



การผลิตสารที่มีสมบัติดูดซึมน้ำจากแป้งมันสำปะหลังแบบต่อเนื่อง

นางสาวกฤษ์ชาติ	พวงจิตต์
นางสาวกัทรสินี	หอมชง
นางสาววรกฤษ์	สุวรรณิช

ร/พ.
ท461ก
2536

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

612527282

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2536

The Production of Water Absorbant from Tapioca Starch
by Continuous Process

Miss Thipachat Phoungjit

Miss Patarasinee Homchong

Miss Woratip Yuwavanich

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

หัวข้อโครงการพิเศษ การผลิตสารที่มีคุณสมบัติดูดซับน้ำจากแป้งมันสำปะหลังแบบต่อเนื่อง

นักศึกษา นางสาวทิพย์ชาติ พวงจิตต์

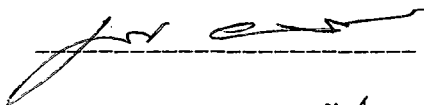
นางสาวภัทรสินี หอมชง

นางสาววรทิพย์ สุวณิช

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

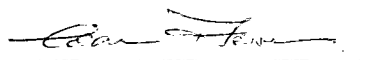
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



(ผศ. นงนุช เกตรานูวัฒน์)

รักษาการหัวหน้าภาควิชาเคมี

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



(ผศ. ดร. เพ็ญชัช ไชยสิทธิ์)

ประธานกรรมการ



(ผศ. สิริภค สระตันดี)

กรรมการ



(ผศ. ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การผลิตสารที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำจากแป้งมันสำปะหลัง โดยกระบวนการแบบต่อเนื่อง	
นักศึกษา	นางสาวทิพย์ชาติ	พวงจิตต์
	นางสาวภัทรสินี	หอมชง
	นางสาววรทิพย์	ยุวณิช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. นิพนธ์	วงศ์วิเศษสิริกุล
ภาควิชา	เคมี	
ปีการศึกษา	2536	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษา การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อเนื่องของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ โดยการทำปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอร์เซชันระหว่างแป้งมันสำปะหลัง กรดอะคริลิก และอะครีลาไมด์มอนอเมอร์ โดยใช้โทแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา โดยการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วในการปั่นกวนที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ หรือลดความเร็วในการปั่นกวน จะทำให้เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำลดลง และการสังเคราะห์แบบต่อเนื่องด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว จากการทดลองพบว่าเวลาที่สารอยู่ในเกลียวหนอนยิ่งมาก อุณหภูมิที่ใช้จะต่ำลง แต่ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงขึ้น เช่นที่ความเร็วรอบ 735 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 110 °C ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเท่ากับ 51 แต่ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 70 °C จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเท่ากับ 236

Special Project Title The Production of Water Absorbant from
Topioca Starch by Continuous Process

Name Miss Thipachat Phoungjit
Miss Patarasinee Homchong
Miss Woratip Yuwavanich

Special Project Advisor Asst. Prof. Nipon Wongwisetsirikul

Department Chemistry

Acedemic Year 1993

This special project is to study the production of water absorbant by graft - copolymerisation between tapioca starch with acrylic acid and acrylamide monomer , using potassium persulphate as initiator. The studies of this project involve 2 parts. First part study on the effect of temperature and motor speed in the change of the reaction time and the ability of water absorption. Experiment shows that the increment of temperature or the decrement of the motor speed resulted in decreasing the reaction time and the ability of water absorption.

Second part study on the continuous process by using the single-screw extruder. Experiment shows the increment of residence time resulted in decreasing the temperature but increasing the ability of water absorption. For example, at 735 rpm. the suitable temperature is 110 °C ,and water absorption is 51 %. At 500 rpm. the suitable temperature is 70 °C ,and water absorption 236 %

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำปรึกษา และให้การช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยเฉพาะคุณศรีศักดิ์ ตริงวิษรกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณนักศึกษารุ่นพี่ทุกคนโดยเฉพาะ คุณปริญา ลีลัคณาวิระ และคุณอนุสร โลหะพันธกิจ ที่ให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ และเพื่อนนักศึกษาทุกคน ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด

ทิพย์ชาติ พวงจิตต์

ภัทรสินี หอมชง

วรทิพย์ ชูวนิช

มีนาคม 2537

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง-จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแป้ง	3
2.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างทางเคมีของแป้ง	4
2.3 การเกิดเป็นเจลของแป้ง	5
2.4 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งแบบต่อ	8
2.5 โครงสร้างของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว	13
บทที่ 3 การทดลอง	
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	15
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	16
3.3 การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งแบบต่อเนื่อง	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	
4.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ เริ่มต้นปฏิกิริยาคด้วยความเร็วคงที่	22
4.2 การศึกษาความเร็วที่ใช้ในการปั่นกวที่อุณหภูมิคงที่	25
4.3 การสังเคราะห์ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว	38
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญตาราง

- 3.1 แสดงปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ
- 4.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ ต่าง ๆ ที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที
- 4.2.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 20 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 30 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.3 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 35 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.4 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 40 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.5 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 50 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.6 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.7 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 70 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.8 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน
- 4.2.9 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 95 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน

- 4.2.10 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 100 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็รรอบที่ต่างกัน
- 4.2.11 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 105 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็รรอบที่ต่างกัน
- 4.2.12 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ อุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยา 110 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็รรอบที่ต่างกัน

สารบัญรูป

- 2.5 แผนภาพแสดงโครงสร้างของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวทวนอนเดี่ยว
- 5.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้น และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา
- 5.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้น และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
- 5.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์
- 5.1.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก วัตถุดิบก็ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรม ถ้าวัตถุดิบสามารถพบหาได้ง่ายและมีราคาถูก อุตสาหกรรมชนิดนั้นก็จะสามารถดำเนินไปได้ด้วยดีและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมาตั้งแต่อดีต ผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศมีมากมายหลายชนิดและมีปริมาณมาก จึงทำให้ผลผลิตบางชนิดมีราคาตกต่ำมากในปัจจุบัน ดังนั้นถ้าอุตสาหกรรมสามารถใช้วัตถุดิบจากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศได้ ก็จะมีผลทำให้อุตสาหกรรมนั้นสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรด้วย

ปัจจุบันในประเทศไทย มีนํ้าสํ้าปะหลังเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณสูงมาก จึงมีราคาต่ำ ถ้าสามารถทำให้เกิดอุตสาหกรรมภายในประเทศที่ใช้มีนํ้าสํ้าปะหลังเป็นวัตถุดิบได้ ก็จะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับมีนํ้าสํ้าปะหลังได้ในอนาคต

ในแต่ละปี ประเทศของเราได้มีการนำเข้าสารเคมีที่มีสมบัติดูดซึมนํ้าเป็นจำนวนมาก เพื่อนํ้ามาใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ในอุตสาหกรรมผ้าอนามัย และผ้าอ้อมเด็ก เป็นต้น ทำให้เกิดการขาดดุลทางการค้าระหว่างประเทศ โครงการงานพิเศษนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำแป้งมีนํ้าสํ้าปะหลัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากมีนํ้าสํ้าปะหลังมาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์สารที่มีสมบัติดูดซึมนํ้า ซึ่งนอกจากจะช่วยแก้ปัญหาราคามีนํ้าสํ้าปะหลังแล้ว ยังจะช่วยลดการขาดดุลการค้ากับต่างประเทศด้วย

โครงการงานพิเศษนี้ ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งที่มีสมบัติดูดซึมนํ้า โดยจะสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ กับมอนอเมอร์ไวไนล ไดแก่ กรดอะคริลิก และอะคริลิไซม์ โดยที่ใช้กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบต่อ ซึ่งจะทำได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมีนํ้าสํ้าปะหลังกับมอนอเมอร์ไวไนลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และโครงการงานพิเศษนี้ได้

ทำการศึกษาถึงการขยายปริมาณการผลิต จากระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Lab scale) ไปสู่ระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) และได้ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิและความเร็วรอบในการปั่นกวานที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการผลิตแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว สำหรับการพัฒนาเพื่อขยายปริมาณการผลิตไปสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแป้ง

แป้ง (Starch) เป็นสารประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีโมเลกุลใหญ่ประกอบด้วยกลูโคส สามารถพบอยู่ในพืชทุกชนิด โดยพืชจะสะสมแป้งไว้ในเซลล์ เช่น ในเมล็ด เนื้อไม้ และรากพืช เป็นต้น

รูปร่างและขนาดของแป้งจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาผลิต แป้งข้าวเจ้ามีรูปร่างหลายเหลี่ยม หรืออาจสามารถพบในลักษณะที่เป็นรูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 - 25 ไมโครเมตร แป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างทรงกลมทึบตัด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 - 35 ไมโครเมตร แป้งมันฝรั่งเป็นแป้งที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุดในจำนวนแป้งเชิงการค้าทั้งหมด โดยรูปร่างของแป้งเป็นรูปไข่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 - 100 ไมโครเมตร

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

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

แป้งสามารถจะนำไปใช้เป็นส่วนผสม หรือใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์

ต่าง ๆ มากมาย เช่น สารยึดติด สิ่งทอ กระดาษ อาหาร ยารักษาโรค และวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น คุณสมบัติของแป้งเกิดจากคุณสมบัติของความข้นเหนียว การเกิดเป็นเจล การยึดติด และการเกิดฟิล์ม คุณภาพสามารถควบคุมได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย และมีราคาถูก

2.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างทางเคมีของแป้ง

แป้งประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต แป้งเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยกลูโคส เชื่อมเข้ากันด้วยพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมออกซิเจนที่ติดกับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสหนึ่งอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสตัวถัดไป ซึ่งพันธะเชื่อมโยงระหว่างหน่วยกลูโคสเรียกว่า พันธะกลูโคไซด์ (Glucoside bond)

แป้งประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin)

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

ก. โมเลกุลรีดิวซ์ที่ปลาย (Reducing end of the molecule) มีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่ปลายโมเลกุล ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ (Primary hydroxyl group) 1 หมู่ หมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ (Secondary hydroxyl group) 2 หมู่ และหมู่อัลดีไฮด์รีดิวซ์ (Aldehydic reducing group) 1 หมู่

ข. โมเลกุลนอนรีดิวซ์ที่ปลาย (non-Reducing end of the molecule) มีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่ปลายโมเลกุล ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 1 หมู่ หมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ 3 หมู่ จำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) จะแสดงถึงสมบัติการชอบน้ำ

(Hydrophilic) ของแป้ง เช่น การดูดความชื้นและการกระจายตัวในน้ำ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแป้งมีหน่วยซ้ำแบบเชิงเส้นจึงมีความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ และเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลจำนวนมาก ทำให้สายโซ่ของอะไมโลสมีแนวโน้มที่จะจัดเรียงตัวในแนวขนาน และใกล้เพียงพอที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลได้ มีผลทำให้คุณสมบัติการชอบน้ำของแป้ง และการละลายของแป้ง ลดลง โมเลกุลอะไมโลสสามารถจะก่อสารประกอบเชิงซ้อนแบบเกลียวล้อมรอบโมเลกุลของไอโอดีน (Iodine) โดยสารประกอบเชิงซ้อนนี้จะมีสีน้ำเงินจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณอะไมโลสในแป้งได้ และเนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนสามารถตกตะกอนได้ด้วยบิวทานอล (Butanol) หรือสารอินทรีย์ชนิดอื่น ทำให้สามารถแยกอะไมโลสออกจากอะไมโลเพกติน (Amylopectin) โดยวิธีการเลือกการตกตะกอน (Selective precipitation))

อะไมโลเพกติน เป็นพอลิเมอร์โซ่สาขา (Branch polymer) โดยเกิดสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ในแต่ละสาขาประกอบด้วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 20-30 หน่วย จากการที่โมเลกุลอะไมโลเพกตินมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลอะไมโลส และโมเลกุลอะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์โซ่สาขา ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแป้งลดลง และขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจน สารละลายอะไมโลเพกตินในน้ำจะมีลักษณะใสและมีความเสถียรในการเป็นเจล และจะไม่ก่อสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน ส่วนที่เป็นเชิงเส้นของโมเลกุลอะไมโลเพกติน และโมเลกุลอะไมโลสจะจัดเรียงตัวแบบขนานทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้น ส่งผลทำให้เกิดผลึกแบบไมเซลล์ (Micellar crystalline) ซึ่งมีผลทำให้เกิดคุณสมบัติไบรฟรินเจนท์ (Birefringent)

2.3 การเกิดเป็นเจลของแป้ง

2.3.1 การบวมตัวและการเกิดเป็นเจลของเม็ดแป้ง

เม็ดแป้งจะไม่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการเกิดเป็นเจลของแป้งอยู่ในช่วง 55-80 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งและความเข้มข้น โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลที่ยึดติดเม็ดแป้งไว้ด้วยกัน จะอ่อนตัวลงและเม็ดแป้งก็จะเริ่มบวมตัวอย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการบวมตัวเรียกว่า อุณหภูมิการเกิดเจล เม็ดแป้งจะอมน้ำไว้และบวมตัวหลายเท่าจากปริมาตรเดิม เมื่อให้ความร้อนและปั่นกวนส่วนผสมไปด้วยพร้อมกันจะทำให้ส่วนผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ความหนืดมีค่ามากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งเกิดการบวมตัวและอมน้ำไว้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นจะเกิดการแตกออกของเม็ดแป้งที่เป็นเจลความหนืดก็จะลดลง

เม็ดแป้งประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline) และส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ซึ่งในระหว่างเกิดการบวมตัวที่สามารถผันกลับได้นั้น น้ำจะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐานและทำให้เกิดการบวมตัวที่บริเวณอสัณฐานนั้น โดยส่วนที่เป็นผลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย

เมื่อทำให้เม็ดแป้งแห้ง น้ำที่แทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐานจะถูกกำจัดออกโดยไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อคุณสมบัติของเม็ดแป้ง เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้งจะมีอุณหภูมิสูงเกินอุณหภูมิของการเกิดเจล น้ำก็จะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นผลึกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียรูปแบบของไบรฟริงเจนซ์ (Birefringence) หมายถึง องศาของการจัดเรียงตัวภายในโมเลกุลลดลง การสังเกตจากภาพตัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์สามารถใช้ในการกำหนดอุณหภูมิในการเกิดเป็นเจลได้

2.3.2 การเกิดเป็นเจลโดยใช้ความร้อน

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของแป้ง ก็คือ การเกิดเป็นลักษณะแป้งเปียกที่หนืดเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้ง การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของความหนืดต่อความร้อนในขณะให้ความร้อนแก่น้ำแป้ง เป็นค่าที่ใช้ในการทำลาคสมบัติของแป้ง

การทำให้เกิดการบวมตัวเรียกว่า **Pasting** เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้น เม็ดแป้งเกิดการพองตัวกระทบซึ่งกันและกัน ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดวิกฤติ จากนั้นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเริ่มอ่อนตัวลงและความหนืดจะลดลง ในกรณีที่เกิดการรวมตัวกันของอะไมโลส จะให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

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

จากการศึกษารูปแบบการบวมตัวของแป้งชนิดต่างๆ โดย X-ray diffraction และการทดสอบเม็ดแป้งโดยแสง และอิเล็กตรอนไมโครสโคปทำให้ทราบถึงภาพของโครงสร้างที่เป็นไปได้ และการจัดเรียงตัวของเม็ดแป้ง พบว่าเม็ดแป้งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นผลึก และส่วนที่เป็นกึ่งผลึก (อสัณฐาน) อะไมโลเพกตินมีโมเลกุลใหญ่จะมีทั้งส่วนที่เป็นผลึกและส่วนที่เป็นอสัณฐาน ส่วนที่เป็นผลึกเกิดจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลอะไมโลเพกตินในส่วนที่เป็นเส้นตรงของโซ่สาขา

การบวมตัวในช่วงเริ่มต้นในระหว่างการเกิดเป็นเจล ส่วนที่เป็นอสัณฐานของเม็ดแป้ง จะเกิดการแตกออกของพันธะไฮโดรเจนที่อ่อนตัวและเกิดการแทรกตัวของน้ำเข้าไปในโมเลกุล ขณะที่อุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มขึ้น การแทรกตัวของน้ำก็เกิดมากขึ้น และพันธะไฮโดรเจนในส่วนที่เป็นผลึกก็จะเริ่มแตกออก เม็ดแป้งบวมตัวขึ้นโดยโมเลกุลอะไมโลเพกตินถูกแทรกด้วยน้ำ แต่โครงสร้างนี้ยังคงรูปอยู่ได้ เนื่องจากมีบางส่วนไม่ถูกแทรกด้วยน้ำซึ่งเป็นส่วนที่ยึดโครงสร้างไว้ แสดงโครงสร้างที่ทำให้เม็ดแป้งที่บวมตัวแล้วมีคุณสมบัติยึดหยุ่นได้ ซึ่งสามารถกำหนดค่าความหนืดของแป้งที่เกิดเป็นเจลเมื่อให้ความร้อน เมื่ออะไมโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลสูง และพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้าง

มีมาก ทำให้ปริมาตรที่ววมตัวของเม็ดแป้งก่อนแตกออกจากกันมีค่ามากขึ้น และความหนืดมีค่าสูงขึ้น

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งที่เป็นเจล

คุณสมบัติของแป้งที่เป็นเจลจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการให้ความร้อน และสามารถกินที่ป้อนอยู่ในแป้ง ดังนั้นถ้าควบคุมสภาวะของการให้ความร้อน จะทำให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเข้มข้น อุณหภูมิ เวลา อัตราเร็วของการปั่น pH ชนิดของสารตัวเติมหรือสิ่งเจือปนอื่น ๆ

จุดประสงค์ของการให้ความร้อนคือ ทำให้เม็ดแป้งแตกออกทำให้น้ำเข้าไปแทรกตัวได้ เมื่อความเข้มข้นของแป้งมีค่าสูงพอที่จะยับยั้งการเติมน้ำอย่างสมบูรณ์ของเม็ดแป้งแล้วคุณสมบัติการไหลของแป้งที่เป็นเจลจะต่างไปจากคุณสมบัติที่ความเข้มข้นของแป้งต่ำกว่าที่ความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นวิกฤติ เม็ดแป้งจะเกิดการแตกออกได้ง่ายด้วยแรงเฉือน ยิ่งความเข้มข้นสูงความหนืดก็ยิ่งมากและจะเกิดเป็นเจลได้มาก

การปั่นที่มีประสิทธิภาพสูงและเร็ว จะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีประสิทธิภาพและทั่วถึงมากกว่า และการให้ความร้อนก็เกิดเร็วขึ้น จะทำให้เม็ดแป้งแตกออกอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้ค่าความหนืดลดต่ำลงเร็วขึ้น

แป้งส่วนใหญ่เกิดเป็นเจลได้เร็วที่ค่า pH สูง ๆ และที่ค่า pH ต่ำ ๆ ในช่วง pH 4-7 การเกิดเป็นเจลเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และอัตราการแตกสลายของโมเลกุลก็จะลดลง แสดงการเกิดเป็นเจลที่ pH 10 และ pH 1.5 จะเห็นว่าความหนืดของเจลจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด จากนั้นความหนืดก็จะลดลง

2.4 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งแบบค่อ

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งแบบค่อที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ สามารถสังเคราะห์ได้โดยให้แป้งทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์แบบค่อ (Grafted copolymerization)

กับมอนอเมอร์ไวไนลที่มีคุณสมบัติที่สามารถต่อพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ อาทิเช่น อะคริลาไมด์ กรดอะคริลิก อะคริโลไนไตรล์ โดยการทำให้เกิดเป็นอนุมลอิสระชั้นบน โมเลกุลของแป้ง

การทำให้เกิดอนุมลอิสระ จะมีระบบที่ทำให้เกิดตัวริเริ่มปฏิกิริยา 2 ประเภท คือ การกระตุ้นทางกายภาพ และการกระตุ้นทางเคมี

การกระตุ้นทางกายภาพ เป็นการฉายรังสีเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดกลไกปฏิกิริยาแบบอนุมลอิสระบนโมเลกุลของแป้ง ปฏิกิริยาเริ่มต้นจะเกิดเป็นไอออนจากการสลายพันธะเคมีก่อน ซึ่งไอออนเหล่านี้จะเปลี่ยนไปเป็นอนุมลอิสระอย่างรวดเร็ว

Merlin และ Fonassier พบว่าสามารถฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ตให้กับ โมเลกุลของแป้ง ทำให้เกิดการตัดของสายโซ่โมเลกุลและเกิดอนุมลอิสระซึ่งจะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ต่อไป

Reyess และผู้ร่วมงานได้ใช้เทคนิคการกระตุ้นทางกายภาพ ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับอะคริลาไมด์ โดยการเติมแป้งที่ผ่านการฉายรังสีลงไป ในสารละลายของอะคริลาไมด์ ตัวทำละลายที่ใช้อาจเป็นน้ำ หรือน้ำผสมกับตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่าเมื่อนำผสมกับแอลกอฮอล์เป็นตัวกลางจะได้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่มีความถี่ของการต่อมาก แต่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

การกระตุ้นทางเคมี เป็นการทำให้เกิดอนุมลอิสระบนโมเลกุลของแป้งหรือเซลลูโลส โดยใช้ตัวริเริ่มที่เป็นสารประกอบประเภทเอโซ (Azo) หรือ เปอร์ออกไซด์ หรือ ไอออนโลหะซัลเฟต เป็นต้น ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถที่จะเหนี่ยวนำให้เกิดตัวริเริ่มอนุมลอิสระได้บนโมเลกุลของแป้ง

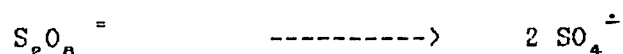
Zhang ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งหรือคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) กับอะคริลาไมด์ โดยใช้ซัลเฟตแอมโมเนียมในเตรต ร่วมกับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต/อัสซีทีเอ เป็นตัวริเริ่มในระบบพอลิเมอร์เซชันแบบปริ-

เวอร์สเฟสอิมัลชัน (Reverse phase emulsion polymerization) และใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์สูง

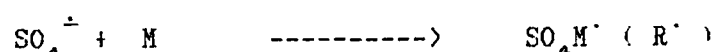
Zhang ได้กล่าวโดยทั่วไปว่า การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ ส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานและพอลิเมอร์ที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลสูง แต่ในระบบจะมีความหนืดสูงมาก การควบคุมปฏิกิริยากระทำได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามมีข้อได้เปรียบตรงที่เกิดปฏิกิริยาความเข้มข้น ทำให้ปริมาณน้ำในระบบถูกกำจัดออกไปได้มาก ส่งผลทำให้พอลิเมอร์แห้งได้ง่าย

Abdel Razlij และผู้ร่วมงาน ได้ใช้เทคนิคการกระตุ้นทางเคมีเตรียมพอลิเมอร์ร่วมของเอทิลเซลลูโลส กับอะครีลาไมด์ โดยใช้แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulphate) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulphate) และเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide) เป็นตัวริเริ่ม ตัวกลางที่ใช้เป็นสารละลายผสมประกอบด้วย ไดเมทิลฟอร์มามิด (Dimethylformamide) และทอลูอินพบว่าเปอร์ซัลเฟตเหมาะที่จะใช้เป็นตัวริเริ่ม กรดเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ไม่เหมาะที่จะเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา เพราะจะทำให้เพิ่มการแตกสลายของสายโซ่โมเลกุล ของเอทิลเซลลูโลส สำหรับกลไกการเข้าทำปฏิกิริยาของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

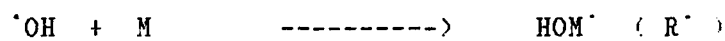
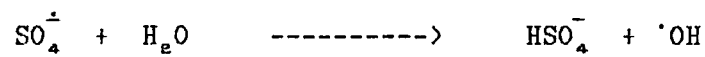
ก) การแตกตัวของตัวริเริ่ม (Initiator dissociation)



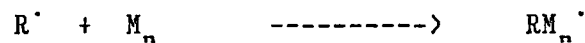
ข) ปฏิกิริยาเริ่ม (Initiation Reaction)



เนื่องจากในระบบมีน้ำเป็นตัวทำละลายอยู่ด้วย ดังนั้นซัลเฟตไฮดรอกซีอนุมูลอิสระ ($\text{SO}_4^{\cdot -}$) สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำได้ไฮดรอกซีอนุมูลอิสระ (Hydroxy radical) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ได้ ดังสมการ

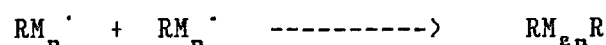


ค) ปฏิกิริยาการเจริญเติบโต (Propagation reaction)

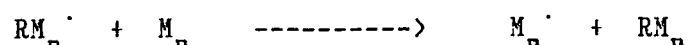


ง) ปฏิกิริยาการสิ้นสุด (Termination)

1. ปฏิกิริยาการรวมตัว (Combination)

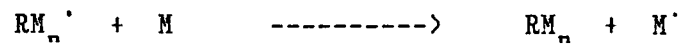


2. ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนอนุมูลอิสระ

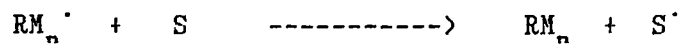


3. ปฏิกิริยาการย้ายอนุมูลอิสระ (Transfer reaction)

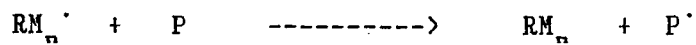
-ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่มอนอเมอร์ (Transfer to monomer)



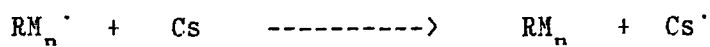
-ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่ตัวทำละลาย (Transfer to solvent)



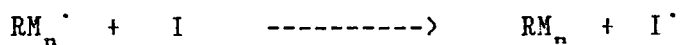
-ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่พอลิเมอร์ (Transfer to polymer)



-ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่ตัวย้ายสายโซ่ (Transfer to chain transfer agent)

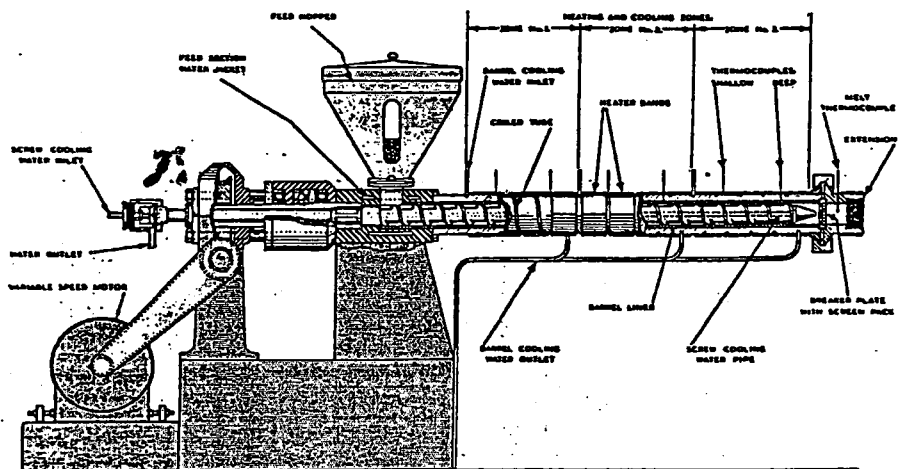


-ย้ายสายโซ่อนุมูลอิสระไปที่ตัวริเริ่ม (Transfer to initiator)



2.5 โครงสร้างของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวทวนตัวเดียว

เครื่องอัดรีดแบบเกลียวทวนตัวเดียว ประกอบด้วย มอเตอร์ขับ เพื่องัดความเร็ว กระจกสอบพร้อมเกลียวทวนประกอบอยู่ภายใน และกรวยเติมสาร (ดังรูป)



รอบ ๆ กระจกสอบจะมีเครื่องให้ความร้อนแบบแผ่นหุ้มอยู่รอบ ๆ ซึ่งสามารถตั้งอุณหภูมิของแต่ละชุดได้ตามต้องการ ทุกตอนที่มีการให้ความร้อนส่วนมากจะมีอุปกรณ์หล่อเย็นประกอบอยู่ด้วยเสมอ เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่แน่นอนได้ ในเขตใกล้ ๆ กับกรวยเติมสารขณะทำงานจะต้องมีการหล่อเย็นเสมอ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาในช่วงช่องเข้าหรือที่แกนเกลียวทวน

1. เกลียวทวน

ส่วนที่สำคัญที่สุดของเครื่องอัดรีด คือ เกลียวทวน ซึ่งจะต้องให้ความละเอียดรอบคอบในการออกแบบเป็นอย่างยิ่ง ในการทดลองนี้ใช้เกลียวทวนตัวเดียวแบบแกนเท่ากันตลอด รอบ ๆ เกลียวทวนจะมีร่องแคบ ๆ ซึ่งตรงโคนร่องลบคมเอาไว้ อากาศที่เข้าไปในเรือนของเกลียวทวนพร้อม ๆ กับสาร จะถูกอัดออกตามร่องเกลียวขึ้นออกมาทางกรวยเติมสาร

2. เรือนตัวหนอน (Cylinder)

เรือนตัวหนอนจะเป็นชิ้นเดียวประกอบอยู่กับระบบเฟืองขับ คอนทักซ์จะมีช่องทางนำสารเข้าซึ่งมีกรวยเติมประกอบอยู่ตอนบน ที่เรือนและตัวหนอนจะมีแรงกระทำ มีการเสียดสีให้ลื่น และมีการกัดกร่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้เหล็กที่มีคุณภาพสูงที่ผ่านการชุบไนไตรท์มาทำตัวหนอน และเรือน

หน้าที่ของร่องนำสารเข้า คือ ป้องกันสารหมุนไปตามการหมุนของเกลียวหนอน ซึ่งจะทำการเลื่อนของฟันเกลียว ตัวหนอน บนสารมีประสิทธิภาพเต็มที่ ทำให้เกิดการส่งสารเข้าโดยบังคับขึ้น

3. การส่งกำลังขับ

โดยปกติแล้วจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าให้มีขนาดพอเพียง ที่จะส่งกำลังขับสารที่เหลวเหนียว ทั้งนี้แล้วแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง นอกจากนี้ควรมอเตอร์ที่มีความสามารถปรับความเร็วได้ทุกชั้น เพื่อจะได้ควบคุมความเร็วของเกลียวหนอนได้

4. การให้ความร้อนและหล่อเย็น

ในการนี้จึงต้องมีเครื่องให้ความร้อน (Heater) ไฟฟ้าหุ้มอยู่รอบ ๆ เรือนเกลียวหนอนที่จุดต่าง ๆ และสามารถปรับตั้งอุณหภูมิให้คงที่ได้ และเขตใกล้กับกรวยเติมพลาสติกจะต้องหล่อเย็นเพื่อให้สามารถส่งสารเข้าได้ง่ายขึ้น ในทุกเขตที่มีเครื่องให้ความร้อน (Heater) จะมีอุปกรณ์หล่อเย็นควบคู่กันด้วย

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

ชื่อสารเคมี	เกรด	บริษัท
แป้งมันสำปะหลัง	การค้า	ทจก. เจริญธุรกิจ
โซเดียมคาร์บอเนต	การค้า	บริษัท พรภัทรเคมี จำกัด
กรดไนตริก	วิเคราะห์	Farmitatia Carlo Erba
โซเดียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห์	Eka Nobel
โพรฟิลีนไกลคอล	วิเคราะห์	Fluka
ไดโซเดียมเอธิลีนไดเอมีน- เตตระอะซิติกแอซิด	วิเคราะห์	Fluka
อะคริลาไมด์	การค้า	สยามฟายน์เคมี
อะคริลิค แอซิด	การค้า	สยามฟายน์เคมี
โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	วิเคราะห์	Fluka

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูด

ซึมน้ำ

ชุดเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-1 , 3-2 และ 3-3 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. เครื่องกวนเชิงกล (Mechanical stirrer) บริษัท IKA labotechnik รุ่น RW 20
2. ใบพัดกวนแบบปรับระดับได้ ทำด้วยสแตนเลส
3. หม้อปฏิกริยาขนาด 2 ลิตร
4. เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 องศาเซลเซียส
0-300 องศาเซลเซียส
5. ชุดให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
6. อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบปรับอุณหภูมิได้ BUCHI 461
7. เครื่องชั่ง Mettler BB 3000
8. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนตัวเดี่ยว (Single-screw extruder)
ยี่ห้อ Kaist extruder ขนาดกำลังการผลิต 400 kg/hr.

3.3 การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการศึกษา การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำด้วยกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ทำการทดลองโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ศึกษาผลของความเร็วในการปั่นกวนโดยใช้อุณหภูมิคงที่ และศึกษาผลของอุณหภูมิ เริ่มต้นปฏิกิริยาโดยใช้ความเร็วในการปั่นกวนคงที่ 2) การศึกษาการสังเคราะห์โดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวโดยใช้ข้อมูลจากส่วนที่ 1 เป็นแนวทางในการปรับรอบความเร็ว และอุณหภูมิของเครื่องให้เหมาะสมกับเวลาที่สารอยู่ในตัวเกลียวหนอน (residence time)

3.3.1 การเตรียมสารละลาย โซเดียมเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซีเตด (Na_2EDTA)

ซึ่งเกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซีเตด 2 โมเลกุลน้ำ (Ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt dihydrate) จำนวน 20.845 กรัม นำมาใส่ในบีกเกอร์ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 80 มิลลิลิตร กวนสารให้เข้ากันโดยใช้ความร้อนแก่สารในขณะที่กวนตลอดเวลา จนกระทั่งส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมดแล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นเทสารละลายในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนสารละลายมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3.2 การเตรียมสารละลายโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์

ซึ่งโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต จำนวน 0.135 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50

มิลลิลิตร บีเปตสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร คนสารละลายจนบีเปตสเชื่อมเปอร์ซัลเฟตละลายหมด

3.3.3 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ด้วยความเร็วในการปั่นกวนคงที่ แต่ใช้อุณหภูมิในการเริ่มปฏิกิริยาต่างกัน

เติมแป้งมันสำปะหลังใส่ลงในหม้อปฏิกิริยาที่มีชุดเครื่องกวน เติมน้ำกลั่น ทำการปั่นกวนสารโตะยี่ใช้เครื่องกวนเชิงกลด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาที พร้อมกับให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารละลายแป้งมันสำปะหลังเป็นเจลใส (ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง) แล้วจึงเติมผงโซเดียมคาร์บอเนตลงในหม้อปฏิกิริยา พร้อมทั้งยังคงให้เครื่องกวนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโซเดียมคาร์บอเนตละลายหมด แล้วทำการหล่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง เติมอะคริลาไมด์ สารละลายไดโซเดียม EDTA และพรอพิลีนไกลคอล ลงในหม้อปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ ในขณะที่เติมให้กวนตลอดเวลา หลังจากนั้นให้กวนสารต่อไปอีก 15 นาที ที่อุณหภูมิห้องเติมกรดอะคริลิกลงในหม้อปฏิกิริยาและปั่นกวนด้วยความเร็ว 2000 รอบ/นาที หลังจากนั้นให้กวนต่อไปอีก 10-15 นาที เติมสารละลายบีเปตสเชื่อมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ จับเวลาการเกิดปฏิกิริยา ตั้งแต่เติมบีเปตสเชื่อมเปอร์ซัลเฟตจนกระทั่งปฏิกิริยาสิ้นสุด พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยา นำพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นำมาบดให้ละเอียดแล้วเก็บไว้ในเคซิเคเตอร์เพื่อป้องกันความชื้น

อุณหภูมิ เริ่มต้นต่างๆ ทำได้โดยการให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการทดลอง แล้วจึงเติมสารละลายบีเปตสเชื่อมเปอร์ซัลเฟต จับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และอุณหภูมิสิ้นสุด นำพอลิเมอร์ร่วมที่ได้ไปหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

3.3.4 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ด้วยความเร็วในการปั่นกวาดต่างกันที่อุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยาคงที่

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.3 แต่เปลี่ยนความเร็วของเครื่องปั่นกวาดเป็น 500, 800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600 และ 1,800 ที่อุณหภูมิคงที่ต่างๆ เช่น ที่อุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยา 20°C ตั้งความเร็วของเครื่องปั่นกวาดเป็น 500 รอบ/นาที จากเดิม 2,000 รอบ/นาที จับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาและอุณหภูมิสิ้นสุด บันทึกข้อมูลที่ได้ จากนั้นก็ทำการทดลองใหม่โดยเปลี่ยนความเร็วเป็น 800 รอบ/นาที และ 1,000 รอบ/ นาทีตามลำดับ อุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยาอื่น ๆ ก็ทำเช่นเดียวกัน อุณหภูมิเริ่มต้นของปฏิกิริยาที่ใช้ คือ 20, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 95, 100, 105, และ 110 องศาเซลเซียส จากนั้นนำพอลิเมอร์ร่วมที่ได้ไปทดสอบและหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ

สาร	ปริมาณที่ใช้
แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	500
น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	2200
โซเดียมคาร์บอเนต (กรัม)	424
อะคริลาไมด์ (กรัม)	852
eq. EDTA (มิลลิลิตร)	100
พวอพอลีนไกลคอล (มล.)	4
กรดอะคริลิค (กรัม)	576
eq. $K_2S_2O_8$ 0.1M (มล.)	100

3.3.5 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder)

เตรียมเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนโดยปรับความเร็วรอบและอุณหภูมิให้เหมาะสมซึ่งพิจารณาจากผลการทดลอง 3.3.4 และ 3.3.5 เมื่อเครื่องพร้อมแล้วจึงนำวัตถุดิบที่เตรียมจากหัวข้อ 3.3.3 ที่ขั้นตอนเติมสารละลายโปแทสเซียมซัลเฟตจากนั้นก็นำไปเทลงในกรวยป้อนสาร (Hopper) ให้วัตถุดิบผ่านไปยังเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว สารที่

ผ่านออกมาจะมีลักษณะเป็นของแข็งหยุ่น นำมาตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 วัน ทำให้เป็นผงโดยใช้เครื่องบด ผลสุดท้ายจะได้พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ นำไปทดสอบและหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

3.4 การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ 0.5 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที หลังจากนั้นรินส่วนที่เป็นของเหลวใส่ในกระบอกตวง อ่านปริมาตรของเหลว แล้วคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำจากสูตร

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

เมื่อ A คือ ปริมาตรน้ำเริ่มต้น (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรน้ำที่เหลือจากการดูดซึม (มิลลิลิตร)

X คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่นำมาทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ(กรัม) หน่วย มิลลิลิตร/กรัม หมายถึง ปริมาตรน้ำที่พอลิเมอร์ร่วมของแป้ง 1 กรัม ดูดซึมไว้ได้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเริ่มต้นปฏิกิริยาของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำด้วยความเร็วคงที่คือ 2,000 รอบ/นาที

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเริ่มต้น ของปฏิกิริยาของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำ โดยใช้ความเร็วในการปั่นกวนคงที่คือ 2,000 รอบ/นาที พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์เชิขึ้นมีค่าสูงขึ้น คือ 20, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 95, 100, 105 และ 110 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าลดลง และเมื่อนำพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปทดสอบและหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังก็มีค่าลดลงด้วย ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่มีค่ามากที่สุด ก็คือ การใช้อุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยาที่ 20 °C ซึ่งให้ ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงถึง 457.65 และใช้เวลาในการสิ้นสุดปฏิกิริยามากที่สุด คือ 206.5 นาที ในขณะที่อุณหภูมิเริ่มต้น 110 °C จะให้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพียง 1 วินาที หรือเกิดขึ้นในทันที มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อยมาก คือ 63.2 ส่วนอุณหภูมิสิ้นสุดการเกิดปฏิกิริยามีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่อุณหภูมิ
ต่างๆ ที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที

การทดลองที่	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิสิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(นาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	20	110	80.0	210.0	456	458	478	464.0
2	20	112	82.5	203.0	446	455	453	451.3
1	23	112	60.0	140.0	448	447	446	447.0
2	23	113	61.0	142.0	445	446	447	446.0
1	25	112	41.0	81.0	444	445	446	445.0
2	25	113	40.0	80.0	444	443	445	443.0
1	28	114	20.0	40.0	443	444	443	443.7
2	28	113	21.0	41.0	442	445	444	443.7
1	30	112	6.3	8.6	435	452	442	443.0
2	30	114	5.4	7.8	431	425	413	423.0
1	35	113	5.2	6.5	422	412	415	416.3
2	35	118	4.0	7.0	425	411	405	413.7
1	40	115	4.4	6.3	422	415	425	420.1
2	40	114	4.0	6.0	412	432	422	422.0
1	50	113	4.6	6.3	325	312	315	317.3
2	50	115	3.5	5.4	305	302	322	309.7

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การคูดน้ำที่อุณหภูมิ
ต่างๆ ที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที (ต่อ)

การทดลองที่	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิสิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(นาที)		%การคูดน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	60	114	2.5	3.5	300	288	274	287.3
2	60	115	2.4	3.6	256	285	274	271.7
1	70	112	30 วินาที	1.5	245	218	236	233.0
2	70	113	28 วินาที	1.8	218	235	225	226.0
1	80	112	10 วินาที	30 วินาที	205	213	201	206.3
2	80	113	8 วินาที	25 วินาที	198	188	203	196.3
1	95	114	3 วินาที	10 วินาที	174	154	136	154.7
2	95	112	2 วินาที	15 วินาที	155	165	122	147.3
1	100	113	1 วินาที	5 วินาที	85	63	74	74.0
2	100	115	1 วินาที	5 วินาที	90	95	87	90.7
1	105	118	1 วินาที	4 วินาที	87	102	95	94.7
2	105	114	1 วินาที	3 วินาที	55	45	60	53.4
1	110	113	1 วินาที	3 วินาที	85	55	56	65.4
2	110	119	1 วินาที	2 วินาที	56	58	69	61.0

4.2 การศึกษาความเร็วที่ใช้ในการปั่นกวนเพื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของ แป้งมันสำปะหลัง ที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำโดยให้อุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ

จากการศึกษาความเร็วที่ใช้ในการปั่นกวนเพื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติดูดซึมน้ำโดยให้อุณหภูมิคงที่ 20, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 95, 100, 105 และ 110 องศาเซลเซียส และปรับความเร็วในการปั่นกวนเป็น 500, 800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600 และ 1,800 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ พบว่าความเร็วในการปั่นกวนมีผลต่อการใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยา และ ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ คือ เมื่อเพิ่มความเร็วในการปั่นกวนจะทำให้ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำก็มีค่าสูงขึ้นด้วย เช่น ที่อุณหภูมิคงที่ 20 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ความเร็ว 1,800 รอบ/นาที มีค่าสูงสุด คือ 454.5 และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยามากที่สุดด้วยโดยใช้เวลา 198 นาที ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที มีค่าต่ำสุด คือ 422.15 เวลาที่ใช้ก็น้อยที่สุดด้วยเช่นกัน คือ 157 นาที และยิ่งพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ผลของความเร็วในการปั่นกวนจะมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และ เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาก็ลดลงด้วย เช่น อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาที่ 100 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาคือ 1 วินาที ที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที ในขณะที่ใช้ความเร็ว 1,800 รอบ/นาที ก็ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับความเร็ว 500 รอบ/นาที นั่นก็คือ 1 วินาที หรือ เกิดขึ้นทันทีที่เติมสารละลายโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ซึ่งความเร็วในการปั่นกวนแทบจะไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเลย และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำแตกต่างกันน้อยมากนั้นแสดงว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของปฏิกิริยามีอิทธิพลมากกว่าความเร็วในการปั่นกวน

ตารางที่ 4.2.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 20 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน

การทดลองที่	ความเร็ว (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิสิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (นาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	110	40	150	440	412	405	419.0
2	500	112	55	164	412	438	426	425.3
1	800	113	53	168	425	428	427	426.7
2	800	115	52	154	422	425	425	424.0
1	1000	114	58	169	421	427	425	424.3
2	1000	112	60	168	420	432	415	422.4
1	1200	113	61	170	422	421	435	425.0
2	1200	115	65	171	432	438	440	436.7
1	1400	115	68	185	450	441	431	440.7
2	1400	112	70	189	446	446	438	442.7
1	1600	118	74	190	465	447	435	449.0
2	1600	114	75	194	454	442	443	447.0
1	1800	112	75	195	455	452	451	452.7
2	1800	113	74	198	465	452	452	456.3

ตารางที่ 4.2.2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่
อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิริยา 30 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง
กัน

การทดลองที่ ครั้งที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิ สิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(นาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิริยา	ปฏิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	113	4.2	5.2	399	387	398	394.7
2	500	114	4.5	6.0	400	402	405	402.3
1	800	115	5.0	6.0	406	415	411	410.7
2	800	112	5.6	6.2	418	412	413	414.3
1	1000	113	5.8	6.8	419	420	421	420.0
2	1000	115	6.1	6.5	420	422	417	419.7
1	1200	114	6.0	6.7	422	421	435	426.0
2	1200	112	6.2	6.4	422	428	430	426.7
1	1400	112	6.0	6.5	430	432	431	431.0
2	1400	113	6.2	6.8	436	436	438	436.7
1	1600	114	6.1	6.8	455	437	435	442.3
2	1600	115	6.0	7.6	450	448	455	451.0
1	1800	115	6.2	7.8	451	451	453	451.7
2	1800	113	7.8	8.0	455	458	453	455.3

ตารางที่ 4.2.3 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่
อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 35 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง
กัน

การทดลองที่ ครั้งที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิ สิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(นาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	113	3.2	4.7	386	385	381	384.0
2	500	115	3.5	4.7	387	384	390	387.0
1	800	115	3.2	4.8	400	410	402	404.0
2	800	114	4.0	4.9	410	402	403	405.0
1	1000	113	4.3	5.4	410	405	412	409.0
2	1000	115	4.8	5.8	418	420	415	417.7
1	1200	115	4.6	5.6	420	419	425	421.3
2	1200	114	4.2	5.2	420	422	420	420.7
1	1400	112	4.6	5.9	425	426	424	424.0
2	1400	113	4.7	6.2	426	426	430	426.7
1	1600	114	4.6	6.0	435	432	431	432.7
2	1600	115	4.8	6.2	437	438	439	438.0
1	1800	112	5.8	6.5	432	442	440	438.0
2	1800	113	5.4	6.8	445	438	448	443.7

ตารางที่ 4.2.4 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่
อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 40 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง
กัน

การทดลองที่ ครั้งที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิ สิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(นาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	115	2.1	2.6	346	355	368	356.3
2	500	112	2.0	2.8	372	363	370	368.3
1	800	113	2.5	3.1	384	395	387	388.7
2	800	114	2.9	3.4	410	402	403	402.0
1	1000	113	2.8	3.4	405	404	402	403.7
2	1000	115	3.0	4.2	405	400	405	403.3
1	1200	115	3.8	5.3	410	419	405	411.3
2	1200	114	3.4	5.4	418	413	410	413.7
1	1400	112	3.4	5.4	419	416	424	419.7
2	1400	115	3.8	5.3	418	416	430	412.3
1	1600	114	3.9	5.2	415	412	422	418.0
2	1600	113	4.0	5.8	427	431	430	429.3
1	1800	115	4.1	6.8	420	427	423	423.3
2	1800	115	4.2	6.9	425	428	428	427.0

ตารางที่ 4.2.5 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่

อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 50 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง

กัน

การทดลองที่ ครั้งที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิ สิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(นาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	115	1.3	2.5	246	265	274	261.7
2	500	114	1.8	2.6	272	285	279	278.7
1	800	113	2.0	2.5	284	295	287	288.7
2	800	112	2.7	3.0	299	295	285	293.0
1	1000	111	2.8	3.0	297	298	296	297.0
2	1000	110	2.8	3.5	301	300	312	304.3
1	1200	112	2.9	3.4	310	309	300	303.3
2	1200	112	3.0	3.6	304	310	302	305.3
1	1400	112	3.4	3.8	309	304	304	305.0
2	1400	115	3.4	3.7	311	311	300	307.3
1	1600	113	3.5	4.2	308	303	309	306.7
2	1600	111	3.5	4.3	309	312	315	312.0
1	1800	113	3.6	4.5	310	317	311	312.7
2	1800	112	3.8	5.5	315	315	313	314.3

ตารางที่ 4.2.6 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่

อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิริยา 60 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่างกัน

การทดลองที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิสิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (นาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิริยา	ปฏิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	112	1.2	2.5	206	225	234	221.7
2	500	113	1.3	2.3	235	245	239	239.7
1	800	114	1.1	2.8	234	237	239	237.0
2	800	115	1.6	2.9	244	242	240	242.0
1	1000	114	2.0	3.2	250	251	256	252.3
2	1000	116	2.2	3.6	231	260	242	244.3
1	1200	117	2.5	3.4	240	265	255	253.3
2	1200	113	2.6	4.5	254	245	266	255.0
1	1400	118	2.4	4.6	253	241	251	248.3
2	1400	118	2.3	4.0	265	258	260	261.0
1	1600	111	2.8	4.2	264	254	269	262.3
2	1600	111	3.0	4.6	267	263	266	265.3
1	1800	112	3.2	5.2	260	264	261	261.7
2	1800	112	3.3	5.6	271	275	280	275.3

ตารางที่ 4.2.7 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่

อุณหภูมิตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยา 70 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง

กัน

การทดลองที่ ครั้งที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิ สิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (วินาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	113	29	34	216	205	198	206.3
2	500	113	28	40	205	205	207	205.7
1	800	112	24	46	204	202	203	203.0
2	800	115	28	45	214	210	210	211.3
1	1000	114	27	48	210	215	216	213.7
2	1000	116	23	50	214	218	222	218.0
1	1200	117	28	58	223	221	225	223.0
2	1200	119	22	52	220	223	226	223.0
1	1400	118	30	62	223	225	224	224.0
2	1400	118	32	60	235	230	230	231.7
1	1600	113	28	82	238	235	234	235.7
2	1600	111	29	80	232	230	241	234.3
1	1800	112	29	88	230	234	231	231.7
2	1800	112	30	85	232	230	231	231.0

ตารางที่ 4.2.8 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่
อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 80 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง
กัน

การทดลองที่ ครั้งที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิ สิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(วินาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	116	4	14	145	146	132	141.0
2	500	113	4	15	142	140	145	142.3
1	800	114	5	16	148	148	147	141.0
2	800	115	5	16	150	148	149	149.0
1	1000	114	6	20	151	153	152	152.0
2	1000	116	4	22	154	152	150	152.0
1	1200	113	6	23	158	156	153	155.7
2	1200	115	7	25	154	157	154	155.0
1	1400	114	8	24	166	168	162	165.3
2	1400	115	10	26	180	157	167	168.0
1	1600	114	13	27	184	167	178	176.3
2	1600	113	13	29	197	197	195	196.3
1	1800	112	14	28	195	198	199	197.3
2	1800	112	15	28	202	203	205	203.3

ตารางที่ 4.2.9 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่

อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 95 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง

กัน

การทดลองที่	ความเร็วรอบต่อ นาที	อุณหภูมิสิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (วินาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	112	4	29	103	105	102	103.3
2	500	113	3	30	112	103	105	103.3
1	800	115	3	31	110	108	117	111.7
2	800	114	3	32	112	118	111	113.7
1	1000	116	3	35	121	123	112	118.7
2	1000	115	4	34	124	112	113	116.3
1	1200	114	5	33	128	116	123	122.3
2	1200	113	6	30	124	127	123	124.7
1	1400	115	4	31	126	138	132	123.0
2	1400	113	5	34	132	138	137	135.7
1	1600	116	6	34	135	136	132	134.3
2	1600	112	5	27	141	140	130	137.0
1	1800	115	4	29	143	144	148	145.0
2	1800	112	3	28	150	151	152	151.0

ตารางที่ 4.2.10 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่

อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 100 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง

กัน

การทดลองที่	ความเร็ว (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิสิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (วินาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	114	2	4	43	42	40	41.7
2	500	113	2	5	42	43	43	44.3
1	800	115	3	6	42	46	47	45.0
2	800	115	2	6	50	48	47	48.3
1	1000	114	2	5	52	53	54	53.0
2	1000	113	2	4	55	57	57	55.7
1	1200	115	3	3	58	62	63	61.0
2	1200	112	4	5	65	67	57	63.0
1	1400	114	3	4	62	64	63	63.0
2	1400	115	2	6	65	64	63	63.7
1	1600	116	1	7	68	66	67	67.3
2	1600	115	2	4	70	69	68	69.0
1	1800	112	1	5	71	71	70	71.7
2	1800	113	1	5	73	72	71	72.0

ตารางที่ 4.2.11 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่

อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 105 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง

กัน

การทดลองที่ ครั้งที่	ความเร็ว (รอบต่อ นาที)	อุณหภูมิ สิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้(วินาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	115	1	2	33	32	30	31.7
2	500	113	2	3	32	33	33	32.7
1	800	115	1	2	32	36	37	38.3
2	800	116	1	3	38	38	37	37.7
1	1000	114	2	2	34	35	39	39.3
2	1000	116	1	3	41	41	40	40.7
1	1200	117	2	2	40	42	41	41.0
2	1200	113	1	2	42	43	44	43.0
1	1400	115	2	2	45	44	49	46.0
2	1400	115	1	2	54	50	51	53.7
1	1600	116	1	2	53	52	51	52.0
2	1600	115	2	3	52	54	54	52.7
1	1800	114	1	2	51	51	50	50.7
2	1800	112	2	3	53	52	51	52.0

ตารางที่ 4.2.12 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่

อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา 110 °C ด้วยความเร็วรอบที่ต่าง

กัน

การทดลองที่	ความเร็ว (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิสิ้นสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (วินาที)		%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
			เริ่มปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาสิ้นสุด	1	2	3	เฉลี่ย
1	500	115	1	3	30	29	28	29.0
2	500	117	1	5	31	32	33	32.0
1	800	116	1	3	32	33	31	32.0
2	800	115	1	2	39	38	37	37.0
1	1000	118	1	3	34	35	36	35.0
2	1000	115	1	2	41	42	40	41.0
1	1200	113	1	1	40	42	41	41.0
2	1200	115	1	2	42	43	44	42.0
1	1400	116	1	3	45	44	43	43.0
2	1400	115	1	2	50	50	51	50.7
1	1600	114	1	3	53	52	51	52.0
2	1600	116	1	2	52	53	54	53.0
1	1800	115	1	2	51	52	50	51.0
2	1800	116	1	2	53	52	51	52.0

4.3 การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวทวนเดี่ยว (Single-screw extruder)

จากการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง ที่มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวทวนเดี่ยว (Single-screw extruder) พบว่าเวลาที่สารอยู่ในเกลียวทวน (Residence time) เป็นตัวกำหนดการเลือกอุณหภูมิที่จะใช้ในการเกิดปฏิกิริยา เพราะค่า Residence time ต้องมีค่าเท่ากับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งจะทำให้เกิดพอลิเมอร์ได้พอดี ความเร็วสูงสุดของเครื่องที่สามารถปรับได้มีค่า 735 รอบต่อนาที จะให้เวลาที่สารอยู่ในตัวเกลียวทวน (Residence time) มีค่าเท่ากับ 5 วินาที ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ต้องมีค่ามากกว่า 105°C ปฏิกิริยาจึงจะเกิดได้เป็นพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังได้ แต่ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 105°C จะมีค่า 74.85 ลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมที่ได้ จะเป็นของแข็งหุ่่นสีขาวครีม ในขณะที่ใช้อุณหภูมิ 110°C จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 60 เท่านั้น และลักษณะพอลิเมอร์ร่วมที่ได้เป็นของแข็งหุ่่นสีน้ำตาล ส่วนที่ความเร็วของตัวเกลียวทวนที่ 500 รอบต่อนาที จะพบว่าสารจะใช้เวลาที่อยู่ในตัวเครื่องมีค่าเท่ากับ 15 วินาที ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 80°C เพราะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ Residence time พอลิเมอร์ที่ได้มีค่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 214.85 ลักษณะเป็นของแข็งหุ่่นสีขาวครีม ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิต่ำเกินไป เช่น 70°C จะทำให้พอลิเมอร์ร่วมที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลว แสดงว่าปฏิกิริยายังเกิดได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเวลาที่สารอยู่ในตัวเครื่อง (Residence time) มีค่าน้อยเกินไป แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป เช่นที่ 130°C จะทำให้พอลิเมอร์ไหม้ได้

ตารางที่ 4.3.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำที่สังเคราะห์จากกระบวนการแบบต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวที่มีความเร็ว 500 รอบต่อนาที เวลาที่สามารถอยู่ในตัวเครื่องเท่ากับ 15 วินาที

การทดลองที่	เวลาที่ใช้การเกิดปฏิกิริยา (วินาที)	อุณหภูมิที่ใช้	ลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่ได้จากเครื่องอัดรีด	%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
				1	2	3	เฉลี่ย
1	70	70	เส้นหุ่่นเหนียวสีขาว	235	236	237	236.0
2	70	70	เส้นหุ่่นเหนียวสีขาว	234	235	236	234.0
3	15	80	เส้นหุ่่นเหนียวสีครีม	215	216	213	214.7
4	15	80	เส้นหุ่่นเหนียวสีครีม	214	216	215	215.0
5	12	95	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลอ่อน	170	171	172	171.0
6	12	95	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลอ่อน	172	173	176	173.7
7	5	100	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลเข้ม	85	89	84	86.0
8	5	100	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลเข้ม	88	84	87	86.3
9	3	105	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลโกโก้	65	66	67	66.7
10	3	105	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลโกโก้	72	71	70	71.0
11	3	110	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลดำ	53	52	51	52.0
12	3	110	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลดำ	52	53	54	53.0
13	1	130	เส้นสีดำ มีกลิ่นไหม้	-	-	-	-

ตารางที่ 4.3.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ที่สังเคราะห์จากกระบวนการแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวที่ความเร็ว 735 รอบต่อนาที เวลาที่สารอยู่ในตัวเครื่อง เท่ากับ 5 วินาที

การทดลองที่	เวลาที่ใช้การเกิดปฏิกิริยา (วินาที)	อุณหภูมิที่ใช้ (°C)	ลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่ได้จากเครื่องอัดรีด	%การดูดซึมน้ำครั้งที่			
				1	2	3	เฉลี่ย
1	70	70	ของเหลวสีเหลืองใส	25	26	27	26.0
2	70	70	ของเหลวสีเหลืองใส	24	25	26	25.0
3	15	80	ของเหลวสีเหลืองใส	204	205	203	204.0
4	15	80	ของเหลวสีเหลืองใส	204	206	207	205.3
5	12	95	ของเหลวสีเหลืองใส	165	166	162	163.7
6	12	95	ของเหลวสีเหลืองใส	152	163	166	160.3
7	5	100	เส้นหุ่่นเหนียวสีขาวครีม	76	77	78	77.0
8	5	100	เส้นหุ่่นเหนียวสีขาวครีม	78	71	72	72.7
9	3	105	เส้นหุ่่นเหนียวสีขาวครีม	55	56	54	55.0
10	3	105	เส้นหุ่่นเหนียวสีขาวครีม	60	61	60	60.7
11	3	110	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลโกโก้	43	52	49	48.0
12	3	110	เส้นหุ่่นเหนียวสีน้ำตาลโกโก้	52	50	51	51.0

บทที่ 5

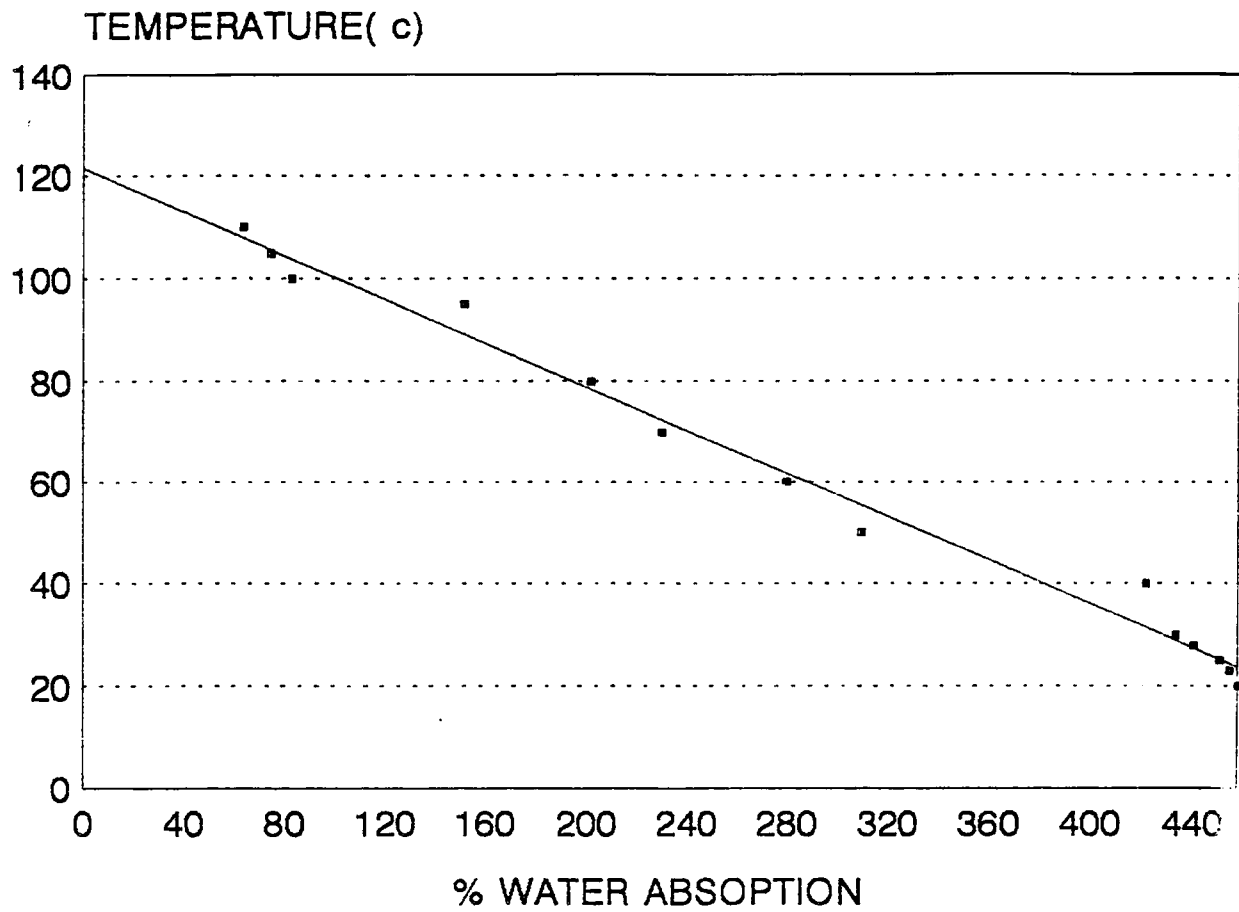
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์แบบต่อเนื่องของพอลิเมอร์แบบต่อของแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอัดรีดเกลียวทวนเดี่ยว (Single-screw extruder) มอโนเมอร์ที่ใช้มี 2 ชนิด คือ กรดอะคริลิก และ อะคริลาไมด์ ซึ่งเป็นมอโนเมอร์ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ จึงให้สารที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ การศึกษานี้ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) การศึกษาผลของอุณหภูมิเริ่มต้นและความเร็วในการปั่นทวนที่มีต่อ เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 2) การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยใช้เครื่องอัดรีดเกลียวทวนเดี่ยว (Single-screw extruder) สรุปผลการวิจัยเป็นดังนี้

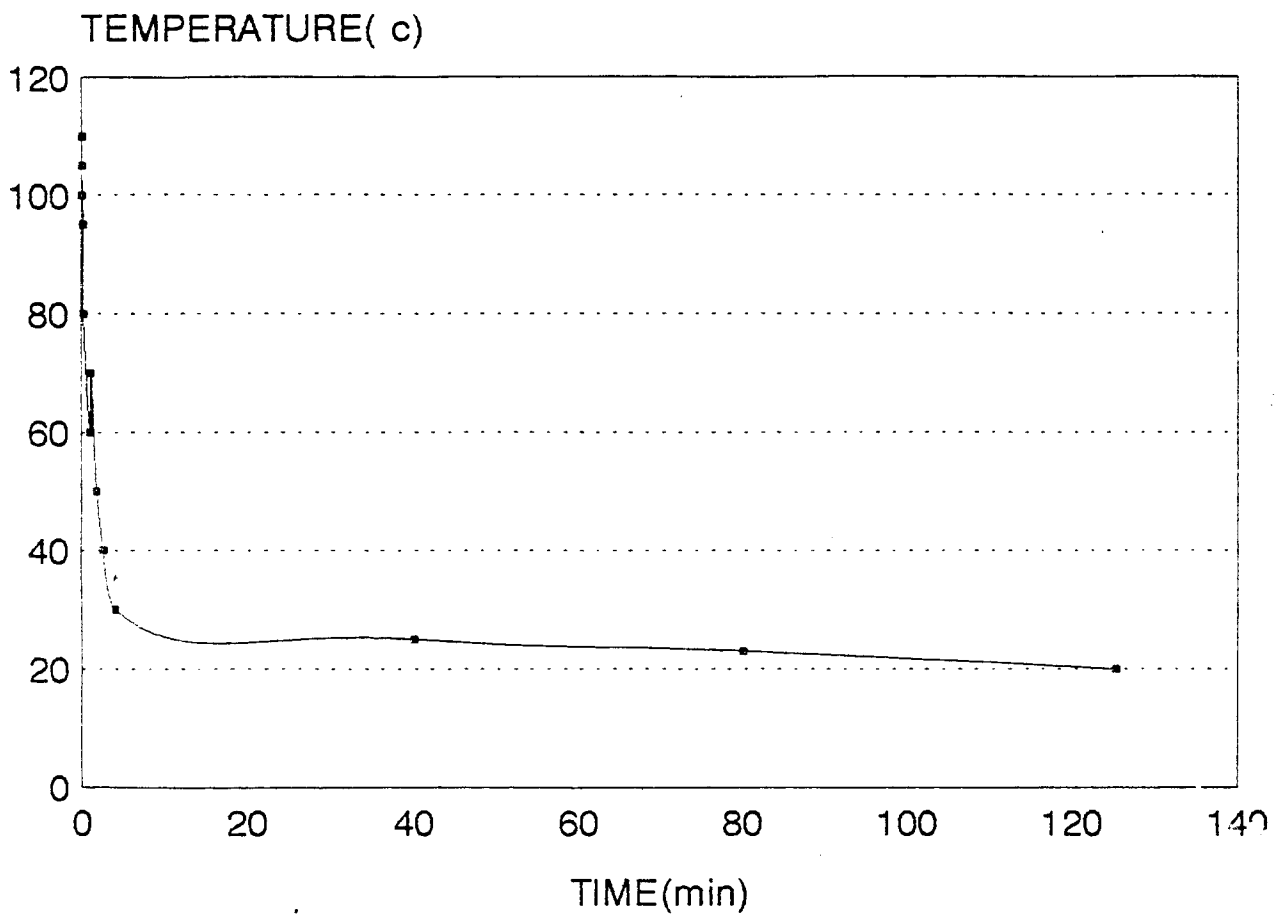
ส่วนที่ 1 แบ่งเป็น 2 หัวข้อ คือ

1.1) การศึกษาผลของอุณหภูมิเริ่มต้นที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเริ่มต้น เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง โพลแกสเชื่อมเปอร์ซิลเฟตที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะสามารถแตกตัวได้ดี ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่เมื่อปฏิกิริยาเกิดอย่างรวดเร็วจะทำให้มอโนเมอร์บางส่วนไม่เกิดปฏิกิริยา ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจึงลดลง

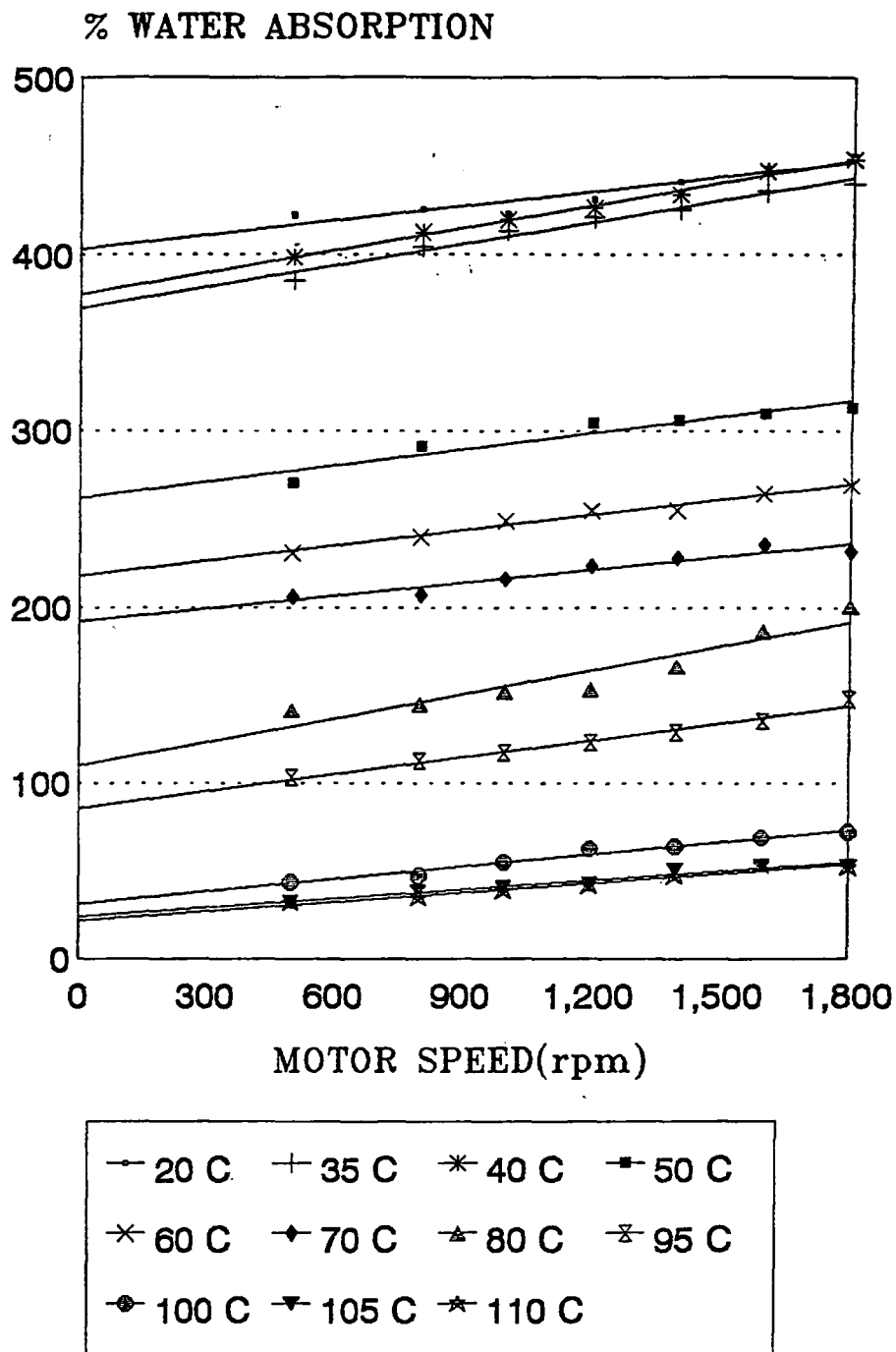
1.2) การศึกษาผลของความเร็วที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วในการปั่นทวน (Speed motor) เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราการปั่นทวนเร็วขึ้นจะทำให้มอโนเมอร์สามารถผสมกันได้ดีและเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างทั่วถึง ทำให้ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าปกติ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูง



รูปที่ 5.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้น และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ

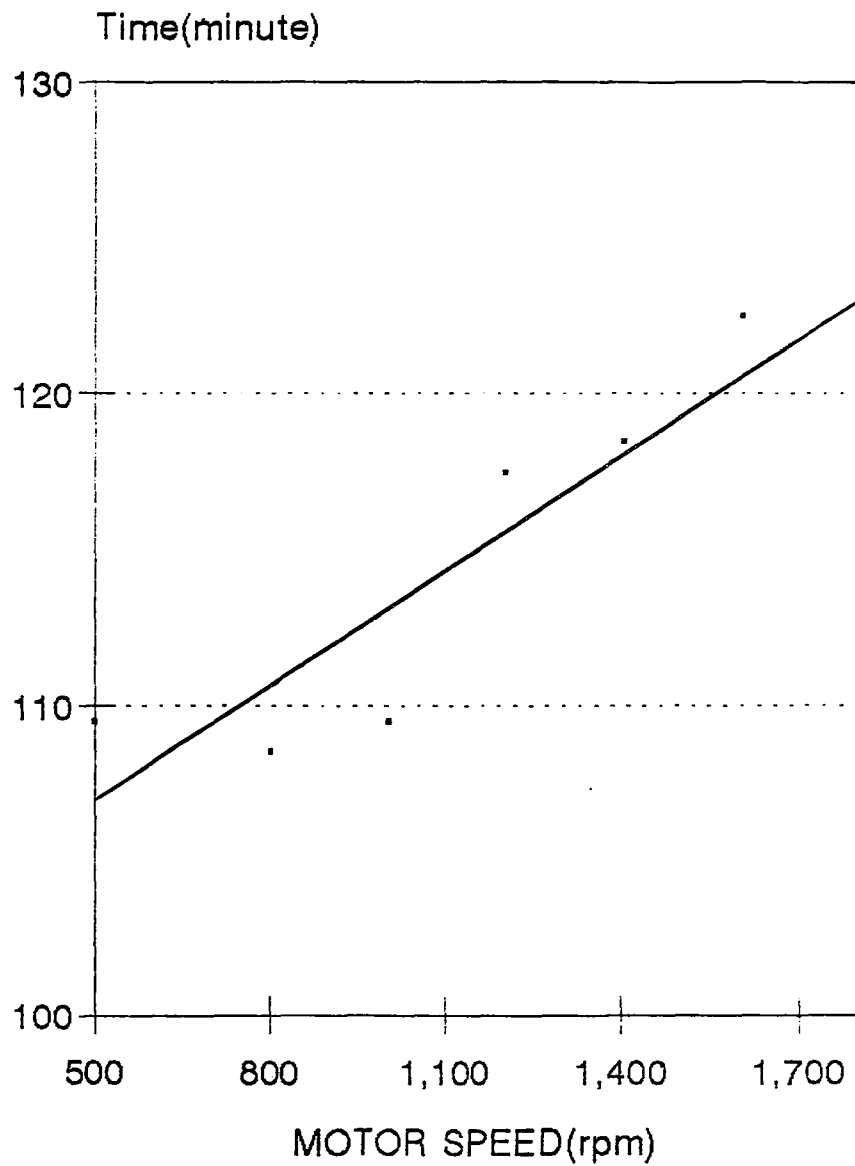


รูปที่ 5.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้น และเวลาที่ใช้ใน
การเกิดปฏิกิริยา



รูปที่ 5.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำและความเร็วรอบของมอเตอร์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Temperature = 20 degree celcius



รูปที่ 5.1.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ และ เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมากกว่าผลของความเร็วที่ใช้ในการปั่นกวน

ส่วนที่ 2 การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยใช้เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว (Single screw extruder) พบว่า เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาต้องมีค่าเท่ากับเวลาที่สารอยู่ในตัวเกลียวหนอน (Residence time) ซึ่งเป็นตัวกำหนดในการเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต โดยพิจารณาจากข้อมูลส่วนที่ 1

วิจารณ์ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1

- การศึกษาผลของอุณหภูมิเริ่มต้นที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ พิจารณาดังรูป 5.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นกับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และ รูปที่ 5.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ จากกราฟทั้ง 2 พบว่าที่อุณหภูมิ 20°C ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ 125.25 นาที และ 457.5 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิที่ 110°C เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และ ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมีค่าเท่ากับ 0.017 นาทีและ 63.2 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ 30°C เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงอย่างรวดเร็วทั้งนี้ เป็นเพราะว่าความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

- การศึกษาผลของความเร็วที่ใช้ในการปั่นกวนที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ พิจารณาดังรูปที่ 5.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำและรูปที่ 5.1.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากกราฟทั้ง 2 พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการปั่นกวน จะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และ ค่า

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำไม่มากนัก เช่น ที่อุณหภูมิ 20 °C ความเร็ว 500 รอบต่อนาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 422.25 ความเร็ว 1,800 รอบต่อนาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 455 จะพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเพียง 27.75 เท่านั้น และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกัน คือ 14 นาที

ผลการวิจัยส่วนที่ 1 จะพบว่าอุณหภูมิมิผลต่อเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยามากกว่า ความเร็วรอบในการปั่นกวาน

ส่วนที่ 2 ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องอัดรีดเกล็ดขาว พบว่า เวลาที่สารอยู่ในตัวเกล็ดขาวนอน (Residence time) จะเป็นตัวกำหนดในการเลือกใช้อุณหภูมิ เนื่องจากเวลาที่สารอยู่ในตัวเกล็ดขาวนอนจะต้องมีค่าเท่ากับ เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา สารที่ออกมาจากเครื่องจึงเป็นพอลิเมอร์ได้พอดี พิจารณาดังตารางที่ 4.3.1 และ 4.3.2 เมื่อปรับความเร็วของตัวเกล็ดขาวนอนเป็น 735 รอบต่อ นาที มีค่าเวลาที่สารอยู่ในตัวเกล็ดขาวนอน 5 วินาที ดังนั้นการที่จะทำให้สารที่ออกมาจากเครื่องเป็นพอลิเมอร์ได้พอดี สามารถทำได้โดยการใช้อุณหภูมิสูง ๆ ซึ่งจะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาล้นมาก ซึ่งที่ 110 °C จะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพียง 5 วินาที ส่วนความเร็วรอบที่ 500 รอบต่อนาที จะให้เวลาที่สารอยู่ในตัวเกล็ดขาวนอนเพิ่มขึ้นเป็น 15 วินาที อุณหภูมิที่ใช้ได้ คือ 70 °C เพราะมีเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเป็น 15 วินาที

ข้อเสนอแนะ

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องอัดรีดเกล็ดชวหนอนเค็ชว ความสามารถในการดูดซึมน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในการลดอุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยาสามารถทำได้โดยการเพิ่มเวลาที่สารอยู่ในตัวเกล็ดชวหนอน (Residence time) สามารถทำได้โดย

1. ปรับความเร็วของตัวเกล็ดชวหนอนให้มีค่าต่ำลง
2. เพิ่มอัตราส่วนระหว่างความยาวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเกล็ดชวหนอน

ทั้งนี้การเพิ่มเวลาที่สารอยู่ในตัวเกล็ดชวหนอนยิ่งมีค่ามากเท่าไรอัตราการผลิตก็จะมีค่าต่ำลงเท่านั้น ดังนั้นการพิจารณาใช้อุณหภูมิและความเร็วเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับ

- ความต้องการในแง่ของการผลิต (อัตราการผลิต)
- ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

สำหรับแนวทางในการวิจัยต่อไป คือ

1. การละลายอะครีลาไมด์ก่อนนำมาทำการผสม เนื่องจากอะครีลาไมด์เป็นของแข็งจึงกระจายตัวได้ยากในเจลของแป้งซึ่งมีความหนืดสูง การละลายอะครีลาไมด์ให้เป็นของเหลวจะช่วยให้อะครีลาไมด์กระจายตัวในของเหลวได้ดียิ่งขึ้น

2. การใช้เครื่องอบแห้ง (Drum dry) ในขั้นตอนต่อจากเครื่องอัดรีดเกล็ดชวหนอนเค็ชว จะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับวิธีเดิมซึ่งต้องใช้เวลาในการอบแห้งถึง 2 วัน

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ ก

คุณสมบัติของสารเคมีบางตัวที่ใช้ในโครงการพิเศษ

1. กรดอะคริลิก (Acrylic acid)

สูตรโมเลกุล CH_2CHCOOH

น้ำหนักโมเลกุล 72.06

สถานะ ของเหลว

คุณสมบัติตามมาตรฐาน (Standard specification) มีดังนี้

- ความบริสุทธิ์ (โดยการโครมาโตกราฟี) 98 % min
- ตัวหน่วงปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชั่น 140 mg/l
- ปริมาณน้ำ (Water content - Karl Fischer) 0.5 max
- สี (Color APHA) 30 max

2. อะคริลาไมด์ (Acrylamide)

สูตรโมเลกุล $\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$

น้ำหนักโมเลกุล 71.08

สถานะ ของแข็งเป็นผลึกสีขาว

จุดหลอมเหลว 84 °C

คุณสมบัติตามมาตรฐาน (Standard specification) มีดังนี้

- ความบริสุทธิ์ มากกว่า 98 %
- ปริมาณความชื้น น้อยกว่า 1.0
- สี (Color APHA) น้อยกว่า 30
- pH (10% ของสารละลาย) 4.0-6.0
- ปริมาณสารที่ไม่ละลายน้ำ น้อยกว่า 0.1 %

ภาคผนวกที่ ข

ตารางแสดงราคาสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชนิด	ต้นทุนต่อหน่วย
แป้งมันสำปะหลัง	25 บาท/กก.
อะครีลาไมด์	50 บาท/กก.
กรดอะคริลิก	300 บาท/กก.
โซเดียมคาร์บอเนต	43 บาท/กก.
โพรพิลีนไกลคอล	40 บาท/ลิตร
โซเดียมอ็อกไซด์	1000 บาท/กก.
โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	480 บาท/กก.

เอกสารอ้างอิง

1. Wurzburg , O.B. Modified Starch : Properties and Uses.
3 rd ed. . pp. 130-162 , CRC press , Florida ,1987.
2. Davidson , R.L. Handbook of Water Soluble Gums and Resins
pp.(22) 1-83 , Mc Grew-Hill , New york , 1980.
3. Johnson , J.c. Industrail Starch Technology pp. 74-77
Noyes Data Corporation . New Gereseey , 1979.
4. Whistle , R.L. Chemistry and Technology pp. 328-329 ,
Academic Press , New York , 1969.
5. Jarovenko , W. Encyclopedia of Polymer Seienec 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.