

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การผลิตสารที่มีสมบัติดูดซึมน้ำจากน้ำมันส่าปะหลังในเชิงการค้า

ร/พ.
1456 ก
2535

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี.....

นายวิชา สีสันาวีระ
นายอนสร โลหะพันธุกิจ

612549605

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ พ.ศ. 2536 5 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Production of Commercial Water Absorbant from Tapioca Starch



**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

หัวข้อโครงการพิเศษ การผลิตสารที่มีสมบัติดูดซับน้ำจากแอมโมเนียในเชิงการค้า
นักศึกษา นายปริญญา ลีลคนาวีระ
นายอนสร โลหพันธ์กิจ
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษศิริกุล
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้รับโครงการพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต


หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์)

คณะกรรมการ โครงการพิเศษ


ประธานกรรมการ

(ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)


กรรมการ

(อาจารย์นิศมัย ชัยรัตน์อุทัย)


กรรมการ

(ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษศิริกุล)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การผลิตสารที่มีสมบัติดูดซึมน้ำจากแอมโมเนียเหลวในเชิงการค้า
นักศึกษา	นายปริญญา ลีคนาวีระ นายอนุสร โลหะพันธ์กิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วีเศษสิริกุล
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2535

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษา การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอมโมเนียเหลวที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำในระดับโรงงานต้นแบบ โดยการทำให้ปฏิกิริยากราฟท์โพลีเอไมด์ที่เกิดขึ้นระหว่างแอมโมเนียเหลวกับกรดอะคริลิก และอะคริลาไมด์มอนอเมอร์ โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอมโมเนียที่สังเคราะห์ได้ในระดับโรงงานต้นแบบ มีค่าการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อเทียบกับ การสังเคราะห์ในระดับห้องทดลอง เนื่องจากการกระจายตัวของสารเป็นไปได้แก่เห็น และนอกจากนี้ยังมีปัญหาในการนำพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ ซึ่งมีลักษณะคล้ายฟองน้ำแต่มีความเหนียวสูงและมีขนาดใหญ่จากหม้อปฏิกิริยา คาดว่าการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแอมโมเนียเหลวโดยกระบวนการแบบต่อเนื่อง จะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ได้ และจากการทดสอบการไอโครไลซ์แอมโมเนียเหลว พบว่าการไอโครไลซ์แอมโมเนียเหลวที่อัตราการไหล 1 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการไอโครไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title The Commercial Production of Water

Absorbant from Tapioca Starch

Name Mr. Prinya Leelakanswera

Mr. Anusorn Lohaphantakit

Special Project Advisor Asst. Prof. Nipon Wongwisetsirikul

Department Chemistry

Academic Year 1992

This special project is a study of water absorbant graft-co polymer synthesis from starch at pilot scale by graft-co polymerization between tapioca starch with acrylic acid and acrylamide monomer, using potassium persulphate as the graft-co polymer synthesis from tapioca starch at pilot scale has lesser ability of absorption compared to a synthesis at laboratory scale, since the ingredients hardly scatter. The removing of the polymer, having the appearance of a sponge but with a high stickiness and large size, from the reactor is another problem. It is expected that the continuous process of graft-co polymerization will be able to solve these problems. The test of hydrolization of tapioca starch by acid proved that hydrolization by 1 N sulphuric acid at 60 °C within 3 hours is the appropriate condition of hydrolization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.วิพนธ์ วงศ์วีเศษสิริกุล เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยนี้มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ อาจารย์อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และอาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ซึ่งเป็นคณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาทุกคน โดยเฉพาะคุณณัฐวรรณ โพธิ์ทอง คุณปวีณา พานิชย์นิเชษฐ์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำด้านการพิมพ์

พร้อมกันนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ที่ได้อบรมสั่งสอนให้เป็นคนดีและเป็นประโยชน์ต่อสังคม ตลอดจนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา



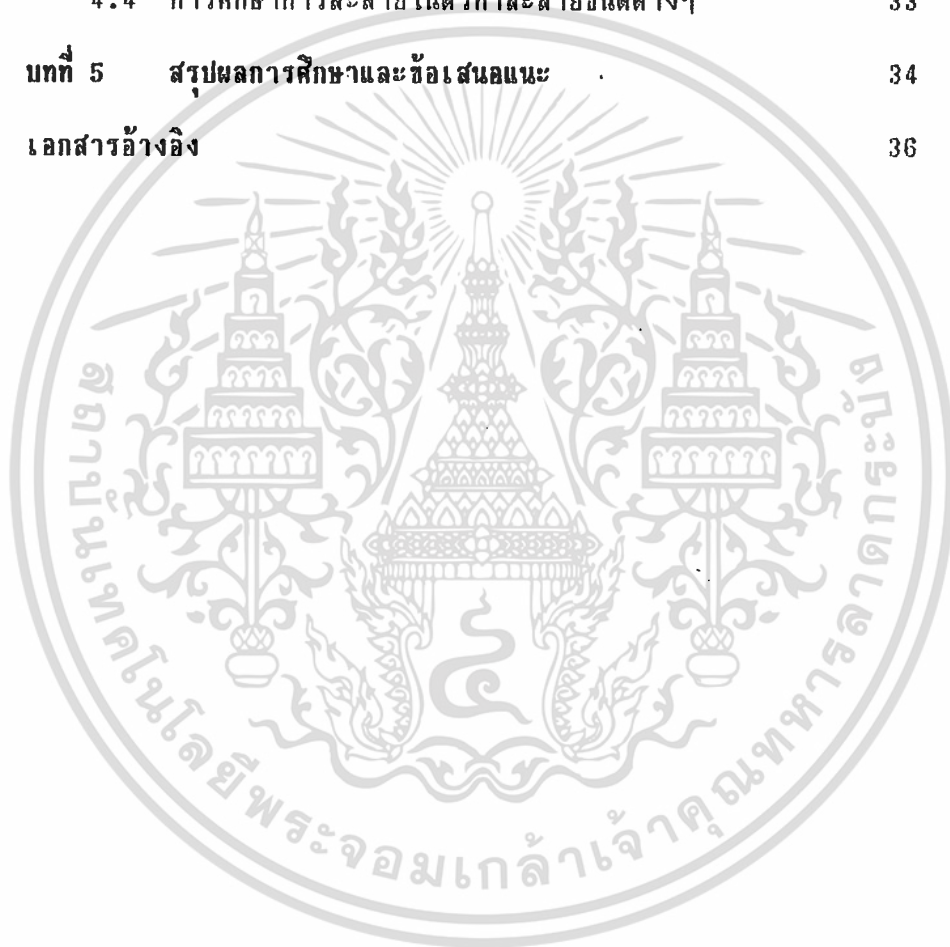
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแป้ง	2
2.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างทางเคมีของแป้ง	3
2.3 การเกิดปฏิกิริยาของแป้ง	4
2.4 การปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งโดยใช้กรด	7
2.5 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งแบบต่อ	7
บทที่ 3 การทดลอง	
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	12
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	13
3.3 การศึกษาการใส่โพลิเมอร์ร่วมแป้งด้วยกรด	17
3.4 การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้ง ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ	18
3.5 การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมของแป้ง	19
3.6 การวัดปริมาณน้ำที่เหลือนอยู่ในพอลิเมอร์เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา	22
3.7 การทดสอบค่าการดูดน้ำที่ความเป็นกรด-ด่างต่างๆ กัน	22
3.8 การทดสอบการละลายในตัวทำละลาย	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4	ผลการวิจัยและวิจารณ์	
4.1	การใช้โครโมโซมแป้งด้วยกรด	23
4.2	การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำที่ความเป็นกรด-ด่างต่างๆ กัน	28
4.3	การศึกษาการขยายปริมาณการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม แบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	30
4.4	การศึกษาการละลายในตัวทำละลายชนิดต่างๆ	33
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	34
	เอกสารอ้างอิง	36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง	20-21
ตารางที่ 4.1.1 แสดงผลของการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก	24
ตารางที่ 4.1.2 แสดงผลของการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟิวริก	25-26
ตารางที่ 4.1.3 แสดงผลของการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไนตริก	27-28
ตารางที่ 4.2 แสดงผลของค่าการดูดน้ำที่ความเข้มข้น-ต่างต่างๆ	29
ตารางที่ 4.3.1 แสดงค่าการดูดซึมน้ำ ออกฤทธิ์ในการเกิดปฏิกิริยา และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา	31
ตารางที่ 4.3.2 แสดงปริมาณน้ำในพอลิเมอร์ร่วมที่สังเคราะห์ได้ และค่าความเป็นกรด-ต่าง เมื่อดูดซึมน้ำ	32
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการละลายในตัวทำละลายชนิดต่างๆ	33

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3-1 แสดงชุดเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการไฮโดรไลส์แป้ง มันสำปะหลังด้วยกรด	14
รูปที่ 3-2 แสดงชุดเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการสังเคราะห์ พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังในระดับห้อง ทดลอง	15
รูปที่ 3-3 แสดงชุดเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการสังเคราะห์ พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังในระดับ โรงงานต้นแบบ	16

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก วัตถุประสงค์
หลักก็ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรม ถ้าวัตถุประสงค์สามารถหาได้
ง่ายและมีราคาถูก อุตสาหกรรมนั้นก็จะสามารถดำเนินไปได้ด้วยดีและมีประสิทธิภาพ
เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมาตั้งแต่อดีต ทำให้ผลผลิตทางการเกษตร
ภายในประเทศมีมากมายหลายชนิดและมีปริมาณมาก ทำให้ผลผลิตบางอย่างก็มีราคาตกต่ำมากใน
ปัจจุบัน ดังนั้นถ้าอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบจากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศ ก็จะมี
ผลทำให้อุตสาหกรรมนั้นสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่า
ให้กับผลผลิตทางการเกษตรด้วย

ปัจจุบันในประเทศไทย มีนํ้าปล่หลัง เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณสูงมาก ทำให้
ให้มีราคาตกต่ำลง ถ้าสามารถทำให้เกิดอุตสาหกรรมภายในประเทศที่ใช้มีนํ้าปล่หลัง เป็น
วัตถุดิบได้ ก็จะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับมีนํ้าปล่หลังได้ในอนาคต

ในแต่ละปีประเทศไทยของเราได้มีการนำเข้าสารเคมีที่มีสมบัติดูดซึมนํ้าเป็นจำนวนมาก
เพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ในอุตสาหกรรมผ้าอ้อมวัย และผ้า
อ้อมเด็ก เป็นต้น ทำให้เกิดการขาดดุลทางการค้าระหว่างประเทศ โครงการพิเศษนี้จึงมี
วัตถุประสงค์ที่จะนำมีนํ้าปล่หลังซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากมีนํ้าปล่หลังมาประยุกต์ใช้ในการสัง
เคราะห์สารที่มีสมบัติดูดซึมนํ้า ซึ่งเอกรวมจะช่วยแก้ปัญหาการขาดมีนํ้าปล่หลังแล้ว ยังจะ
ช่วยลดการขาดดุลการค้ากับต่างประเทศด้วย

โครงการพิเศษนี้ ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งที่มีสมบัติดูดซึมนํ้า โดยจะ
สังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ กับมอนอเมอร์ไวไนล ไดแค กรดอะคริลิก และอะคริล
ไมด์ โดยใช้กระบวนการพอลิเมอร์เซชันแบบต่อ ซึ่งจะทำได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ
แป้งมีนํ้าปล่หลังกับมอนอเมอร์ไวไนลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และโครงการพิเศษนี้ได้ทำการศึก
หาถึงการขยายปริมาณการสังเคราะห์จากระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการ (lab scale)
ไปสู่ระดับโรงงานต้นแบบ (pilot scale) และได้ศึกษาถึงค่าการดูดซึมนํ้าในสภาวะที่นํ้ามี
ความเป็นกรด-เบสต่าง ๆ กัน ซึ่งผลจากการทดลองเหล่านี้จะเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนา
เพื่อขยายปริมาณการผลิตไปสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อ 1 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแป้ง

แป้ง (STARCH) เป็นสารประเภทพอลิแซคคาไรด์ (POLYSACCHARIDE) ที่มีโมเลกุลใหญ่ประกอบด้วยกลูโคส สามารถพบอยู่ในพืชทุกชนิด โดยพืชจะสะสมแป้งไว้ในเซลล์ เช่น ในเมล็ด เนื้อไม้และรากพืช เป็นต้น

รูปร่างและขนาดของแป้งจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาผลิต แป้งข้าวเจ้ามีรูปร่างหลายเหลี่ยมหรืออาจสามารถพบในลักษณะที่เป็นรูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-25 ไมโครเมตร แป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างทรงกลมทึบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-35 ไมโครเมตร แป้งมันฝรั่งเป็นแป้งที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุดในจำนวนแป้งเชิงการค้าทั้งหมด โดยรูปร่างของแป้งเป็นรูปไข่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15-100 ไมโครเมตร

ในสหรัฐอเมริกา การผลิตแป้งในเชิงการค้าจะทำการผลิตจากข้าวโพดเป็นส่วนใหญ่ถึง 95% อีกประมาณ 5% จะเป็นแป้งที่ผลิตจากมันฝรั่งและข้าวสาลี แต่ในทวีปยุโรปมีการผลิตแป้งจากมันฝรั่งและข้าวสาลีมากกว่าในสหรัฐอเมริกา ส่วนในประเทศไทยจะปลูกมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่ ในประเทศไทยปลูกมากบริเวณภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กระบวนการผลิตแป้งนั้นมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ หลักการโดยทั่วไปของการผลิต คือ การแยกเม็ดแป้งออกจากองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น เส้นใย โปรตีน และเกลือแร่ แล้วทำให้บริสุทธิ์โดยการล้างน้ำ ทำการปั่นแยกแล้วทำการอบแห้งต่อไป ในกระบวนการผลิตเหล่านี้จะได้แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เนื่องจากแป้งไม่สามารถละลายน้ำได้ในน้ำเย็น

แป้งสามารถจะนำไปใช้เป็นส่วนผสม หรือใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น สารยึดติด สิ่งทอ กระดาษ อาหาร ยารักษาโรค และวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น คุณสมบัติของแป้งเกิดจากคุณสมบัติของความชื้นเหนียว การเกิดเป็นเจล การยึดติดและการเกิดฟิล์ม คุณภาพสามารถควบคุมได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายและมีราคาถูก

2.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างทางเคมีของแป้ง

แป้งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 เป็นสารประกอบอเนกหน้าที่ประเภทคาร์โบไฮเดรต แป้งเป็นโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยกลูโคสเชื่อมเข้ากันด้วยพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมออกซิเจนที่ติดกับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสหนึ่งอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสตัวถัดไป ซึ่งพันธะเชื่อมโยงระหว่างหน่วยกลูโคสเรียกว่า พันธะกลูโคไซด์ (GLUCOSIDE BOND)

แป้งประกอบไปด้วยโพลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (AMYLOSE) และอะไมโลเพกทิน (AMYLOPECTIN)

อะไมโลส เป็นโพลิเมอร์เชิงเส้น ขนาดของโมเลกุลนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของหน่วยกลูโคส โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 200-2000 หน่วย และที่ตำแหน่งปลายสุดของโมเลกุลอะไมโลส สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

ก. โมเลกุลรีดิวซ์ที่ปลาย (REDUCING END OF THE MOLECULE) มีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่ปลายโมเลกุลซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ (PRIMARY HYDROXYL GROUP) 1 หมู่ หมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ (SECONDARY HYDROXYL GROUP) 2 หมู่ และหมู่อัลดีไฮด์รีดิวซ์ (ALDEHYDIC REDUCING GROUP) 1 หมู่

ข. โมเลกุลนอนรีดิวซ์ที่ปลาย (NONREDUCING END OF THE MOLECULE) มีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่ปลายโมเลกุลซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 1 หมู่ หมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ 3 หมู่ จำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (HYDROXYL GROUP) จะแสดงถึงสมบัติการชอบน้ำ (HYDROPHILIC) ของแป้ง เช่น การดูดความชื้น และการกระจายตัวในน้ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากแป้งมีหน่วยซ้ำแบบเชิงเส้นจึงมีความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ และเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลจำนวนมาก ทำให้สายโซ่ของอะไมโลสมีแนวโน้มที่จะจัดเรียงตัวในแนวขนาน และใกล้เคียงพอที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจน (HYDROGEN BOND) ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลได้ มีผลทำให้คุณสมบัติการชอบน้ำของแป้ง และการละลายของแป้งลดลง โมเลกุลอะไมโลสสามารถจะก่อสารประกอบเชิงซ้อนแบบเกลียวล้อมรอบโมเลกุลของไอโอดีน (IODINE) โดสารประกอบเชิงซ้อนนี้จะมีสีน้ำเงินจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณอะไมโลสในแป้งได้ และเนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนสามารถตกตะกอนได้ด้วยบิวทานอล (BUTANOL) หรือสารอเนกหน้าที่อื่นทำให้สามารถแยกอะไมโลสออกจากอะไมโลเพกทิน

ไลเพคติน (AMYLOPECTIN) โดยวิธีการเลือกการตกตะกอน (SELECTIVE PRECIPITATION)

อะไมโลเพคติน เป็นโพลิเมอร์ใช้สาขา (BRANCH POLYMER) โดยเกิดสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ในแต่ละสาขาประกอบด้วยแอนไฮโตรกลูโคสประมาณ 20-30 หน่วย จากการที่โมเลกุลอะไมโลเพคตินมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลอะไมโลส และโมเลกุลอะไมโลเพคตินเป็นโพลิเมอร์ใช้สาขา ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแป้งลดลง และขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจน สารละลายอะไมโลเพคตินในน้ำจะมีลักษณะใสและมีความเสถียรในการเป็นเจล และจะไม่ก่อสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน ส่วนที่เป็นเชิงเส้นของโมเลกุลอะไมโลเพคตินและโมเลกุลอะไมโลสจะจัดเรียงตัวแบบขนานทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้น ส่งผลทำให้เกิดผลึกแบบไมเซล (MICELLAR CRYSTALLINE) ซึ่งมีผลทำให้เกิดคุณสมบัติไบรฟรินเจนต์ (BIREFRINGENT)

2.3 การเกิดเป็นเจลของแป้ง

2.3.1 การบวมตัวและการเกิดเป็นเจลของเม็ดแป้ง

เม็ดแป้งจะไม่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการเกิดเป็นเจลของแป้งอยู่ในช่วง 55-80 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งและความเข้มข้น โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลที่ยึดติดเม็ดแป้งไว้ด้วยกันจะอ่อนตัวลงและเม็ดแป้งก็จะเริ่มบวมตัวอย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการบวมตัวเรียกว่า อุณหภูมิการเกิดเจล เม็ดแป้งจะอมน้ำไว้ และบวมตัวหลายเท่าจากปริมาตรเดิม เมื่อให้ความร้อนและปั่นกว่วนผสมไปด้วยพร้อมกัน จะทำให้ส่วนผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ความหนืดมีค่ามากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งเกิดการบวมตัวและอมน้ำไว้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นจะเกิดการแตกออกของเม็ดแป้ง ความหนืดก็จะลดลงขณะที่เม็ดแป้งที่เป็นเจลแตกออกจากกัน

เม็ดแป้งประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึก (CRYSTALLINE) และส่วนที่เป็นอสัณฐาน (AMORPHOUS) ซึ่งในระหว่างเกิดการบวมตัวที่สามารถผันกลับได้นั้น น้ำจะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐานและทำให้เกิดการบวมตัวที่บริเวณอสัณฐานนั้น โดยส่วนที่เป็นผลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย

เมื่อทำให้เม็ดแป้งแห้ง น้ำที่แทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐานจะถูกกำจัดออก

โดยไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อคุณสมบัติของเม็ดแป้ง เมื่อให้ความร้อนแก่ข้าวแป้งจนมีอุณหภูมิสูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ 4 องค์อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกินอุณหภูมิของการเกิดเจล น้ำก็จะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นผลึกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเสี้ยวรูปแบบของไบรฟริงเจนท์ (BIREFRINGENCE) หมายถึง องค์ประกอบการจัดเรียงตัวภายในโมเลกุลลดลง การสังเกตจากภาพตัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ สามารถใช้ในการกำหนดอุณหภูมิในการเกิดเป็นเจลได้

2.3.2 การเกิดเป็นเจลโดยใช้ความร้อน

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของแป้ง ก็คือ การเกิดเป็นลักษณะแป้งเปียกที่หนืดเมื่อให้ความร้อนแก่แป้ง การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของความหนืดต่อความร้อนในขณะที่ทำให้ความร้อนแก่แป้ง เป็นค่าที่ใช้ในการทำลายคุณสมบัติของแป้ง

การทำให้เกิดการรวมตัวเรียกว่า PASTING เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้น เม็ดแป้งเกิดการพองตัวกระทบซึ่งกันและกัน ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดวิกฤติ จากนั้นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเริ่มอ่อนตัวลงและความหนืดจะลดลง ในกรณีที่เกิดการรวมตัวกันของอะไมโลส จะให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

อุณหภูมิการเกิดเจลจะขึ้นกับความเข้มข้นของแป้ง ได้มีผู้ทำการศึกษาโดยเก็บน้ำแป้งข้าวสาลีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไว้เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า สมบัติของเม็ดแป้งเปลี่ยนไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงอุณหภูมิของการเกิดเจล เพิ่มขึ้นจาก 51-61 องศาเซลเซียส ไปเป็น 65.4-65.8 องศาเซลเซียส

จากการศึกษารูปแบบการรวมตัวของแป้งชนิดต่าง ๆ โดย X-RAY DIFFRACTION และการทดสอบเม็ดแป้งโดยแสง และอิเล็กตรอนไมโครสโคปทำให้ทราบถึงภาพของโครงสร้างที่เป็นไปได้ และการจัดเรียงตัวของเม็ดแป้ง พบว่าเม็ดแป้งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นผลึกและอสัณฐาน และส่วนที่เป็นกึ่งผลึก อะไมโลเพกตินมีโมเลกุลใหญ่จะมีทั้งส่วนที่เป็นผลึก และส่วนที่เป็นอสัณฐาน ส่วนที่เป็นผลึกเกิดจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลอะไมโลเพกตินในส่วนที่เป็นเส้นตรงของโซ่สาขา

การรวมตัวในช่วงเริ่มต้นในระหว่างการเกิดเป็นเจล ในส่วนที่เป็นอัสฐาน
ของเม็ดแป้ง จะเกิดการแตกออกของพันธะไฮโดรเจนที่อ่อนตัวและเกิดการแทรกตัว
ของน้ำเข้าไปในโมเลกุล ขณะที่อุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นการแทรกตัวของน้ำก็เกิดมากขึ้น
และพันธะไฮโดรเจนในส่วนที่เป็นผลึกก็จะเริ่มแตกออก เม็ดแป้งขวมตัวขึ้นโดยโมเลกุล
อะมิโลเพกตินถูกแทรกด้วยน้ำ แต่โครงสร้างนี้ยังคงรูปอยู่ได้ เนื่องจากมีบางส่วนไม่
ถูกแทรกด้วยน้ำซึ่งเป็นส่วนที่เกิดโครงสร้างไว้ แสดงโครงสร้างที่ทำให้เม็ดแป้งที่ขวมตัว
แล้วมีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้ ซึ่งสามารถกำหนดค่าความหนืดของแป้งที่เกิดเป็นเจลเมื่อให้
ความร้อน เมื่ออะมิโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลสูง และพันธะไฮโดรเจนใน
โครงสร้างมีมากทำให้ปริมาตรที่ขวมตัวของเม็ดแป้งก่อนแตกออกจากกันมีค่ามากขึ้น และ
ความหนืดมีค่าสูงขึ้น

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งที่เป็นเจล

คุณสมบัติของแป้งที่เป็นเจลจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการให้ความร้อน และสาร
มลทินที่ปะอยู่ในแป้ง ดังนั้นถ้าความคมสภาวะของการให้ความร้อนจะทำให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติ
ติดตามต้องการ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเข้มข้น อุณหภูมิ เวลา อัตราเร็ว
ของการปั่น pH และชนิดของสารตัวเติมหรือสิ่งเจือปนอื่นๆ

จุดประสงค์ของการให้ความร้อนคือ ทำให้เม็ดแป้งแตกออกทำให้น้ำเข้าไปแทรกตัว
ได้ เมื่อความเข้มข้นของแป้งมีค่าสูงพอที่จะยับยั้งการเติมน้ำอย่างสมบูรณ์ของเม็ดแป้งแล้ว
คุณสมบัติการไหลของแป้งที่เป็นเจลจะต่างไปจากคุณสมบัติที่ความเข้มข้นของแป้งต่ำกว่า ที่
ความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นวิกฤต เม็ดแป้งจะเกิดการแตกออกได้ง่ายด้วยแรงเฉือน
ยิ่งความเข้มข้นสูงความหนืดก็ยิ่งมากและจะเกิดเป็นเจลได้มาก

การปั่นที่มีประสิทธิภาพมาก และเร็ว จะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีประสิทธิภาพ
ภาพและทั่วถึงมากกว่า และกระบวนการให้ความร้อนที่เกิดเร็วขึ้น จะทำให้เม็ดแป้ง
แตกออกอย่างรวดเร็วกว่า เป็นเหตุให้ค่าความหนืดลดลงเร็วขึ้น

แป้งส่วนใหญ่เกิดเป็นเจลได้เร็วที่ค่า pH สูงๆ และที่ค่า pH ต่ำๆ ในช่วง pH

4-7 การเกิดเป็นเจลเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และอัตราการแตกสลายของโมเลกุลก็จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เอาไปใช้จะโยกย้ายการคัด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการเกิดเป็นเจลที่ pH 10 และ pH 1.5 จะเห็นว่าความหนืดของเจลจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด จากนั้นความหนืดก็จะลดลง

2.4 การปรับปรุงสมบัติของแป้งโดยกรด (Modification by Acid)

การปรับปรุงสมบัติของแป้งโดยกรด สามารถทำได้โดยการไฮโดรไลซ์เม็ดแป้งด้วยกรด ที่อุณหภูมิการเกิดเจล ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์จะถูกนำไปกรอง ล้างและทำให้แห้ง ปฏิบัติการไฮโดรไลซ์สามารถควบคุมได้จากค่าความหนืดในระหว่างการเกิดปฏิกิริยา การหยุดปฏิกิริยาสามารถทำได้โดยการทำให้สารละลายเป็นกลาง เมื่อถึงค่าความหนืดที่ต้องการแล้ว

อัตราเร็วของปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรด อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์แป้งที่ได้จะต้องนำมากรอง เพื่อที่จะแยกผลิตภัณฑ์แป้งที่ไม่ละลายออกไปในระหว่างการกรองและล้าง

แป้งที่ผ่านการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด (แป้งไฮโดรไลซ์) จะยังคงมีโครงสร้างเป็นแบบทแยงเฟือง (birefringence) และสันนิษฐานได้ว่ากรดเข้าไปทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้งในบริเวณเส้นฐานอย่างรวดเร็วจนโดยจะเกิดปฏิกิริยาได้มากกว่าส่วนที่เป็นผลิตภัณฑ์ในชั้นแรก อะไมโลเพกทินในเม็ดแป้งจะถูกย่อยสลายไปอย่างรวดเร็ว และมากกว่าอะไมโลส

เมื่อให้ความร้อนแก่แป้งไฮโดรไลซ์จนเกิดเป็นเจล เม็ดแป้งจะบวมตัวน้อยกว่าแป้งธรรมชาติ และจะแตกออกหลังจากบวมตัวเต็มที่แล้ว ในช่วงเริ่มต้นของการให้ความร้อน แป้งไฮโดรไลซ์จะละลายได้ดีกว่า และมีความหนืดต่ำกว่าแป้งธรรมชาติ รวมทั้งสามารถกระจายตัวทำให้ได้สารละลายที่มีลักษณะใส

แป้งไฮโดรไลซ์จะมีจำนวนของหมู่รีดิวซ์ที่ปลายสายโซ่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มจำนวนโมเลกุลที่มีสายโซ่สั้น การวัดจำนวนของหมู่รีดิวซ์สามารถวัดโดยใช้จำนวนของเบส (alkali number)

2.5 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งแบบต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งแบบต่อที่มีสมบัติติดขิมนี้... สามารถสัง... ให้นำไปใช้... ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคราะห์ได้โดยให้แก่งทำปฏิกิริยาออลิเมอร์ไรซ์แบบต่อ (Grafted copolymerization) กับมอนอเมอร์ไวโอเลทที่มีคุณสมบัติที่สามารถต่อพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ อาทิเช่น อะคริลาไมด์ กรดอะคริลิก อะคริโลไนไตรล์ โดยการทำให้เกิดเป็นอนุมลิสระขึ้นบน โมเลกุลของแป้ง

การทำให้เกิดอนุมลิสระ จะมีระบบที่ทำให้เกิดตัวริเริ่มปฏิกิริยา 2 ประเภทคือ การกระตุ้นทางกายภาพ และการกระตุ้นทางเคมี

การกระตุ้นทางกายภาพ เป็นการฉายรังสีเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดกลไกปฏิกิริยา แบบอนุมลิสระบนโมเลกุลของแป้ง ปฏิกิริยาเริ่มต้นจะเกิดเป็นไอออนจากการสลายพันธะเคมีก่อน ซึ่งไอออนเหล่านี้จะเปลี่ยนไปเป็นอนุมลิสระอย่างรวดเร็ว

Merlin และ Fonassier พบว่าสามารถฉายรังสีอัลตราไวโอเลตให้กับโมเลกุลของแป้ง ทำให้เกิดการตัดของสายโซ่โมเลกุล และเกิดอนุมลิสระจะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ต่อไป

Reyess และผู้ร่วมงานได้ใช้เทคนิคการกระตุ้นทางกายภาพ ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับอะคริลาไมด์ โดยการเติมแป้งที่ผ่านการฉายรังสีลงไป ในสารละลายของอะคริลาไมด์ ตัวทำละลายที่ใช้อาจเป็นน้ำหรือน้ำผสมกับตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่าเมื่อนำผสมกับแก๊สออกซิเจนที่ตัวกลางจะได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่มีความถี่ของการต่อมาก แต่พอลิเมอร์ที่โตมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

การกระตุ้นทางเคมี เป็นการทำให้เกิดอนุมลิสระบนโมเลกุลของแป้งหรือเซลลูโลส โดยใช้ตัวริเริ่มที่เป็นสารประกอบประเภทเอโซ (azo) หรือเปอร์ออกไซด์ หรือไอออนโลหะซิงค์ เป็นต้น ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถที่จะเหนี่ยวนำให้เกิดตัวริเริ่มอนุมลิสระได้บนโมเลกุลของแป้ง

Zhang ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งหรือคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) กับอะคริลาไมด์ โดยใช้ซิงค์แอมโมเนียมไนเตรดร่วมกับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต/อัสทิกแอ เป็นตัวริเริ่มในระบบพอลิเมอร์ไรเซชันแบบรีเวอร์ส

เฟสอินวลชัน (reverse phase emulsion polymerization) และใช้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไนเตรด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของมอนอเมอร์สูง

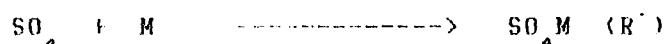
Zhang ได้กล่าวโดยทั่วไปว่า การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อส่วนใหญ่จะ
ใช้ความเข้มข้นมอนอเมอร์ต่ำ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่ำ คือใช้เวลาในการทำ
ปฏิกิริยานานและพอลิเมอร์ที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลสูง แต่ในระบบจะมีความหนืดสูงมาก
การควบคุมปฏิกิริยากระทำได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามมีข้อได้เปรียบตรงที่เกิดปฏิกิริยาความ
เร็วขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำในระบบถูกกำจัดออกไปได้มาก ส่งผลทำให้พอลิเมอร์แห้งได้
ง่าย

Abdel Razliq และผู้ร่วมงาน ได้ใช้เทคนิคการกระตุ้นทางเคมีเตรียม
พอลิเมอร์ร่วมของเอทิลเซลลูโลสกับอะครีลาไมด์ โดยใช้แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต
(ammonium persulphate) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulphate)
และเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) เป็นตัวริเริ่ม ตัวกลางที่ใช้เป็น
สารละลายผสมประกอบด้วย ไดเมทิลฟอร์มมาไมด์ (dimethylformamide) และทอลูอีน
พบว่าเปอร์ซัลเฟตเหมาะที่จะใช้เป็นตัวริเริ่ม กรดเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ไม่เหมาะที่จะ
เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา เพราะจะทำให้เพิ่มการแตกสลายสายโซ่โมเลกุลของเอทิล
เซลลูโลส สำหรับกลไกการเข้าทำปฏิกิริยาของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต สามารถ
แบ่งเป็นขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ก) การแตกตัวของตัวริเริ่ม (Initiator Dissociation)

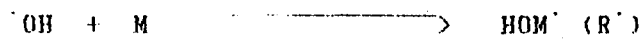
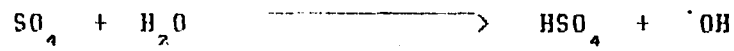


ข) ปฏิกิริยาริเริ่ม (Initiation Reaction)



เนื่องจากในระบบมีน้ำเป็นตัวทำละลายอยู่ด้วย ดังนั้นซัลเฟตไอออนอนุมูลอิสระ ($SO_4^{\cdot -}$)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำได้ไฮดรอกซีอนุมูลอิสระ (Hydroxy Radical) ซึ่ง
สามารถทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ได้ ดังสมการ



ค) ปฏิกิริยาการเจริญเติบโต (Propagation Reaction)



ง) ปฏิกิริยาที่สิ้นสุด (Termination)

ง.1 ปฏิกิริยาการรวมตัว (Combination)



ง.2 ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนอนุมูลอิสระ



ง.3 ปฏิกิริยาการย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระ (Transfer Reaction)

- ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่มอนอเมอร์ (Transfer to monomer)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 10 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่ตัวทำละลาย (Transfer to solvent)



- ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่พอลิเมอร์ (Transfer to polymer)



- ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่ตัวถ่ายสายโซ่ (Transfer to chain transfer agent)



- ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่ตัวริเริ่ม (Transfer to initiator)



บทที่ 3

การทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

ชื่อสารเคมี	เกรด	บริษัท
แป้งมันสำปะหลัง	การค้า	พจก. เจริญวรกิจ
โซเดียมคาร์บอเนต	การค้า	บริษัท พรภัทรเคมี จำกัด
กรดซัลฟูริก	วิเคราะห์	J.T.Bayer
กรดไนตริก	วิเคราะห์	Farmitalia Carlo Erba
กรดไฮโดรคลอริก	วิเคราะห์	Mallinekrodt
โซเดียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห์	Eka Nobel
โพรมิซีนไกลคอล	วิเคราะห์	Fluka
ไดโซเดียมเอธิลีนไดเอมีน	วิเคราะห์	Fluka
เตตระอะซีติกแอซิก	วิเคราะห์	Fluka
อะครีลาไมด์	การค้า	สยามฟายน์เคมี
อะครีลิก แอซิด	การค้า	สยามฟายน์เคมี
โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	วิเคราะห์	Fluka

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ
ชุดเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-1 , 3-2 และ 3-3 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

(1) เครื่องกวนเชิงกล (mechanical stirrer) บริษัท IKA

labotechnik รุ่น RW 20

(2) ไม้กวนกวนเป็นแบบปรับระดับได้ ทำด้วยสแตนเลส

(3) หม้อปฏิกริยาขนาด 2 ลิตร

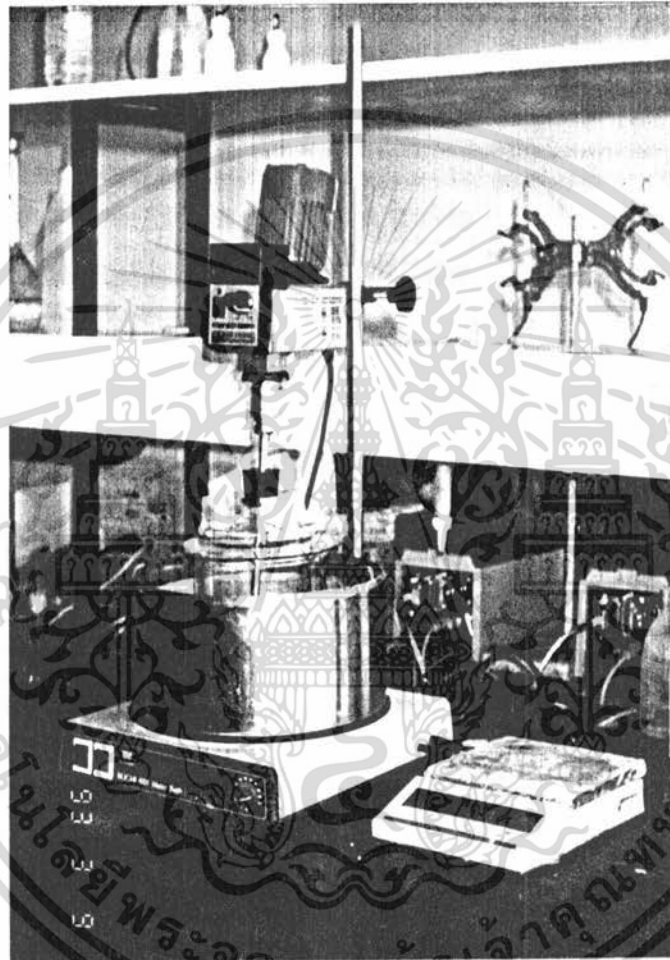
(4) หม้อปฏิกรณ์ปฏิกริยาขนาด 200 ลิตร

(5) เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 องศาเซลเซียส
0-300 องศาเซลเซียส

(6) ชุดให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

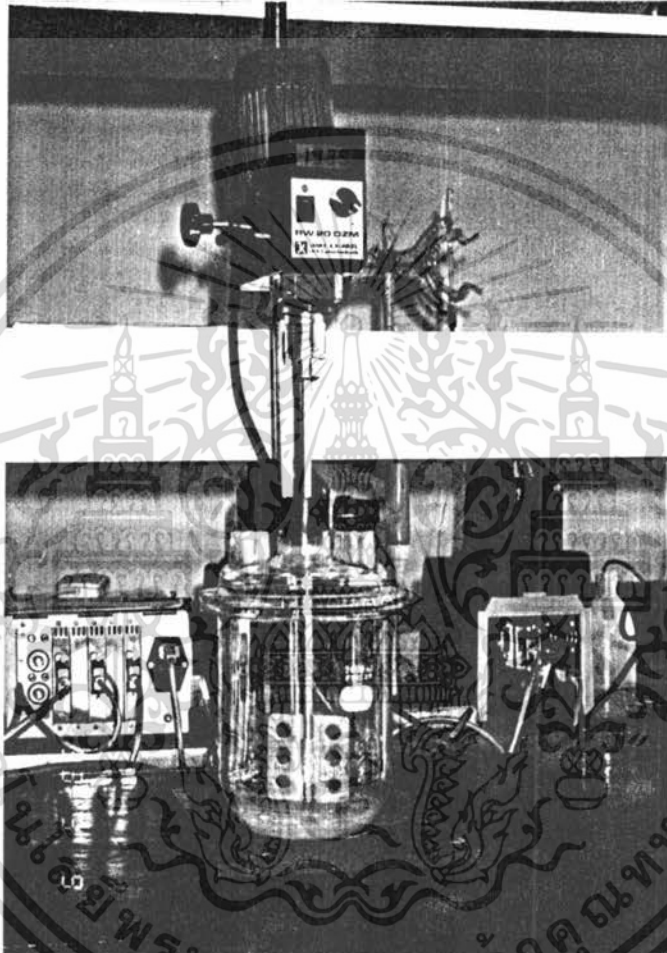
(7) อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบไร้ขดหม้อต้ม BUCHI 461

(8) เครื่องชั่ง METTLER BB 3000



รูปที่ 3-1 แสดงชุดเครื่องมือที่ใช้ขั้นตอนการไฮโดรไลซ์แป้งมันเส้นหลังจากการดซัลไฟ

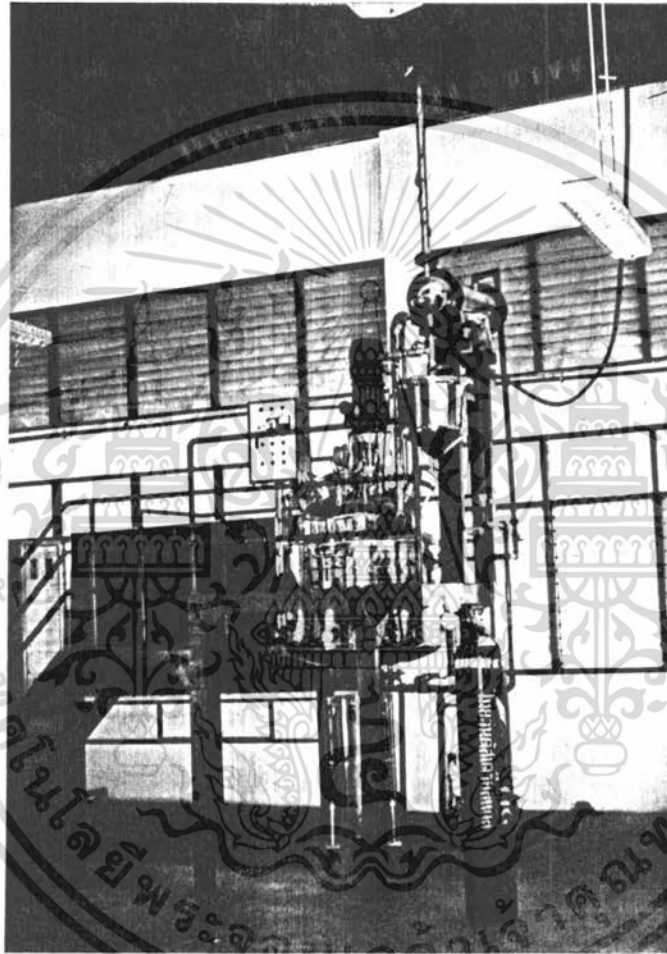
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 แสดงชุดเครื่องมือที่นำเข้ตอนสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง

ในระดับห้องทดลอง (lab scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 แสดงชุดเครื่องมือที่ในขั้นตอนสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง

ในระดับโรงงานต้นแบบ (pilot scale) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3 การศึกษาการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังด้วยกรด

3.3.1 การศึกษาการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังด้วยกรดซัลฟิวริก

นำแป้งมันสำปะหลังใส่ลงในหม้อปฏิกริยาขนาด 2 ลิตร ที่มีชุดเครื่อง
กวน เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 นอร์มัล กวนสารและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ
60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแป้งมันสำปะหลังไฮโดรไลซ์มาปรับ
pH ให้เป็นกลางโดยให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์
กรองและอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ทำการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังด้วยกรดซัลฟิวริก 1 นอร์มัล โดยกวนสารและให้
ความร้อนที่อุณหภูมิดังนี้

70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง

80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง

90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง

หลังจากนั้นนำแป้งไฮโดรไลซ์ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆกัน มาปรับ pH ให้เป็นกลาง
โดยให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ กรองและอบที่
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

3.3.2 การศึกษาการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังด้วยกรดไนตริก

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.1 แต่ใช้สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1 นอร์มัล
แทนสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 นอร์มัล

3.3.3 การศึกษาการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังด้วยกรดไฮโดรคลอริก

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.1 แต่ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก
เข้มข้น 1 นอร์มัล แทนสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 นอร์มัล

3.4 การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติคอลลิมน้ำ

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติคอลลิมน้ำ โดยทำการทดลองใช้ปริมาณสารตั้งต้นที่แตกต่างกัน แล้วนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกัน นอกจากนี้แล้วยังศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติคอลลิมน้ำภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

3.4.1 การเตรียมสารละลาย โซเดียมเอทิลีนไดอะไมนเตตระอะซีเตต

(Na₂EDTA)

ซึ่งเกลือไดโซเดียมของกรด เอทิลีนไดอะไมนเตตระอะซีติกแอซิด. 2 โมเลกุลน้ำ (ethylenediamine tetracetic acid disodium salt dihydrate) จำนวน 20.845 กรัม นำมาใส่ในเบีกเกอร์ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 80 มิลลิลิตร กวนสารให้เข้ากันโดยให้ความร้อนแก่สารในขณะที่กวนตลอดเวลา จนกระทั่งส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมดแล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นเทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตร จนสารละลายมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.4.2 การเตรียมสารละลายโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์

ซึ่งโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต จำนวน 0.135 กรัม ใส่ในเบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เทใส่สารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร คนสารละลายจนโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตละลายหมด

3.4.3 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซับน้ำ

เติมแป้งมันสำปะหลัง ใส่ลงในหม้อปฏิกริยาที่มีชุดเครื่องกวน เติมน้ำกลั่น ต่อท่อเข้าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับหม้อปฏิกริยา ทำการป้อนสารโดยใช้เครื่องกวนเชิงกลด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาที พร้อมกับให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารละลายแป้งมันสำปะหลังเป็นเจลใส (ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง) แล้วจึงเติมผงโซเดียมคาร์บอเนตลงในหม้อปฏิกริยา พร้อมกันนี้ยังคงให้เครื่องกวนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโซเดียมคาร์บอเนตละลายหมด แล้วทำการหล่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่นมาเติมสารละลายโซเดียม EDTA และพวอนินินไกลคอลลงในหม้อปฏิกริยาที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ ในขณะที่เติม ให้กวนตลอดเวลา หลังจากนั้นให้กวนต่อไปอีก 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่นลงในหม้อปฏิกริยาและป้อนที่ความเร็วรอบสูง 2000 รอบต่อนาที หลังจากนั้นให้กวนต่อไปอีกประมาณ 10-15 นาที เติมน้ำกลั่นไปแช่เย็บเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ จับเวลาการเกิดปฏิกริยาตั้งแต่เติมไปแช่เย็บเปอร์ซัลเฟตจนกระทั่งปฏิกริยาสิ้นสุด พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิในขณะที่เกิดปฏิกริยา นำพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ หนักที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน นำมาบดให้ละเอียดแล้วเก็บไว้ในเตชิตเตอร์เพื่อป้องกันความชื้น

3.5 การทดสอบค่าการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซับน้ำ 0.5 กรัม เทลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที หลังจากนั้นรินส่วนที่เป็นของเหลวใส่ในกระบอกตวง อ่านปริมาตรของเหลว แล้วคำนวณหาค่าการดูดซับน้ำจากสูตร

$$\text{ค่าการดูดซับน้ำ (มิลลิลิตร/กรัม)} = (A-B)/X$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรน้ำเริ่มต้น (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรน้ำที่เหลือจากการดูดซับ (มิลลิลิตร)

X คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่นำมาทดสอบค่าการดูดซับน้ำ (กรัม)

หน่วย มิลลิลิตร/กรัม หมายถึง ปริมาตรน้ำที่พอลิเมอร์ร่วมของแป้ง 1 กรัมดูดซับไว้ได้

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติคหิมน้ำ

ปริมาณที่ใช้	การทดลอง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	25	75	500	500	500	500	1000	10000
น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	110	330	2200	2200	2200	2200	4400	44000
โซเดียมคาร์บอเนต (กรัม)	21.2	63.6	424	424	424	424	848	8480
อะครีลาไมด์ (กรัม)	42.6	127.8	852	852	852	852	1674	16740
eq. NH_2 EDTA (มิลลิลิตร)	5	15	100	100	100	100	200	2000
พรอพิลีนไกลคอล (มล.)	0.2	0.6	4	4	4	4	8	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติลดไขมัน (ต่อ)

ปริมาณที่ใช้	การทดลอง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
กรดอะซิติก (กรัม)	28.8	86.4	576	576	576	576	1152	11520
$\text{eq. K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 0.1 M (มิลลิลิตร)	5	15	100	100	100	100	200	2000

หมายเหตุ

การทดลองที่ 4. ทำการหล่อเย็น

การทดลองที่ 5. ทำการสังเคราะห์ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

การทดลองที่ 6. ทำการสังเคราะห์ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ (ไม่มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมทั้งทำการหล่อเย็น

3.6 การวัดปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ
เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยากราฟที่โคพอลิเมอร์เซชัน (% water content)
ซึ่งนำพอลิเมอร์ที่ได้เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศา
เซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน นำพอลิเมอร์ที่ผ่านการอบแห้งมาชั่งน้ำหนัก สามารถคำนวณหา
ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในพอลิเมอร์ได้ จากสูตร

$$\% \text{ water content} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนนำไปอบแห้ง} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักก่อนนำไปอบแห้ง}} \times 100 \quad \dots (3.6)$$

3.7 ในการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่มีค่า pH ตั้งแต่ 1-14 ของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมัน
สำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมของแป้งที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ 0.5 กรัม เติลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำที่มี
ค่า pH ตั้งแต่ 1-14 ทั้งไว้ 30 นาที หลังจากนั้นรินส่วนที่เป็นของเหลวใส่ในกระบอกตวง
อ่านปริมาตรของเหลว แล้วคำนวณค่าการดูดซึมน้ำจากสูตร (3.6)

3.8 การทดสอบการละลายในตัวทำละลายของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสม
บัติดูดซึมน้ำ

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ 0.1 กรัม เติลงใน
หลอดทดลองที่มีตัวทำละลาย dimethyl sulfoxide , tetrahydrofuran , N-
butanol , methanol , toluene , ethanol , chloroform , carbon
tetrachloride

ทำการเขย่าตลอดเวลารเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำอุ่นเป็นเวลา 15
นาที สังเกตดูว่ายังมีพอลิเมอร์ตกตะกอนหรือแขวนลอยอยู่ในตัวทำละลายต่าง ๆ หรือไม่

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การศึกษาการไฮโดรไลซ์แป้งด้วยกรด

จากการศึกษาการไฮโดรไลซ์แป้งด้วยกรดต่างชนิดกันที่สภาวะต่าง ๆ กัน พบว่า แป้งที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟูริก สามารถนำไปสังเคราะห์ให้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ แป้งที่มีสมบัติคุณสมบัติดีกว่า แป้งที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไนตริก และกรดไฮโดรคลอริกที่สภาวะเดียวกัน พบว่าการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการไฮโดรไลซ์

จากผลการไฮโดรไลซ์ที่อุณหภูมิ 70 , 80 และ 90 องศาเซลเซียส แป้งจะเปลี่ยนไปเป็นลินินน้ำตาลใหม่ จึงไม่ได้นำไปสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง

ตารางที่ 4.1 แสดงไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่สภาวะต่างๆ

% แป้ง โดย น้ำหนัก	กรดที่ใช้	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ลักษณะที่ได้หลังจาก ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด	% การคั่ว น้ำของพอลิเมอร์รวม		
					ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
50%	HCl	60	3	ผงสีขาว	350	286	318
			0.25	ผงสีขาว	347	310	329
			0.50	ผงสีขาวอมเหลือง	110	130	120
		80	1	ผงสีขาว	-	-	-
			2	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาลเข้ม	-	-	-
			3	ของเหลวใส สีน้ำตาลเข้ม	-	-	-
		90	3	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาลดำ	-	-	-
			3	ของเหลวข้นเหนียว สีดำ	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.2 แสดงไฮโดรไลซิสตัวกรดซัลฟิวริกที่สภาวะต่างๆ

% แป้ง โดย น้ำหนัก	กรดที่ใช้	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ลักษณะที่ได้หลังจาก ไฮโดรไลซิสด้วยกรด	% การลดน้ำตาลของพอลิเมอร์รวม			
					ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
50%	H ₂ SO ₄	60	3	ผงสีขาว	444	486	465	
			0.25	ผงสีขาว	430	440	435	
			0.50	ผงสีขาวขุ่น	180	260	220	
		70	1	ของเหลวข้นสีน้ำตาล	-	-	-	
			2	ของเหลวใสสีน้ำตาลแดง	-	-	-	
			3	ของเหลวใสสีน้ำตาลไหม้	-	-	-	
		80	0.25	ของเหลวข้นเหนียว สีขาวอมเหลือง	-	-	-	
			0.5	ของเหลวข้นเหนียว สีเหลือง	-	-	-	
			1	ของเหลวใสสีน้ำตาล	-	-	-	
				2	ของเหลวใสสีน้ำตาลไหม้	-	-	-
				3	ของเหลวใสสีน้ำตาลไหม้	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อ 25 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.2 แสดงผลการไอโครไลส์ด้วยกรดซัลฟูริกที่สภาวะต่างๆ (ต่อ)

% แอ้ง โดย น้ำหนัก	กรดที่ใช้	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ลักษณะที่ได้หลังจาก ไอโครไลส์ด้วยกรด	% การดูดน้ำของพอลิเมอร์รวม		
					ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
		90	0.25	ของเหลวข้นเหนียว สีเหลืองอ่อน	-	-	-
			0.50	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาล	-	-	-
			1	ของเหลวใสสีน้ำตาล	-	-	-
			2	ของเหลวใสสีน้ำตาลดำ	-	-	-
			3	ของเหลวใสสีน้ำตาลดำ	-	-	-

ตารางที่ 4.13 แสดงไฮโครไลซ์ด้วยกรดไนตริกที่สภาวะต่างๆ

% แป้ง โดย น้ำหนัก	กรดที่ใช้	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ลักษณะที่ได้หลังจาก ไฮโครไลซ์ด้วยกรด	% การคุดน้ำของโพลิเมอร์รวม			
					ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
50%	HNO ₃	60	3	ผงสีขาว	380	421	400	
			0.25	ผงสีขาว	410	366	388	
			0.50	ผงสีขาวอมเหลือง	195	245	220	
		1	ของเหลวข้นสี ขาวอมเหลือง	-	-	-		
				2	ของเหลวข้นสี น้ำตาล	-	-	-
						3	ของเหลวใสสี น้ำตาล	-
		80	0.25	ผงสีขาวอมเหลือง	-			-
				0.5	ผงสีขาวอมเหลือง	-	-	-
					1	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาล	-	-
		2	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาลเข้ม	-			-	-
				3	ของเหลวใสสี น้ำตาลดำ	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.3 แสดงไฮโดรไลซ์ด้วยกรดในกรีกที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)

%แป้งโดย น้ำหนัก	กรดที่ใช้	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ลักษณะที่ได้หลังจาก ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด	%การดูดน้ำของพอลิเมอร์ร่วม		
					ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
		90	0.25	ผงสีน้ำตาลอ่อน	-	-	-
			0.50	ผงสีน้ำตาลอ่อน	-	-	-
			1	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาลเข้ม	-	-	-
			2	ของเหลวข้นเหนียว สีน้ำตาลเข้ม	-	-	-
			3	ของเหลวใส น้ำตาลดำ	-	-	-

4.2 การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์แบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่ค่าความเป็นกรด-เบสต่าง ๆ

เมื่อนำพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่สังเคราะห์จากแป้งที่ไม่ผ่านการไฮโดรไลซ์มาทำการวัดค่าการดูดซึมน้ำ ที่ค่าความเป็นกรด-เบสตั้งแต่ 1-14 พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง จะมีคุณสมบัติดูดซึมน้ำได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-เบสจาก 4-10 โดยที่ค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7 พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการดูดน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ไม่ผ่านการไฮโดรไลซ์ที่ค่าความเป็นกรด-เบสต่างๆ

สภาวะที่ใช้ทดสอบ (pH)	ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วม (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	10	13	14	12.3
2	10	12	8	10
3	40	42	37	39.7
4	330	322	307	319.7
5	400	398	418	405.3
6	450	444	467	453.7
7	480	475	477	477.3
8	440	460	458	452.7
9	410	408	424	414
10	350	362	354	355.3
11	50	48	44	47.3
12	20	18	22	20
13	10	8	7	8.3
14	10	9	12	10.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาการขยายปริมาณการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง จากระดับห้องปฏิบัติการไปสู่ระดับโรงงานต้นแบบ

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการศึกษากการขยายปริมาณการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง เริ่มจากการสังเคราะห์โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารตั้งต้นในปริมาณ 25 กรัม จากนั้นจึงเพิ่มปริมาณการสังเคราะห์เป็น 3 , 20 , 40 และ 400 เท่า ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติคอลลอยด์ที่ 400 เท่า โดยเพิ่มจากเดิมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณ 25 กรัม ปริมาณสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาได้ประมาณ 120 ลิตร โดยทำการผลิตในหม้อปฏิกรณ์ปฏิกริยาขนาด 200 ลิตร เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในแต่ละระดับการสังเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาไม่แตกต่างกันมากนัก และค่าปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในพอลิเมอร์ เมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติคอลลอยด์ในปริมาณมาก จะมีค่าสูงกว่า การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งในปริมาณน้อย ๆ และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่สังเคราะห์ได้ในระดับการผลิตใหญ่ขึ้น จะมีค่าการคอลลอยด์น้ำน้อยลง ดังแสดงในตารางที่ 4.3.1 และ 4.3.2

ตารางที่ 4.3.1 แสดงค่าการดูดซึมน้ำ อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาและเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ

การทดลองที่	ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา(นาที)	อุณหภูมิเมื่อสิ้นสุด (°C)	ค่าการดูดน้ำที่ pH=7 (มล./กรัม)			
				1	2	3	เฉลี่ย
1	1	1.10	115	454	446	463	454.3
	2	0.58	119	436	419	445	433.3
2	1	1.25	114	456	427	436	439.7
	2	1.10	115	460	448	471	459.7
3	1	3.10	112	386	370	338	364.6
	2	3.00	113	371	331	357	359.7
4	1	2.50	98	355	361	353	356.3
	2	3.10	102	357	348	363	356.0
5	1	244.00	120	260	281	266	269.0
	2	278.00	116	268	257	263	262.7
6	1	261.00	106	208	189	212	203.0
	2	195.00	104	218	204	221	214.3
7	1	3.20	120	193	216	214	207.7
	2	2.40	111	222	208	196	208.8
8	1	38.00	123	220	213	249	227.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.2 แสดงผลการทดสอบปริมาณน้ำในพอลิเมอร์รวมทั้งสิ่งเคลือบที่ใต้ และค่าความเป็นกรด-ด่างเมื่อคั่วขี้ผึ้ง

การทดลองที่	ครั้งที่	% water content.	pH เมื่อคั่วขี้ผึ้ง
1	1	21.15	7.19
	2	24.14	6.98
2	1	20.05	7.34
	2	25.07	7.75
3	1	23.25	7.67
	2	24.57	7.42
4	1	30.06	7.45
	2	25.15	7.61
5	1	27.98	6.68
	2	30.47	7.08
6	1	34.97	7.44
	2	26.15	7.71
7	1	26.98	7.58
	2	30.34	7.77
8	1	36.95	7.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาการละลายของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

เมื่อนำพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังมาทดสอบการละลายในตัวทำละลายที่มีขี้ว ได้แก่ dimethyl sulfoxide , methanol , ethanol , chloroform และ N-butanol และในตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ว ได้แก่ carbon tetrachloride , tetrahydrofuran และ toluene พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังไม่สามารถละลายในตัวทำละลายทุกตัว ทั้งตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขี้วและไม่มีขี้ว

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการละลายของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังในตัวทำละลายชนิดต่างๆ

ตัวทำละลาย	ผลการทดสอบ
Dimethyl sulfoxide	ไม่ละลาย
Methanol	ไม่ละลาย
Ethanol	ไม่ละลาย
N-butanol	ไม่ละลาย
Chloroform	ไม่ละลาย
Carbon tetrachloride	ไม่ละลาย
Tetrahydrofuran	ไม่ละลาย
Toluene	ไม่ละลาย

สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการนี้เห็นว่าเป็นการศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง กับ มอนเอเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ กรดอะคริลิก และ อะคริลาไมด์ ซึ่งเป็นมอนอเมอร์ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ จึงให้สารผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง จะต้องเตรียมแป้งให้อยู่ในรูปของเจลก่อนแล้วจึงนำมาทำปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอร์ไซเซชัน กับ กรดอะคริลิก และ อะคริลาไมด์ โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่มที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้บรรยากาศของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน และสารจะเกิดการพองตัวประมาณ 1.5-2 เท่า นำสารผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการอบแห้ง และบด จะได้พอลิเมอร์ร่วมของแป้งที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำในลักษณะ เป็นผงสีขาว

เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีแนวโน้มที่จะมากขึ้น เมื่อทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งในปริมาณที่มากขึ้น แต่อุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ค่าการดูดซึมน้ำของการสังเคราะห์ในปริมาณมากจะมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากการที่สารไม่สามารถกระจายตัว และผสมกันได้ด้วยดี มีการเกิดไฮโดรพอลิเมอร์มาก และ อัตราการเกิดพอลิเมอร์แบบต่อบนโมเลกุลของแป้งมีน้อย

การลดอุณหภูมิของระบบหลังจากแป้งกลายเป็นเจล และไซเตียมคาร์บอเนตละลายหมดแล้ว ในการสังเคราะห์ในหม้อปฏิกรณ์ปฏิกิริยาขนาด 200 ลิตร จะต้องใช้เวลาในการหล่อเย็นนานถึง 3 ชั่วโมง ดังนั้นในการสังเคราะห์พอลิเมอร์แบบต่อของแป้งในปริมาณมากจึงควรเตรียมแป้งให้อยู่ในรูปของเจลไว้เป็นการล่วงหน้า

การนำพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ได้มาอบแห้ง แล้วจึงนำไปบดให้เป็นผง จะเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่าย คาดว่าการใช้เครื่องอบแห้งแบบ 2 ลูกกลิ้ง (drum dryer) จะสามารถช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายได้

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการไฮโดรไลซ์แป้งคือที่ 50 องศาเซลเซียส เพราะ
ที่อุณหภูมิ 70 , 80 และ 90 องศาเซลเซียส แป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลและโหม้ตั้งจะ
เห็นจากผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นของเหลวสีน้ำตาลโหม้

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่เตรียมได้ จะสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับ
โมเลกุลของน้ำซึ่งมีความเป็นขั้วสูงเท่านั้น จึงไม่สามารถที่จะละลายได้ทั้งในตัวทำละลายที่
มีขั้วและไม่มีขั้ว ความสามารถในการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งจะมีค่าต่ำ
ลงอย่างมากที่ค่าความเป็นกรดสูงมาก ๆ และที่ความเป็นด่างสูงมาก ๆ เพราะพอลิเมอร์
จะไม่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ดี

การสังเคราะห์สารที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำของแป้งมันสำปะหลัง ที่มีคุณสมบัติใน
การดูดซึมน้ำสูงเทียบเท่ากับสารที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำที่สังเคราะห์มาจากต่างประเทศ และ
สามารถผลิตขึ้นได้ในระดับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในเชิงการค้าจะเป็นการช่วยลด
การนำเข้าของสารที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำจากต่างประเทศ จึงช่วยลดการเสียดุลการค้าจาก
ต่างประเทศ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
ภายในประเทศที่กำลังประสบปัญหาราคาคาตกต่ำ

สำหรับแนวทางในการทำวิจัยต่อไป คือ

1. การละลายอะครีลาไมด์ก่อนนำมาทำการผสม เนื่องจากอะครีลาไมด์เป็น
ของแข็งจึงกระจายตัวได้ยากในเจลของแป้งซึ่งมีความหนืดสูง การละลายอะครีลาไมด์ให้
เป็นของเหลวจะช่วยให้อะครีลาไมด์กระจายตัวในของเหลวได้ดียิ่งขึ้น

2. การใช้เครื่อง drum dryer ในขั้นตอนการอบแห้งและการบดให้เป็น
ผง จะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับวิธีเดิมซึ่งต้องใช้เวลาในการอบแห้งถึง
2 วัน

3. การทำให้เกิดปฏิกิริยาภายนอก หลังจากทำการผสมสารภายในหม้อ
ปฏิกิริยาเรียบร้อยแล้ว โดยสังเคราะห์ด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง (continuous

process)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Wurzburg , O.B. Modified Starch : Properties and Uses.
3rd ed. . pp. 150-162 , CRC Press , Florida , 1987.
2. Johnson , J.C. Industrial Starch Technology pp. 74-77
Noyes Data Corporation , New Jersey , 1979.
3. Davidson , R.L. Handbook of Water Soluble Gums and Resins
pp.(22) 1-83 , Mc Graw-Hill , New York , 1980.
4. Whistle , R.L. Chemistry and Technology pp. 328-329 ,
Academic Press , New York , 1969.
5. Jarovenko , W. Encyclopedia of Polymer Science and Technology,
pp. 790-799, Vol. 12, John Wiley & Sons, New York, 1970.
6. Odian,D. Principle of Polymerisation 2 nd. pp. 271-273
John Wiley & Sons, New York, 1981.