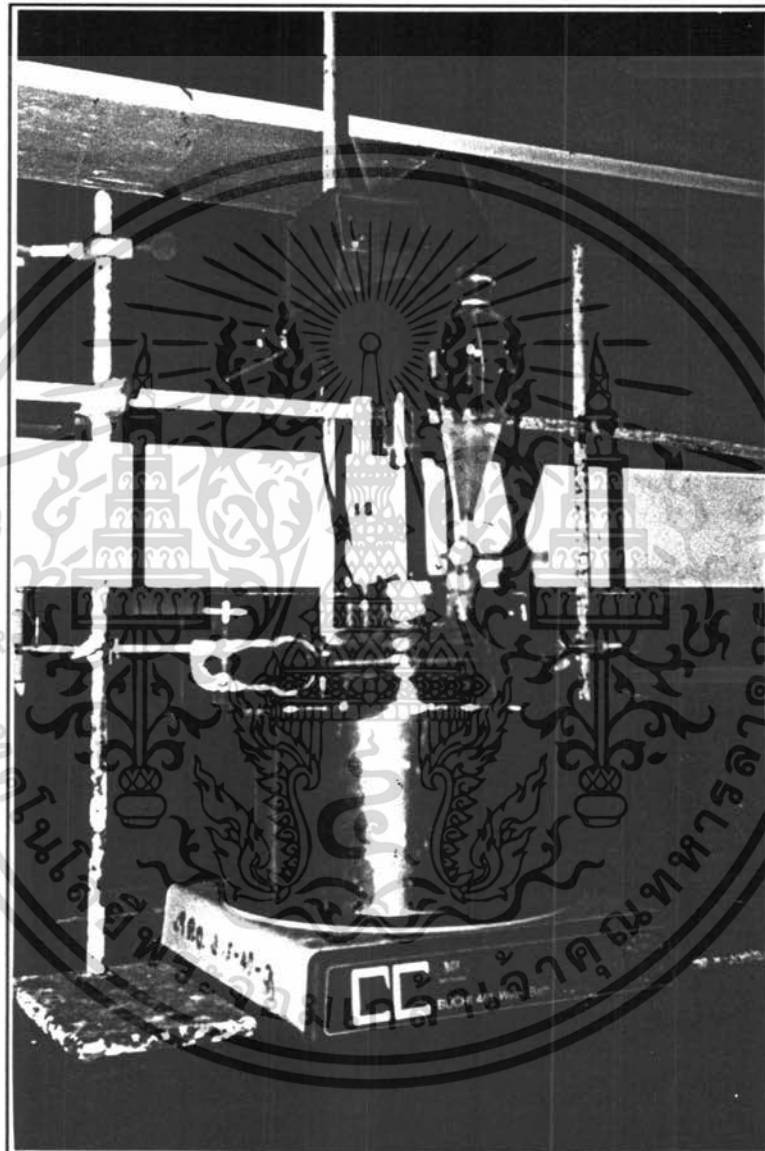
ขั้นตอนที่ 2 เติมน้ำครีลาไมด์ สารละลาย Na.EDTA และโพรพิลีนไกลคอล ลงในหม้อปฏิริยาที่อุณหภูมิต้องตามลำดับ ในขณะที่เติมสารให้กวนตลอดเวลา เมื่อเติมสารดังกล่าวเรียบร้อยแล้วให้กวนต่อไปอีก 15 นาที ที่อุณหภูมิต้อง

ขั้นตอนที่ 3 เติมน้ำครีลาไมด์ ลงในหม้อปฏิริยา ทั้งนี้ให้กวนตลอดเวลาด้วยความเร็วสูง (2000 รอบต่อนาที) เมื่อเติมสารดังกล่าวเรียบร้อยแล้วให้กวนต่อไปอีก ประมาณ 10-15 นาที

ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มอุณหภูมิของระบบให้ได้ 30°C แล้วจึงเติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ จำนวน 5 มล. เมื่อใส่สารดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว สารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งทำการกวนต่อไปไม่ได้ รอจนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาเร่งด้วยตัวเองเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงเปิดฝาหม้อปฏิริยา

ขั้นตอนที่ 5 นำพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอนที่ 4 มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 วัน นำมาบดให้ละเอียดโดยเครื่องบดละเอียด เก็บพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ในเดซิเคเตอร์เพื่อป้องกันความชื้น





รูปที่ 3.1 แสดงการจัดอุปกรณ์เครื่องมือการทดลองในโรงงานพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.2.8 การศึกษาผลของปริมาณแอมโมเนียมไนเตรดที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ในการสังเคราะห์ทุกการทดลองใช้ อะคริลาไมด์ 42.64 ก. กรดอะคริลิก 28.84 ก. โซเดียมคาร์บอเนต 21.2ก. น้ำกลั่น 80 มล. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ 5 มล. Na.EDTA 5 มล. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30 ๐ซ ส่วนปริมาณของแอมโมเนียมไนเตรดแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่3.1แสดงปริมาณของแอมโมเนียมไนเตรด

การทดลองที่	เปอร์เซ็นต์ของแอมโมเนียมไนเตรดเทียบกับน้ำหนักมอนอเมอร์ผสม	น้ำหนักของแอมโมเนียมไนเตรด(กรัม)
1	0	0.00
2	5	3.57
3	10	7.14
4	15	10.72
5	20	14.29
6	25	17.85

3.2.9 การศึกษาผลของอัตราส่วน [AM]:[AA]ต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ซึ่งแอมโมเนียมไนเตรดหนักประมาณ 10 % ของน้ำหนักของมอนอเมอร์ผสมทั้งหมด โดยใช้แอมโมเนียมไนเตรด 7.1 ก. สารละลาย Na.EDTA 5 มล. น้ำกลั่น 80 มล. โพธิ์ลินไกลคอล 0.2 มล. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอล เป็นตัวทำละลาย) จำนวน 5 มล. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30 ๐ซ ส่วนปริมาณของ อะคริลาไมด์ กรดอะคริลิก โซเดียมคาร์บอเนตเปลี่ยนแปลงไปใน แต่ละการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณของ อะคริลาไมด์ กรดอะคริลิก โซเดียมคาร์บอเนต (ทั้งนี้ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต = 50 % โมลของกรดอะคริลิก)

การทดลองที่	AM		AA		โซเดียมคาร์บอเนต		AM:AA
	โมล	กรัม	โมล	กรัม	โมล	กรัม	
7	0.40	28.44	0.60	43.23	0.300	31.80	0.40:0.80
8	0.45	31.99	0.55	39.63	0.275	29.15	0.45:0.55
9	0.50	35.54	0.50	36.03	0.250	26.50	0.50:0.50
10	0.55	39.09	0.45	32.43	0.225	23.85	0.55:0.45
3	0.60	42.64	0.40	28.84	0.200	21.20	0.60:0.40
11	0.65	46.20	0.35	25.52	0.175	18.55	0.65:0.35
12	0.70	49.76	0.30	21.62	0.150	16.90	0.70:0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้โดยไม่ผ่านการคัด

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.2.10 การศึกษาผลของปริมาณ AMPS ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ซึ่งแบ่งน้ำหนักประมาณ 10 % ของน้ำหนักของมอนอเมอร์ผสมทั้งหมด โดยใช้แบ่งละลายน้ำ 7.1 ก. สารละลาย Na.EDTA 5 มล. น้ำกลั่น 80 มล. โพรพิลีนไกลคอล 0.2 มล. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอล เป็นตัวทำละลาย) จำนวน 5 มล. อะคริลาไมด์ 42.64 ก. กรดอะคริลิก 28.84 ก. โซเดียมคาร์บอเนต 21.2 ก. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30 °ซ ส่วนปริมาณ AMPS เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณ AMPS

การทดลองที่	AMPS(กรัม)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักมอนอเมอร์ทั้งหมด
3	0.0	0
15	7.1	10

3.2.11 การศึกษาผลของชนิดเกลือบนสายกราฟท์ของพอลิเมอร์ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ซึ่งแบ่งน้ำหนักประมาณ 10% ของน้ำหนักของมอนอเมอร์ผสมทั้งหมด โดยใช้แบ่งละลายน้ำ 7.1 ก. สารละลาย Na.EDTA 5 มล. น้ำกลั่น 80 มล. โพรพิลีนไกลคอล 0.2 มล. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอล เป็นตัวทำละลาย) จำนวน 5 มล. อะคริลาไมด์ 42.64 ก. กรดอะคริลิก 28.84 ก. AMPS 7.1 ก. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30°ซ ส่วนชนิดและปริมาณของเกลือกรด เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงชนิดและปริมาณของเกลือกรดที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองที่	เกลือของกรด	ปริมาณของเกลือ(กรัม)
13	NaCO ₃	21.20
14	(NH ₄)HCO ₃	15.80

3.2.12 การศึกษาผลของสายโซ่หลักของพอลิเมอร์ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ซึ่งแบ่งน้ำหนักประมาณ 10 % ของน้ำหนักของมอนอเมอร์ผสมทั้งหมด โดยใช้แบ่งละลายน้ำ 7.1ก. สารละลายNa.EDTA 5 มล. น้ำกลั่น 80 มล.โพรพิลีนไกลคอล 0.2 มล.สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์(กรดไนตริก 1 นอร์มอล เป็นตัวทำละลาย) จำนวน 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



มล. อะคริลาไมด์ 42.64 ก. กรดอะคริลิก 28.84 ก. AMPS 7.1 ก. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30 °ซ ส่วนชนิดของสายโซ่หลักของพอลิเมอร์เปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงชนิดของสายโซ่หลักของพอลิเมอร์

การทดลองที่	ชนิดของสายโซ่หลัก
13	แป้งละลายน้ำ
15	เซลลูโลส
16	แป้งมันสำปะหลัง
17	แป้งไฮโดรไลซ์
18	CMC

3.2.13 การศึกษาผลของการเชื่อมโยง (Crosslinking Agent) ชนิดต่างๆที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ซึ่งแป้งน้ำหนักประมาณ 10% ของน้ำหนักมอนอเมอร์ผสมโดยใช้แป้งละลายน้ำ 7.1 กรัม สารละลาย Na₂EDTA 5 มล. น้ำกลั่น 80 มล. โพพิลีนไกลคอล 0.2 มล. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอลเป็นตัวทำละลาย) 5 มล. อะคริลาไมด์ 42.64 ก. กรดอะคริลิก 28.84 ก. โซเดียมคาร์บอเนต 21.20 ก. AMPS 7.1 ก. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30 °ซ. ส่วนชนิดและปริมาณของสารเชื่อมโยงเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.6

3.2.14 การทดสอบคุณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง กับ มอนอเมอร์ร่วม

ก) การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำ (Water Content)

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 (ตามวิธีในหัวข้อ 3.2.7) หนัก 1 ก. ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 2 วัน จึงนำมาเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ ซึ่งน้ำหนักที่เหลืออยู่ การคำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำ จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำ} = \frac{(A-B)}{A} * 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์เริ่มต้น (กรัม)

B คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ผ่านการอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 3.6 แสดงชนิดและปริมาณสารเชื่อมโซ่

การทดลองที่	ปริมาณสารเชื่อมโซ่(กรัม)		น้ำหนักเทียบกับ Backbone+Copolymer	
	MBA	DVB	MBA	DVB
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0021	0.0000	0.0025	0.0000
20	0.0043	0.0000	0.0050	0.0000
21	0.0064	0.0000	0.0075	0.0000
22	0.0086	0.0000	0.0100	0.0000
23	0.0172	0.0000	0.0200	0.0000
24	0.0430	0.0000	0.0500	0.0000
25	0.0689	0.0000	0.0800	0.0000
26	0.0861	0.0000	0.1000	0.0000
27	0.1722	0.0000	0.2000	0.0000
28	0.4304	0.0000	0.0500	0.0000
29	0.0000	0.0021	0.0000	0.0025
30	0.0000	0.0042	0.0000	0.0050
31	0.0000	0.0064	0.0000	0.0075
32	0.0000	0.0086	0.0000	0.0100
33	0.0000	0.0172	0.0000	0.0200
34	0.0000	0.0430	0.0000	0.0500
35	0.0000	0.0689	0.0000	0.0800
36	0.0000	0.0861	0.0000	0.1000
37	0.0000	0.4304	0.0000	0.2000
38	0.0000	0.1722	0.0000	0.5000

(หมายเหตุ เนื่องจาก DVB มีลักษณะเป็นของเหลวการชั่งน้ำหนักที่มีค่าน้อยมากจึงมีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นจึงต้องนำ DVB มาเตรียมตั้งข้อ 3.2.6 แล้วชั่งน้ำหนักเพิ่มขึ้น 10 เท่าของที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข) การหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorbency)

ข.1 น้ำกลั่น 3 ครั้ง (deionized water)

นำพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม ที่ได้ในขั้นตอนที่ 5 มาร้อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 80 Mesh และ 200 Mesh ตามลำดับ ซึ่งพอลิเมอร์ที่มีขนาดที่อยู่ระหว่าง 80 ถึง 200 Mesh มา 0.1 ก. ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง เติลงในบีกเกอร์ ที่บรรจุน้ำกลั่น

3 ครั้ง ปริมาตร 200 มล. กวนให้เข้ากันอย่างดีตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องหลังจากนั้นทำการกรองแยกส่วนที่เป็นน้ำออกด้วยผ้ากรองขนาด 200 Mesh นำน้ำที่กรองได้ไปหาปริมาตรโดยใช้กระบอกตวงทำให้ทราบ ปริมาตรน้ำที่เหลือจากการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม การคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ จากสูตร

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ (มล./ก.)} = (A-B)/x$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรน้ำเริ่มต้น (มล.)

B คือ ปริมาตรน้ำที่เหลือจากการดูดน้ำ (มล.)

x คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม (กรัม)

ข.2 สารละลายเกลือของแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 1 M

(ammonium chloride solution 1 M)

ทำการทดลองตาม ข.1 ทุกประการ ยกเว้น ใช้สารละลายเกลือแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 1 M แทนน้ำกลั่น 3 ครั้ง

ข.3 ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ หลังสกัดมอนอเมอร์

ทำการทดลองตาม ข.1 ทุกประการ ยกเว้นเพียงพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ต้องได้จากการทดลองที่ 3.2.14 ข้อ ค.

ข.4 ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ หลังสกัดมอนอเมอร์และ ไฮโมพอลิเมอร์

ทำการทดลองตาม ข.1 ทุกประการ ยกเว้นเพียงพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ต้องได้จากการทดลองที่ 3.2.14 ข้อ ง.

ค) การหาปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป (Monomer Conversion)

ซึ่งพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม 1 ก. เติลงในบีกเกอร์ที่บรรจุเมทานอลปริมาตร 50 มล. บนเครื่องปั่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลา 3 ชั่วโมง กรองแยกส่วนที่เป็นเมทานอลด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนจนกว่าเมทานอลจะระเหยออกจากพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม ซึ่งน้ำหนักของกากที่อบจนน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง การคำนวณหาปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไปโดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$\text{เปอร์เซ็นต์มอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป} = [(A-B)/A] * 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักมอนอเมอร์ผสมก่อนทำปฏิกิริยา (กรัม)

B คือ น้ำหนักมอนอเมอร์ผสมที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา (กรัม)

ง) การหาปริมาณไฮโมพอลิเมอร์

ซึ่งพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม 0.1 ก. เทใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 200 มล. ทิ้งไว้ 1 ชม. กรองแยกน้ำออกโดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ นำส่วนที่เป็นเจลมาล้างน้ำกลั่นปริมาตร 100 มล. กรองแยกน้ำออกแล้วล้างด้วยเมทานอลปริมาตร 50 มล. อีกครั้ง กรองแยกเมทานอลออก ต่อก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 3 วัน ซึ่งน้ำหนักพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวมที่แห้ง การคำนวณหาปริมาณไฮโมพอลิเมอร์

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไฮโมพอลิเมอร์} = (B/A) * 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักพอลิเมอร์ ก่อนทดลอง

B คือ น้ำหนักพอลิเมอร์ หลังทดลอง

จ) การหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (Water Absorbing Rate)

นำพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวมที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 มาร้อนผ่านตะแกรงเพื่อให้ได้ขนาด 80-200 Mesh ซึ่งพอลิเมอร์ที่ได้ 0.1 ก. ด้วยเครื่องซึ่งละเอียดตดนิยม 4 ตำแหน่ง เทลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 3 ครั้งปริมาตร 200 มล. ทำการกวนให้เข้ากัน จับเวลาเมื่อเวลาผ่านไป 15 วินาที นำมากรองแยกส่วนด้วยวิธีดังข้อ ข.1 แล้วทำการคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ ทำซ้ำอีก โดยเปลี่ยนเวลาจาก 15 วินาทีเป็น 30,45,60,120,300ตามลำดับ อัตราการดูดซึมน้ำที่เวลาต่างๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เทียบกับการดูดซึมน้ำสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์

ฉ) การหาค่าความเป็นกรด-ด่างของพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม

ซึ่งพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์รวม 0.05 ก. ที่ผ่านการสกัดมอนอเมอร์แล้ว เทลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 150 มล. บั่นกวนบนเครื่องปั่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนได้สารละลายเนื้อเดียว นำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้พีเอชมิเตอร์



ข) การหาค่าความแข็งแรงของเจล (Gel Strength)

ทำการหาค่าความแข็งแรงของเจลโดยใช้เครื่อง TGU และ Screen factor (หลักการทํางานของเครื่อง TGU และ Screen factor ติดตามได้ในภาคผนวกที่ 1)

ข) การหาหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด

สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier Transform Infra-red Spectrophotometer)

ถ้าพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์รวมที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C มาใส่บีกเกอร์ขนาด 25 มล. เหน้กัล้นจำนวน 10 มล. ให้พอลิเมอร์เกิดการบวมตัว แล้วนำมาป้ายบนเซลล์ซิลเวอร์คลอไรด์ ใช้สเปกโตรสโคปให้มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง นำไปอบที่ 60 °C จนน้ำระเหยออกหมด แล้วจึงนำเซลล์ไปวิเคราะห์หาโครงสร้างด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ฅ) การหาปริมาณไนโตรเจนในพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์

ในกรณีที่ใช้อนุมโมเนียมไบคาร์บอเนตเป็นสารที่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์รวมประมาณ 0.05 ก. เกลงในบีกเกอร์ที่บรรจุสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.001 โมล/ลิตร ปริมาตร 100 มล. แล้วป็นด้วยเครื่องปั่นแม่เหล็กไฟฟ้าจนสารละลายเป็นเนื้อเดียว จากนั้นทำการไตเตรต โดยใช้สารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร จนสารละลายมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3 และ ทำการบ้นที่กปริมาตรของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ ทำการไตเตรตกลับ (Back Titration) โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ให้สารละลายมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 11 การหาจุดสมดุลของปฏิกิริยาได้จากกราฟระหว่าง ค่าความเป็น กรดด่างกับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร) โดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งของกราฟดังกล่าวทำการคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนอ็อน (NH₄⁺)



4

ผลการทดลองและวิจารณ์

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแ่งกับมอนอเมอร์ร่วม โดยวิธีโพลีเมอไรเซชัน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนดังกล่าวแล้วในบทที่ 1 ผลการทดลองและการวิจารณ์ดังปรากฏในบทนี้

4.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแ่งกับมอนอเมอร์ร่วม

4.1.1 การศึกษาผลของปริมาณของแ่งละลายน้ำที่มีต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ

การศึกษาในส่วนนี้ เป็นการศึกษาปริมาณของแ่งละลายน้ำที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำข้อมูลที่ได้เพื่อช่วยในการตัดสินใจ ในการเลือกปริมาณแ่งละลายน้ำผลของปริมาณแ่งละลายน้ำที่มีต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยา และ ค่าการดูดซึมน้ำ แสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

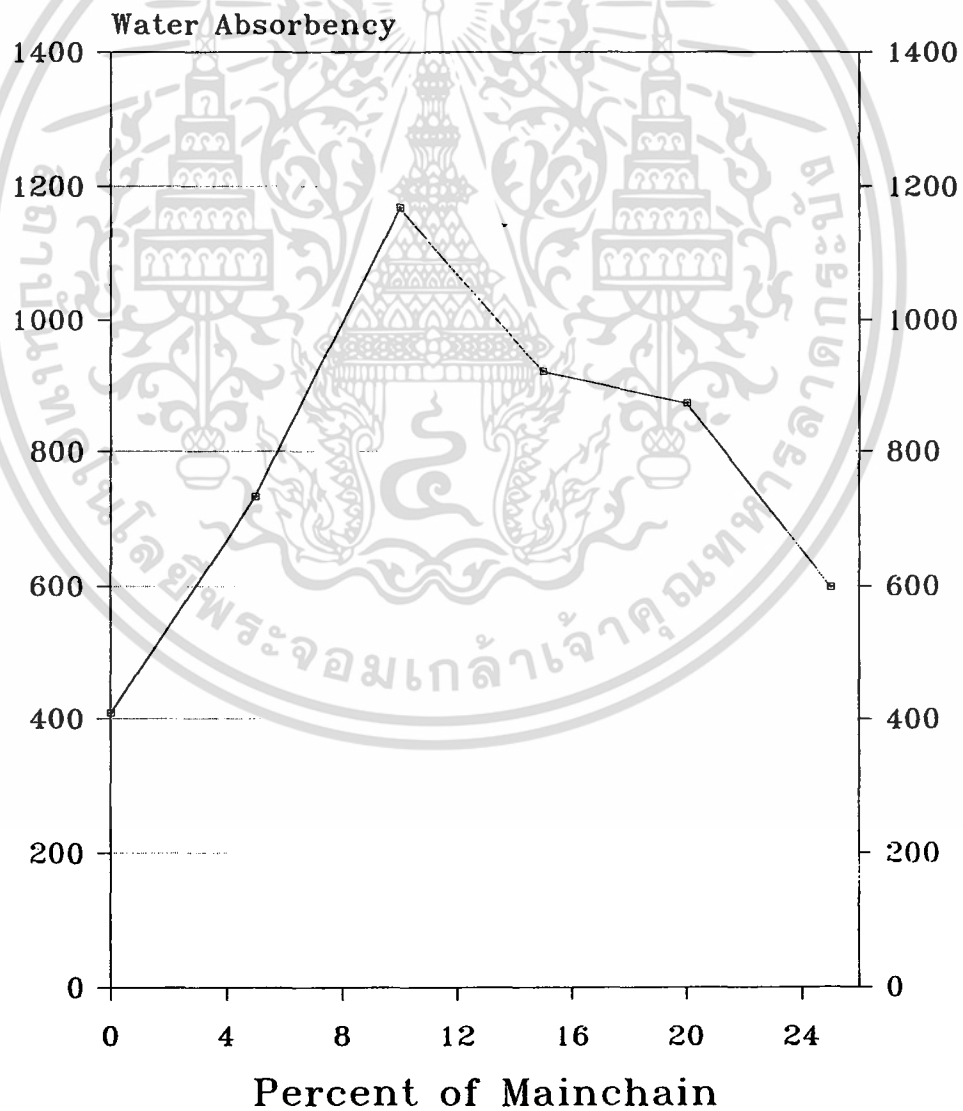
จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแ่งละลายน้ำเวลาการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าลดลงเนื่องจากปริมาณแ่งละลายน้ำมีผลต่อความหนืดของปฏิกิริยาซึ่งทำให้ความหนืดของปฏิกิริยามีค่าเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาเข้าสู่ความเร่งด้วยตนเองคือ มอนอเมอร์จะทำปฏิกิริยาหมดไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เวลาการเกิดปฏิกิริยาลดลงจากรูปที่ 4.1 พบว่าแ่งละลายน้ำน้ำหนัก 10 เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักมอนอเมอร์ผสมให้ค่าการดูดซึมน้ำสูง เนื่องจากที่เปอร์เซ็นต์แ่งน้อยจะทำให้เกิดสายกราฟของมอนอเมอร์ที่มีความเคอะสูงจึงทำให้ความสามารถในการที่น้ำจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ที่แสดงคุณสมบัติชอบน้ำ (หมู่คาร์บอกซิลิก [-COOH] และหมู่เอไมด์ [-CONH₂]) มีโอกาสลดลงในขณะที่เปอร์เซ็นต์แ่งสูงเกินไป ทำให้ความถี่ของสายกราฟบนพอลิเมอร์สายโซ่หลักมีค่าน้อยลง หมู่ที่แสดงคุณสมบัติชอบน้ำลดลงจึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงด้วย จากการทดลองในส่วนนี้พบว่าแ่งละลายน้ำน้ำหนัก 10% เทียบกับมอนอเมอร์ผสมตามสภาวะการทดลองที่กล่าวมาในบทที่ 3 ให้ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์สูงที่สุด จึงเลือกใช้แ่งละลายน้ำน้ำหนัก 10 เปอร์เซ็นต์นี้ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณของแป้งละลายน้ำที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยา และค่าการดูดซึมน้ำ

การทดลองที่	%ของแป้งละลายน้ำ เทียบกับน้ำหนักของอนุกรม	เวลาการเกิดปฏิกิริยา (นาที)	ค่าการดูดซึมน้ำ (มล./ก.)
1	0	60	408
2	5	40	733
3	10	15	1168
4	15	8	920
5	20	2	872
6	25	0.5	598



รูปที่ 4.1 แสดงผลของปริมาณแป้งละลายน้ำที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.1.2 การศึกษาผลของอัตราส่วน[AM]:[AA] ที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา

การนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาผลของอัตราส่วน [AM]:[AA] ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยาเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่เหมาะสมที่สุดผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

จากตารางที่4.2พบว่าเมื่อ [AM] เพิ่มขึ้นเวลาของการเกิดปฏิกิริยาช้าลง เนื่องจากผลของปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตที่ลดลง ทำให้ความหนืดของปฏิกิริยาลดลง ส่งผลให้เวลาการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (อธิบายเช่นเดียวกับ 4.1.1)

หรือเนื่องจากอะคริลาไมด์ มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่าการอะคริลิกที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียม และจากรูปที่ 4.2 เมื่อเพิ่ม [AM]

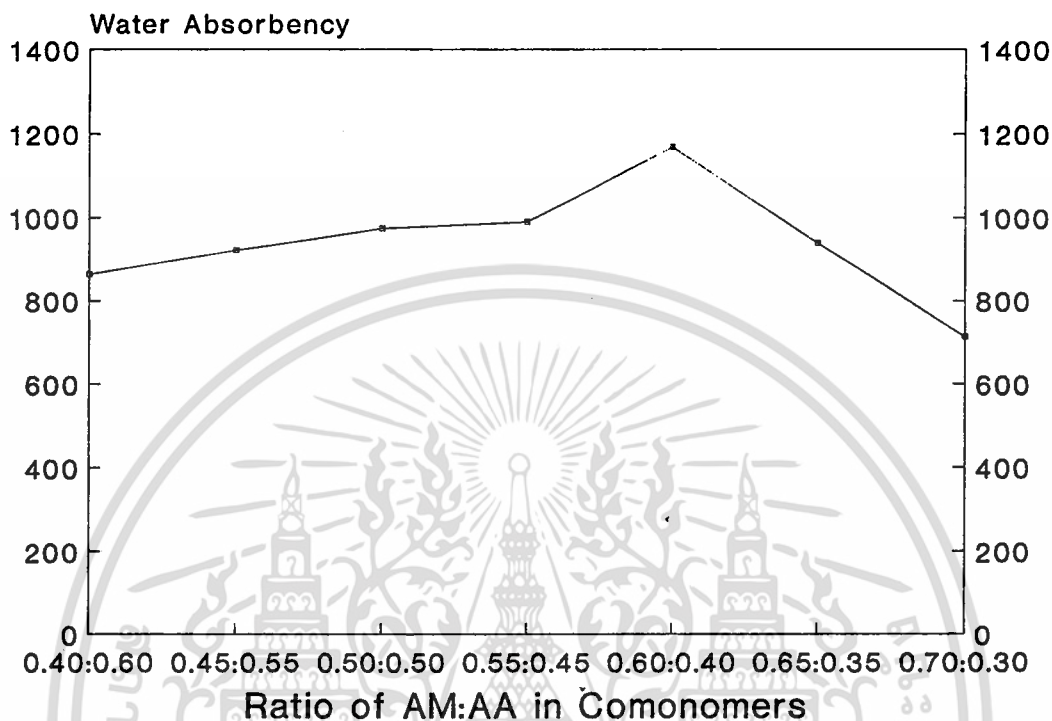
ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่งจากนั้นค่าการดูดซึมน้ำลดลงเนื่องจากหมู่คาร์บอกซิเลต $[-COO^-]$ ในโมเลกุลกรดอะคริลิก ที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียมสามารถก่อกวนระไฮโดรเจนกับน้ำได้ดีกว่าหมู่เอไมด์ $[-CONH_2]$ ดังนั้นเมื่อเพิ่ม [AA] ค่าการดูดซึมน้ำจึงเพิ่มขึ้นตามจนกระทั่งพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วมดูดซึมน้ำมากเกินไปทำให้ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วมไม่สามารถอุ้มน้ำในรูปของพอลิเมอร์เจลได้มีบางส่วน ของพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำไป ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนของ[AM]:[AA] คือ 6.0:4.0 ในการทดลองต่อไป เพื่อให้ได้ ค่าการดูดซึมน้ำที่สูงที่สุด

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ

การทดลองที่	[AM]:[AA]	เวลาการเกิดปฏิกิริยา (นาที)	ค่าการดูดซึมน้ำ (มล./ก.)
7	0.40:0.60	1/4	863
8	0.45:0.55	1/4	921
9	0.50:0.50	3	975
10	0.55:0.45	9	990
3	0.60:0.40	15	1168
11	0.65:0.35	20	940
12	0.70:0.30	35	712



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน [AM]:[AA] ต่อค่าการดูดซึมน้ำ



4.1.3 การศึกษาผลของปริมาณ AMPS ที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา
 การศึกษาส่วนนี้ เป็นการศึกษาผลของ AMPS ที่มีต่อ เวลาการเกิดปฏิกิริยา และ ค่าการดูดซึมน้ำโดยได้ใช้การทดลองที่ 3 และ 13 ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

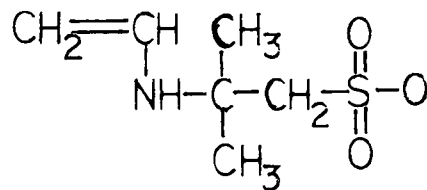
ตารางที่ 4.3 แสดงผล AMPS ต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ

การทดลองที่	ปริมาณ AMPS	เวลาการเกิดปฏิกิริยา (นาที)	ค่าการดูดซึมน้ำ (มล./ก.)
3	0	15	1168
13	7.1	20	1270

ค่าการดูดซึมน้ำ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์ร่วม เมื่อได้มีการเติม AMPS (การทดลองที่ 13) เวลาการเกิดปฏิกิริยาช้าลง แต่ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากโครงสร้างดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของ AMPS

AMPS เป็นมอนอเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์ของอะคริลาไมด์ ซึ่งมีหมู่ซัลโฟนิล (Sulfonyl group) อยู่ทำให้มีหมู่แสดงคุณสมบัติเฉพาะที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ หมู่ซัลโฟนิลของ AMPS มีคุณสมบัติ ในการลดแรงดึงผิว มีผลให้สารละลายมีความหนืดต่ำทำให้ การผสมกันของสารต่างๆในหม้อปฏิกิริยาดีขึ้น จากข้อดีดังกล่าวจึงเหมาะสมที่จะใช้ AMPS ในการ ทดลองครั้งต่อไป

4.1.4 การศึกษาผลของชนิดเกลือบนสายโซ่กราฟของพอลิเมอร์ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา

การศึกษาส่วนนี้เป็นการศึกษาผลของชนิดเกลือที่ทำปฏิกิริยากับกรดอะคริลิกให้เปลี่ยนไป เป็นมอนอเมอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นเกลือของกรดอะคริลิกต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงชนิดของเกลือที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ

การทดลองที่	ชนิดของเกลือ	เวลาการเกิดปฏิกิริยา (นาที)	ค่าการดูดซึมน้ำ (บส./บ.)
13	NaCO ₃	20	1270
14	NH ₄ HCO ₃	60	900

จากตารางพบว่าค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่เป็น เกลือแอมโมเนียมจะให้ค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำ เนื่องจากแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเป็นเบสที่อ่อนกว่า โซเดียมไบคาร์บอเนตซึ่งแอมโมเนียมคาร์บอเนต จะเกิดปฏิกิริยากับกรดอะคริลิกและเข้าไปอยู่ใน สายกราฟของพอลิเมอร์ได้น้อยกว่าโซเดียมคาร์บอเนต ทั้งนี้สามารถทำการยืนยันโดยผลการ ทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการหาปริมาณเกลือแอมโมเนียมของพอลิเมอร์พอลิเมอร์จะ แสดงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำสูงต่อเมื่อมีการทำให้เป็นกลางของกรดเกิน 90 % [16] ส่วนเวลาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เกิดปฏิกิริยาที่มีความแตกต่างกันเนื่องจากผลของความหนืดในปฏิกิริยาเกลือของแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต มีความสามารถในการละลายในตัวกลาง (น้ำ) ได้ดีกว่าโซเดียมคาร์บอเนตที่ต้องทำการละลายที่ 80 °C ดังนั้นความหนืดในของผสมของปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่ใช้เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต จึงมีค่าน้อยกว่าความหนืดในระบบที่ใช้โซเดียมคาร์บอเนต ทำให้ระบบที่ใช้โซเดียมคาร์บอเนตเข้าสู่ปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเองเร็วกว่าจึงใช้เวลาการเกิดปฏิกิริยาลดลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต

4.1.5 การศึกษาผลของชนิดสายโซ่หลักที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ผลการศึกษานิตของสายโซ่หลักที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 จากตารางที่ 4.5 สามารถเปรียบเทียบ ความสามารถในการดูดซึมน้ำโดยพิจารณาจากโครงสร้างดังนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง แป้งมันสำปะหลังกับแป้งโฮโครไลซ์ แป้งโฮโครไลซ์ จะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงกว่า เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าจึงไม่เกิดผลของความเกาะของโครงสร้างมาก ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังซึ่งขนาดโมเลกุลใหญ่โครงสร้างมีความเกาะสูง ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ยาก

2. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเซลลูโลสกับ CMC พบว่า CMC จะมีค่าการดูดน้ำสูงกว่าเนื่องจาก CMC จะมีหมู่คาร์บอเนล ที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของการดูดซึมน้ำ

จากเหตุผลของข้อ 1 พบว่าแป้งละลายน้ำ มีขนาดโมเลกุล และโครงสร้างที่เหมาะสมในการใช้เป็นพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ โดยทดลองในสภาวะที่กล่าวมาข้างต้น

หมายเลขของแป้ง	ชนิดของแป้ง	ความสามารถในการดูดน้ำ (มก.)	ค่าการดูดน้ำ (มก./ก.)
13	แป้งสาลี	20	1270
15	เซลลูโลส	150	700
16	แป้งมันสำปะหลัง	240	600
17	แป้งโฮโครไลซ์	30	1040
18	CMC	50	900

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการศึกษานิตของสายโซ่หลักต่อการดูดซึมน้ำ

จากการทดลองที่ 1 - 18 พบว่า สภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ซึ่งให้ค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด ได้แก่ AMPS 7.1 กรัม โซเดียมคาร์บอเนต 21.20 กรัม น้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร aq. Na EDTA 5 มิลลิลิตร โพรพิลีนไกลคอล 0.2 มิลลิลิตร สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอลเป็นตัวทำละลาย) 5 มิลลิลิตร ซึ่งให้ค่าการดูดซึมน้ำ 1270 มิลลิลิตรต่อกรัม จึงนำสภาวะนี้มาใช้ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงจำกัด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยงที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

4.2.1 การศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงชนิดเมทิลลีน (บีส) อะคริลาไมด์ ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา

ผลการศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยง เมทิลลีน (บีส) อะคริลาไมด์ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.4 จากตารางที่ 4.6 พบว่า เวลาการเกิดปฏิกิริยามีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือว่าไม่เปลี่ยนแปลงทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการใช้สารเชื่อมโยงมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักทั้งหมด

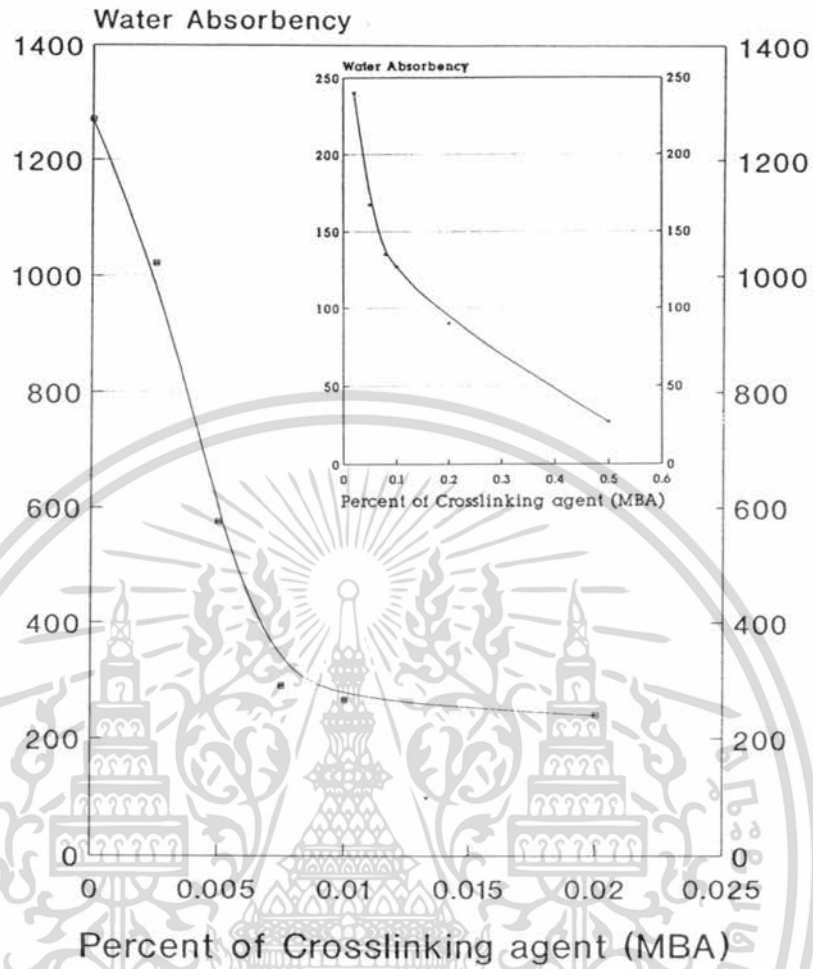
จากรูปที่ 4.4 พบว่า การใช้ MBA จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง เนื่องจากการใช้สารเชื่อมโยง จะทำให้โครงสร้างโมเลกุลมีความแข็งของโครงสร้าง (stiffness) สูง มีการเกี่ยวพันของโครงสร้างใน 3 มิติทำให้โมเลกุลของน้ำผ่านเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ยากขึ้นการที่ค่าการดูดซึมน้ำเมื่อใช้ MBA เพิ่มขึ้นเกือบจะคงที่ในช่วง 0.01-0.5% เนื่องจากการเกี่ยวพันของโครงสร้างมีความหนาแน่นสูงทำให้ความว่องไวของ MBA ในการเข้าทำปฏิกิริยาลดลงและเนื่องจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำได้ ดังนั้นพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ไม่ว่าจะใช้MBAปริมาณเท่าใด

พอลิเมอร์ยังคงสามารถดูดซึมน้ำได้ซึ่งอาจสรุปได้ว่าค่าการดูดน้ำต่ำสุดของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ MBAเป็นสารเชื่อมโยงจะอยู่ในช่วง20-100 มล./ก.

ตารางที่ 4.6 แสดงผลปริมาณของเมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์ต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา

การทดลอง	%MBA	ปริมาณMBA (ก.)	ค่าการดูดซึมน้ำ (มล./ก.)	เวลาการเกิด ปฏิกิริยา(นาที)
13	0.0000	0.0000	1270	20
19	0.0025	0.0021	1020	22
20	0.0050	0.0043	575	18
21	0.0075	0.0064	290	19
22	0.0100	0.0086	266	20
23	0.0200	0.0172	240	21
24	0.0500	0.0430	167	18
25	0.0800	0.0689	135	17
26	0.1000	0.0861	127	21
27	0.2000	0.1722	90	20
28	0.5000	0.4304	27	20





รูปที่ 4.4 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งที่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดเมทิลลิน (บีส) อะคริลาไมค์

4.2.2 การศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงชนิดไดไวนิลเบนซิน ที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา

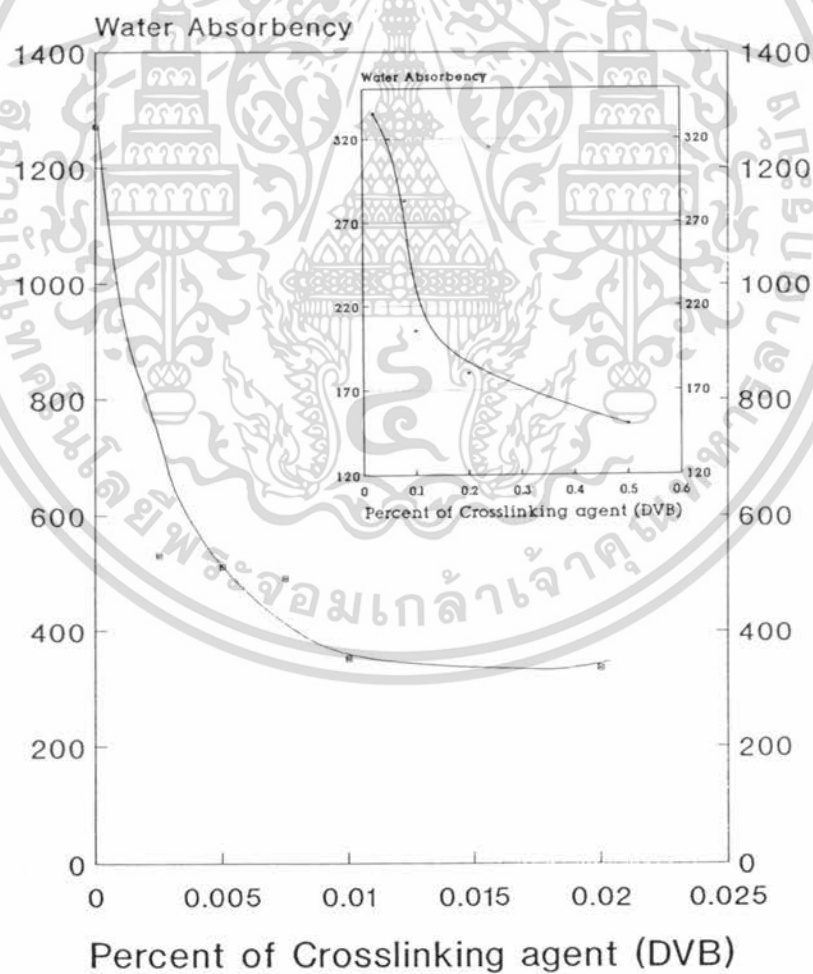
การศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยง ชนิดไดไวนิลเบนซิน ที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5

จากตาราง 4.7 พบว่า เวลาการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณไดไวนิลเบนซิน ทั้งนี้เพราะไดไวนิลเบนซิน มีลักษณะเป็นหยดน้ำมันในน้ำ ทำให้การผสมเข้ากันได้ของระบบไม่ดีจึงมีผลทำให้เวลาการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น สำหรับค่าการดูดซึมน้ำนำข้อมูลจากตาราง 4.7 มาเขียนกราฟได้ดังรูป 4.5 สามารถสรุปผลการใช้ DVB เป็นสารเชื่อมโยง ต่อค่าการดูดซึมน้ำได้เช่นเดียวกับ MBA



ตารางที่ 4.7 แสดงผลปริมาณของไดไวนิลเบนซีนต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา

การทดลอง	% DVB	ปริมาณDVB (ก.)	ค่าการดูดซึมน้ำ (มล./ก.)	เวลาการเกิด ปฏิกิริยา(นาที)
13	0.0000	0.0000	1270	20
29	0.0025	0.0021	530	20
30	0.0050	0.0043	510	22
31	0.0075	0.0064	490	22
32	0.0100	0.0086	350	25
33	0.0200	0.0172	335	27
34	0.0500	0.0430	320	31
35	0.0800	0.0689	283	40
36	0.1000	0.0861	205	42
37	0.2000	0.1722	180	45
38	0.5000	0.4304	150	55



รูปที่ 4.5 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบคอกของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่ใช้สารเชื่อมโยงไดไวนิลเบนซีน

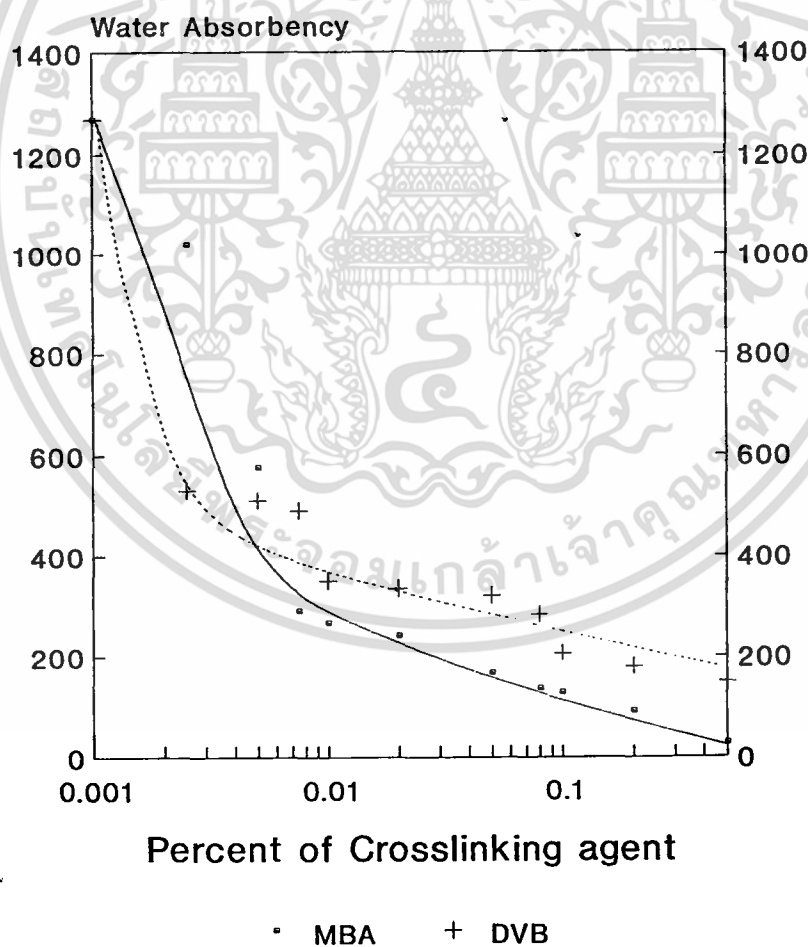
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่มีการตีพิมพ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์



4.2.3 การศึกษาชนิดของสารเชื่อมโยงที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ

จากรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ผลของสารเชื่อมโยง 2 ชนิด คือ MBA และ DVB ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ พบว่า กรณีที่ใช้ MBA เป็นสารเชื่อมโยงในปริมาณ 0.0025-0.0050 % ค่าการดูดซึมน้ำจะมากกว่าการใช้ DVB เป็นสารเชื่อมโยงในปริมาณที่เท่ากัน โดยการพิจารณาจากโครงสร้างของ MBA พบว่ามีหมู่เอไมด์ ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำเมื่อใช้ปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้นค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งที่ใช่ สารเชื่อมโยงชนิด DVB จะให้ค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่า MBA สามารถอธิบายได้ เนื่องจากโครงสร้างที่เกาะเกาะของ DVB จะทำให้ความว่องไวในการทำปฏิกิริยาค่ากว่า MBA ทำให้เกิดการเชื่อมโยงเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ในช่วงที่ใช้ปริมาณสารเชื่อมโยงสูง (มากกว่า 0.005%) เมื่อใช้ MBA มีมากกว่าเมื่อใช้ DVB เป็นสารเชื่อมโยง ดังนั้นจึงทำให้โครงสร้างของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้ MBA อาจมีเปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยงที่สูงกว่าส่งผลให้ความเกาะเกาะของโครงสร้างสูง การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างพอลิเมอร์กับน้ำเป็นไปได้ยากขึ้นจึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำลง



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สาร

เอกสารนี้เป็น เชื่อมโยง ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาหาคุณลักษณะต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็ง กับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยง

ผลการศึกษาคุณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็ง กับ มอนอเมอร์ร่วม ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงชนิด และ ปริมาณสารเชื่อมโยง แสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9 จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่า

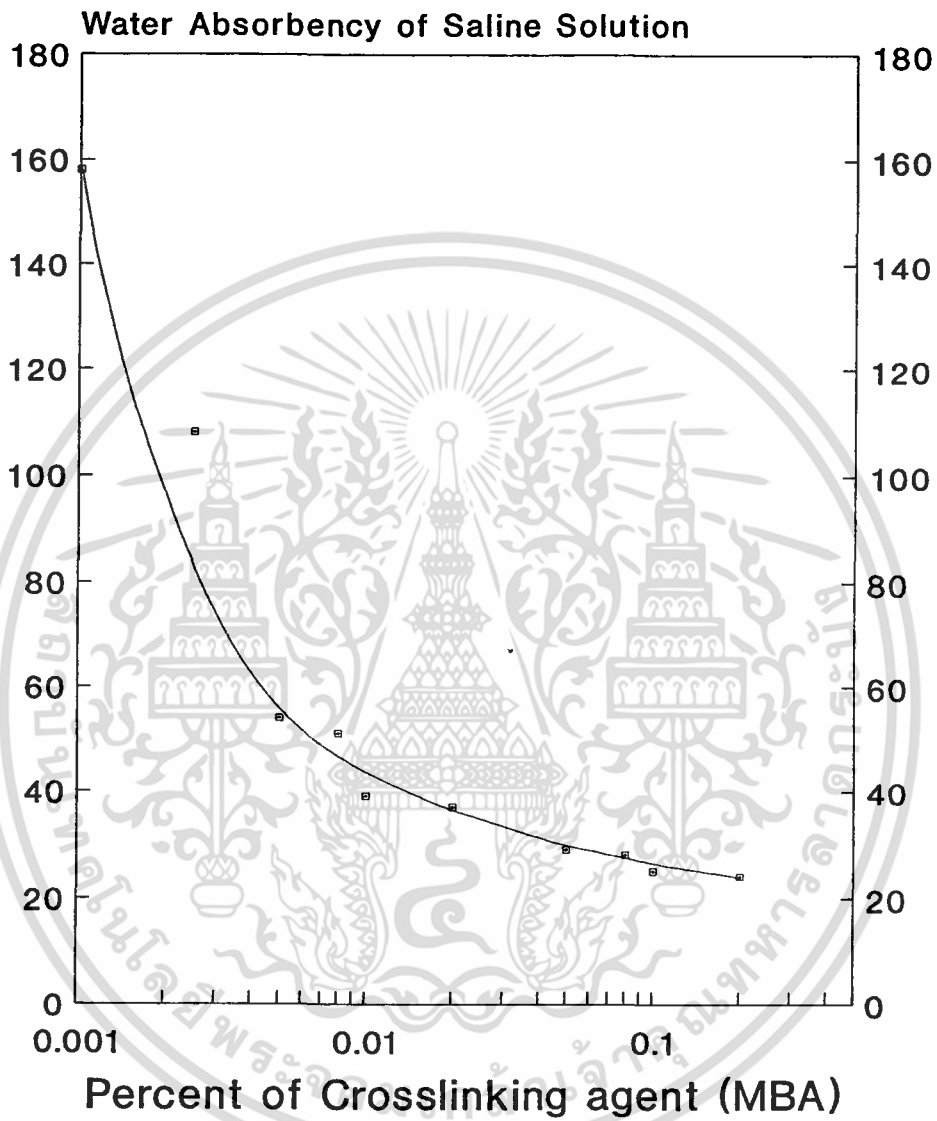
ก) ปริมาณองค์ประกอบของน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็ง กับมอนอเมอร์ร่วม ที่เตรียมได้มีค่าประมาณ 25-35% ซึ่งถือได้ว่ามีน้ำหลงเหลืออยู่น้อย เมื่อเทียบกับขบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบดั้งเดิมที่มีน้ำหลงเหลืออยู่มาก [15] เนื่องจากอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระหว่างการเกิดปฏิกิริยามีค่าสูงประมาณ 100-110 °C น้ำในหม้อปฏิกิริยาสามารถเดือดกลายเป็นไอออกจากหม้อปฏิกิริยาโดยการพาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเกิดปฏิกิริยา พอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นรูปฟรอน และยืดหยุ่นได้

ข) ค่าการดูดซึมน้ำ

ข.1) ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 โมลาร์

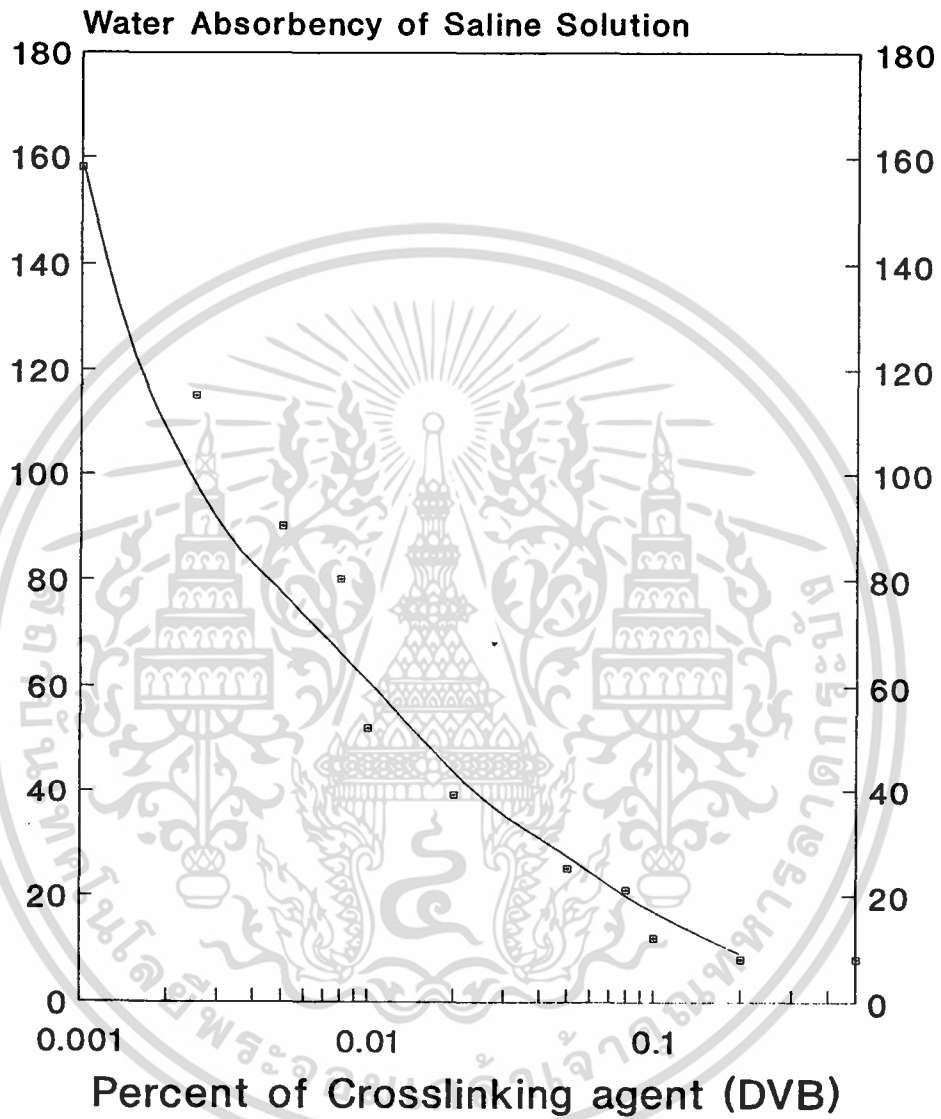
นำข้อมูลจากตาราง 4.8-4.9 มาเขียนกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่าการดูดซึมน้ำในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับการดูดซึมน้ำกลั่น ค่าการดูดซึมน้ำในสารละลายแอมโมเนียมจะมีค่าต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพอลิเมอร์ร่วมมีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (semipermeable membrane) ซึ่งคาร์บอกซิเลตไอออน ($-\text{COO}^-$) และโซเดียมไอออน (Na^+) บนสายโซ่เป็นไอออนที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่ออยู่ในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์อาจเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านพอลิเมอร์ เนื่องจากแรงดันออสโมติกที่เกิดจากความแตกต่างของประจุระหว่างสายโซ่กับสารละลายภายนอก ในกรณีที่เป็นน้ำกลั่น แรงดันออสโมติกมีค่ามากทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านพอลิเมอร์มากกว่าในกรณีที่เป็นสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ซึ่งจะมีแรงดันออสโมติกต่ำกว่า ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำแตกต่างกัน





รูปที่ 4.7 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่มีการใช้สารเชื่อมโยงในสารละลาย แอมโมเนียมคลอไรด์ 1 โมลาร์

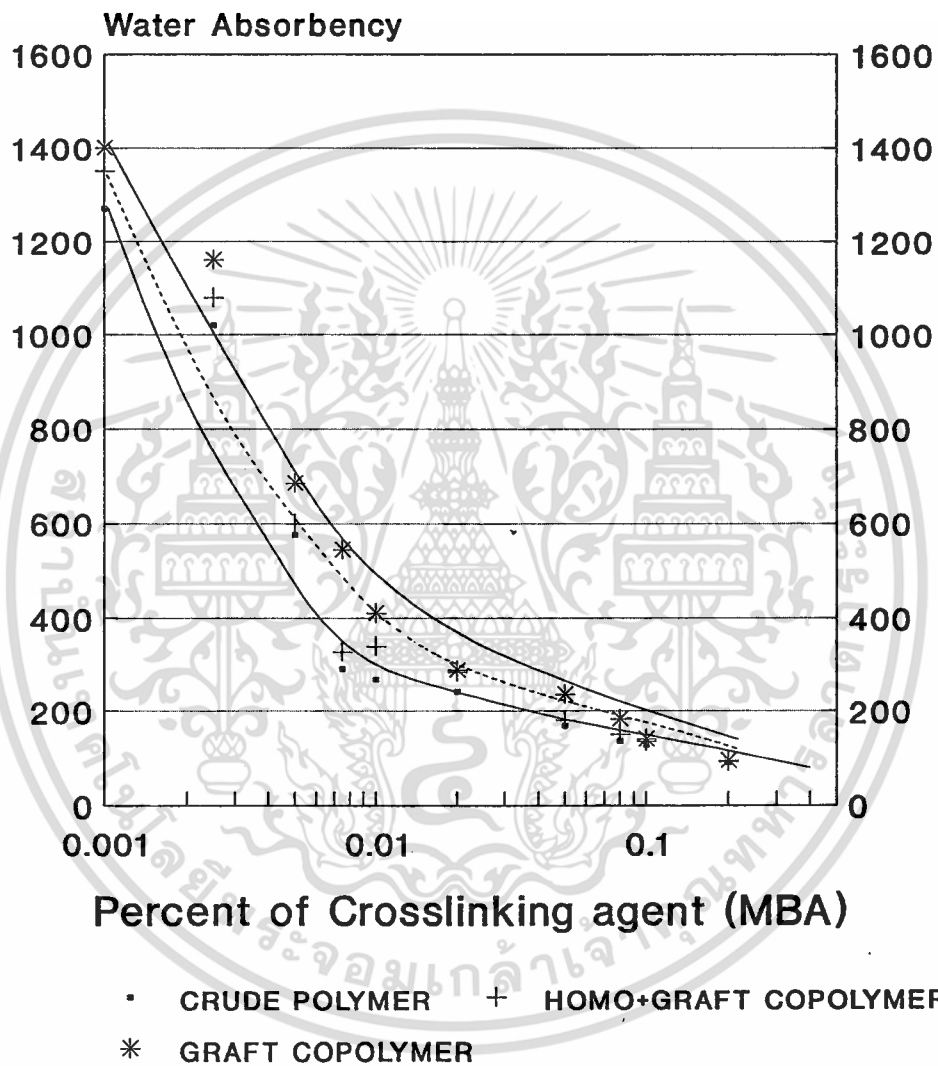




รูปที่ 4.8 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งที่มีการใช้สารเชื่อมโยงในสารละลาย แอมโมเนียมคลอไรด์ 1 โมลาร์

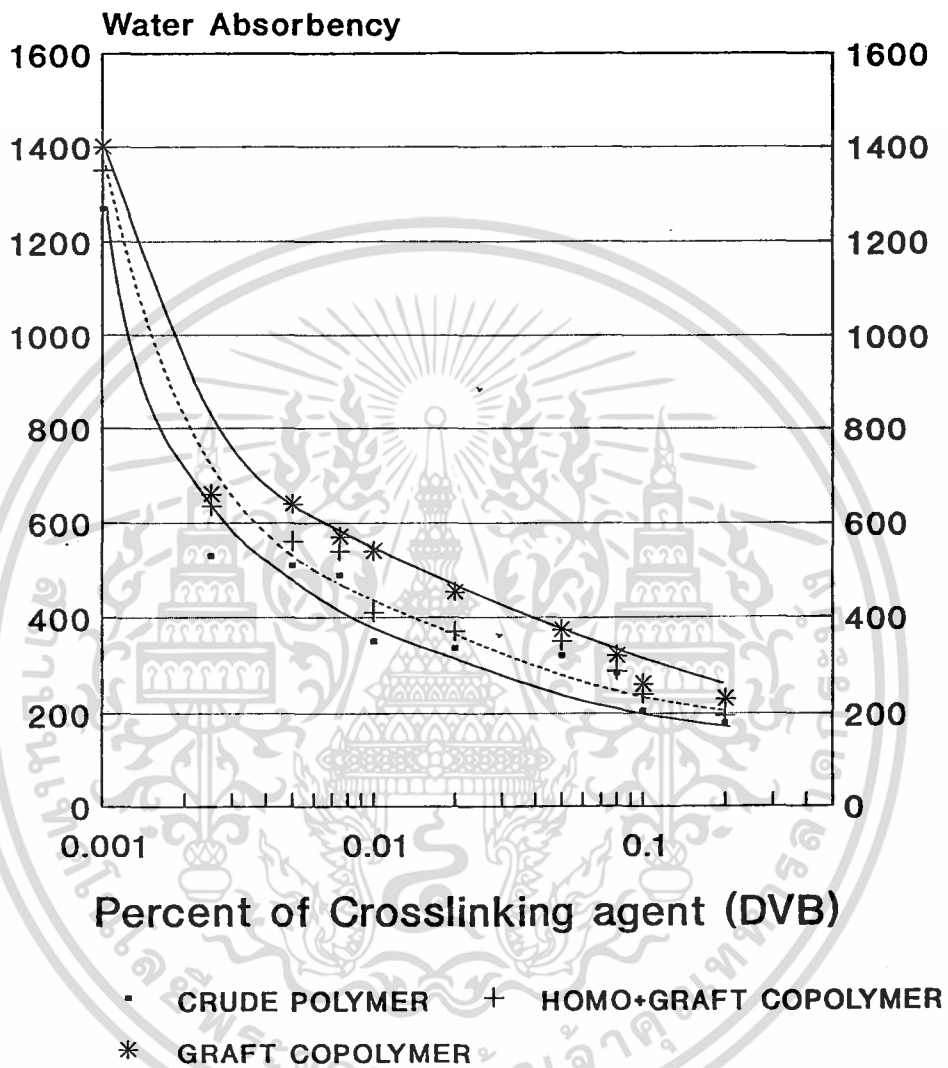


ข.2) ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งหลังสกัดมอนอเมอร์และโฮโมพอลิเมอร์นำข้อมูลจากตารางที่ 4.8 และ 4.9 แสดงกราฟในรูปที่ 4.9, 4.10



รูปที่ 4.9 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยงหลังสกัดมอนอเมอร์และ โฮ โมพอลิเมอร์





รูปที่ 4.10 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยงหลังสกัดมอนอเมอร์และไฮโมพอลิเมอร์



จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งหลัง สกัดมอนอเมอร์แล้วมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ในปฏิกิริยามี คุณสมบัติที่ละลายน้ำ เมื่อกำจัดออกไปทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ ยังสามารถเพิ่มขึ้นได้อีก หลังการกำจัดไฮโดรพอลิเมอร์ออก ทั้งนี้เพราะ ถึงแม้ไฮโดรพอลิเมอร์มี คุณสมบัติในการดูดซึมน้ำแต่โครงสร้างสามารถละลายน้ำได้เมื่อทำการดูดซึมน้ำถึงค่าหนึ่ง ไฮโดรพอลิเมอร์อาจจะละลายไป ดังนั้น หลังการกำจัดไฮโดรพอลิเมอร์จึงส่งผลให้ค่าการดูดน้ำจึงมีค่าสูงขึ้น

ค) การหาปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป

จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่า ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไปมีค่าสูงมาก (เกือบ 100%) เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยา ความเร่งด้วยตนเอง โอกาสที่สายโซ่อนุมูลอิสระในขั้นการเจริญเติบโต (propagation) พบกันยากเนื่องจากความหนืดของปฏิกิริยามีค่าสูง มอนอเมอร์จึงทำปฏิกิริยาได้จนเกือบหมด พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่เตรียม ได้จึงมีมอนอเมอร์หลงเหลืออยู่น้อยมาก

ง) การหาปริมาณไฮโดรพอลิเมอร์

จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าปริมาณไฮโดรพอลิเมอร์ในการศึกษามีค่าประมาณ 0-25% ซึ่งเป็นค่ามากพอประมาณ เนื่องจากระบบที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นระบบที่มีมอนอเมอร์ผสม (อะครีลาไมด์ กวดอะครีลิก และ AMPS) และตัวริเริ่มแบบอนุมูลอิสระ (โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต) ซึ่งเป็นขบวนการพอลิเมอไรเซชันที่อาจเกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (By product) ได้ สาเหตุอาจเกิดขึ้นจากระบบของปฏิกิริยา ได้แก่ ลักษณะโมเลกุล ขนาดของหม้อปฏิกิริยาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันมีค่าสูงถึง 100-105°C จึงยากที่จะควบคุมปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเพื่อไม่ให้เกิดไฮโดรพอลิเมอร์



ตารางที่ 4.8 แสดงผลการศึกษาคูณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์ร่วม โดยใช้สารเชื่อมโยงเมทิลีน(บิส)อะครีลาไมด์

การทดลองที่	%MBA	%WATER CONTENT	%MONOMER CONVERSION	ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ หลังสกัดมอนอเมอร์	ปริมาณไฮโดร พอลิเมอร์	ค่าการดูดซึมน้ำของ GRAFT COPOLYMER	ค่าการดูดซึมน้ำใน SALINE SOLUTION
13	0.0000	33.5	96.40	1350	4.02	1400	158
19	0.0025	27.2	98.85	1080	1.15	1160	108
20	0.0050	29.6	99.18	600	3.72	686	54
21	0.0075	30.5	94.78	327	15.04	543	51
22	0.0100	31.8	97.39	340	1.83	410	39
23	0.0200	29.5	97.42	283	1.20	287	37
24	0.0500	30.7	98.53	180	18.89	235	29
25	0.0800	32.8	99.19	150	9.94	182	28
26	0.1000	25.4	99.84	135	5.97	140	25
27	0.2000	31.5	96.84	92	7.20	95	24
28	0.5000	30.4	95.16	60	12.92	78	17



ตารางที่ 4.9 แสดงผลการศึกษาคูณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม โดยใช้สารเชื่อมโยงไดไวนิลเบนซิล

การทดลองที่	%DVB	%WATER CONTENT	%MONOMER CONVERSION	ค่าการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ หลังสกัดมอนอเมอร์	ปริมาณไฮโดรพอลิเมอร์	ค่าการดูดซับน้ำของ GRAFT COPOLYMER	ค่าการดูดซับน้ำใน SALINE SOLUTION
29	0.0025	34.2	97.01	635	14.50	660	115
30	0.0050	30.5	98.32	560	13.72	640	90
31	0.0075	31.7	96.50	540	15.04	543	51
32	0.0100	28.4	92.04	410	20.92	540	52
33	0.0200	27.2	96.53	370	25.64	454	29
34	0.0500	33.5	94.02	350	8.40	373	25
35	0.0800	25.2	99.08	287	18.30	320	21
36	0.1000	28.5	96.60	240	15.60	260	12
37	0.2000	29.6	99.43	195	15.60	230	8
38	0.5000	32.6	94.73	156	3.70	160	8

จ) อัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้สารเชื่อมโยง แสดงในตารางที่ 4.10-4.12

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วม

การทดลอง	%สารเชื่อมโยง	ค่าการดูดซึมน้ำ (%) เมื่อเทียบกับ 100% ณ เวลาหนึ่ง(วินาที)				
		30 (วินาที)	60 (วินาที)	120 (วินาที)	300 (วินาที)	7200 (วินาที)
13	0.0000	40	54	98	99	100

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้ เมทิลดีน (บีส) อะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมโยง

การทดลอง	%สารเชื่อมโยง MBA	ค่าการดูดซึมน้ำ (%) เมื่อเทียบกับ 100% ณ เวลาหนึ่ง(วินาที)				
		30 (วินาที)	60 (วินาที)	120 (วินาที)	300 (วินาที)	7200 (วินาที)
19	0.0025	30	43	59	79	100
20	0.0050	32	53	61	84	100
21	0.0075	34	58	79	88	100
22	0.0100	40	65	80	89	100
23	0.0200	50	77	85	90	100
24	0.0500	65	89	93	97	100
25	0.0800	67	90	97	100	100
26	0.1000	70	94	100	100	100

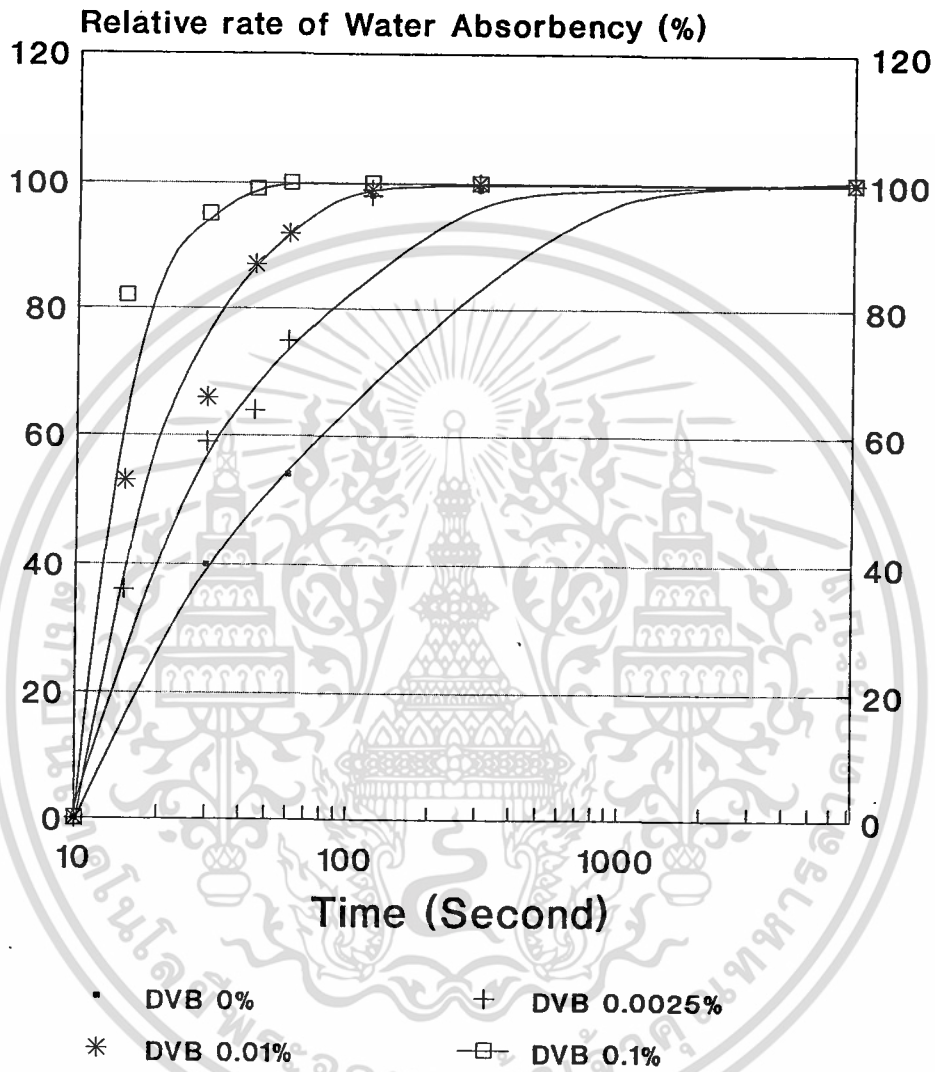


ตารางที่ 4.12 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของเป็งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยใช้ไล
ไวนิลเบนซินเป็นสารเชื่อมโยง

การทดลอง	%สารเชื่อมโยง DVB	ค่าการดูดซึมน้ำ (%) เมื่อเทียบกับ 100% ณ เวลาหนึ่ง(วินาที)				
		30 (วินาที)	60 (วินาที)	120 (วินาที)	300 (วินาที)	7200 (วินาที)
27	0.0025	35	59	64	75	100
28	0.0050	47	64	77	91	100
29	0.0075	51	65	85	92	100
30	0.0100	53	66	87	92	100
31	0.0200	65	75	88	93	100
32	0.0500	69	92	95	98	100
33	0.0800	74	94	98	99	100
34	0.1000	82	95	99	100	100

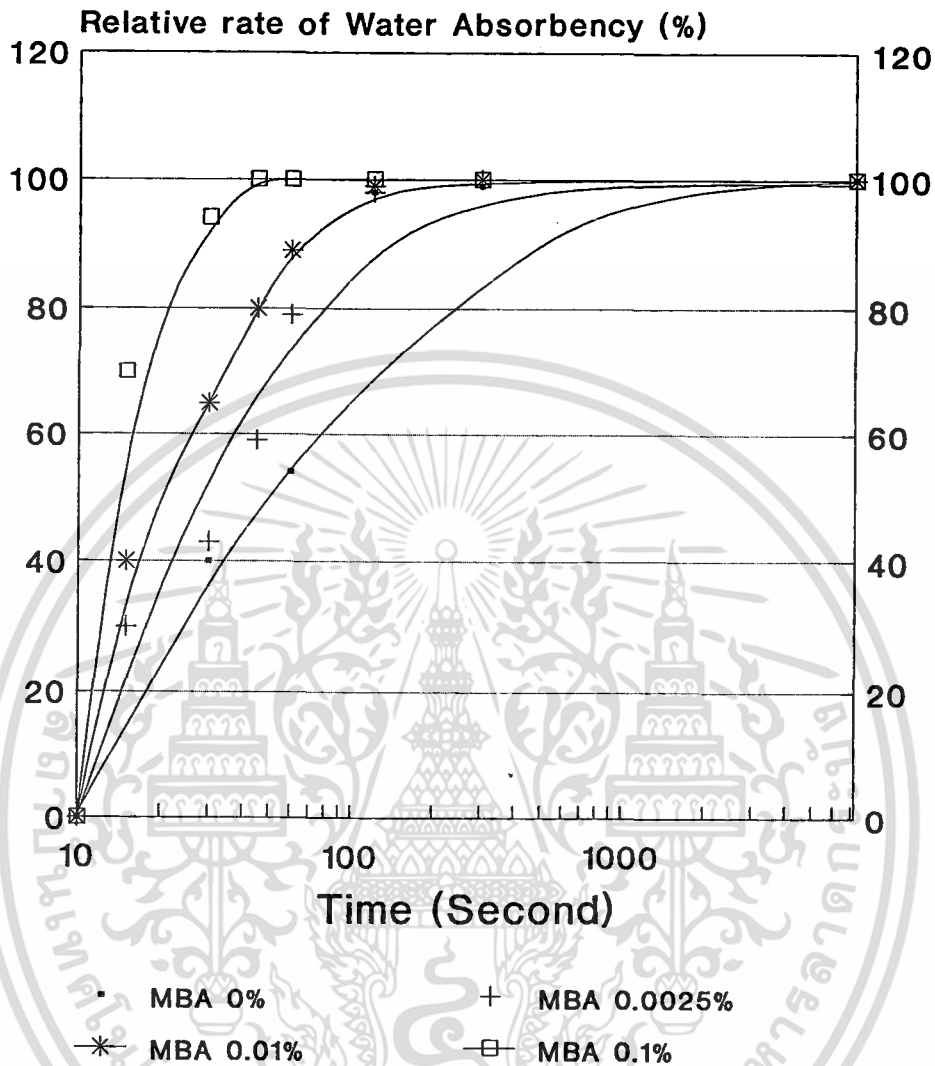
นำข้อมูลจากตารางที่ 4.10-4.12 มาสร้างเป็นกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.11,4.12





รูปที่ 4.11 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยง





รูปที่ 4.12 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารเชื่อมโยงค่าอัตราการดูดน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเข้าสู่ 100% การดูดน้ำได้เร็วขึ้นโดยสามารถอธิบายได้จาก กลไกของการดูดซึมน้ำในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งในกรณีที่พอลิเมอร์มีโครงสร้างปกติ คือไม่มีการใช้สารเชื่อมโยง จะมีการเข้าออกของโมเลกุลน้ำเพื่อไปก่อพันธะไฮโดรเจนอยู่ตลอดเวลา ทำให้โครงสร้างค่อย ๆ ขยายออก แต่สำหรับโครงสร้างที่มีการเชื่อมโยงนั้น จะพบว่า อัตราการเข้าออกของโมเลกุลน้ำทำได้น้อยลง ดังนั้นเมื่อโมเลกุลน้ำเข้าไปในโครงสร้างแล้ว จึงเคลื่อนย้ายออกได้ยาก เนื่องจากความแข็งแรงของโครงสร้างพอลิเมอร์ที่เชื่อมโยงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฉ) การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง กับมอนอเมอร์ร่วม ในการศึกษาหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง กับมอนอเมอร์ร่วมกับชนิดของเกลือ ที่ทำปฏิกิริยากับ กรดอะคริลิก แสดงผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

การทดลองที่	ชนิดเกลือผสมกรด	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
13	NaCO_3	7.66
14	$(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$	5.76

จากการทดลอง ค่าความเป็นกรด-ด่างของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ซึ่งเป็นเกลือแอมโมเนียมของกรดอะคริลิก จะมีความเป็นกรดทั้งนี้ เนื่องจากแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเป็นเบสที่อ่อน เกิดปฏิกิริยากับกรดอะคริลิก ได้ไม่สมบูรณ์ทำให้พอลิเมอร์มีความเป็นกรด เนื่องจาก โปรตอนของกรดอะคริลิก

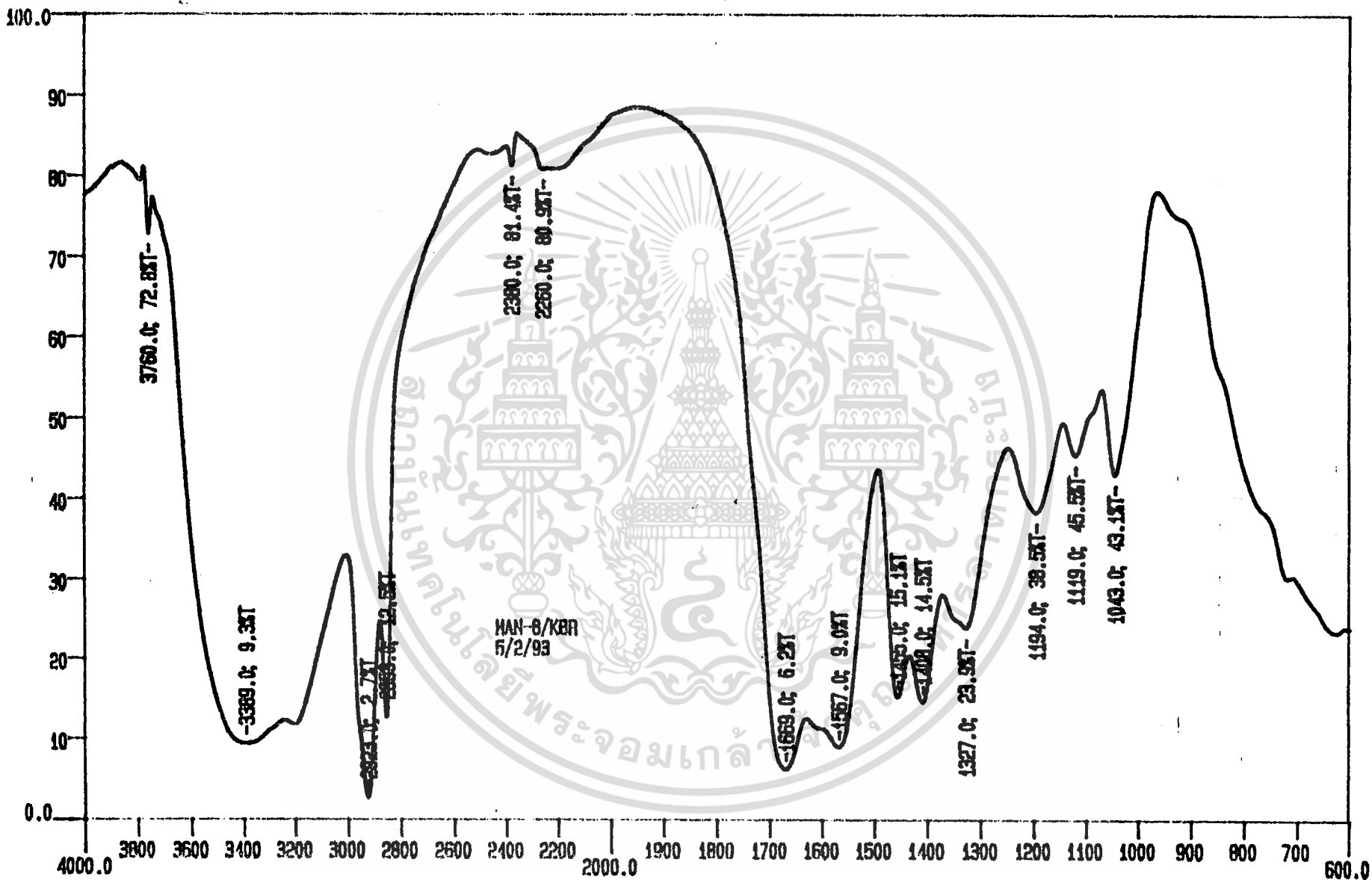
ช) การวิเคราะห์หาค่าความแข็งแรงเจล (Gel Strength)

ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงเจลได้ เนื่องจากไม่มีเครื่อง TGU และ Screen factor ในประเทศไทย

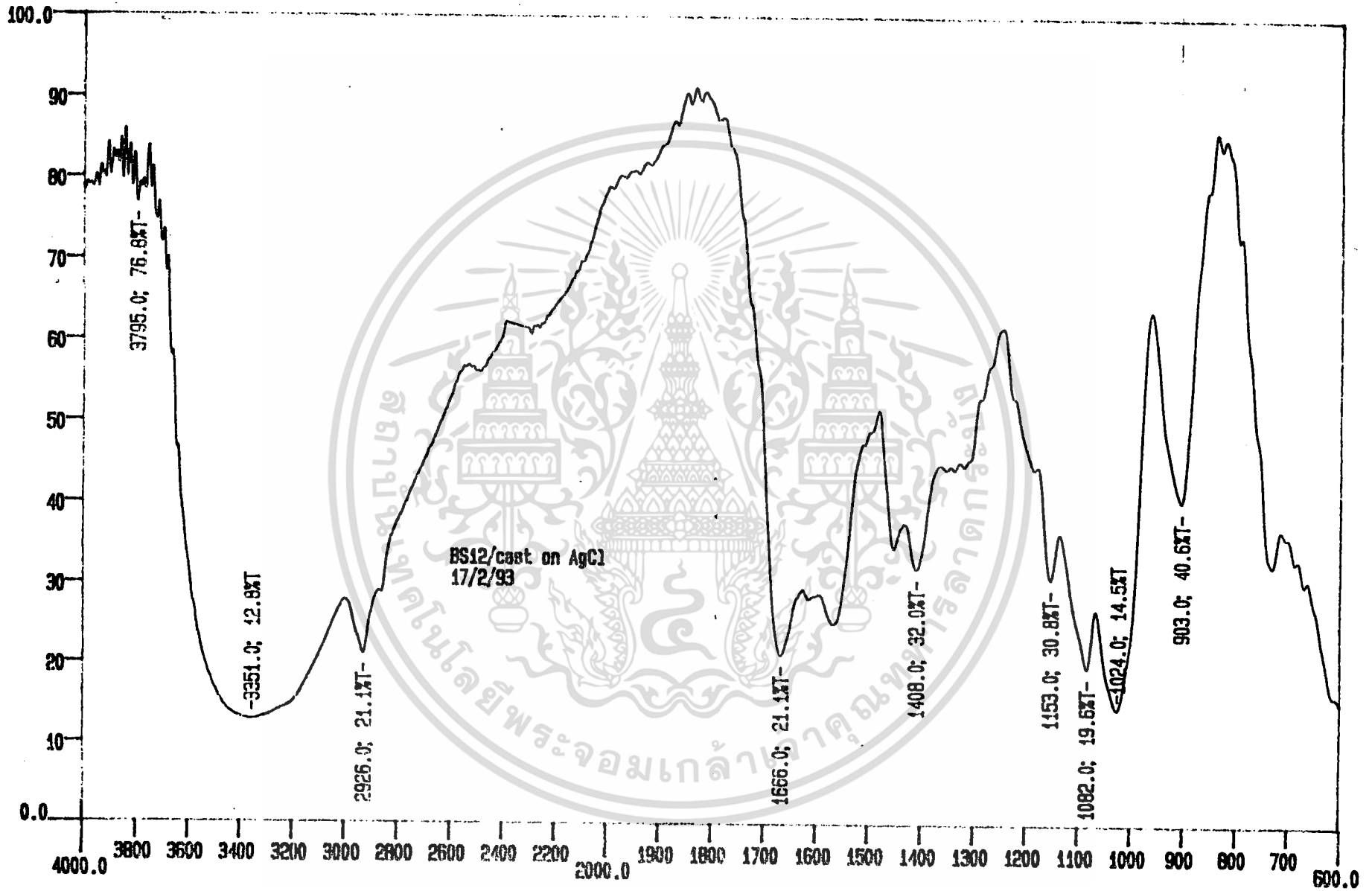
ข) ผลการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรด สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

การวิเคราะห์สเปกตรัมของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม จะแสดงในรูปที่ 4.13 - 4.15 โดยนำข้อมูลจากรูปมาแสดงการเปรียบเทียบในตารางที่ 4.14

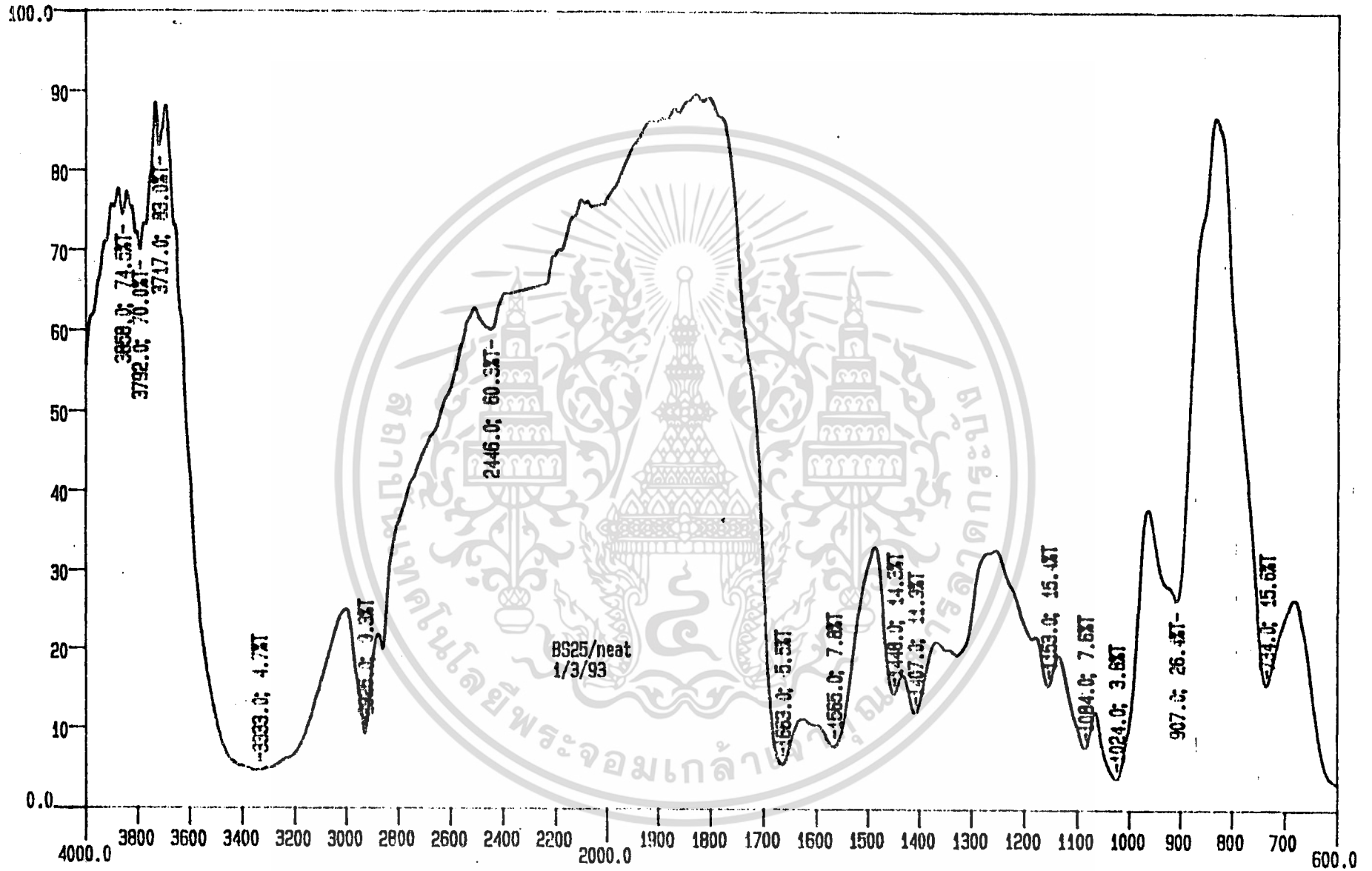




รูปที่ 4.13 แสดงสเปกตรัมของพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแป้งที่วิเคราะห์จากเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 4.14 แสดงสเปกตรัมของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่ใช้เมทิลลิน(ปีส)อะคริลาไมด์เป็นสารเชื่อมโยง



รูปที่ 4.15 แสดงสเปกตรัมของพอลิเมอร์ร่วมแบบคอกของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมที่ใช้ไดไวนิลเบนซีนเป็นสารเชื่อมไข

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

Graft Copolymer ของ Starch+AM+AA		Graft Copolymer ของ Starch+AM+AA+MBA		Graft Copolymer ของ Starch+AM+AA+DVB	
เลขคลื่น(ซม. ⁻¹)	%T	เลขคลื่น(ซม. ⁻¹)	%T	เลขคลื่น(ซม. ⁻¹)	%T
3760	72.8	3795	76.8	3858	74.5
3389	9.3	3351	12.8	3792	70.5
2923	2.7	2926	91.1	3717	83.0
2853	12.5	1666	21.1	3333	4.7
1669	6.2	1408	32.0	2925	9.3
1567	9.0	1153	30.8	2446	60.3
1455	15.1	1082	19.6	1663	5.5
1327	23.9	1024	14.5	1565	7.8
1194	38.5	903	40.6	1448	14.3
1119	45.5			1407	11.9
1043	43.1			1153	15.4
				1084	7.6
				1024	3.8
				907	20.4
				734	15.6

จากการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์ม อินฟราเรด สเปกโตรโฟโตมิเตอร์พบว่าโครงสร้างของพอลิเมอร์ประกอบด้วยหมู่เอมีน (-NH₂) ที่สเปกตรัม 3795-3717 ซม.1) หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่สเปกตรัม(3333-3389 ซม.⁻¹) และหมู่เอไมด์ (-C(=O)-NH₂) และไฮดรอกซี (OH-) จะมีความเข้มข้นสูงจนบดบังพีคใกล้เคียงทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้



ฅ) จากการคำนวณหาปริมาณเกลือแอมโมเนียในพอลิเมอร์ที่ได้จาก แอมโมเนียม ไบคาร์บอเนต แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การทดลองที่	น้ำหนักพอลิเมอร์(กรัม)	ปริมาณHCL(มล.)	ปริมาณNaOH(มล.)
34	0.0476	1.1317	1.588

ฅ 1. การคำนวณหาปริมาณแอมโมเนียในพอลิเมอร์(น้ำหนัก/น้ำหนัก)

เนื่องจาก สารละลาย HCl มีความเข้มข้น 0.107 โมลาร์
 ฉะนั้น สารละลาย HCl ปริมาณ 1.1317 มล.
 จึงมีจำนวน HCl = $\frac{0.107 \times 1.1317}{1000}$ โมล
 $= 1.21 \times 10^{-4}$ โมล

สารละลาย NaOH มีความเข้มข้น 0.098 โมลาร์
 ฉะนั้น สารละลาย NaOH ปริมาณ 1.588 มล.
 จึงมีจำนวน NaOH = $\frac{0.098 \times 1.588}{1000}$ โมล
 $= 1.55 \times 10^{-4}$ โมล

เพราะฉะนั้น จำนวนโมลของเกลือแอมโมเนียในพอลิเมอร์รวมแบบต่อของแข็ง

$$= \text{จำนวนโมล NaOH} - \text{จำนวนโมล HCl}$$

$$= (1.55 \times 10^{-4}) - (1.21 \times 10^{-4})$$

$$= 3.4 \times 10^{-5} \text{ โมล}$$

$$= 6.12 \times 10^{-4} \text{ กรัม}$$

พอลิเมอร์น้ำหนัก 0.0476 กรัม มีเกลือแอมโมเนีย = 6.12×10^{-4} กรัม

$$\text{พอลิเมอร์น้ำหนัก 100 กรัม มีเกลือแอมโมเนีย} = \frac{6.12 \times 10^{-4} \times 100}{0.0476}$$

$$= 1.28 \text{ กรัม}$$



ปริมาณเกลือแอมโมเนียมในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม คิดเป็น 1.28 % โดยน้ำหนัก

ฉ 2. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำปฏิกิริยาของแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต กับกรดอะคริลิก

กรดอะคริลิก เริ่มต้น 28.84 กรัม คิดเป็น 0.412 โมล
 พอลิเมอร์ * 0.04 กรัม มีปริมาณแอมโมเนียม 3.4×10^{-5} โมล
 เพราะฉะนั้น พอลิเมอร์ 100.00 กรัม มีปริมาณแอมโมเนียม 0.071 โมล

ดังนั้น ปริมาณการเกิดเป็นแอมโมเนียมอะคริเลตในพอลิเมอร์คิดเป็น 17.3 % จากการคำนวณหาปริมาณเกลือแอมโมเนียม ในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม พบว่าเกลือแอมโมเนียมมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณสารตั้งต้น ซึ่งคิดเป็น 40 % ของมอนอเมอร์ผสม ดังนั้นจึงทำการสรุปได้ว่า วิธีโพนพอลิเมอร์เซชันไม่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาโดยใช้เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันแบบโพน ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยา

เร็วมาก ซึ่งสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตยังทำปฏิกิริยากับกรดอะคริลิกไม่สมบูรณ์ ทำให้มีปริมาณเกลือแอมโมเนียมอยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยมาก (วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม โดยใช้เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตติดตามได้ในหัวข้อ 5.8)

ญ) จากการวิเคราะห์หาราคาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม พบว่าน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ได้หลังจากการทดลอง จะได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักประมาณ 100 กรัม ราคาของสารตั้งต้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณและราคาสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

สารเคมี	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณที่ใช้	ราคา(บาท)
แป้งละลายน้ำ	700 บาท/ก.ก.	7.10 ก.	4.97
อะครีลาไมด์	50 บาท/ก.ก.	42.64 ก.	2.13
กรดอะคริลิก	30 บาท/ก.ก.	28.84 ก.	0.86
โซเดียมคาร์บอเนต	43 บาท/ก.ก.	21.20 ก.	0.91
โพรพิลีนไกลคอล	400 บาท/มล.	0.20 มล.	0.08
EDTA	1000 บาท/ก.ก.	5.00 มล.	0.28
โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	480 บาท/ก.ก.	0.13 ก.	0.06
AMPS	2400 บาท/ก.ก.	7.10 ก.	17.04
			26.32



จากการแสดงผลการวิเคราะห์ ราคาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม พบว่าราคาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ใช้แป้งละลายน้ำเป็นสายโซ่หลักจะมีราคา ประมาณ 263.20 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ราคาจะสูงขึ้นอีกเล็กน้อยในกรณีที่มีการเติมสารเชื่อมโยง สำหรับการนำมาใช้ทางการเกษตร สมควรที่จะสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อจากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านขบวนการไฮโดรไลซ์ อีกทั้งไม่จำเป็นต้องมีการเติม AMPS ลงไป เนื่องจาก AMPS ที่ใช้มีราคาสูงมาก จะได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่มีคุณภาพการดูดน้ำลดลงเล็กน้อยแต่มีราคา เพียง 45.70 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณและราคาสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร

สารเคมี	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณที่ใช้	ราคา(บาท)
แป้งไฮโดรไลซ์	35 บาท/ก.ก.	7.10 ก.	0.20
อะครีลาไมด์	50 บาท/ก.ก.	42.64 ก.	2.13
กรดอะครีอิก	30 บาท/ก.ก.	28.84 ก.	0.86
โซเดียมคาร์บอเนต	43 บาท/ก.ก.	21.20 ก.	0.91
โพรพิลีนไกลคอล	400 บาท/บจ.	0.20 บจ.	0.08
EDTA	1000 บาท/ก.ก.	5.00 บจ.	0.28
โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	480 บาท/ก.ก.	0.13 ก.	0.06
			4.57



5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

โครงการพิเศษนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยวิธีโพลีพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ดังที่อธิบายในบทที่ 3 และบทที่ 4 ผลการทดลองจากการศึกษาโครงการพิเศษสรุปไว้ในส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 เป็นการเสนอแนะความคิดเห็นสำหรับผู้สนใจเพื่อการศึกษาต่อไป

ส่วนที่ 1 สรุปผลการทดลอง

5.1 การศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา

5.1.1 ปริมาณพอลิเมอร์สายโซ่หลักเมื่อเพิ่มปริมาณสายโซ่หลัก (แบ็งละลายน้ำ)
พบว่าค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง (1160 มล./ก.) แล้วจึงลดลง (920 มล./ก.) เนื่องจากปริมาณสายโซ่หลักในช่วงแรกมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณมอนอเมอร์ผสม สายกราฟของมอนอเมอร์จึงมีความเกะกะสูง ความสามารถในการที่น้ำเกิดพันธะไฮโดรเจนจึงมีค่าต่ำค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของสายโซ่หลักจนถึงค่าหนึ่งคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำจึงลดลง เนื่องจาก ความถี่ของสายกราฟที่พบบนสายโซ่หลักมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณมอนอเมอร์ผสมมีค่าคงที่ ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง

5.1.2 อัตราส่วน [AM]:[AA] เมื่อเพิ่ม [AM] เวลาการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง เนื่องจากอะคริลไมด์มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่ากรดอะคริลิก และผลจากการเพิ่มปริมาณโซ่เดี่ยวคาร์บอนेटซึ่งแบ่งตามปริมาณกรดอะคริลิกที่เพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม [AA] ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง (1160 มล./ก.) แล้วจึงลดลง (940 มล./ก.) เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิเลตในโมเลกุลกรดอะคริลิกสามารถก่พันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ดีกว่าหมู่เอไมด์ ดังนั้นเมื่อเพิ่ม [AA] ค่าการดูดซึมน้ำจึงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วมดูดซึมน้ำมากเกินไปจนไม่สามารถอุ้มน้ำได้ พอลิเมอร์บางส่วนจึงละลายน้ำไป ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง

5.1.3 AMPS ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจาก AMPS มีหมู่ซัลโฟนิลและหมู่ฟังก์ชันประเภทเอไมด์ที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ AMPS ทำให้สารต่างๆในหม้อปฏิกิริยาผสมกันได้ดี เนื่องจาก AMPS มีหมู่ซัลโฟนิลจึงสามารถลดแรงตึงผิวของน้ำได้ ความหนืดของปฏิกิริยาจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลดลง เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

5.1.4 กลี้อของกรดอะคริลิกพบว่า กลี้อโซเดียมอะคริเลตจะให้ค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่ากลี้อแอมโมเนียมอะคริเลต เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตกับกรดอะคริลิกทั้งนี้เพราะแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเป็นเบสที่อ่อนกว่าโซเดียมคาร์บอเนต

พิจารณาจากโครงสร้างแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตมีไฮโดรเจนอยู่ในโครงสร้างจึงสามารถให้ไฮโดรเจน (Protonate) กับน้ำซึ่งเป็นตัวกลางได้ การเกิดปฏิกิริยาจึงดำเนินไปได้ช้ากว่าโซเดียมคาร์บอเนต ในขณะที่ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะเกิดหลังจากเติมตัวริเริ่มไม่นาน ทำให้มีกรดอะคริลิกเหลืออยู่ในระบบค่าการดูดซึมน้ำจึงมีค่าต่ำเนื่องจากหมู่คาร์บอเนตยังไม่ถูกทำให้เป็นกลาง เวลาการเกิดปฏิกิริยาของกลี้อทั้งสองชนิดสามารถอธิบายได้โดย ความสามารถในการละลาย [30]

NH_4HCO_3 มีความสามารถในการละลาย 18.4 ก. ต่อน้ำ 100 มล.ที่ 15-20 °ซ

NaCO_3 มีความสามารถในการละลาย 7.1 ก. ต่อน้ำ 100 มล.ที่ 15-20 °ซ

ทำให้ความหนืดในปฏิกิริยาที่ใช้โซเดียมคาร์บอเนตสูงกว่าเวลาการเกิดปฏิกิริยาจึงน้อยกว่าปฏิกิริยาที่ใช้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต

5.1.5 ชนิดพอลิเมอร์สายโซ่หลักพบว่าเมื่อใช้อัตราส่วน [AM]:[AA] เป็น 6:4 ปริมาณสายโซ่หลัก 10 เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักมอนอเมอร์ผสมการใช้พอลิเมอร์สายโซ่หลักเป็นแบ่งละลายน้ำ จะให้ค่าการดูดซึมน้ำที่สูงสุดโดยเทียบกับแป้งมันสำปะหลัง แป้งไฮโดรไลซ์ คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส และเซลลูโลส จึงสรุปได้ว่าแป้งละลายน้ำ เหมาะสมในการสังเคราะห์ในสภาวะการทดลองนี้

5.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา

5.2.1 สารเชื่อมโยงเมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์พบว่าเวลาการเกิดปฏิกิริยามีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือว่าไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากปริมาณสารเชื่อมโยงมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักทั้งหมดและค่าการดูดซึมน้ำจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ MBA เนื่องจากการใช้สารเชื่อมโยงจะทำให้โมเลกุลมีความแข็งแรงของโครงสร้างสูงมีการเกี่ยวพันของโครงสร้างใน 3 มิติ ทำให้โมเลกุลของน้ำผ่านเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนยากขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณสารเชื่อมโยงค่าการดูดซึมน้ำลดลงจนเกือบคงที่เมื่อเทียบกับปริมาณที่ใช้ในข้างต้น ทั้งนี้เนื่องจากการเกี่ยวพันของโครงสร้างมีความหนาแน่นสูงทำให้ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของ MBA ลดลง

5.2.2 สารเชื่อมโยงไดไวนิลเบนซีนพบว่าเวลาการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณไดไวนิลเบนซีน ทั้งนี้เพราะ DVB มีลักษณะคล้ายหยดน้ำมัน เมื่อเติมลงในปฏิกิริยาจะทำให้ความหนืดของปฏิกิริยาดำลงจึงมีผลทำให้เวลาการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น สำหรับผลของไดไวนิลเบนซีนที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ อาจสรุปได้เช่นเดียวกับการใช้สารเชื่อมโยงเมทิลลีน(บีส)อะคริลาไมด์ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงต่ำกว่าของ MBA ทำให้โครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ใช้ MBA เป็นสารเชื่อมโยงมีปริมาณการเชื่อมโยงที่สูงกว่า DVB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



มากค่าการดูดซึมน้ำจึงมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งที่ใช้ DVB เป็นสารเชื่อมโยง

5.3 การศึกษาหาคุณลักษณะต่างๆของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่มีการใช้สารเชื่อมโยง

5.3.1 ปริมาณองค์ประกอบของน้ำ ในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมมีค่าต่ำประมาณ 25-35 % ทำให้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่เตรียมได้มีน้ำหลงเหลืออยู่น้อยมาก จึงง่ายต่อการอบแห้ง

5.3.2 ค่าการดูดซึมน้ำ พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์จะมีค่าลดลงเมื่ออยู่ในน้ำที่มีโมเลกุลของไอออนอยู่ (จากการทดลองที่ 4.3 ข้อ ข.) เนื่องจากผลของแรงดันออสโมติกมีค่าลดลง การซึมผ่านของน้ำจึงลดลง สำหรับพอลิเมอร์แบบต่อที่ผ่านการสกัดมอนอเมอร์จะได้ค่าการดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมอนอเมอร์ที่สกัดออกไม่มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำและค่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อมีการสกัดไฮโมพอลิเมอร์ออก ทั้งนี้เพราะไฮโมพอลิเมอร์มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำแต่ไม่มีโครงสร้างที่จะยึดโมเลกุลน้ำให้เป็นเจล

5.3.3 ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป มีค่าเกือบ 100 % เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเอง

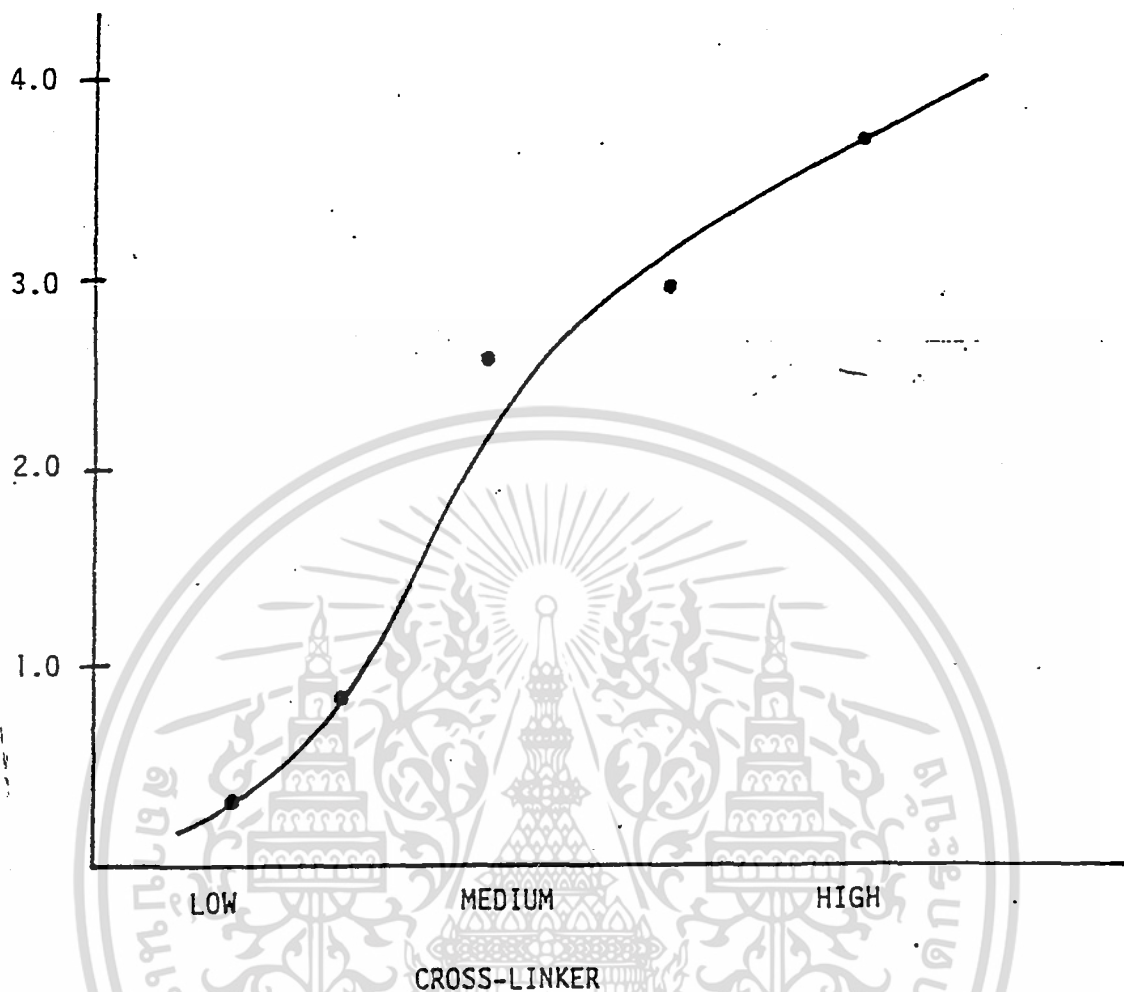
5.3.4 ปริมาณไฮโมพอลิเมอร์ ในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมมีค่าประมาณ 0-25 % ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากการใช้ตัวริเริ่มแบบอนุมูลอิสระ

5.3.5 อัตราการดูดซึมน้ำ จะมีการเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้สารเชื่อมโยงเนื่องจากสารเชื่อมโยงทำให้โมเลกุลมีความแข็งแรงในโครงสร้างสูงขึ้น ทำให้อัตราการเข้าออกของน้ำเพื่อก่อพันธะไฮโดรเจนลดลง ดังนั้น เมื่อโมเลกุลน้ำเข้าไปในโครงสร้างแล้วจึงเคลื่อนย้ายออกได้ยาก

5.3.6 ค่าความแข็งแรงเจล เนื่องจากไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับเครื่อง TGU ในประเทศไทย จึงไม่สามารถทำการทดสอบได้ แต่สามารถทำการสรุปได้โดยข้อมูลจากการวิจัยในต่างประเทศ ได้ดังนี้ [31]

พบว่าค่าความแข็งแรงเจลจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารเชื่อมโยง โดยเมื่อเพิ่มปริมาณสารเชื่อมโยง จะทำให้ค่าความแข็งแรงเป็นเจล ดังแสดงในรูปที่ 5.1





รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารเชื่อมโยงกับค่าความแข็งแรงเจล พบว่า พอลิเมอร์ที่ได้จากการใช้เกลือแอมโมเนียมไบคาร์

5.3.7 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์แบบต่อของแข็งจากสเปกตรัม โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด สเปกโตโฟโตมิเตอร์

จากการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ พบว่า พอลิเมอร์ประกอบด้วยหมู่ เอไมด์ ($-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{NH}_2$) 1669-1663 cm^{-1} หมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) 3333-3389 cm^{-1} และเอมีน ($-\text{NH}_2$) 3795-3717 cm^{-1} เป็นโครงสร้างหลัก แต่ทั้งนี้การวิเคราะห์สเปกตรัมโดยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ไม่สามารถวิเคราะห์ของความแตกต่างของพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงได้ เนื่องจากความเข้มของพีคเอไมด์ ($-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{NH}_2$) และไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) มีความเข้มสูงทำให้เกิดการบดบังพีคใกล้เคียงทำให้เห็นได้ไม่ชัดเจน การวิเคราะห์ความแตกต่างของโครงสร้างโดยละเอียดอาจทำได้โดยการใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีโดยนำพอลิเมอร์มาวิเคราะห์ด้วยขบวนการไพโรไลซิส

5.4 การวิเคราะห์คุณลักษณะของพอลิเมอร์ที่ได้จากเกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต

5.4.1 ค่าความเป็นกรดต่างพบว่าพอลิเมอร์ที่ได้จากการใช้เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตจะมีสภาพเป็นกรด เนื่องจาก การทำให้เป็นกลางของกรดอะคริลิกเกิดไม่สมบูรณ์ จึงมีโปรตอนอยู่ในสายโซ่

5.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเกลือแอมโมเนียม พบว่ามีน้อยมาก (1.28 %) เมื่อเทียบกับน้ำหนักของแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตที่ใช้ในการทดลอง จึงเป็นการยืนยันการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ของแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตกับกรดอะคริลิกได้เป็นอย่างดี

5.5 การวิเคราะห์หาราคาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

จากการคำนวณพบว่า ราคาของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อมีราคาประมาณ 263.20 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับการนำมาใช้ทางการเกษตร สมควรที่จะสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อจากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านขบวนการไฮโดรไลซ์ อีกทั้งไม่จำเป็นต้องมีการเติม AMPS ลงไป เนื่องจาก AMPS มีราคาสูงมาก (2400 บาทต่อกิโลกรัม) พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งไฮโดรไลซ์จะมีค่าการดูดซึมน้ำลดลงเล็กน้อย (1040 มล./ก.) แต่มีราคาเพียง 45.70 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับการใส่สารเชื่อมโยงมีผลต่อราคาเพียงเล็กน้อยเนื่องจากใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อย

5.6 ข้อดีและข้อเสียของการใช้สารเชื่อมโยงในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำ

ข้อดี	ข้อเสีย
ก. ช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการคงสภาพเป็นเจล เหมาะสมแก่การนำไปใช้ทางการเกษตรกรรม ข. ทำให้มีความคงทนต่อแรงที่กระทำจากภายนอก เช่น นำไปใช้ในการฉีดเมื่อใช้งาน ค. เพิ่มอัตราการดูดซึมน้ำให้เร็วขึ้น	ก. ค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ข. สารเชื่อมโยงชนิด มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยา ค. ไม่สามารถคำนวณขนาดหม้อปฏิกิริยาได้ เนื่องจากโครงสร้างมีการขยายตัวประมาณ 10-20 เท่า ของขนาดปกติ
ง. พอลิเมอร์ที่ได้จะมีโครงสร้างที่มีความโปร่ง การตัดเป็นชิ้นเล็กจะทำได้ง่าย	



5.7 การเสนอกลไกการเกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลของแป้งและมอนอเมอร์ร่วมกลไกการเชื่อมโยง

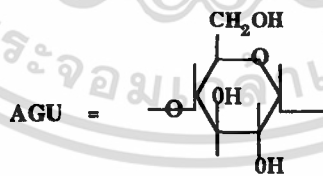
1) อนุมูลอิสระที่กำลังเจริญเติบโตทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของสารเชื่อมโยง



2) เกิดปฏิกิริยาทำหน้าระหว่างอนุมูลอิสระที่ทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของสารเชื่อมโยงแล้ว (A,B) กับมอนอเมอร์ร่วม



3) เกิดปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระที่ทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของสารเชื่อมโยงแล้ว (A,B) กับแป้ง



4) อนุมูลอิสระ A-F เกิดปฏิกิริยาสิ้นสุดแบบ

4.1 Combination

4.2 Disproportionation

4.3 Transfer Reaction



ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการเสนอแนะสำหรับผู้สนใจอาจทำการศึกษาในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

5.8 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแ่งโดยใช้

เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต [16]

จากการศึกษาในโครงการพิเศษพบว่า วิธีโฟมพอลิเมอร์ไรเซชันไม่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาโดยใช้เกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (วิเคราะห์จากผลการทดลองที่ 4.3 ข้อ ค) ทั้งนี้เนื่องจาก เวลาการเกิดปฏิกิริยาของวิธีโฟมเกิดในเวลาอันรวดเร็วทำให้การเกิดปฏิกิริยาของเกลือแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตไม่สมบูรณ์สำหรับวิธีที่เหมาะสมควรทำวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลายดังต่อไปนี้

อาจแยกการทดลองเป็น 2 ส่วน โดย

ก) เป็นของผสมของสารละลายแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต กับ กรดอะคริลิก โดยทำภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า 15°C

ข) เป็นของผสมของมอนอเมอร์ สารเชื่อมโยง ตัวย่ำยไซ โดยทำการละลายที่อุณหภูมิ 40°C จากนั้นจึงเติมสารละลายของตัวริเริ่มลงไป

การพอลิเมอร์ไรเซชันเกิดโดยนำของผสม ก และ ข เข้ามาผสมกันในหม้อปฏิกิริยาซึ่งติดตั้งใบพัดกวนเพื่อให้เกิดการผสมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

5.9 การประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซับน้ำ

เพื่อมาใช้ในการกลั่นน้ำมันดิบ [31]

เนื่องจากมีน้ำมันเป็นจำนวนมากที่เหลืออยู่ในหินกักเก็บน้ำมันดิบใต้ดินที่ได้ผ่านขบวนการกลั่นน้ำมันปฐมภูมิ (primary recovery) และขบวนการกลั่นน้ำมันทุติยภูมิ (secondary recovery) มาแล้ว น้ำมันที่หลงเหลืออยู่เหล่านี้จะถูกแรงฉีดออกมาโดยสารละลายพอลิเมอร์พอลิเมอร์ที่นิยมใช้กันมาก คือ พอลิอะคริลาไมด์ที่ผ่านการไฮโดรไลซิสบางส่วน (partially hydrolysis polyacrylamide) และ แชนเทรน ปัญหาที่พบคือพอลิเมอร์ที่ใช้ไปไม่สามารถทดแทนต่อแรงที่ใช้ในการฉีดทำให้เสียสภาพเป็นเจล

สามารถทำการปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเชื่อมโยงของโมเลกุลพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงจะเพิ่มคุณสมบัติในการทนทานต่อแรงเฉือน (shear stability) และสามารถทำการฉีดได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยง จะแบ่งออกเป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นของการเชื่อมโยงสูง กระจายอยู่ในบริเวณที่มีความหนาแน่นของการเชื่อมโยงต่ำ โดยส่วนที่มีการเชื่อมโยงสูงจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการเป็นเจลและความทนทานต่อแรง ส่วนที่มีความหนาแน่นของการเชื่อมโยงต่ำจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการฉีด



5.10 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไฮโมพอลิเมอร์ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมโดยวิธีโฟมพอลิเมอไรเซชัน

จากการศึกษาในโครงการพิเศษพบปัญหาในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่สำคัญคือการควบคุมปฏิกิริยาให้เกิดโดยสม่ำเสมอจากการทดลองหาปริมาณไฮโมพอลิเมอร์ แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาที่ได้ในแต่ละการทดลองไม่สามารถควบคุมการเกิดปริมาณไฮโมพอลิเมอร์ให้ได้โดยสม่ำเสมอ

อีกทั้งค่าการดูดซึมน้ำที่ได้จากการทดลองในระบบที่มีลักษณะของหม้อปฏิกิริยาที่ต่างกันหรือลักษณะใบพัดที่ต่างกัน อัตราในการกวนต่างกัน จะมีค่าการดูดซึมน้ำต่างกันมากรวมทั้งเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกันออกไปทั้งนี้ทำการควบคุมปฏิกิริยาโดยใช้ปริมาณตั้งต้นในปริมาณสารตั้งต้นในปริมาณที่เท่ากัน ดังนั้นในการศึกษาวิธีโฟมพอลิเมอไรเซชัน โดยละเอียดจึงสมควรได้มีการออกแบบหม้อปฏิกิริยาและลักษณะใบพัดให้มีความเหมาะสมต่อระบบ อีกทั้งสมควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไฮโมพอลิเมอร์รวมทั้งการศึกษาเกี่ยวกับจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาโฟมพอลิเมอไรเซชัน เพื่อเป็นการควบคุมค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ให้มีค่าคงที่



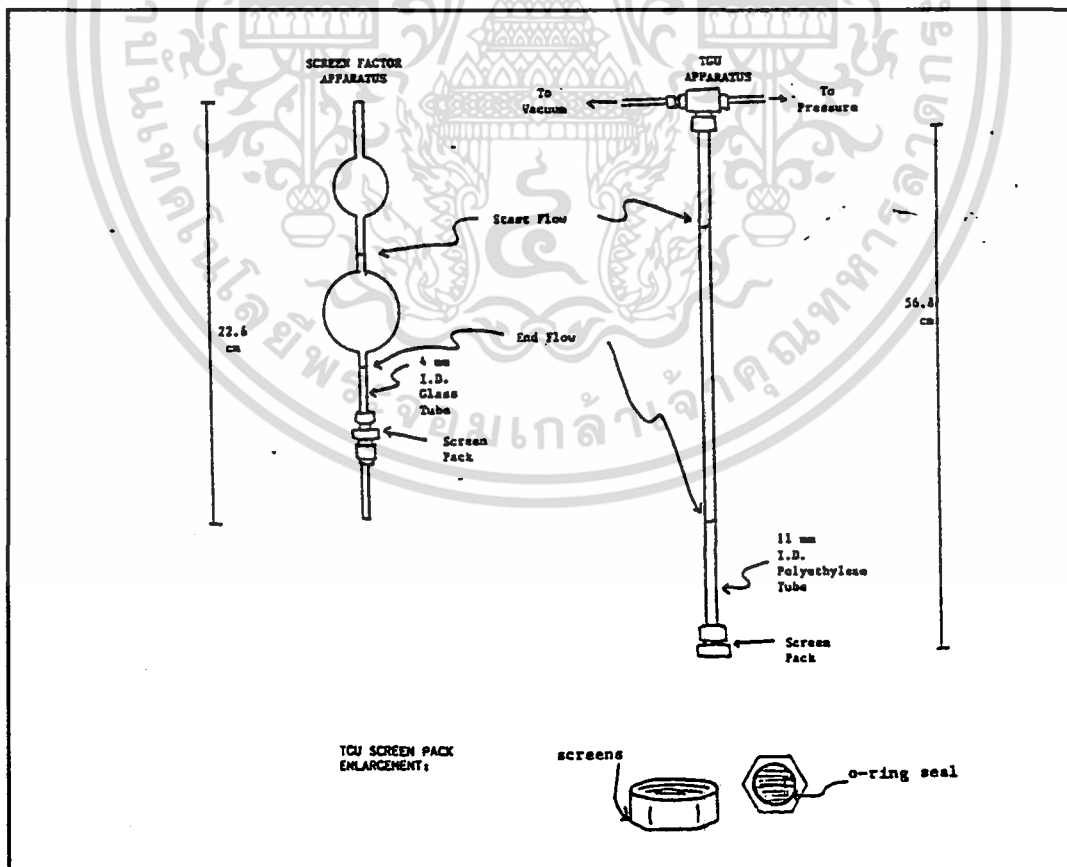


ภาคผนวก

1. ความรู้เกี่ยวกับเครื่อง TGU และ Screenfactor ที่ใช้เพื่อการศึกษาความแข็งแรงในการเป็นเจล (gel strength) ของพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำ [32]

หลักการทำงาน

TGU เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความแข็งแรง ในการเป็นเจลโดยการผ่านสารที่ต้องการวัดผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh โดยใช้แรงดันในการทำให้สารตัวอย่างเคลื่อนที่ ค่าความดันที่ใช้เคลื่อนที่นี้เรียกว่า “ความดันทรานสิชัน” (transition pressure) ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความแข็งแรงในการเป็นเจล เจลทุกชนิดจะมีความดันเฉพาะค่าหนึ่งที่ใช้เปลี่ยนให้เจลในสภาพที่อัดตัว (squeeze) ไปสู่สภาพที่สามารถไหลได้ซึ่งเรียกว่า ความดันทรานสิชัน (transition temperature)



รูป A1.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง TGU และ SCREENFACTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sceenfactor คือ ค่าความต้านทานสัมพัทธ์ในการไหลของพอลิเมอร์ผ่านตัวกลาง ซึ่งเป็นอัตราส่วนของเวลาในการไหลของพอลิเมอร์ (flowtime of polymer) ต่อเวลาในการไหลของน้ำ (flowtime of water) TGU เป็นส่วนที่วัดอัตราไหลของพอลิเมอร์ เจลเทียบกับอัตราการไหลของพอลิเมอร์ปกติโดยค่าที่วัดได้จาก TGU จะบอกถึงความต้านทานการไหลซึ่งจะเพิ่มตามเปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยงการตอบสนองของพอลิเมอร์ที่มีต่อสภาวะในการทดลองจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ก. สภาวะที่ความดันต่ำพอลิเมอร์ส่วนใหญ่จะเกิดการอัดตัว (squeeze) กันมากกว่าที่จะเกิดการไหลผ่านตะแกรงอาจเกิดการไหลของเจลได้แต่ก็อาจเกิดการอุดตันของตะแกรงซึ่งทำให้พอลิเมอร์ไม่สามารถไหลผ่านได้เหตุผลที่เกิดเช่นนี้เพราะแรงระหว่างโมเลกุล (intermolecular force) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดให้พอลิเมอร์คงสภาพเป็นเจลมีค่าสูงกว่าความดันที่ใช้ในการทดลองที่ให้แก่เจล

ข. สภาวะที่ความดันสูงพอลิเมอร์จะเปลี่ยนจากการบีบตัวไปสู่สภาวะที่ไหลได้ซึ่งเจลไหลอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่าอัตราการไหลจะมีค่าแปรตามความดัน

เจลทุกชนิดจะต้องมีความดันเฉพาะค่าหนึ่งที่ใช้เปลี่ยนให้เจลในสภาพที่อัดตัว (squeeze) ไปสู่สภาพที่สามารถไหลได้ ซึ่งเรียกว่า ความดันทรานสิชัน (transition temperature)



2. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติในการดูดน้ำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นผง

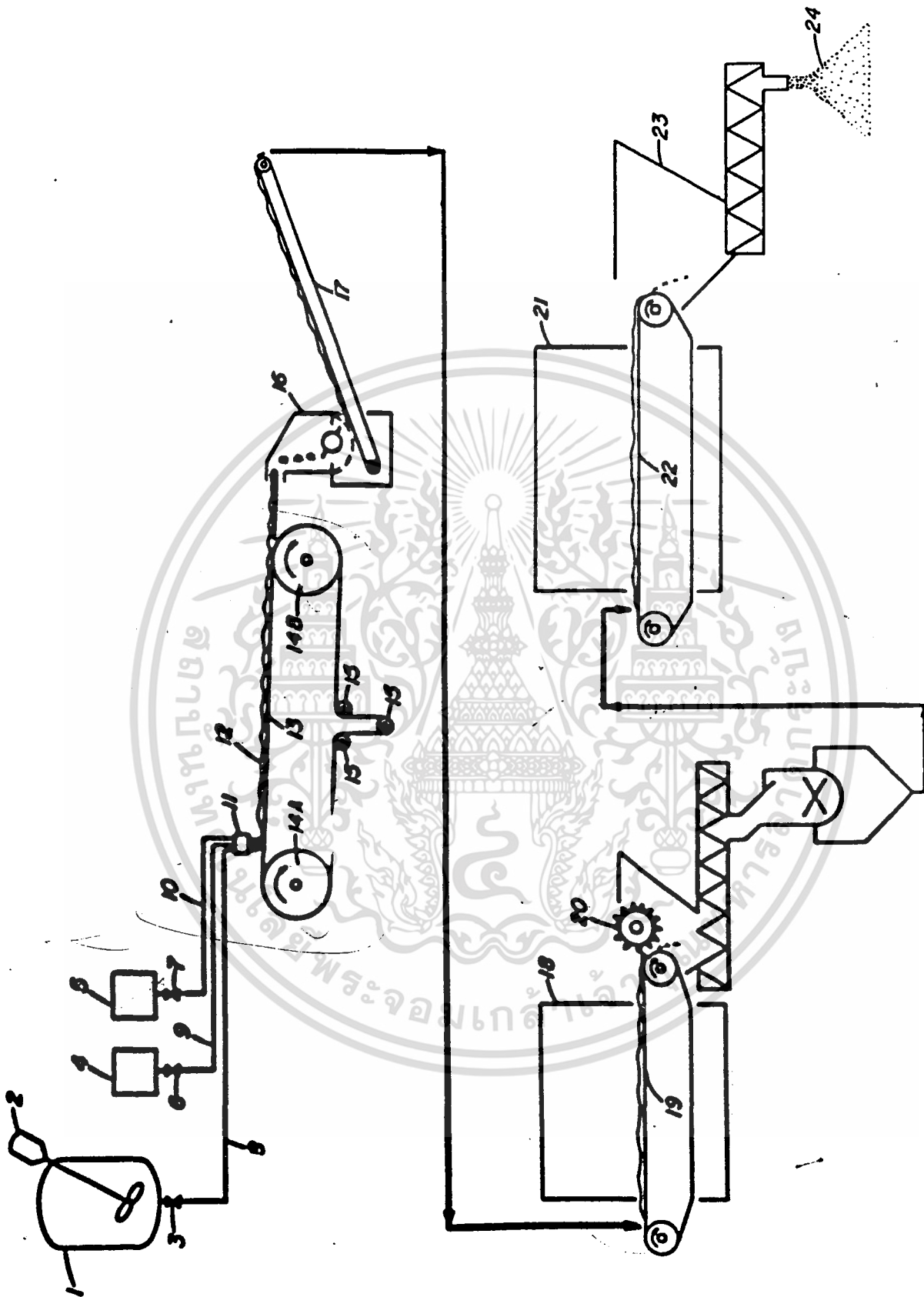
[34]

เนื่องจากเทคนิคในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติในการดูดน้ำโดยวิธีสารละลาย (solution polymerisation) จะมีปัญหาเรื่องความหนืดของพอลิเมอร์จึงได้มีการศึกษาวิธีการเตรียมพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดน้ำให้มีรูปแบบเป็นผง

ขบวนการประกอบด้วย

- 1) สารละลายมอนอเมอร์โดยมีความเข้มข้น 20-50 % (มอนอเมอร์ที่ใช้เป็นพวกอนุพันธ์ของเอทิลีน) เทียบกับน้ำหนักของน้ำรวมกับมอนอเมอร์
- 2) สารละลายของตัวริเริ่ม แยกออกมาต่างหาก
- 3) บริเวณที่เกิดการผสมกันของมอนอเมอร์กับตัวริเริ่ม
- 4) บริเวณที่มีการควบคุมอุณหภูมิในการพอลิเมอร์ไรเซชัน ให้ได้เป็นสารละลายความหนืดสูง
- 5) บริเวณที่มีการนำพอลิเมอร์เจลออกจากระบบ
- 6) บริเวณที่ทำให้พอลิเมอร์เจลเป็นเม็ด
- 7) บริเวณทำให้เม็ดพอลิเมอร์เจลแห้งเป็นบางส่วนให้เหลือน้ำ ประมาณ 20 - 45 % โดยน้ำหนัก
- 8) บริเวณที่ย่อยเม็ดพอลิเมอร์ให้มีขนาดเล็กกลง
- 9) บริเวณที่ทำให้เม็ดพอลิเมอร์มีองค์ประกอบของน้ำน้อยกว่า 15 % โดยน้ำหนัก
- 10) บดให้เป็นผงละเอียด





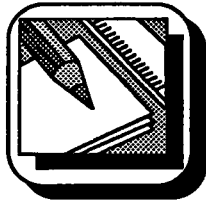
รูปที่ A 4.1 แสดงขบวนการผลิตพอลิเมอร์ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หลักการหม้อปฏิริยา (1) เป็นหม้อที่บรรจุมอนอเมอร์โดยมีใบพัดกวน (2)ซึ่งทำหน้าที่ให้สารละลายผสมกันดีขึ้น อัตราการไหลของมอนอเมอร์ถูกควบคุมโดยวาล์ว (3) ตัวริเริ่มแบบอนุโมลอิสระถูกเก็บในถัง (4,5) อัตราการไหลของระบบถูกควบคุมโดยวาล์ว (6,7) ท่อส่งมอนอเมอร์ (8) และท่อส่งตัวริเริ่ม (9,10) จะฉีดสารมาทำการผสมกันบนสายพาน (13) โดยการทำงานของหัวฉีด (11) ลูกกรอก (14.A,14.B) หมุนทำให้สายพานเคลื่อนที่ สายพานจะเข้าทำให้สามารถเก็บมอนอเมอร์ไว้ในช่องได้ ทั้งนี้ก่อนเริ่มปฏิริยาจะต้องมีการผ่านก๊าซไนโตรเจนของผสมระหว่างมอนอเมอร์ กับตัวริเริ่มจะผ่านเข้าสู่ ขบวนการพอลิเมอไรเซชันด้วยอุณหภูมิ 10°ซ ความเร็วสายพาน 88 วินาทีต่อ 1 ฟุต เวลาที่อยู่ในบริเวณการเกิดปฏิริยา 65 นาทีพอลิเมอร์เจลาจากปฏิริยาพอลิเมอไรเซชันจะถูกส่งมายังเครื่องตัดเม็ด (granulator) (16)เพื่อทำให้พอลิเมอร์กลายเป็นเม็ดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5/16 นิ้วเม็ดพอลิเมอร์จะถูกสำเลียงโดยสายพาน (17) ไปยังตุ๋อบ (18) เม็ดพอลิเมอร์ที่ผ่านขบวนการนี้จะมียังค้ประกอบน้ำเหลือประมาณ 20-45 % โดยน้ำหนัก จะถูกส่งโดยสายพาน (19) ไปยังเครื่องเป่าแห้ง(dryer) (21) ที่มีอุณหภูมิ 85 ๐ ซ ใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง ทำให้มีองค์ประกอบของน้ำเหลือ 8.4 % จากนั้นจะถูกนำมารวมที่ (23) ทำให้กลายเป็นผงและออกมาทาง (24)





เอกสารอ้างอิง

1. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ และ จินดารมภ์ ขวเจริญภักดิ์ “การทำกราฟท์ โทพอลิเมอร์โรเซชันของแป้งมันสำปะหลัง ด้วยรังสีเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ สาขาพอลิเมอร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2533
2. Mark; Bikales; Overberger; Menges Encyclopedia of Polymer Science and Engineering vol 1 pp 611-621. A Wiley-Interscience publication John Wiley & Sons New York, Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore, 1985.
3. Wallace, A. and Wallae, G.A. “Soil and Crop Improvement with water-soluble polymer” Soil Technology 3(1990): 1-8.
4. Naoyoshi, J.; Takeo S. and Nishinomiya, S.K. “Method for Promoting Growth of Plants with Cationic Polymers” U.S. Pat. 4,164,413 Aug. 14, 1979.
5. เร่ม บูรณฤกษ์ “การเลือกใช้ปุ๋ย” หนังสือพิมพ์กสิกร 23(6) 1493 : 481-487.
6. Dang, V. “Synthesis of Chitosan and Its Use as Plant Growth Regulator” Polymer Research Center, Nghia Do-Tuleem-Hanoi, Vietnam, 1991.
7. สมาน พาณิชย์พงศ์ “การใช้เซลลูโลสจากของเหลือในการลดการกัดกร่อนของดิน” วารสารพัฒนาที่ดิน 15(159) ส.ค. 2521: 26-28.
8. Worzburg, O.B. Modified Starches: Properties and Uses pp. 4-11, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1987.
9. Mark; Bikales; Overberger; Menges Encyclopedia of Polymer Science and Engineering vol 17 pp 730-784. A Wiley-Interscience publication John Wiley & Sons New York, Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore, 1985.
10. McCormick, C.L. and Lee, S.P. “Water Soluble Copolymer. [1] Dextran-g-Polyacrylamide by Fe(II)/H₂O₂ Initiator and Characterisation by Aqueous Size Exclusion Chromatography. “J. Appl. Polym. Sci. 26(1981): 1705-1706.
11. McCormick, C.L. and Lee, S.P. “Water Soluble Copolymer. [1] Dextran-g-Polyacrylamide Control of Grafting Sites and Molecular Weight by Ce(IV)-Induced Initiation in Homogeneous Solutions. “J. Polym. Sci. Chem. Ed. 19(1981) : 2219-2230.



12. Okieimen, F.E.; Akumah, J.E. and Egharevba, F. "Studies on the Grafting of Acrylic Acid on Starch" *Eur. Polym. J.* 25(4). (1989) :423-426.
13. Reyes, Z. and Russell, C.R. U.S. Pat. 3,518,176 May 13, 1979.
14. Zhao, X. and Juchan, L. "Structure Characterization on Hydrolyzed Product of Graft Copolymer of Acrylonitrile onto Starch" *Makromol. Chem.* 179 (1978): 295.
15. กมล วัฒนฉญา และ สามารถ กนกพิทยานนท์ "โคพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ: การศึกษาวิธีการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์แบบใหม่ในระดับห้องทดลอง" *วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิตภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
16. Mitsubichi Petrochemical Comp.Ltd."Process for Producing Highly Absorptive Polymer" E.P.Pat.0,280,541 Aug.31,1989.
17. Kichi, I. and Takachi, S. "Process for the Preparation of Water Absorptive Composite Material" U.S.Pat. 4,212,784 Apr.19,1988.
18. ดร.ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ เคมีพอลิเมอร์พื้นฐาน หน้า 198-200 สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
19. Phillips, G.K. U.S.Pat. 4,212,784 1979.
20. Hidetoshi, S. "Production of Polyacrylic Acid Metallic Salt" JP.Pat. 02,153,905 1990
21. Guangzhov, S. "Swelling Capacity of the Cage Polycarboxylate Resin" *Lizi Jischnu Yu Xifu* , 1990.
22. Zhang, Z. "Preparation of Polyacrylamide Hydrogels with High Water Retention by Radiation Technique and Hydrolysis Super-Water Absorbent" *Fushi Yanjiu Yu Fushe Gongyi Xuebo* 2(2).1984:1-5.
23. Chiao, Wenb, Iovine, Carmine, P. "Base-catalyzed low Temperature Self-Crosslinking Polymer" U.S.Pat. 0,356,242 Feb.10,1987.
24. Zhang, L. "Polymerisation Process and Product" E.P.Pat. 0,356,242 Feb.28,1990.
25. Hunkeler, D. "Mechanism and Kinetic of the Persulfate Initiated Polymerisation of Acrylamide" *Macromolacules.* 24(1991):2163
26. Mervin, F. and John, J. "Thickened Friction reducer for Water-Base Oil Treating Fluids" U.S.Pat. 3,442,802 May.6,1969.
27. Feng, X. Guo, X. and Qui, K. "Studies on the Initiation Mechanism of Persulfate/Aliphatic Secondary Amine in Vinyl Polymerisation" *Poly.Bull.* 19(1987):19.



28. Gerreld,R. and Joseph,F. "Process for Preparing a Fomed Solution of Polyacrylamide Employing O₂ and Produced thereby" U.S.Pat.3,090,767 May.21,1963.

27. Feng,X. Guo,X. and Qui,K. "Studies on the Initiation Mechanism of Persulfate/Aliphatic Secondary Amine in Vinyl Polymerisation" Poly.Bull. 19(1987):19.

28. Gerreld,R. and Joseph,F. "Process for Preparing a Fomed Solution of Polyacrylamide Employing O₂ and Produced thereby" U.S.Pat.3,090,767 May.21,1963.

29. Odian,D. Principle of Polymerisation. 2nd. pp 271-273 ,JohnWiley&sons, Newyork,1981.

30. Comprehensive Inorganic Chemistry vol.1 p.137,vol.2.pp.247.

31. Robert,E. "Performance Factor that Determine Practical Utility of Absorbent Polymer" The Dow Chemical Company Midland ,Michigan.

32. Paul,S. "Polymer for Oil Reservoir Permeability Control" U.S.Pat.4,980,393 Dec.25,1990.

33. Smith,J. "The Transition Pressure :A Quick Method for Quantifying Polyacrylamide Gel Strength" Society of Petroleum Engineers on Oilfield Chemistry in Houston, TX, Feb. 8-10,1989.

34. บิยะ ดวงพัตรา และ ทศนีย์ อัดตะนันท์ "ผลของพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและความทนทานของมะม่วงหิมพานต์ มะม่วง ขางพารา ในพื้นที่เกษตรกรรม" ว.เกษตรศาสตร์(วิทย์.) 26(1):95-102(2535).

35. Paulk,H. "Process for Water- Soluble Synthetic Polymers in Powder Form" U.S.Pat. 4,138,539 Feb.6,1979.OPT 1.50FNn





**ค่าของคนพิสูจน์กันที่ผลงาน...
มิใช่ตัวเลขที่ทุกคนหลงมกมาย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้