



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก
ที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพจากพืชท้องถิ่นสำหรับใช้ในหลักสูตรท้องถิ่น

โดย

กานต์ตะวัน วุฒิเสลา และคณะ

มิถุนายน 2555



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก
ที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพจากพืชท้องถิ่นสำหรับใช้ในหลักสูตรท้องถิ่น

LOCAL PLANTS BIODEGRADABLE SUPERABSORBENT KIT FOR LOCAL CURRICULUM

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. กานต์ตะวัน วุฒิสถา	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
2. วริษฐา จันทะแสง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
3. ชัยชนะ โททอง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
4. รุ่งนภา เหมแดง	โรงเรียนน้ำเย็นวิทยา จังหวัดอุบลราชธานี

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2554

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย ม.อบ. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

เครื่องหมาน้อย หมากจอบและแป้งมันสำปะหลัง เป็นพืชธรรมชาติที่พบได้ในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีคุณสมบัติในการก่อเจล งานวิจัยนี้จึงได้ใช้ประโยชน์จากคุณสมบัตินี้เพื่อนำมาเพิ่มมูลค่าให้กับพืชธรรมชาติในท้องถิ่นด้วยการนำมาสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นดินวิทยาศาสตร์ ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงกว่า แต่พอลิเมอร์ดูดน้ำในผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูปในปัจจุบันไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ดังนั้นพืชท้องถิ่นที่ใช้เป็นสารตั้งต้นจึงเข้ามาช่วยส่งเสริมให้คุณสมบัตินี้โดดเด่นขึ้นมา โดยงานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดน้ำจากแป้งมันสำปะหลัง หมากจอบและเครื่องหมาน้อย ได้แก่ ปริมาณเครื่องหมาน้อย อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา ปริมาณของสารเชื่อมขวาง ความเข้มข้นของ NaOH ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา เวลาของชั้นริเริ่มปฏิกิริยาและเวลาของชั้นทำปฏิกิริยากับเบส เพื่อหาสภาวะการสังเคราะห์ที่จะทำให้ได้พอลิเมอร์ดูดน้ำปริมาณมากที่สุด และได้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ดูดน้ำที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทั้งยังเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากพืชที่นำมาใช้ในการสังเคราะห์เป็นพืชที่สามารถพบได้ในท้องถิ่น

เมื่อใช้พืชท้องถิ่นในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ ดังนั้นการถ่ายทอดองค์ความรู้หรือเทคโนโลยีสู่นักเรียนในท้องถิ่นจึงเป็นการดีที่จะปลูกจิตสำนึกในการรักบ้านเกิด และรู้ว่าพืชท้องถิ่นเหล่านี้สามารถนำมาทำประโยชน์อื่นได้นอกจากทำเป็นอาหาร ซึ่งงานวิจัยได้นำชุดทดลองไปประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนน้ำยืนวิทยา อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานีทั้งหมด 9 ทักษะ

การนำเสนอผลงานส่วนหนึ่งที่ได้จากรายงานการวิจัยนี้ยังได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 การนำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบ Poster Presentation ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2555

ผลผลิตของงานวิจัยมี 3 ส่วนคือการพัฒนาบุคลากร สื่อการเรียนรู้และผลิตภัณฑ์ สำหรับการพัฒนาบุคลากรนั้น การวิจัยได้ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากจากพืชท้องถิ่นสู่นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ครูและนักเรียน ส่วนสื่อการเรียนรู้ของงานวิจัยได้แก่ชุดทดลอง คู่มือครูและนักเรียน ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากซึ่งต้องการการทดสอบเพื่อนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

บทคัดย่อ

พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากสังเคราะห์จากเครือหมาน้อย หมากจอบและแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์คือ Acrylic acid และใช้ Ammonium persulfate (APS) เป็นตัวริเริ่ม โดยมี *N,N'*-methylene bisacrylamide (MBA) เป็นสารเชื่อมขวาง การดูดซับของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณเครือหมาน้อย หมากจอบและแป้งมันสำปะหลัง อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา ปริมาณของสารเชื่อมขวาง ความเข้มข้นของ NaOH ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาและเวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบส สภาวะที่พอลิเมอร์จากเครือหมาน้อยดูดซึมน้ำได้มากที่สุดคือ ปริมาณเครือหมาน้อย 1 กรัม อุณหภูมิของปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 50% (v/v) ปริมาณของสารเชื่อมขวาง 0.001 กรัม ความเข้มข้นของเบส 3 M ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา 0.01 กรัม เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาและขั้นทำปฏิกิริยากับเบส 15 นาที ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แห่งนี้ดูดซับน้ำได้สูงสุด 824 กรัม/กรัม สภาวะที่พอลิเมอร์จากหมากจอบดูดซึมน้ำได้มากที่สุดคือ ปริมาณหมากจอบ 1 กรัม อุณหภูมิของปฏิกิริยา 90 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 60% (v/v) ปริมาณของสารเชื่อมขวาง 0.003 กรัม ความเข้มข้นของเบส 1 M ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา 0.05 กรัม เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา 15 นาทีและเวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบส 20 นาที ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แห่งนี้ดูดซับน้ำได้สูงสุด 619 กรัม/กรัม สภาวะที่พอลิเมอร์จากแป้งมันสำปะหลังดูดซึมน้ำได้มากที่สุดคือ ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 0.1 กรัม อุณหภูมิของปฏิกิริยา 90 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 50% (v/v) ปริมาณของสารเชื่อมขวาง 0.005 กรัม ความเข้มข้นของเบส 1 M ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา 0.1 กรัม เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาและขั้นทำปฏิกิริยากับเบส 15 นาที ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แห่งนี้ดูดซับน้ำได้สูงสุด 592 กรัม/กรัม

ABSTRACT

Synthesis of superabsorbent polymer was prepared from Krueo Ma Noy, Malva nut and Cassava starch and Acrylic acid (AA) in the presence of ammonium persulfate (APS) as an initiator and N,N-methylene-bis-acrylamide (MBA) as a crosslinker. The absorbency of the products was dependent on amount of Krueo Ma Noy, Malva nut and Cassava starch, reaction temperature, amount of the crosslinker, concentration of NaOH, amount of initiator, initiation time and saponification time. The maximum water absorbency was achieved under the optimum conditions of Krueo Ma Noy that found to be 1 g of Krueo Ma Noy, reaction temperature at 80 °C, 50%(v/v) acrylic acid, 0.001 g MBA, 3M NaOH, 0.01 g APS, initiation and saponification time at 15 minutes. The dried and finely powdered product showed the maximum water absorbency of 824 g/g. The maximum water absorbency was achieved under the optimum conditions of Malva nut that found to be 1 g of Malva nut, reaction temperature at 90 °C, 60%(v/v) acrylic acid, 0.003 g MBA, 1M NaOH, 0.05 g APS, initiation time at 15 minutes and saponification time at 20 minutes. The dried and finely powdered product showed the maximum water absorbency of 619 g/g. The maximum water absorbency was achieved under the optimum conditions of Cassava starch that found to be 0.1 g of Cassava starch, reaction temperature at 90 °C, 50%(v/v) acrylic acid, 0.005 g MBA, 1M NaOH, 0.1 g APS, initiation and saponification time at 15 minutes. The dried and finely powdered product showed the maximum water absorbency of 592 g/g.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หมากจอบ (Malva nut)	3
2.2 แป้งมันสำปะหลัง (Cassava Starch)	4
2.3 เครื่องหมาน้อย (Krueo Ma Noy)	4
2.4 กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่เรดิคัล	4
2.5 โครงสร้างของพอลิเมอร์คูดน้ำ	7
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการคูดน้ำ	8
2.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	9
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	12
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์	12
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	12
3.3 การศึกษาปัจจัยการกราฟต์ติดด้วยพอลิอะคริลิกแอซิด	12
3.4 การวัด Water absorbency (Q_{H_2O})	13

เรื่อง	หน้า
3.5 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอุ้มน้ำเพื่อหาปัจจัยที่พอลิเมอร์ร่วม	14
3.6 การวิเคราะห์หาโครงสร้างของพอลิเมอร์ร่วมด้วย Infrared spectroscopy	15
3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติของพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscopy	15
3.8 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	15
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	17
4.1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์	17
4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ	20
4.3 Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)	29
4.4 ผลการศึกษาลักษณะจุลโครงสร้างของเม็ดพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมาก	33
4.5 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการทดลอง	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก บทความสำหรับเผยแพร่ในวารสาร ม.อบ. วิชาการ	52
ภาคผนวก ข บทความสำหรับเผยแพร่ในวารสาร Polymer Korea	59
ภาคผนวก ค คู่มือนักเรียน	69
ภาคผนวก ง คู่มือครู	76
ภาคผนวก จ เกียรติบัตรรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1	84
ภาคผนวก ฉ การนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์	86
ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	88
รายงานสรุปการเงิน	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

พอลิเมอร์สังเคราะห์ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ อันเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาขยะล้นโลก ด้วยเหตุนี้ จึงนำมาสู่การสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ สำหรับพอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทพอลิเมอร์อุ้มน้ำ พืชที่นำมาผสมกับพอลิเมอร์สังเคราะห์ นอกจากจะช่วยให้พอลิเมอร์มีคุณสมบัติย่อยสลายได้แล้ว ยังต้องช่วยเสริมคุณสมบัติของพอลิเมอร์สังเคราะห์ให้มีคุณสมบัติดูดน้ำได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นพืชที่นำมาใช้จึงเป็นพืชที่มีสมบัติอุ้มน้ำ นั่นคือ โครงสร้างมีหมู่ชอบน้ำ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในสูตรโครงสร้าง อันได้แก่ แป้ง วัช ซึ่งม้งงานวิจัยที่นำพืชท้องถิ่นที่เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์เชชันกับพอลิเมอร์สังเคราะห์ จนได้ผลิตภัณฑ์คือ พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก (superabsorbent) เช่น starch phosphate-graft-acrylamide/attapulgate (Zhang, Li and Wang, 2006), starch-g-poly(acrylic acid)/sodium humate (Hua and Wang, 2008), chitosan-g-poly(acrylic acid)/organo-rectorite (Liu and Wang, 2008), chitosan-g-poly(acrylic acid)/attapulgate (Zhang, Wang and Wang, 2007), carrageenan-graft-poly(sodium acrylate) (Pourjavadi and Amini-Fazl, 2007) และ agar-g-poly(acrylic acid) (Wuttisela et al., 2008) ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำประมาณ 138.3 - 159.6 กรัม ของน้ำต่อ 1 กรัมของพอลิเมอร์แห่ง เทคนิคในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่นิยมใช้คือ graft copolymerization ซึ่งในการทำการสังเคราะห์นั้น ได้มีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ ได้แก่ ผลของความเข้มข้นของสารตั้งต้น ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ ปริมาณของริเริ่มปฏิกิริยาเวลาและอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยานี้แม้จะเกิดผ่านกระบวนการ free radical copolymerization แต่สามารถทำในบรรยากาศปกติที่มีออกซิเจนได้ (Pourjavadi and Zohuriaan-Mehr, 2002) โดยค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการทำปฏิกิริยาที่บรรยากาศของไนโตรเจน เมื่อปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยามากเกินพอ

งานวิจัยนี้จึงศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดน้ำจากแป้งมันสำปะหลัง หมากจอบและเครือหมาน้อย ได้แก่ ปริมาณพืชท้องถิ่น อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา ปริมาณของสารเชื่อมขวาง ความเข้มข้นของ NaOH ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา เวลาของขึ้นริเริ่มปฏิกิริยาและเวลาของขึ้นทำปฏิกิริยากับเบส เพื่อหาสภาวะการสังเคราะห์ที่จะทำให้ได้พอลิเมอร์ดูดน้ำปริมาณมากที่สุด นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ดูดน้ำที่ได้สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางดิน อีกทั้งยังเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากพืชที่นำมาใช้ในการสังเคราะห์เป็นพืชที่สามารถพบได้ในท้องถิ่น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์คูดซึมน้ำมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพ จากพืชท้องถิ่นด้วยกลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่เรดิคัลแบบ Solution polymerization
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอุ้มน้ำของพอลิเมอร์คูดซึมน้ำมาก
3. เพื่อวิเคราะห์หาโครงสร้างของพอลิเมอร์อุ้มน้ำด้วย Infrared spectroscopy
4. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscopy
5. เพื่อสร้างชุดทดลองของปฏิบัติการเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรท้องถิ่น
6. เพื่อประเมิน 10 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. การสังเคราะห์พอลิเมอร์จากพืชท้องถิ่น คือ เครือหมาน้อย หมากจอบ และแป้งมันสำปะหลัง
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำ
 - 2.1 ปริมาณของพืชท้องถิ่น (เครือหมาน้อย หมากจอบ และแป้งมันสำปะหลัง)
 - 2.2 อุณหภูมิ
 - 2.3 ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (Acrylic acid; AA)
 - 2.4 ปริมาณของสารเชื่อมขวาง (N,N - methylenebisacrylamide; MBA)
 - 2.5 ความเข้มข้นของเบส (NaOH)
 - 2.6 ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา (Ammonium persulfate)
 - 2.7 เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา (Initiation time)
 - 2.8 เวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบส (Saponification time)
3. ทดสอบหาปริมาณน้ำที่พอลิเมอร์ดูดซับไว้
4. วิเคราะห์หาโครงสร้างของพอลิเมอร์อุ้มน้ำด้วย Infrared spectroscopy
5. วิเคราะห์คุณสมบัติของพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscopy

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

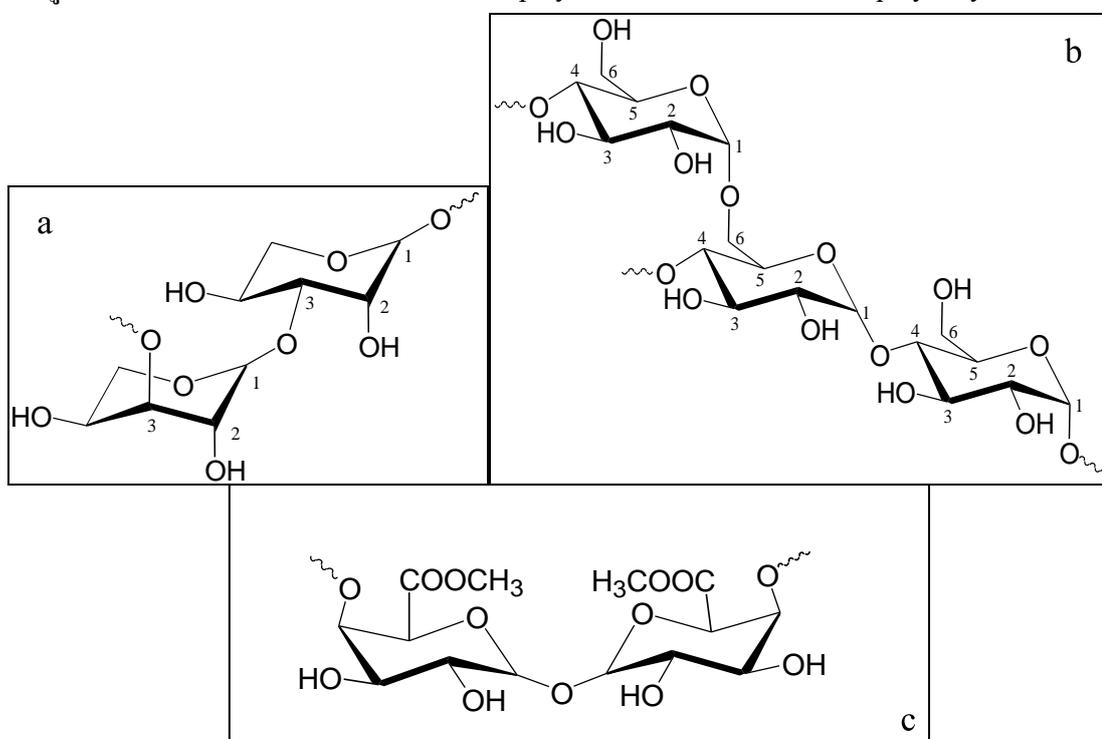
1. เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้แก่พืชในท้องถิ่น
2. ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ดินอุ้มน้ำ สารดูดความชื้น
3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถย่อยสลายทางชีวภาพและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หมากจอบ (Malva nut)

หมากจอบมีชื่อที่นิยมเรียกอีกคือ พุงทะลาย (Pungtalay) และสำรอง (Sumrong) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Scaphium Macropodium* Beaum Sterculiaceae เป็นไม้ยืนต้น ชอบขึ้นในป่าดงดิบที่มีความชื้นสูง ลำต้นตรงและสูง ประมาณ 30 – 40 เมตร พบในหลายจังหวัด ส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะอำเภอนาจะหลวย จังหวัดอุบลราชธานี หมากจอบประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต 77.56 %, ความชื้น 10.20 %, ไขมัน 8.07 %, โปรตีน 4.47%, และไขมัน 0.10%, องค์ประกอบหลักของหมากจอบคือ คาร์โบไฮเดรตซึ่งคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ได้แก่ arabinose 42.60%, galactose 27.91%, rhamnose 26.01%, glucose 2.10%, xylose 1.13% และ mannose 0.26% ดังนั้นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว L-arabinose ของหมากจอบ เชื่อมต่อกันด้วย 1,3-glycosidic linkage (รูปที่ 2.1a) (Somboonpanyakul et al., 2006) หมากจอบเป็นเจลในน้ำ เพราะเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกมีสารเมือก (Mucilage) จำนวนมาก ทำให้สามารถพองตัวได้ดีในน้ำ มีความสามารถในการดูดซับน้ำถึง 40 – 50 ml/g ซึ่งคุณสมบัติการดูดซับน้ำที่ดี จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้หมากจอบถูกเลือกเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ นำมาใช้เพื่อลดการใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีสมบัติในการดูดซับน้ำ การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม (copolymer) ระหว่างหมากจอบกับ poly(acrylic acid)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของพืชท้องถิ่น (a) หมากจอบ (b) แป้งมันสำปะหลังและ (c) เครือหมาน้อย

2.2 แป้งมันสำปะหลัง (Cassava Starch)

แป้งมันสำปะหลัง ทำมาจากหัวมันสำปะหลัง ลักษณะเป็นผงสีขาว เนื้อเนียนสัมผัสด้วยมือจะรู้สึกลื่นๆ เมื่อต้มแป้งจะละลายง่าย สุกง่าย แป้งเหนียวติดภาชนะ หนืดข้นขึ้นเรื่อยๆ ไม่มีการรวมตัวเป็นก้อน เหนียวเป็นใย ติดกันหมด เนื้อแป้งใสเป็นเงา พอเย็นแล้วจะติดกันเป็นก้อนเหนียว แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีราคาก่อนข้างถูก ซึ่งโครงสร้างของแป้งมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกติน (amylopectin) อะไมโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสต่อกันเป็นสายยาวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และ 1,6-glycosidic linkage (รูปที่ 2.1b)

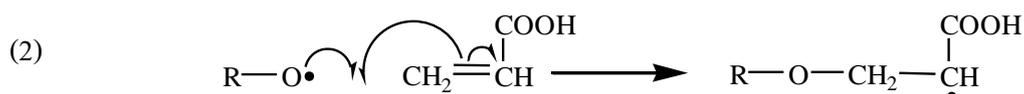
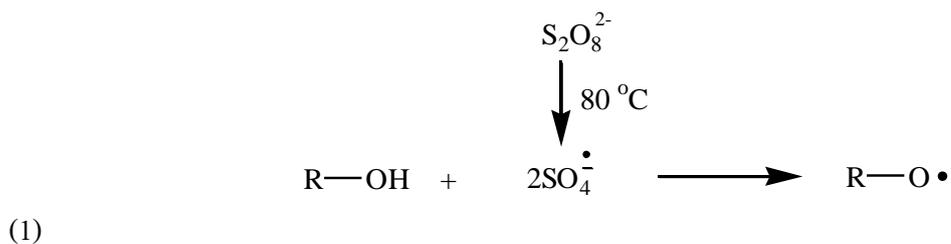
2.3 เครือหมาน้อย (Krueo Ma Noy)

เครือหมาน้อย เป็นพืชที่พบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นเถาเลื้อยขึ้นตามป่า ใบเดี่ยว รูปร่างใบเป็นรูปหัวใจ โคนใบแบบก้นปิด ใบกว้าง 5.6 – 6.6 เซนติเมตร ยาว 6.9 – 7.6 เซนติเมตร หน้าใบและหลังใบมีขนสีน้ำตาลยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ปกคลุมหนาแน่น หลังใบมีขนปกคลุมหนาแน่นมากกว่าหน้าใบ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cissampelos pareira* Linn. Var. *hirsutus* (Buch.ex.DC.) Ferman อยู่ในวงศ์ MENISPERMACEAE ลักษณะพิเศษของเครือหมาน้อยคือน้ำคั้นที่ได้จากเครือหมาน้อย เมื่อทิ้งไว้จะทำให้ น้ำมีความหนืดสูงจนกลายเป็นวุ้นหรือเจลได้ เครือหมาน้อยมีองค์ประกอบคือ สารเพกติน (pectin) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4-glycosidic linkage ของ galacturonic acid (รูปที่ 2.1c)

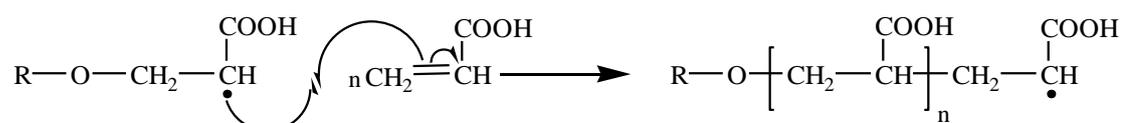
2.4 กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันแบบลูกโซ่เรดิคัลแบบ Solution polymerization

ปฏิกิริยาที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์คือน้ำคือ การเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระ (Free radical Polymerization) ซึ่งมี 3 ขั้นตอนคือขั้นริเริ่มโซ่ (Initiation) ขั้นการแผ่โซ่ (Propagation) และขั้นสิ้นสุดโซ่ (Termination) นอกจากนี้ยังมีอีก 2 ขั้นตอนคือ ขั้นเชื่อมขวางและขั้นทำปฏิกิริยากับเบส

2.4.1 ขั้นริเริ่มโซ่ (Initiation) เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) จากการสลายตัวของสารริเริ่มปฏิกิริยา (Initiator) เช่น การสลายตัวของ $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ด้วยความร้อน ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural Polymer; NP) เกิดเป็นอนุมูลอิสระที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาที่หมู่ไฮดรอกซิล ของพอลิเมอร์ธรรมชาติ (สมการที่ 1) ซึ่งอนุมูลอิสระที่ว่องไวนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ (Acrylic acid; AA) จะทำการต่อกิ่ง (graft) มอนอเมอร์ลงไปบนพอลิเมอร์ธรรมชาติ (NP-grafted AA radicals) (สมการที่ 2)

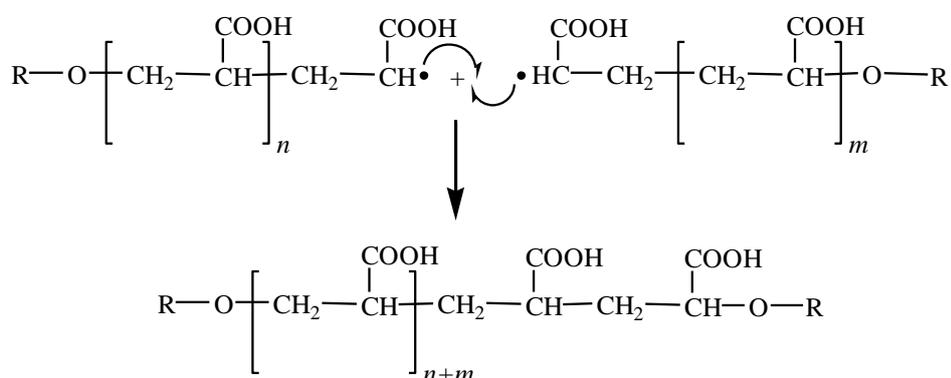


2.4.2 ขั้นการแผ่ซำ (Propagation) NP-grafted AA radicals จะไปเติมเข้าสู่มอนอเมอร์และต่อดำยการเติมกลุ่มมอนอเมอร์ตัวต่อไปจนเกิดเป็นลูกโซ่ที่ยาวขึ้น

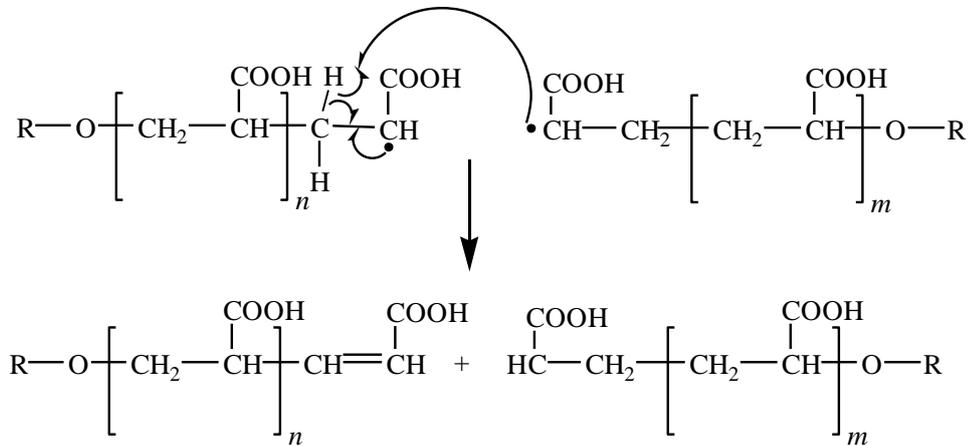


2.4.3 ขั้นสิ้นสุดโซ่ (Termination) เกิดได้ 2 แบบคือ แบบรวมตัว (combination) และแบบดิสมพรอพรชันเนชัน (disproportionation)

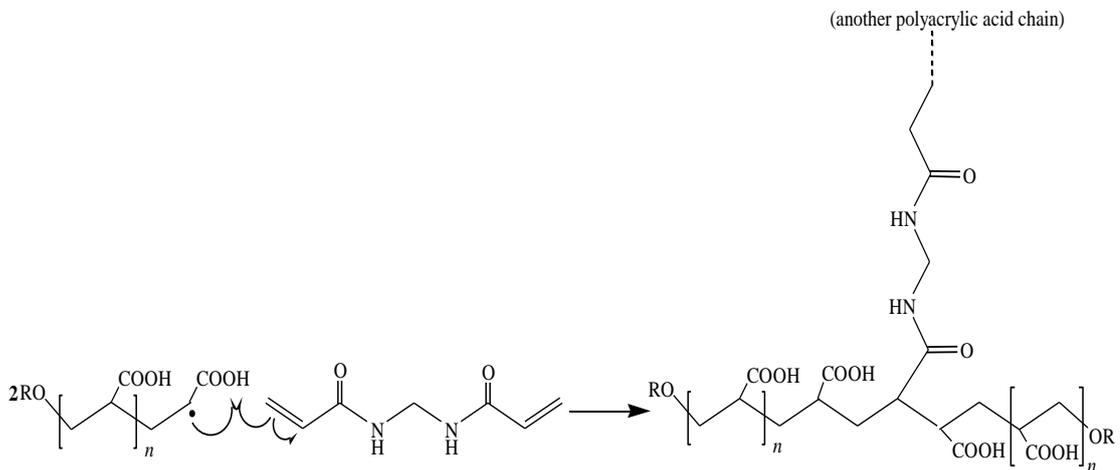
1. แบบรวมตัว เกิดการรวมตัวของอนุมูลอิสระ 2 ตัว และเกิดการสิ้นสุดของจุดว่องไว เกิดเป็น 1 สายโซ่พอลิเมอร์ที่มีสายยาว



2. แบบคิสรอพออร์ชันเนชัน เกิดขึ้นเมื่ออะตอมของไฮโดรเจนจากอนุมูลอิสระของสายพอลิเมอร์หนึ่งเคลื่อนย้ายไปยังอนุมูลอิสระของอีกสายของพอลิเมอร์ เกิดเป็น 2 สายโซ่พอลิเมอร์ที่สั้น

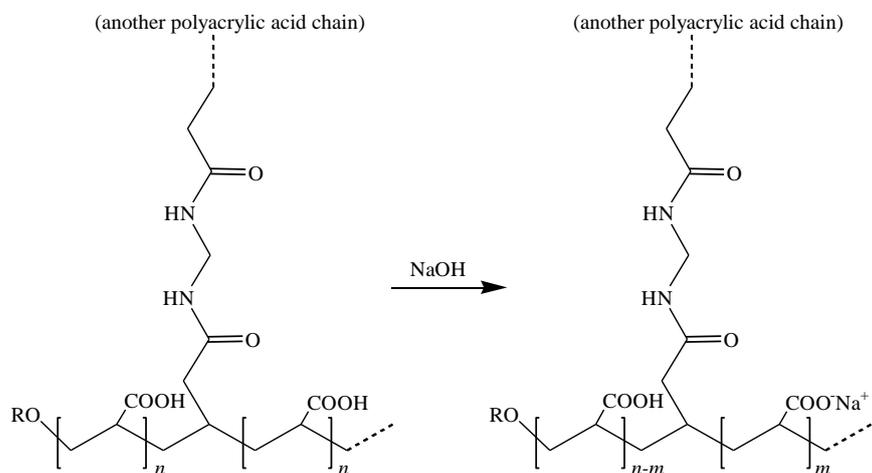


2.4.4 **ขั้นเชื่อมขวาง (Crosslinking)** การเชื่อมขวางระหว่าง 2 สายโซ่พอลิเมอร์ด้วยสารเชื่อมขวาง เช่น N,N'-methylene-bis-acrylamide (MBA) เพื่อให้เกิดโครงสร้างร่างแหซึ่งคูดน้ำไว้ในโครงสร้างได้



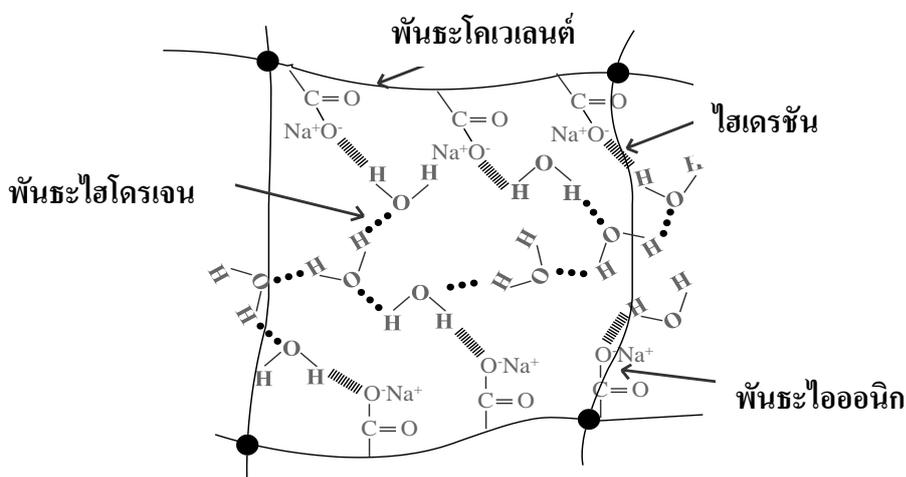
2.4.5 **ขั้นทำปฏิกิริยากับเบส (Saponification)** หลังจากเกิดได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจลแล้ว หมู่คาร์บอกซิลิกของมอนอเมอร์ acrylic acid (-COOH) จะถูก saponified เป็น carboxylate groups

(COO⁻Na⁺) โดยใช้ NaOH เพื่อทำให้สายโซ่พอลิเมอร์มีความดันออสโมติกแตกต่างกับน้ำที่อยู่ด้านนอก จึงสามารถดูดน้ำเข้ามาในโครงสร้างของพอลิเมอร์ได้



2.5 โครงสร้างของพอลิเมอร์ดูดน้ำ

น้ำถูกดูดซับด้วยพอลิเมอร์ดูดน้ำโดยจะล้อมรอบน้ำด้วยปฏิกิริยาไฮเดรชันแล้วน้ำโมเลกุลถัดไปจึงจะเกิดพันธะไฮโดรเจน เกิดเป็นโครงสร้างสามมิติของน้ำ (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 พันธะเคมีในโครงสร้างของพอลิเมอร์ดูดน้ำหลังดูดน้ำแล้ว

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการควบแน่น

ปัจจัยที่มีผลต่อการควบแน่น อธิบายได้ด้วย 2 ทฤษฎีคือ อัตราเร็วในการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระ (Free radical Polymerization) และ Flory's theory

2.6.1 อัตราเร็วในการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระ

$$V = \frac{k_p[M]}{2(k_d k_t [I])^{1/2}}$$

เมื่อ V = ความยาวโซ่เชิงจลน์เฉลี่ยของพอลิเมอร์ (average kinetic chain length of polymer)

$[M]$ = ความเข้มข้นของมอนอเมอร์

$[I]$ = ความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยา

k_t = ค่าคงที่เฉพาะของขั้นริเริ่มโซ่ (initiation)

k_p = ค่าคงที่เฉพาะของขั้นการแผ่โซ่ (propagation)

k_d = ค่าคงที่เฉพาะของขั้นสิ้นสุดโซ่ (termination)

จากสมการ อัตราการเกิดพอลิเมอร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบฟรีเรดิคัล ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมอนอเมอร์และสารริเริ่มปฏิกิริยา ถ้าต้องการความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์มากก็ต้องใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์มาก แต่ใช้ความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยาน้อย เนื่องจากถ้ามีสารริเริ่มปฏิกิริยามากในระบบ สารริเริ่มปฏิกิริยาจะทำปฏิกิริยากันเองเกิดเป็น inactive radical ซึ่งทำให้ active radical ในระบบลดน้อยลงทำให้ได้พอลิเมอร์สายโซ่สั้น

2.6.2 Flory's theory

$$Q^{5/3} \approx \frac{\left[\left(\frac{i}{2v_u S^{*1/2}} \right)^2 \left(\frac{1/2 - \chi_1}{v_1} \right) \right]}{v_c / V_0}$$

เมื่อ Q = อัตราการควบแน่น

i/v_u = ความเข้มข้นของประจุที่ติดอยู่กับพอลิเมอร์แห่งที่ยังไม่ได้ควบแน่น

S^* = ความแรงไอออนิกของพอลิเมอร์ที่ควบแน่นแล้ว

$$\left(\frac{1/2 - \chi_1}{v_1} \right) = \text{แรงดึงดูดระหว่างโครงสร้างร่างแหของพอลิเมอร์กับสารละลาย}$$

v_c/V_0 = ความหนาแน่นของสารเชื่อมขวาง

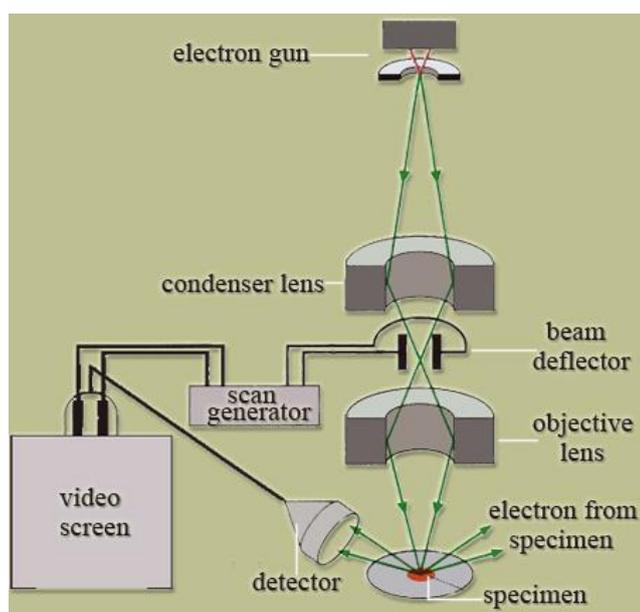
จากสมการเพื่อให้ได้อัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มาก ความหนาแน่นของสารเชื่อมขวางต้องน้อย ดังนั้นปริมาณของสารเชื่อมขวางที่เติมลงไปควรมีปริมาณน้อย ส่วนความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต้องมีมากเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของประจุที่ติดอยู่กับพอลิเมอร์

2.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของพื้นผิวของตัวอย่าง จะได้ภาพที่มี 3 มิติ

2.7.1 หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงในรูปที่ 2.3 โดยเริ่มจากแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนซึ่งทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ กลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (condenser lens) เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) ลงไปบนผิวตัวอย่าง หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนตัวอย่างจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (secondary electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึก และแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์และถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไป



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fatang et al. (2006) ได้ศึกษาการเตรียมและพิสูจน์เอกลักษณ์ของพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากจากแป้งบุกโดยจะทำการเตรียมพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากผ่านปฏิกิริยา copolymerization จาก free radical โดยการกราฟต์ Sodium acrylate (SA) ลงบนแป้งบุกซึ่งใช้ potassium persulfate (KPS) เป็นสารริเริ่มและ N'N-methylene bis acrylamide (MBA) เป็นสารเชื่อมขวางโดยจะทำการตรวจสอบสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมพอลิเมอร์ที่ส่งผลต่อการดูดซับน้ำคือ ปริมาณของแป้งบุก ปริมาณของ acrylic acid (AA) ปริมาณของตัวริเริ่ม ปริมาณของสารเชื่อมขวาง ความเป็นกลางของมอนอเมอร์ และอุณหภูมิของปฏิกิริยา จากผลการทดลองพบว่าสถานะที่เหมาะสมต่อการทดลองคือ ใช้แป้งบุก 3 กรัม %AA 30.0 กรัม ตัวริเริ่ม 0.150 กรัม สารเชื่อมขวาง 0.025 กรัม ความเป็นกลางของมอนอเมอร์ 85% และอุณหภูมิของปฏิกิริยาคือ 60 °C ได้พอลิเมอร์ที่ดูดซับน้ำบริสุทธิ์ถึง 750 กรัม/กรัม และดูดซับน้ำประปาที่อุณหภูมิห้องได้ 279 กรัม/กรัม โดยมีประสิทธิภาพการกราฟต์ถึง 67% จากนั้นได้ศึกษาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FT-IR และศึกษาขนาดของอนุภาคและลักษณะรูพรุนของพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Micrograph (SEM) ซึ่งจากผลชี้ให้เห็นว่า sodium acrylate จะกราฟต์บน polysaccharide ของแป้งบุก

Prasad et al. (2006) ได้ศึกษาการสังเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์ของวุ้นที่ถูกกราฟต์ด้วย polyvinylpyrrolidone (PVP) และ k-Carrageenan ที่ถูกกราฟต์ด้วย PVP เพื่อนำมาสร้าง hydrogel โดยเริ่มจากการกราฟต์วุ้นและ k-Carrageenan ด้วย PVP ในสารละลายที่ pH ประมาณ 7 ปฏิกิริยาจะเกิดจากการแผ่รังสีไมโครเวฟที่มีตัวริเริ่มที่ละลายน้ำได้คือ potassium persulfate เมื่อนำพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากมาทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ทางโครงสร้างและความเสถียรทางความร้อนด้วยเทคนิค FT-IR, ¹³C-NMR และ thermogravimetric โดยปรากฏแถบของ IR แถบใหม่ขึ้นที่ 1661, 1465 และ 1425 cm⁻¹ แสดงให้เห็นว่า PVP แทรกอยู่ในโครงสร้างของ polysaccharide จากนั้นทำการศึกษาด้วยเทคนิค Powder X-ray Diffraction พบว่าเกิดผลึกในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับ polysaccharide ที่ไม่ถูกกราฟต์นอกจากนี้ยังพบว่าวุ้นและ k-Carrageenan จะกราฟต์ได้ในระดับที่สูงคือ agar-graft-PVP ได้มากถึง 62.5E% และ 125G% ส่วน k-Carrageenan-graft-PVP ได้ 65.5E% และ 131G% นอกจากนี้ พอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากยังแสดงความจุในการยัดน้ำได้สูงขึ้นแม้จะมีความแข็งแรงที่น้อยกว่า polysaccharide ที่ไม่มีการกราฟต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านชีวเวชศาสตร์ ในวิศวกรรมเนื้อเยื่อทางการเกษตรที่เกี่ยวกับตัวยัดน้ำ ทางจุลชีววิทยา ทางด้านยานอวกาศนี้ยังสามารถนำพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากไปใช้แทน collagen ในสัตว์ได้

Pourjavadi, Sadeghi และ Hosseinzadeh (2004) ได้ศึกษาพฤติกรรมการบวมน้ำ ความว่องไวต่อเกลือและค่าความเป็นกรด-เบสของ carrageenan ที่ถูกกราฟต์ด้วย polymethacrylamide เป็นพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากที่ดูดซับน้ำมากโดยคณะผู้วิจัย ได้นำ kappa-carrageenan (kC) มาปรับปรุงทางเคมีเพื่อจะสร้างเป็นพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากโดยการ graft copolymerization ของ

methacrylamide (MAM) ลงบน substrate โดยผ่านกระบวนการ alkaline hydrolysis ซึ่งใช้ ammonium persulfate (APS) เป็น free-radical และใช้ N,N'-methylene bisacrylamide (MBA) เป็นสารเชื่อมขวาง จากนั้นศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากและการกราฟต์คือ ใช้ปริมาณของ MBA 0.005 mol/l, MAM 0.52 mol/l, APS 0.027 mol/l, ความเข้มข้นของ NaOH 1.5 N, เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 นาทีและอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาคือ 85 °C ซึ่งพบว่ามันสามารถดูดซับน้ำได้ถึง 435 กรัม/กรัม ในการตรวจสอบความจุของการบวมน้ำของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากจะทำการตรวจสอบเปรียบเทียบระหว่างการบวมน้ำในน้ำกลั่นและการบวมน้ำในน้ำเกลือที่แตกต่างกัน A. Pourjavadi และคณะ พบว่าการบวมน้ำในน้ำกลั่นจะเกิดได้เร็วกว่าการบวมน้ำในน้ำเกลือเนื่องจากอัตราส่วนของการบวมน้ำจะลดลงเมื่อ ionic strength ของสารละลายเกลือเพิ่มมากขึ้น

Athawale และ Lele (2000a) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำของ starch-g-(acrylic acid-co-acrylamide) ทำได้โดยกราฟต์ acrylamide และ acrylic acid เข้าไปในแป้งข้าวโพด สารริเริ่มปฏิกิริยา คือ แอมโมเนียไนเตรต มอนอเมอร์ที่ใช้คือ acrylamide และ acrylic acid สารเชื่อมขวางคือ N,N'-methylene bisacrylamide สภาวะที่ดีที่สุดคือ ปริมาณแป้งข้าวโพด 2.0 กรัม อุณหภูมิที่ทำให้เป็นเจล 95 °C เวลาที่ทำให้เกิดเจล 60 นาที acrylamide 1.0 กรัม acrylic acid 4.0 กรัม เซอริก แอมโมเนียไนเตรต (CAN) 0.008 โมล/ลิตร สารที่เชื่อมขวาง N,N'-methylene bisacrylamide 1% และใช้เบส NaOH พอลิเมอร์แห้งดูดซับน้ำได้สูงที่สุด 510 กรัม/กรัม

Wu et al. (2003) ได้ศึกษาผลของหมู่ hydrophilic ที่เป็นตัวดูดซับน้ำมากโดยการกราฟต์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่าง acrylamide แป้งมันฝรั่งและผง kaolinite การสังเคราะห์ Superabsorbent(starch-graft-acrylamide/kaolinite) โดยใช้ แป้งมันฝรั่ง 3 กรัม สารริเริ่มปฏิกิริยา คือ ceric ammonium nitrate 5 กรัม และ kaolinite 0.2 mol จากนั้นทดสอบการดูดซับน้ำโดยนำผง Superabsorbent Composite 0.1g ละลายในน้ำกลั่น 1000 mL เป็นเวลาต่ำสุด 8 ชั่วโมง จากนั้นกรองแล้วชั่งน้ำหนัก ผลของการรวมกันของ -CONH₂, -COONa และ -COOH ซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าหมู่ hydrophilic เดี่ยวๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับน้ำอยู่แล้ว มีอัตราของการผสมคือ 8:6:3 (-CONH₂, -COONa และ -COOH)

Gao et al. (1998) ได้ศึกษาการกราฟต์ acrylonitrile เข้าไปในอนุพันธ์ของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ carboxymethyl starch, hypochlorous acid starch, aldehyde starch รวมถึงความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยา ปริมาณ acrylonitrile ปริมาณแป้งและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อการกราฟต์โคพอลิเมอร์ สารริเริ่มปฏิกิริยา คือ potassium permanganate ซึ่งพบว่าแหล่งกำเนิดของแป้งและอนุพันธ์ของแป้งข้าวโพด ความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยาและอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา มีผลต่อการกราฟต์โคพอลิเมอร์ สารริเริ่มปฏิกิริยา potassium permanganate สามารถใช้แทนเกลือ Ce⁴⁺ เนื่องจากมีราคาถูกกว่า

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ	ยี่ห้อ	รุ่น
FT-IR spectroscopy	Perkin-Elmer	Spectrum RX.I
Scanning Electron Microscopy (SEM)	JEOL	JSM 5410 LV
เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	HR-200	A&D COMPANY

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	สูตรโครงสร้าง	บริษัท
Sodium hydroxide anhydrous pellets	NaOH	CARLO ERBA Reagent
N,N'-methyl-ene-bis-acryl-amide	$C_7H_{10}N_2O_2$	SIGMA Reagent
Diammonium peroxodisulphate	$(NH_4)_2S_2O_8$	CARLO ERBA Reagent
Acrylic acid	$C_3H_4O_2$	ACROS ORGANICS

3.3 การศึกษาปัจจัยการกราฟต์ติดด้วยพอลิอะคริลิกแอซิด

3.3.1 การเตรียมพอลิเมอร์ธรรมชาติ

วิธีเตรียมหมากจอบ

ชั่งหมากจอบ 10 เม็ดแช่น้ำ 10 นาที เพื่อให้หมากจอบก่อเป็นเจล แยกเมล็ดและเปลือกออก กรองเอาน้ำออกจากเนื้อ นำส่วนเนื้อที่เป็นเจลมาทำการทดลอง

วิธีเตรียมเครือหมาน้อย

นำเครือหมาน้อย 1 กรัม บดให้ละเอียด เติมน้ำ 5 mL กรองกากเครือหมาน้อยออกจากเจล ด้วยผ้าขาวบางเก็บเจลที่ผ่านออกมาไปทำการทดลอง

วิธีเตรียมน้ำแป้ง

ชั่งแป้ง 5 กรัม ละลายน้ำ 50 mL ให้ความร้อน 80 °c เป็นเวลา 10 นาที

3.3.2 ขั้นตอนการสังเคราะห์พอลิเมอร์อู๋มน้ำจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม (co-polymerization) ของพอลิอะคริลิกเอซิด (poly(acrylic acid)) บนโครงสร้างเจตของพอลิเมอร์ธรรมชาติโดยทำปฏิกิริยาระหว่างพอลิเมอร์ธรรมชาติ กับสารริเริ่มปฏิกิริยาแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate) ในน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาในหลอดทดลองให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสพร้อมกวน (stir) เป็นเวลา 15 นาที เพื่อทำให้เกิดฟิรเรคัลที่หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ของพอลิเมอร์ธรรมชาติ จากนั้นเตรียมสารละลายผสมระหว่างสารเชื่อมขวาง *N,N'*-methylene bisacrylamide (MBA) ในอะคริลิกเอซิดมอนอเมอร์ (acrylic acid monomer; AA) 5 มิลลิลิตร เพื่อเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่ของพอลิอะคริลิกเอซิด (poly(acrylic acid)) จะได้เจตที่มีลักษณะเป็นก้อน นำเจตที่ได้ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผลไม้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับเจต จากนั้นนำเจตที่ได้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อให้โครงสร้างเจตที่ได้มีประจุทางไฟฟ้าซึ่งพร้อมจะดึงดูดประจุบวกและลบของโมเลกุลน้ำ นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำไปล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 100 มิลลิลิตรเพื่อล้างเอาโฮโมพอลิเมอร์ (homopolymer) ออกจะได้พอลิเมอร์ร่วม (co-polymerization) จากนั้นนำพอลิเมอร์ร่วมที่ได้ไปทำให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เจตพร้อมใช้งานในการดูดซับน้ำหรือความชื้น

3.4 การวัด Water absorbency (Q_{H_2O})

1. ชั่งพอลิเมอร์แห้งประมาณ 0.1 กรัม
2. บวมด้วยน้ำกลั่น 100 mL ตั้งทิ้งไว้
3. ชั่งน้ำหนักพอลิเมอร์ที่ดูดซึมน้ำที่เวลา 1, 3, และ 24 ชั่วโมง
4. นำค่าน้ำหนักของพอลิเมอร์แห้งและพอลิเมอร์ที่ดูดซึมน้ำแล้วมาคำนวณหาปริมาณ
5. น้ำที่ถูกดูดซับ (Q_{H_2O}) ของพอลิเมอร์ดูดน้ำสามารถคำนวณได้เป็นจำนวน

กรัมของน้ำต่อน้ำหนักเป็นกรัมของพอลิเมอร์ดูดน้ำ 1 กรัม ด้วยสมการ

$$Q_{H_2O} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับ}}{\text{น้ำหนักของพอลิเมอร์ก่อนดูดน้ำ}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1}$$

เมื่อ m_1 = น้ำหนักของพอลิเมอร์ดูดน้ำก่อนดูดน้ำ

m_2 = น้ำหนักของพอลิเมอร์ดูดน้ำหลังดูดน้ำแล้ว

3.5 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอู๋มน้ำ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอู๋มน้ำเพื่อหาสภาวะการทดลองที่จะทำให้พอลิเมอร์ร่วม (copolymer) สามารถดูดน้ำได้มากที่สุดได้แก่

-ปริมาณของพีชท้องถิ่น 0.1-2 กรัม โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้ปริมาณพีชท้องถิ่นที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำปริมาณของพีชท้องถิ่นที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-ความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยา $7.40 \times 10^{-3} \text{ M} - 0.15 \text{ M}$ โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้ความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยาที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยาที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-อุณหภูมิของการสังเคราะห์ 60-100 องศาเซลเซียส โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้อุณหภูมิของการสังเคราะห์ที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำอุณหภูมิของการสังเคราะห์ที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-เวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา 5-30 นาที โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้เวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุดจึงนำเวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 40-100% (v/v) โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-ความเข้มข้นของ N,N-methylenebisacrylamide (MBA) $7.40 \times 10^{-3} \text{ M} - 0.15 \text{ M}$ โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้ความเข้มข้นของ MBA ที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำความเข้มข้นของ MBA ที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-เวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นการแผ่โซ่ 5-30 นาที โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากันเมื่อได้เวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นการแผ่โซ่ที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำเวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นการแผ่โซ่ที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-ความเข้มข้นของ NaOH 0.1-2 M โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้ความเข้มข้นของ NaOH ที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำความเข้มข้นของ NaOH ที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

-เวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นทำปฏิกิริยากับ NaOH 5-30 นาที โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน เมื่อได้เวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นทำปฏิกิริยากับ NaOH ที่ให้ปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จึงนำเวลาในการทำปฏิกิริยาของขั้นทำปฏิกิริยากับ NaOH ที่ได้นี้มาทำปฏิกิริยาเพื่อศึกษาปัจจัยถัดไป

3.6 การวิเคราะห์หาโครงสร้างของพอลิเมอร์ร่วม (copolymer) ด้วย Infrared spectroscopy โดยใช้เทคนิค KBr pellet

เพื่อใช้ในการศึกษาหมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างของ Krueo Ma Noy-g-PAA, Cassava starch-g-PAA และ Malva nut-g-PAA และในปัจจุบันนิยมใช้ FTIR ในการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันเนื่องจากสะดวก และมีความรวดเร็วในการวิเคราะห์

3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติของพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscopy

เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของรูพรุนของพอลิเมอร์ร่วมที่ดูดซับน้ำได้มากที่สุดกับพอลิเมอร์ร่วมที่ดูดซับน้ำได้น้อยที่สุด โดยศึกษาโครงสร้างจุลภาคพื้นผิวของสารตัวอย่างที่กำลังขยายสูง ด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM) JSM 5410 LV รุ่น JEOL โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 kV และใช้เครื่องตรวจวัดแบบอิเล็กตรอนกระเจิงแสงกลับ (Back-scattered electron detector)

3.8 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 44 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คู่มือครูและนักเรียนสำหรับปฏิบัติการเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากจากหมาก

จง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

นักเรียนตอบคำถามในคู่มือปฏิบัติการเรื่องพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก และครูให้คะแนนในแต่ละทักษะ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

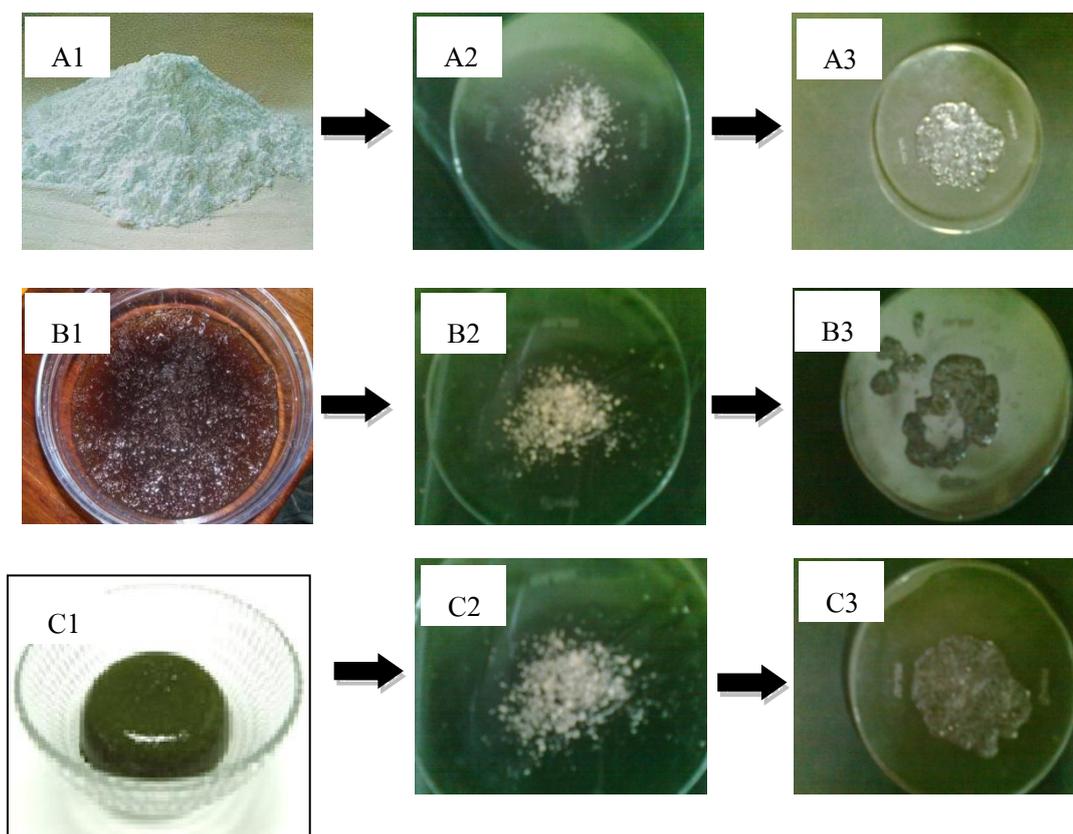
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การให้คะแนน
ทักษะการสังเกต	สังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยไม่ลงความคิดเห็น
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	คาดเดาคำตอบของโจทย์วิจัย
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	ตัวแปรต้น: ตัวแปรที่เปลี่ยนไป ตัวแปรตาม: ตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวแปรต้น ตัวแปรควบคุม: ตัวแปรที่คงที่
ทักษะการวัด	การเลือกใช้อุปกรณ์การวัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์และปริมาณของสารที่จะตวง
ทักษะการทดลอง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์การวัดได้อย่างเหมาะสม 2. การเลือกใช้สารเคมีให้สอดคล้องกับการสังเคราะห์สารในขั้นตอนนั้น ๆ
ทักษะการคำนวณ	คำนวณเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายได้อย่างถูกต้อง
ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล	การสร้างกราฟจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	สรุปผลที่ได้จากกราฟได้อย่างถูกต้อง
ทักษะการพยากรณ์	คาดเดาผลการทดลองจากกราฟที่สร้างขึ้นได้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์

4.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ (Physical structure)



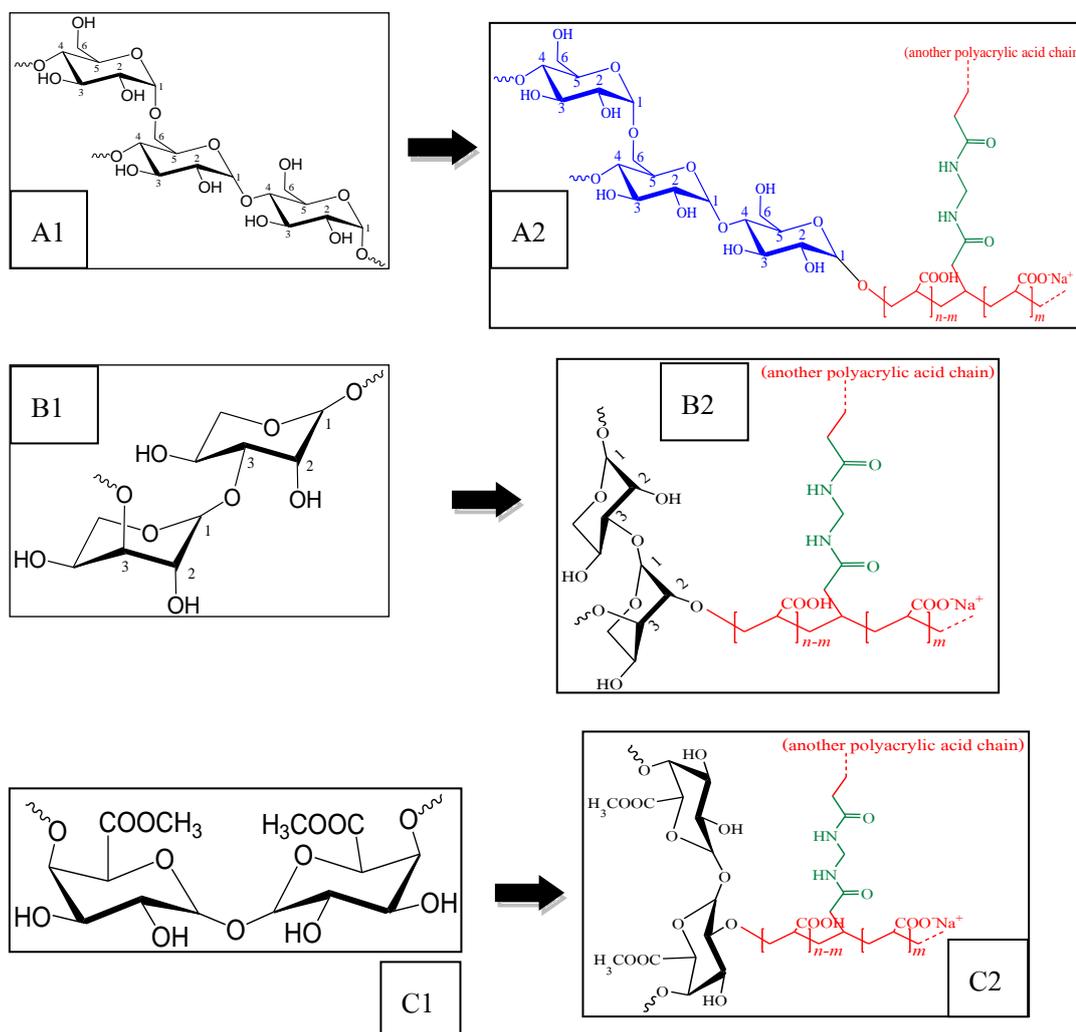
รูปที่ 4.1 โครงสร้างทางกายภาพ (Physical structure) (A1) แป้งมันสำปะหลัง (A2) พอลิเมอร์ร่วมกับก่อนคูดน้ำ (A3) พอลิเมอร์ร่วมหลังคูดน้ำ (Cassava starch-g-poly(acrylic acid)) (B1) หมากจอบ (B2) พอลิเมอร์ร่วมกับก่อนคูดน้ำ (B3) พอลิเมอร์ร่วมหลังคูดน้ำ (Malva nut-g- poly(acrylic acid)) (C1) เครื่องหมายน้อย (C2) พอลิเมอร์ร่วมกับก่อนคูดน้ำ (C3) พอลิเมอร์ร่วมหลังคูดน้ำ (Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid))

แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นผงสีขาว (รูปที่ 4.1A1) เมื่อนำมาตั้งคราะห์พอลิเมอร์ร่วมกับพอลิอะคริลิกเอซิด (Cassava starch-g-poly(acrylic acid)) จะได้เม็ดพอลิเมอร์สีขาว (รูปที่ 4.1A2) เจลที่ได้จากการบวมน้ำเป็นเจลสีขาวใส (รูปที่ 4.1A3)

หมากจอบจากการนำเม็ดหมากจอบมาบวมน้ำเจลที่ได้จะเป็นสีน้ำตาล (รูปที่ 4.1B1) เมื่อนำเจลมาสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมกับพอลิอะคริลิกเอซิด (Malva nut-g-poly(acrylic acid)) จะได้เม็ดผลิตภัณฑ์สีเหลืองอ่อน (รูปที่ 4.1B2) เจลที่ได้จากการบวมน้ำเป็นเจลสีขาวใส (รูปที่ 4.1B3)

เครือหนาน้อยจากการนำไปของต้นเครือหนาน้อยมาคั้นด้วยน้ำกลั่นจะได้เจลสีเขียว (รูปที่ 4.1C1) นำมาสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมกับพอลิอะคริลิกเอซิด (Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid)) จะได้เม็ดผลิตภัณฑ์สีเหลืองอ่อน (รูปที่ 4.1C2) เจลที่ได้จากการบวมน้ำเป็นเจลสีขาวใส (รูปที่ 4.1C3)

4.1.2 โครงสร้างทางเคมี (Chemical structure)



รูปที่ 4.2 โครงสร้างทางเคมี (Chemical structure) (A1) โครงสร้างของแป้งมันสำปะหลัง (A2) โครงสร้างพอลิเมอร์ร่วม (Cassava starch-g-poly(acrylic acid)) (B1) โครงสร้างของหมากจอบ (B2) โครงสร้างพอลิเมอร์ร่วม (Malva nut-g-poly(acrylic acid)) (C1) โครงสร้างของเครือหนาน้อย (C2) โครงสร้างพอลิเมอร์ร่วม (Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid))

ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งมีหน่วยพื้นฐานเป็น anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -glycosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป (รูปที่ 4.2A1) เมื่อผ่านกระบวนการกราฟต์ (graft) ด้วย poly(acrylic acid) จะถูก graft ติดที่หมู่ hydroxyl ของแป้งมัน ให้ผลิตภัณฑ์เป็น Cassava starch-g-poly(acrylic acid) (รูปที่ 4.2A2)

ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของหมากจอบ เนื่องจากองค์ประกอบหลักของหมากจอบคือ คาร์โบไฮเดรตซึ่งคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ดังนั้นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว L-arabinose ของหมากจอบ เชื่อมต่อกันด้วย 1,3-glycosidic linkage (รูปที่ 4.2B1) เมื่อผ่านกระบวนการกราฟต์ (graft) ด้วย poly(acrylic acid) จะถูก graft ติดที่หมู่ hydroxyl ของแป้งมัน ให้ผลิตภัณฑ์เป็น Malva nut-g-poly(acrylic acid) (รูปที่ 4.2B2)

ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเครือหมาน้อย เนื่องจากองค์ประกอบหลักของเครือหมาน้อยคือ สารเพคติน (pectin) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4-glycosidic linkage ของ galacturonic acid (รูปที่ 4.2C1) เมื่อผ่านกระบวนการกราฟต์ (graft) ด้วย poly(acrylic acid) จะถูก graft ติดที่หมู่ hydroxyl ของแป้งมัน ให้ผลิตภัณฑ์เป็น Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) (รูปที่ 4.2C2)

4.1.3 สถานะการทดลองที่โพลิเมอร์สังเคราะห์สามารถดูดซับน้ำได้ดีที่สุด

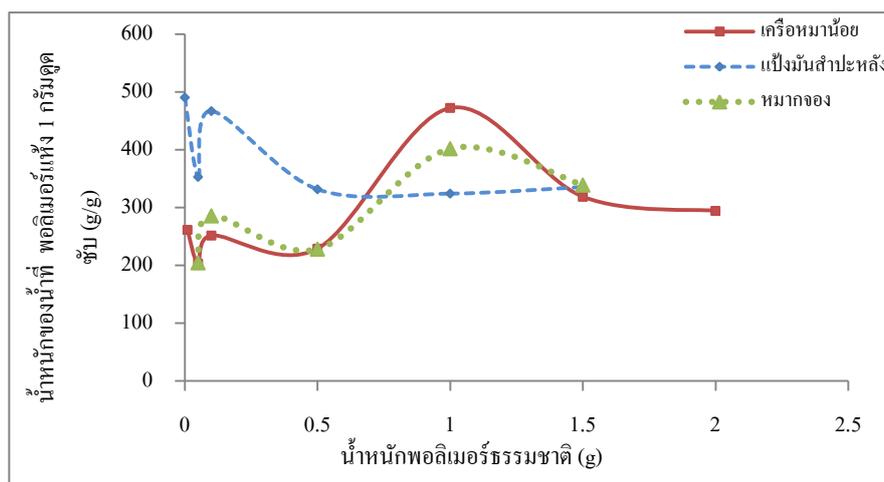
ตารางที่ 4.1 สถานะการทดลองของ Malva nut-g-poly(acrylic acid), Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) และ Cassava starch-g-poly(acrylic acid) ที่ดูดซึมน้ำมากที่สุด

สถานะการทดลอง	สถานะเริ่มต้น	สถานะที่ดูดน้ำมากที่สุด		
		หมากจอบ	เครือหมาน้อย	แป้งมันสำปะหลัง
ปริมาณของพืชท้องถิ่น (g)	0.01	1.0	1.0	0.1
ปริมาณ Ammonium persulfate (g)	0.01	0.05	0.01	0.1
อุณหภูมิ (°C)	70	90	80	90
ความเข้มข้น Acrylic acid (%V/V)	50	50	60	50
ปริมาณ MBA (g)	0.005	0.003	0.001	0.005
ความเข้มข้น NaOH (M)	1	1	3	1
เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา (min)	15	15	15	15
เวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบส (min)	15	15	15	15
ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับ (g/g)	-	619.80	824.86	592.19

จากตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมากที่สุดที่ถูกดูดซับของพอลิเมอร์แห่ง 3 ชนิด ได้แก่ Malva nut-g-poly(acrylic acid), Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) และ Cassava starch-g-poly(acrylic acid) เป็น 619.80 กรัม/กรัม, 824.86 กรัม/กรัม และ 592.19 กรัม/กรัม ตามลำดับ

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

4.2.1 น้ำหนักพอลิเมอร์ธรรมชาติ



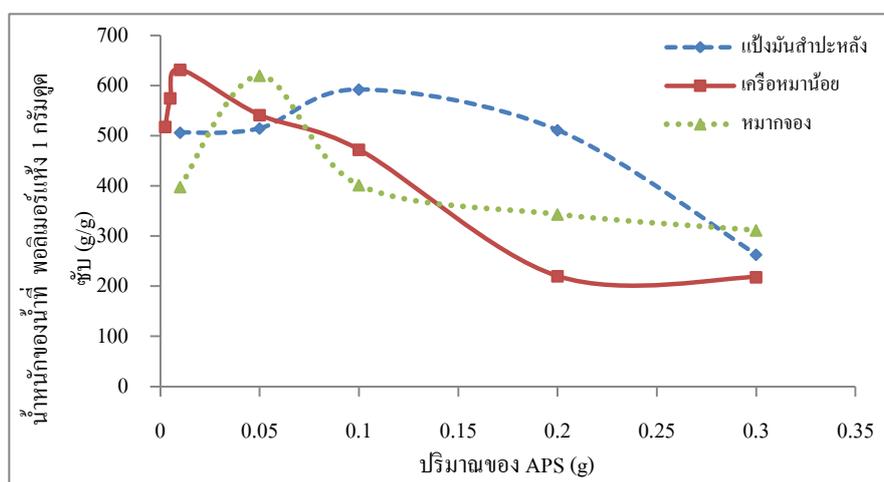
รูปที่ 4.3 ปริมาณของเครื่องหมาน้อย แป้งมันสำปะหลังและหมากจอบ

สิ่งสำคัญในการกราฟต์ (graft) poly (acrylic acid) ลงบนพอลิเมอร์ธรรมชาติคือการสร้างฟรีแรดิคัล (free radical) จากการเหนี่ยวนำให้พอลิเมอร์ธรรมชาติแตกพันธะเกิดอนุมูลอิสระที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาที่หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, OH) ของพอลิเมอร์ธรรมชาติ ซึ่งพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ใช้คือ หมากจอบ เครื่องหมาน้อยและแป้งมันสำปะหลัง ผลของปริมาณพอลิเมอร์ธรรมชาติ (0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม) ที่มีผลต่ออัตราการดูดซับน้ำของ x-Malva nut-g-poly(acrylic acid), x-Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) และ x-Cassava starch-g-poly(acrylic acid) แสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งอัตราการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของพอลิเมอร์ธรรมชาติจนกระทั่งให้อัตราการดูดซับน้ำสูงสุดคือ เมื่อใช้ปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง 0.1 กรัม ได้ 466 กรัม/กรัม เมื่อใช้ปริมาณของเครื่องหมาน้อย 1 กรัม ได้ 472 กรัม/กรัมและเมื่อใช้ปริมาณของหมากจอบ 1 กรัม ได้ 401 กรัม/กรัม

เมื่อใช้ปริมาณของพอลิเมอร์ธรรมชาติ 0 กรัม พบว่าอัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดคือ 490 กรัม/กรัม เนื่องจากเมื่อสังเคราะห์ร่วมกับพอลิเมอร์ธรรมชาติ แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (ammonium

persulfate) จะเหนี่ยวนำให้พอลิเมอร์ธรรมชาติเกิดการแตกตัวเป็นฟรีเรดิคัล (free radical) ทำปฏิกิริยาต่อกับมอนอเมอร์ เกิดการเชื่อมขวางระหว่าง 2 สายโซ่พอลิเมอร์ ด้วยสารเชื่อมขวาง เพื่อให้เกิดโครงสร้างร่างแหจากนั้น หมู่คาร์บอกซิลิกของมอนอเมอร์ acrylic acid (-COOH) จะถูก saponified เป็น carboxylate groups (COO^-Na^+) ทำให้สามารถดูดน้ำเข้ามาในโครงสร้างซึ่งในขั้นตอนนี้ carboxylate groups (COO^-Na^+) และ HO^-H^+ อาจเกิดการดึงดูดกันเอง (Attractive electrostatic force) และผลักกัน (Electrostatic repulsion) เมื่อให้ปริมาณของพอลิเมอร์ธรรมชาติเพิ่มขึ้น (>0.1 กรัม และ >1 กรัม) อัตราการดูดซับน้ำจะลดลงเนื่องจากไปเพิ่มความหนืดให้กับระบบและไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของพอลิเมอร์ธรรมชาติในการทำปฏิกิริยากับฟรีเรดิคัลเริ่มต้น (free radical initiator) (Rodrguez, Alvarez-Lorenzo and Concheiro (2003)

4.2.2 สารริเริ่มปฏิกิริยา



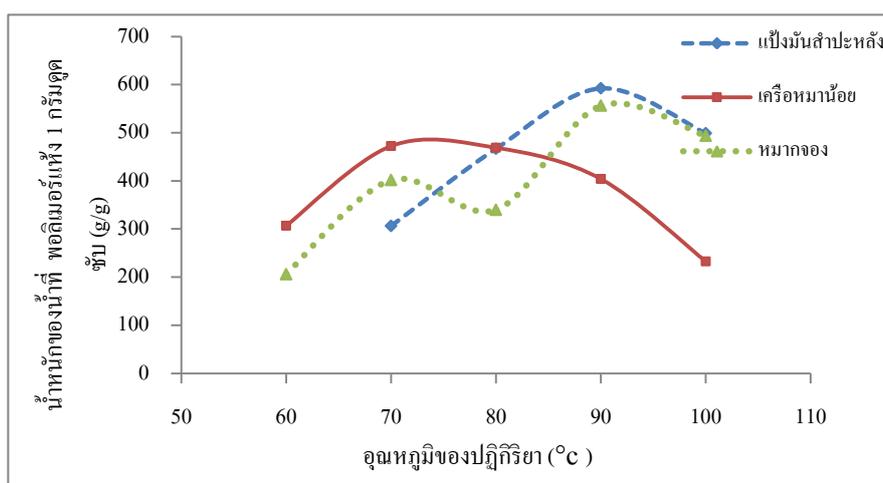
รูปที่ 4.4 ปริมาณสารริเริ่มปฏิกิริยาของแป้งมันสำปะหลัง เครื่องหมายน้อยและหมากจอบ

แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate, APS) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยาซึ่งจะเหนี่ยวนำให้พอลิเมอร์ธรรมชาติแตกตัวเป็นฟรีเรดิคัล (free radical) เกิดขึ้นในกระบวนการกราฟต์โคพอลิเมโรไลเซชัน (graft copolymerization) ลงบนพอลิเมอร์ธรรมชาติ ในรูปที่ 4.4 แสดงผลของปริมาณ APS (0.05, 0.1, 0.5, 1, และ 1.5 กรัม) บนอัตราการดูดซับน้ำของ x-Krueo Ma Noy-g-PAA, x-Cassava starch-g-PAA และ x-Malva nut-g-PAA

อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของหมากจอบ เครื่องหมายน้อยและแป้งมันสำปะหลัง เมื่อใช้ปริมาณ APS (0.05, 0.01 และ 0.1 กรัม) ตามลำดับ อัตราการดูดซับน้ำของ x-Malva nut-g-PAA, x-Krueo Ma Noy-g-PAA และ x-Cassava starch-g-PAA คือ 619, 631 และ 592 กรัม/กรัม ตามลำดับ

เมื่อปริมาณ APS สูงขึ้น มีผลให้ปริมาณฟรีเรดิคัล (free radical) เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ทำให้ไฮโมพอลิเมอร์ไรเซชันของการกราฟต์ (graft) มอนอเมอร์และในการเกิดการรวมตัวกับตัวเอง (Self-termination) ของตัวริเริ่มปฏิกิริยา (Athawale and Lele, 2000a, 2000b) เมื่อใช้ปริมาณ APS ลดลง อัตราการดูดซับน้ำลดลง

4.2.3 อุณหภูมิของปฏิกิริยา

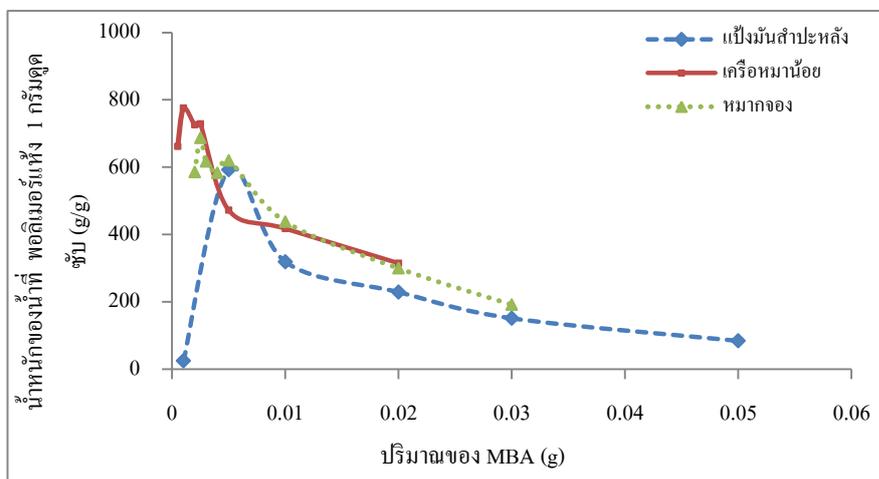


รูปที่ 4.5 อุณหภูมิของปฏิกิริยา (°C) ของเป็งมันสำปะหลัง เครือหนาน้อยและหมากจอง

อุณหภูมิของปฏิกิริยาส่งผลต่อกระบวนการการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม (copolymer) โดยต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแตกตัวของแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (ammonium persulfate, APS) การแตกพันธะคู่ของ acrylic acid และการแพร่กระจายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH) ระหว่างกระบวนการสaponification (saponification process) ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization reaction) จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นแสดงในรูปที่ 4.5 การแตกตัวของ APS เริ่มที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ในเป็งมันสำปะหลังและหมากจอง ที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ในเครือหนาน้อย ผลิตภัณฑ์จะเกิดเจลที่มีลักษณะเป็นเจลเหลวในน้ำ ทำให้ไม่สามารถวัดอัตราการดูดซับน้ำได้เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของปฏิกิริยา (> 60 องศาเซลเซียส) จำนวนของ APS แตกตัวมากขึ้น ทำให้การกราฟต์ (graft) ของ poly (acrylic acid) บนพอลิเมอร์ธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ของเครือหนาน้อยและที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ของเป็งมันสำปะหลังและหมากจอง จะมีอัตราการดูดซับน้ำสูงที่สุดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของปฏิกิริยาขึ้น (>80 องศาเซลเซียส และ > 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) อัตราการดูดซับน้ำจะลดลง เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงมากที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาสูง ส่งผลให้สารละลายมีความหนืดสูงทำให้กระบวนการ

พอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization process) ของมอนอเมอร์ในขั้นสิ้นสุดของปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น นอกจากนี้ที่อุณหภูมิสูงๆ จะทำลายโครงสร้างหลักของพอลิเมอร์ธรรมชาติ

4.2.4 ปริมาณของสารเชื่อมขวาง



รูปที่ 4.6 ปริมาณ MBA ของแป้งมันสำปะหลัง เครื่องหมายน้อยและหมากจอบ

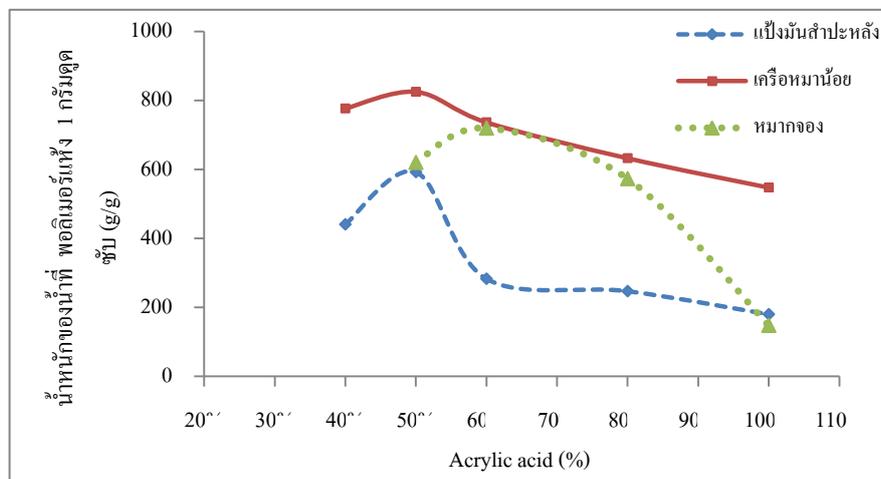
โครงสร้างของพอลิเมอร์ร่วม (copolymer) เป็นโครงสร้างร่างแห ซึ่งดูดน้ำไว้ในโครงสร้าง จำนวนของน้ำเข้าไปอยู่ในตัวเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่ PAA ตัวเชื่อมขวางสร้างพันธะกับสายโซ่ graft-PAA ผลของปริมาณ MBA (0.001, 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, และ 0.05 กรัม) ต่ออัตราการดูดซับน้ำของ x-Krueo Ma Noy-g-PAA, x-Cassava starch-g-PAA และ x-Malva nut-g-PAA แสดงในรูปที่ 4.6

อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของหมากจอบคือ 0.003 กรัม อัตราการดูดซับน้ำของ x-Malva nut-g-PAA คือ 616 กรัม/กรัม เมื่อเพิ่มปริมาณ MBA อัตราการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนกระทั่งปริมาณ MBA 0.003 กรัม เมื่อปริมาณ MBA มากกว่า 0.003 กรัม อัตราการดูดซับน้ำของ x-Malva nut-g-PAA ลดลง เนื่องจากว่าปริมาณ MBA น้อยทำให้โครงสร้างไม่เป็นเจล จึงไม่สามารถวัดอัตราการดูดน้ำได้ (Liu, Wang and Wang, 2007) สภาวะที่ดีที่สุดของปริมาณ MBA คือ 0.003 กรัม เพราะว่าโครงสร้างร่างแหที่ดูดซับน้ำไว้มีการขยายของโครงสร้างเจล ในทางตรงกันข้ามเมื่อปริมาณตัวเชื่อมขวางสูง จะจำกัดการขยายตัวของโครงสร้างร่างแหเมื่อดูดซับน้ำ จากสมการการดูดซับน้ำ Flory's (Flory, 1953)

อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของเครื่องหมายน้อยคือ 0.001 กรัม อัตราการดูดซับน้ำของ x-Krueo Ma Noy-g-PAA คือ 775 กรัม/กรัม เช่นเดียวกับหมากจอบ

อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของแป้งมันสำปะหลังคือ 0.005 กรัม อัตราการดูดซับน้ำของ x-Cassava starch-g-PAA คือ 592 กรัม/กรัม เช่นเดียวกับหมากจอบ

4.2.5 ปริมาณมอนอเมอร์

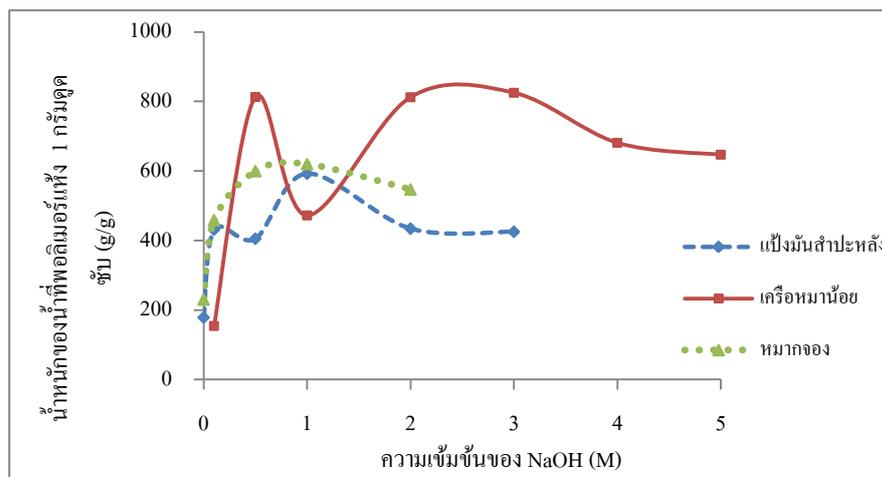


รูปที่ 4.7 ปริมาณ Acrylic acid ของแป้งมันสำปะหลัง เครื่องหมายน้อยและหมากจอบ

อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับกระบวนการการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม (copolymer) คือ การต่อกิ่ง (graft) มอนอเมอร์ลงไปบนพอลิเมอร์ธรรมชาติจากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นผลของความเข้มข้น acrylic acid (AA) ที่ 40%, 50%, 60%, 80% และ 100% ที่มีผลต่ออัตราการดูดซับน้ำ ซึ่งอัตราการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ acrylic acid ขึ้นจนกระทั่งถึง 50% ของแป้งมันสำปะหลัง และเครื่องหมายน้อย ที่ 60% ของหมากจอบอัตราการดูดซับน้ำสูงที่สุด

ที่ 40%AA จะสังเกตเห็นว่ามีอัตราการดูดซับน้ำที่ต่ำที่สุด เนื่องจากสายโซ่ของการต่อกิ่ง (graft) poly(acrylic acid) สั้นเกินไป (Chen et al., 2004) สำหรับการดูดซับน้ำ เมื่อสายโซ่ของการต่อกิ่ง poly (acrylic acid) ยาว คาดว่าจะทำให้อัตราการดูดซับน้ำได้ดีขึ้น (ประมาณ 50%) (Zhang, Li and Wang, 2006) แต่เมื่อเพิ่ม %AA มากขึ้น (> 50% AA) ของแป้งมันสำปะหลังและเครื่องหมายน้อย ที่ 60% AA ของหมากจอบ) อัตราการดูดซับน้ำจะค่อยๆลดลง เนื่องจากไปเพิ่มความหนืดให้แก่กระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (polymerization process) ในขั้นการสิ้นสุดของปฏิกิริยา

4.2.6 ความเข้มข้นของเบส



รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของ NaOH ของแป้งมันสำปะหลัง เครือหมาน้อยและหมากจอบ

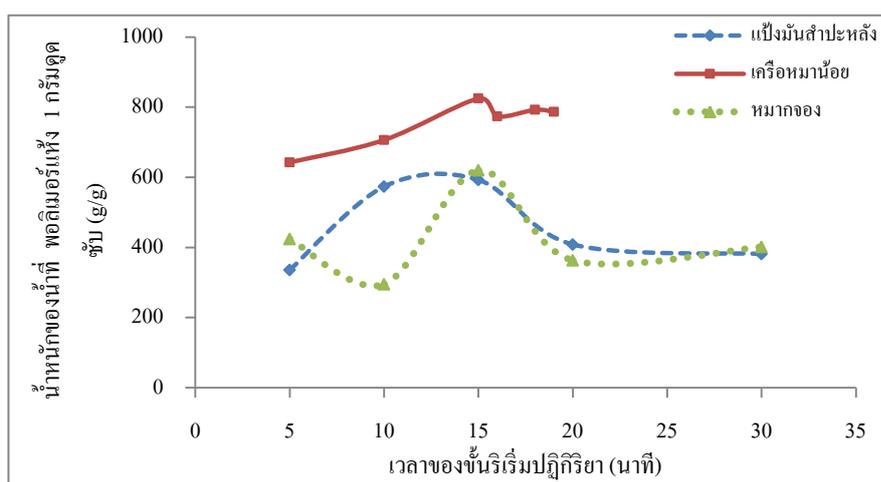
รูปที่ 4.8 แสดงผลความเข้มข้นของ NaOH บนอัตราการดูดซับน้ำ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ NaOH ปริมาณของโซเดียมไอออน (Na^+) เพิ่มขึ้น (Wu et al., 2003) อัตราการดูดซับน้ำของ x-Kruao Ma Noy-g-PAA, x-Cassava starch-g-PAA และ x-Malva nut-g-PAA แสดงในรูปที่ 4.8

อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของหมากจอบเมื่อใช้ความเข้มข้นของ NaOH 1 M อัตราการดูดซับน้ำของ x-Malva nut-g-PAA เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ NaOH จนกระทั่งอัตราการดูดซับน้ำสูงสุด 619 กรัม/กรัม เมื่อใช้ NaOH 1 M ที่ความเข้มข้นของ NaOH 0 M อัตราการดูดซับน้ำต่ำสุด 230 กรัม/กรัม เนื่องจากว่าหมู่คาร์บอกซิลิกของ acrylic acid ($-\text{COOH}$) จะไม่ถูก saponified เป็น carboxylate groups (COO^-Na^+) โดยใช้ NaOH ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ไม่มีความดันออสโมติกแตกต่างกับน้ำที่อยู่ด้านนอก จึงดูดน้ำเข้ามาในโครงสร้างของพอลิเมอร์ได้น้อย ความดันออสโมติกจะดูดน้ำเข้ามาในโครงสร้างของพอลิเมอร์ร่วม (copolymer) ปริมาณโซเดียมไอออน (Na^+) จะเปลี่ยนสายโซ่ของกราฟต์ (graft) PAA ให้มีแรงผลักสามารถขยายโครงสร้างเมื่อมีการดูดซับน้ำ เมื่อปริมาณโซเดียมไอออน (Na^+) มากเกินไป (NaOH 2 M) ทำให้เกิดแรงผลักของประจุลบของ $-\text{COO}^-$ ทำให้แรงดึงดูดระหว่าง $-\text{COO}^-$ กับ Na^+ ลดลง ดังนั้นส่งผลให้การขยายตัวของโครงสร้างพอลิเมอร์ร่วม (copolymer) ลดลงและอัตราการดูดซับน้ำลดลงตามไปด้วย (Fatang et al., 2006; Liu, Wang and Wang, 2007; Wu et al., 2003)

อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของเครือหมาน้อยเมื่อใช้ความเข้มข้นของ NaOH 3 M อัตราการดูดซับน้ำของ x-Kruao Ma Noy-g-PAA เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ NaOH จนกระทั่งอัตราการดูดซับน้ำสูงสุด 824 กรัม/กรัม เช่นเดียวกับหมากจอบ

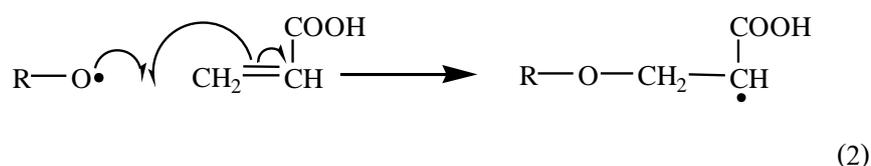
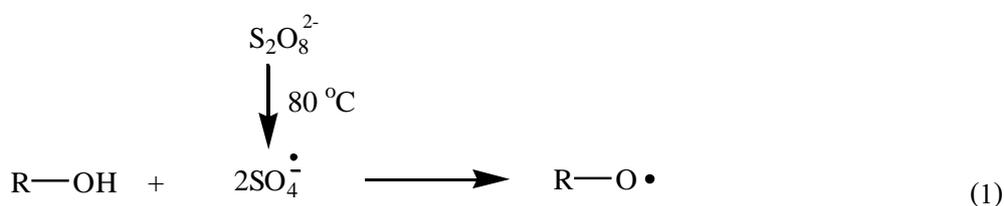
อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของแป้งมันเมื่อใช้ความเข้มข้นของ NaOH 1 M อัตราการดูดซับน้ำของ x-Cassava starch-g-PAA เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ NaOH จนกระทั่งอัตราการดูดซับน้ำสูงสุด 592 กรัม/กรัม เช่นเดียวกับหมากจอบ

4.2.7 เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา



รูปที่ 4.9 เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาของแป้งมันสำปะหลัง เครื่องหมายน้อยและหมากจอบ

แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulfate; APS) เป็นตัวริเริ่มฟรีเรดิคัล (free radical) ที่สามารถละลายน้ำได้ APS ต้องการความร้อนในการแตกตัวเป็นซัลเฟตเรดิคัล (sulfate radical) จากนั้น จะไปดึงเอาอะตอมไฮโดรเจนจาก -OH group ของสายโซ่หลักของพอลิเมอร์ธรรมชาติ (R-OH) ทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของพอลิเมอร์ธรรมชาติซึ่งอนุมูลอิสระที่ว่องไวนี้ จะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์เกิดการต่อกิ่ง (graft) มอนอเมอร์ไปบนพอลิเมอร์ธรรมชาติดังรูปที่ 4.10

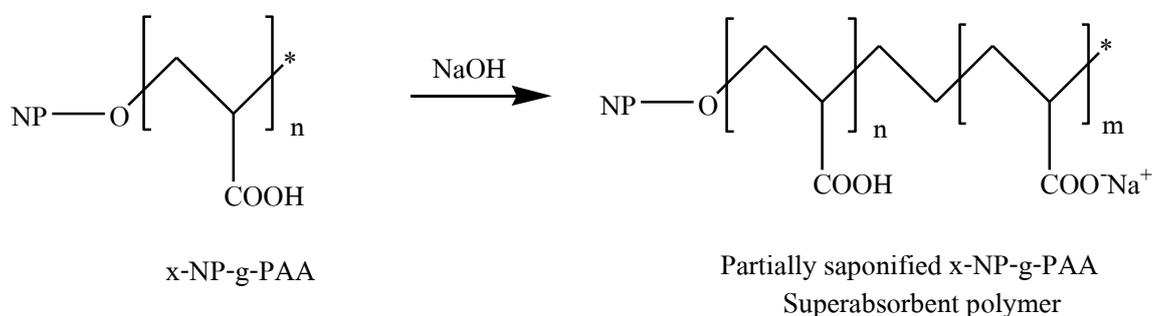


รูปที่ 4.10 กลไกการเกิดอนุมูลอิสระที่หมู่ไฮดรอกซิลของพอลิเมอร์ธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นเวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา (5, 10, 15, 20 และ 30 นาที) ที่มีผลต่ออัตราการดูดซับน้ำ พบว่าอัตราการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อให้เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยามากขึ้นจนกระทั่งถึง 15 นาที จะมีอัตราการดูดซับน้ำสูงที่สุด เนื่องจากเมื่อให้เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะเป็นการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่ง APS ต้องใช้ความร้อนเพื่อแตกตัวเป็นซัลเฟตเรดิคัล (sulfate radical) เมื่อให้เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยามากขึ้น (>15 นาที) อัตราการดูดซับน้ำจะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากการให้ความร้อนเพิ่มมากขึ้นจะเกิดการแตกตัวของ APS ทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับมอนอเมอร์มากขึ้นทำให้เกิดความหนืดไปเพิ่มความหนืดในกระบวนการ polymerization ในขั้นสิ้นสุดของปฏิกิริยา

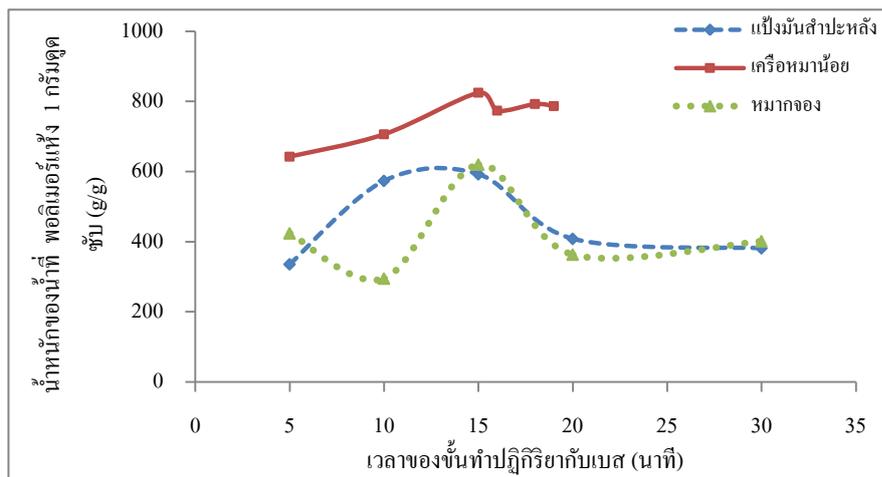
4.2.8 เวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบส

การเพิ่มความดันออสโมติกในโครงสร้างของ PAA ด้วยโซเดียมไอออน (Na^+ ions) ที่ได้จากกระบวนการทำปฏิกิริยากับเบส (saponification) โดยใช้ NaOH เป็นการเพิ่มอัตราการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ ซึ่งปฏิกิริยาของ NaOH กับหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH) ในโครงสร้างที่กราฟต์ (graft-PAA) จะให้ผลิตภัณฑ์เป็นหมู่คาร์บอกซิเลต carboxylate groups (COO^-Na^+) แสดงในรูปที่ 4.11 (Liu, Wang and Wang, 2007)



รูปที่ 4.11 ขั้นทำปฏิกิริยากับเบสของ x-NP-g-PAA (Liu, Wang and Wang, 2007)

ผลของเวลาการทำปฏิกิริยากับเบส (5, 10, 15, 20 และ 30 นาที) บนอัตราการดูดซับน้ำของ x-Krueo Ma Noy-g-PAA, x-Cassava starch-g-PAA และ x-Malva nut-g-PAA แสดงในรูปที่ 4.12 เมื่อใช้เวลาการทำปฏิกิริยากับเบสมากทำให้หมู่คาร์บอกซิเลต carboxylate groups (COO^-Na^+) เพิ่มขึ้น (Wu et al., 2003)



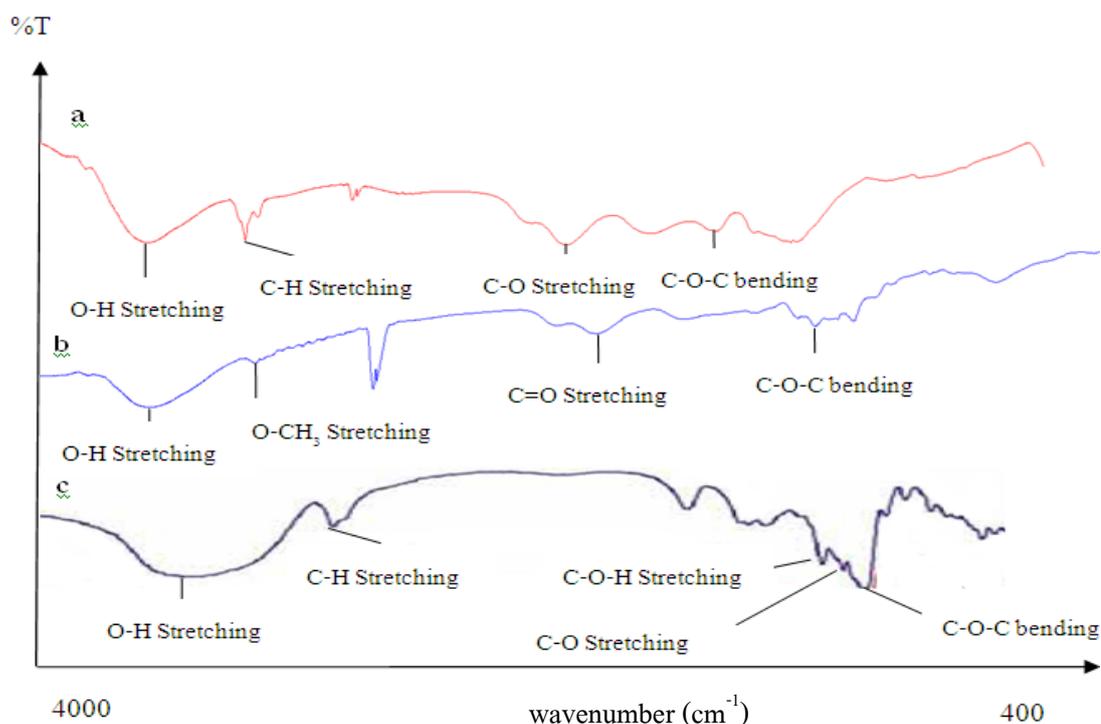
รูปที่ 4.12 เวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบสของแป้งมันสำปะหลัง เครือหนาน้อยและหมากจอบ

อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดของแป้งมันสำปะหลัง หมากจอบและเครือหนาน้อย เมื่อใช้ เวลาการทำปฏิกิริยาเบส 15 นาที อัตราการดูดซับน้ำของ x-Cassava starch-g-PAA, x-Kruao Ma Noy-g-PAA และ x-Malva nut-g-PAA สอดคล้องกับทฤษฎีของ Flory's (Flory, 1953) ที่กล่าวว่า ประจุบนโครงสร้างร่างแหพอลิเมอร์ของตัวดูดซับน้ำมาก (superabsorbent) มีสัมพันธ์กับหมู่ชอบน้ำ (hydrophilic) แรงผลัก (Electrostatic repulsion) ของอิเล็กตรอนระหว่างประจุบนพอลิเมอร์ที่แตก พันธะและจะมีแรงดันออสโมติกระหว่างโครงสร้างร่างแหกับน้ำ ดังนั้นชนิดและจำนวนของหมู่ ชอบน้ำ (superabsorbent) บนโครงสร้างร่างแหมีผลต่อการดูดซับน้ำ

4.3 Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

โดยทั่วไปแล้วเทคนิคทาง FTIR เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการศึกษาหมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างของพอลิเมอร์ดูซึมน้ำมาก (Lanthong, Nuisin and Kiatkamjornwong, 2006)

4.3.1 FTIR spectra of natural polymer



รูปที่ 4.13 IR spectra of natural polymer (a) หมากจอบ (b) เครือหมาน้อย (c) แป้งมันสำปะหลัง

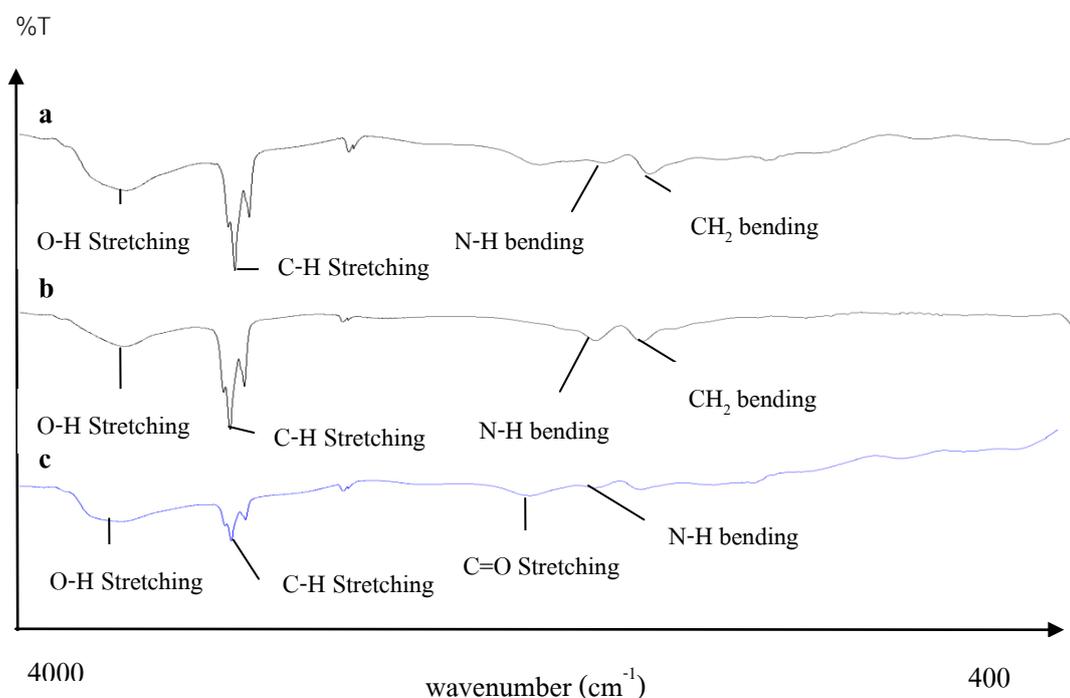
ลักษณะพีกของหมากจอบ (รูปที่ 4.13a) (Srichamroen and Chavasit, 2011) ปรากฏพีกที่ตำแหน่ง 3430, 2930, 1254 และ 1055 cm^{-1} โดยพีกที่ตำแหน่ง 3430 cm^{-1} พบว่าเป็น O-H Stretching ของหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของหมากจอบ พีกที่ตำแหน่ง 2930 cm^{-1} พบว่าเป็น C-H Stretching ของหมู่แอลคิล (alkyl) พีกที่ตำแหน่ง 1254 cm^{-1} พบว่าเป็น C-O Stretching และพีกที่ตำแหน่ง 1055 cm^{-1} พบว่าเป็น C-O-C bending ของพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bonding)

ลักษณะพีกของเครือหมาน้อย (รูปที่ 4.13b) (Singthong et al., 2003) ปรากฏพีกที่ตำแหน่ง 3430, 2938, 1634 และ 1104 cm^{-1} โดยพีกที่ตำแหน่ง 3430 cm^{-1} พบว่าเป็น O-H Stretching ของหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของเครือหมาน้อย พีกที่ตำแหน่ง 2938 cm^{-1} พบว่าเป็น O-CH₃ Stretching ของหมู่เมทิลเอสเทอร์ (methyl ester) ของ galacturonic acid พีกที่ตำแหน่ง 1634 cm^{-1}

พบว่าเป็น C=O Stretching ของ carboxylate group (COO⁻) และพีคที่ตำแหน่ง 1104 cm⁻¹ พบว่าเป็น C-O-C bending ของพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bonding)

ลักษณะพีคของแป้งมันสำปะหลัง (รูปที่ 4.13c) ปรากฏพีคที่ตำแหน่ง 3200-3600, 2932, 1155, 1078 และ 1016 cm⁻¹ โดยพีคที่ตำแหน่ง 3200-3600 cm⁻¹ พบว่าเป็น O-H Stretching ของหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของแป้งมันสำปะหลัง พีคที่ตำแหน่ง 2932 cm⁻¹ พบว่าเป็น C-H Stretching ของหมู่แอลคิล (alkyl) พีคที่ตำแหน่ง 1155 cm⁻¹ พบว่าเป็น C-O-H Stretching พีคที่ตำแหน่ง 1078 cm⁻¹ พบว่าเป็น C-O Stretching และพีคที่ตำแหน่ง 1016 cm⁻¹ พบว่าเป็น C-O-C bending ของพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bonding)

4.3.2 FTIR spectra of saponified poly(acrylic acid)

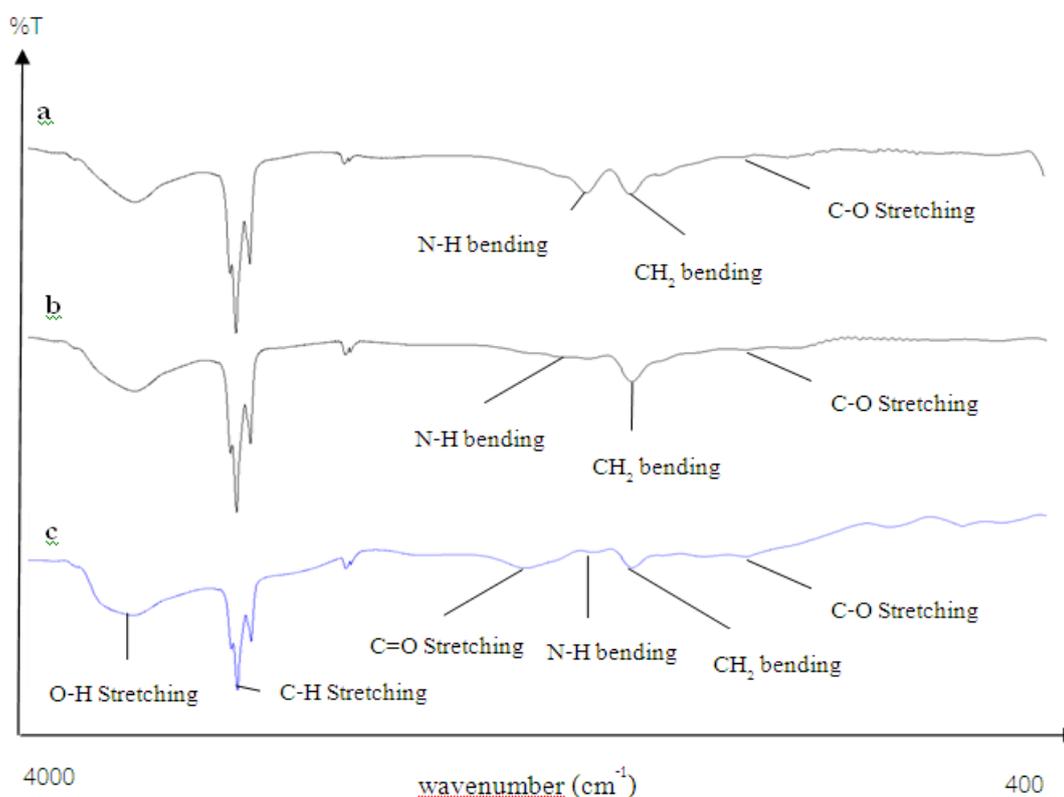


รูปที่ 4.14 IR spectra of saponified poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำดีที่สุดโดยไม่มี (a) แป้งมันสำปะหลัง (b) เครื่องหมายน้อย (c) มากจาง

ลักษณะพีคของ saponified poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำดีที่สุด โดยไม่มีแป้งมันสำปะหลัง (รูปที่ 4.14a) ไม่มีเครื่องหมายน้อย (รูปที่ 4.14b) และไม่มีมากจาง (รูปที่ 4.14c) ปรากฏพีคที่ตำแหน่ง 3463, 2922, 1728, 1562, 1452 และ 1160 cm⁻¹ โดยพีคที่ 3463 cm⁻¹ พบว่าเป็นการสั่นของ -OH- Stretching ของหมู่ acrylic acid ในสายโซ่พอลิเมอร์ พีคที่ตำแหน่ง 2922 cm⁻¹

พบว่าเป็น C-H Stretching ของหมู่แอลคิล (alkyl) พีคที่ตำแหน่ง 1728 cm^{-1} เป็น C=O Stretching ของหมู่คาร์บอกซิลิกของมอนอเมอร์ acrylic acid ($-\text{COOH}$) พีคที่ตำแหน่ง 1562 cm^{-1} เป็น N-H bending ของหมู่เอไมด์ (amide) ในโครงสร้างโมเลกุลของ N,N-methylenebisacrylamide (MBA) ซึ่งเป็นสารเชื่อมขวางระหว่าง 2 สายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหซึ่งคูดน้ำไว้ในโครงสร้างได้ พีคที่ตำแหน่ง 1452 cm^{-1} พบว่าเป็น $-\text{CH}_2$ -bending เป็นการสั่นของหมู่ $-\text{CH}-\text{CO}-$ group ในสายโซ่พอลิเมอร์และพีคที่ตำแหน่ง 1160 cm^{-1} พบว่าเป็น C-O Stretching ควบคู่กับ O-H in-plane bending ของหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) ใน poly(acrylic acid)

4.3.3 FTIR Spectra of Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid)

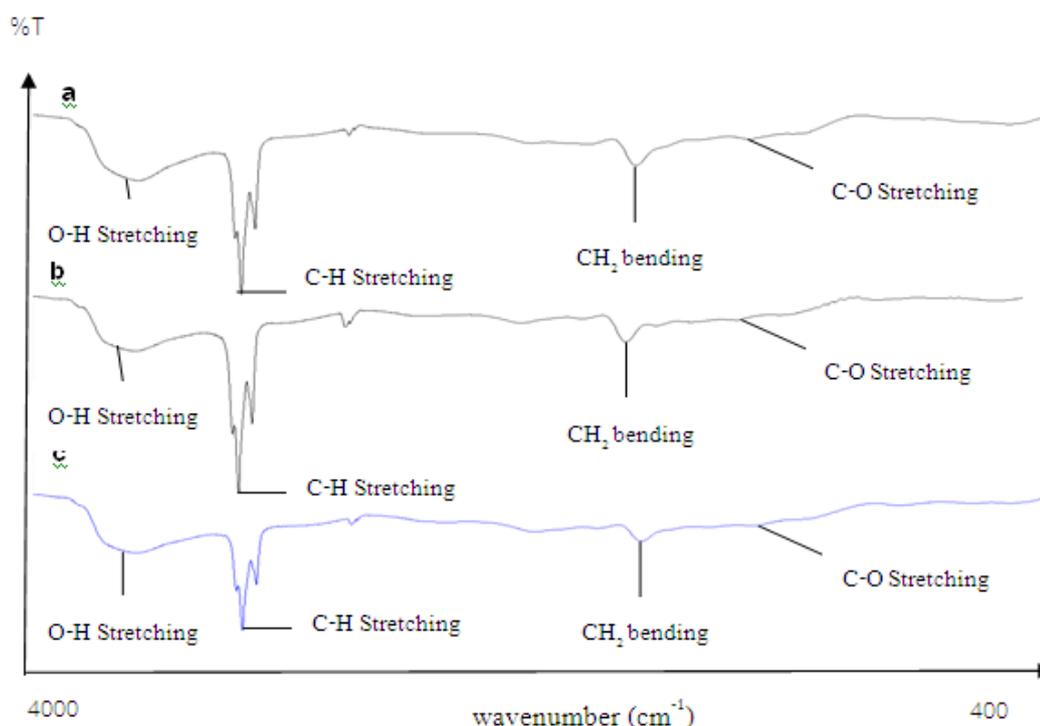


รูปที่ 4.15 IR Spectra of Krueo Ma Noy-g-poly (acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำ (a) 824 กรัม/กรัม (b) 541 กรัม/กรัมและ (c) 220 กรัม/กรัม

ลักษณะพีคของ Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดคือ 824 กรัม/กรัม ปรากฏพีคที่ตำแหน่ง $3426, 2922, 1562, 1454$ และ 1162 cm^{-1} (รูปที่ 4.15a) ลักษณะพีคของ Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำปานกลางคือ 541 กรัม/กรัม ปรากฏพีคที่ตำแหน่ง $3466, 2930, 1566, 1458$ และ 1162 cm^{-1} (รูปที่ 4.15b) และลักษณะพีคของ

Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำน้อยที่สุดคือ 220 กรัม/กรัม ปรากฏพีกที่ตำแหน่ง 3508, 2930, 1728, 1552, 1458 และ 1162 cm^{-1} (รูปที่ 4.15c) โดยพีกที่ตำแหน่ง 3426, 3466 และ 3508 cm^{-1} พบว่าเป็นการสั่นของ -OH- Stretching ที่ไม่แตกต่างกันของทั้งในโครงสร้างเครือข่ายน้อยและ acrylic acid พีกที่ตำแหน่ง 2922 และ 2930 cm^{-1} พบว่าเป็น -CH- Stretching ของหมู่อัลคิล (alkyl) พีกที่ตำแหน่ง 1728 cm^{-1} ของ Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำน้อยที่สุดพบว่าเป็นการสั่นของ C=O Stretching ของหมู่คาร์บอกซิลิกของมอนอเมอร์ acrylic acid (-COOH) ซึ่งที่อัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดและปานกลางไม่พบแถบการสั่นของ C=O Stretching พีกที่ตำแหน่ง 1562, 1566 และ 1552 cm^{-1} พบว่าเป็น -NH- bending ของหมู่เอไมด์ (amide) ในโครงสร้างโมเลกุลของ N,N-methylenebisacrylamide (MBA) ซึ่งเป็นสารเชื่อมขวางระหว่าง 2 สายโซ่พอลิเมอร์ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหซึ่งคูดน้ำไว้ในโครงสร้างได้ พีกที่ตำแหน่ง 1454 และ 1458 cm^{-1} พบว่า -CH₂-bending เป็นการสั่นของหมู่ -CH-CO- group ในสายโซ่พอลิเมอร์ และพีกที่ตำแหน่ง 1162 cm^{-1} พบว่าเป็น C-O Stretching ควบคู่กับ O-H in-plane bending ของหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) ใน poly(acrylic acid)

4.3.4 FTIR Spectra of Malva nut-g-poly(acrylic acid)

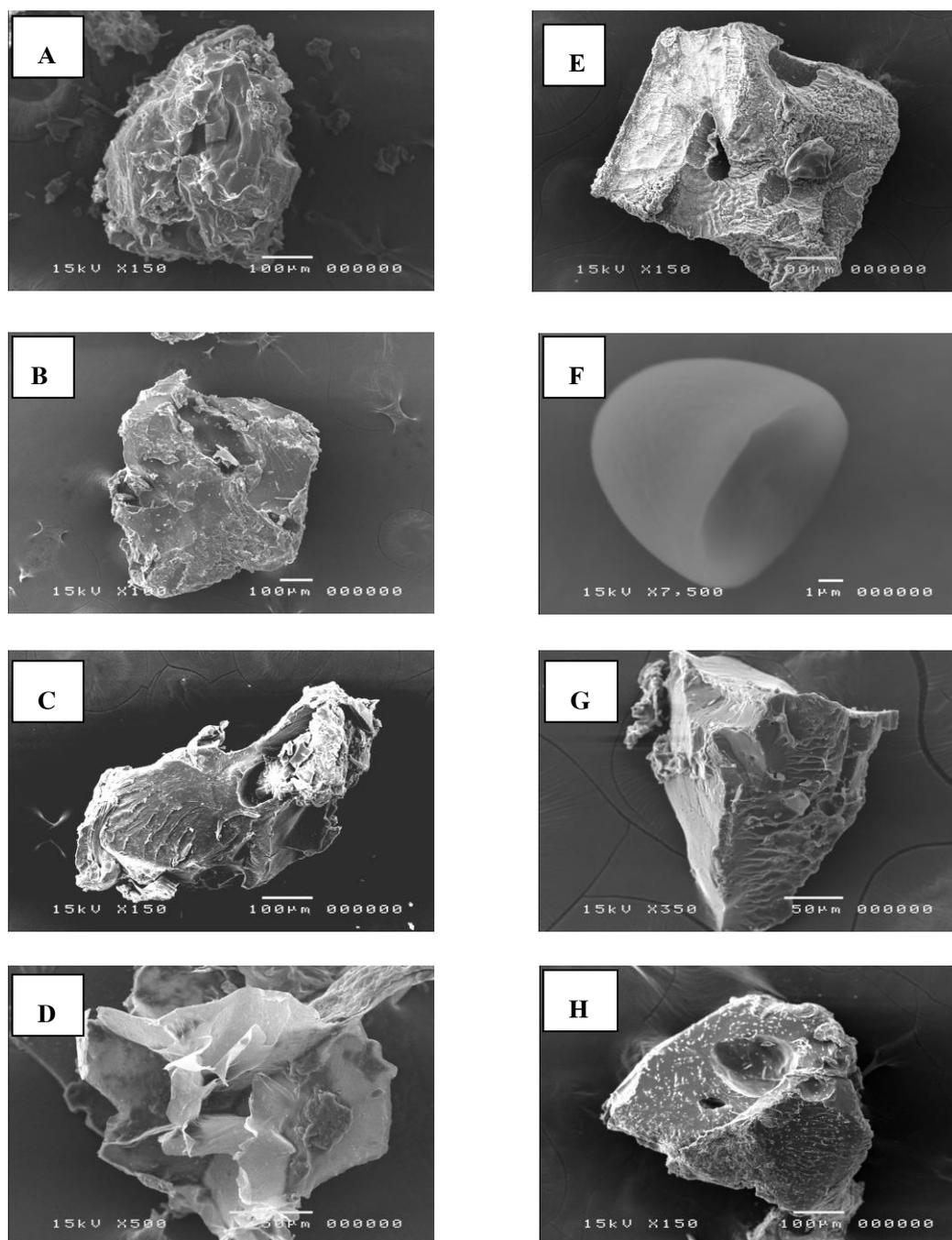


รูปที่ 4.16 IR Spectra of Malva nut-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำ (a) 556 กรัม/กรัม (b) 401 กรัม/กรัม และ (c) 205 กรัม/กรัม

ลักษณะพิกของ Malva nut-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำมากที่สุดคือ 556 กรัม/กรัม ปรากฏพิกที่ตำแหน่ง 3471, 2922, 1456 และ 1160 cm^{-1} (รูปที่ 4.16a) ลักษณะพิกของ Malva nut-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำปานกลางคือ 401 กรัม/กรัม ปรากฏพิกที่ตำแหน่ง 3459, 2926, 1456 และ 1160 cm^{-1} (รูปที่ 4.16b) ลักษณะพิกของ Malva nut-g-poly(acrylic acid) ที่มีอัตราการดูดซับน้ำน้อยที่สุดปรากฏพิกที่ตำแหน่ง 3446, 2922, 1458 และ 1160 cm^{-1} (รูปที่ 4.16c) โดยพิกที่ตำแหน่ง 3471, 3459 และ 3446 cm^{-1} พบว่าเป็นการสั่นของ -OH- Stretching ที่ไม่แตกต่างกันของทั้งในโครงสร้างเครือหมาน้อยและ acrylic acid พิกที่ตำแหน่ง 2922 และ 2926 cm^{-1} พบว่าเป็น -CH- Stretching ของหมู่อัลคิล (alkyl) พิกที่ตำแหน่ง 1456 และ 1458 cm^{-1} พบว่า -CH₂-bending เป็นการสั่นของหมู่ -CH-CO- group ในสายโซ่พอลิเมอร์และพิกที่ตำแหน่ง 1160 cm^{-1} พบว่าเป็น C-O Stretching ควบคู่กับ O-H in-plane bending ของหมู่อคาร์บอกซิล (carboxyl group) ใน poly(acrylic acid)

4.4 ผลการศึกษาลักษณะจุลโครงสร้างของเม็ดพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมาก ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM)

จากการศึกษาจุลโครงสร้างของเม็ดพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมาก ด้วยเครื่อง SEM โดยใช้กำลังขยายที่แตกต่างกันตามขนาดของเม็ดพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมาก พบว่าที่หมากจอบ (รูปที่ 4.17A) เครือหมาน้อย (รูปที่ 4.17D) และแป้งมันสำปะหลัง (รูปที่ 4.17F) มีลักษณะเป็นรูพรุนและพื้นผิวมีความขรุขระน้อยกว่า (poly(acrylic acid); PAA) และเมื่อผ่านการกราฟต์ (graft) ด้วย poly(acrylic acid) ลงบนพอลิเมอร์ธรรมชาติ ในรูปที่ 4.17C พอลิเมอร์มีความเป็นรูพรุนสูงขึ้น มีอัตราการดูดซับน้ำมากที่สุด 619 กรัม/กรัม ในรูปที่ 4.17D เป็นรูปของเครือหมาน้อย จะมีพื้นผิวค่อนข้างเรียบ เมื่อกราฟต์ (graft) ด้วย poly(acrylic acid) ลงบนเครือหมาน้อยในรูปที่ 4.17E ลักษณะพื้นผิวมีความเป็นรูพรุนสูง พื้นผิวมีความขรุขระสูง ซึ่งมีอัตราการดูดซับน้ำมากที่สุด 824 กรัม/กรัม ในรูปที่ 4.17F เป็นของแป้งมันสำปะหลังเช่นเดียวกับเครือหมาน้อย เมื่อกราฟต์ (graft) ด้วย poly(acrylic acid) ลงบนแป้งมันสำปะหลังในรูปที่ 4.17H มีลักษณะเป็นรูพรุนสูง มีอัตราการดูดซับน้ำมากที่สุด 592 กรัม/กรัม ในส่วนของรูปที่ 4.17B และรูปที่ 4.17G เป็นพื้นผิวของ poly(acrylic acid) ที่ไม่ได้ graft พอลิเมอร์ธรรมชาติ



รูปที่ 4.17 SEM micrographs ของพอลิเมอร์ธรรมชาติ PAA และพอลิเมอร์ร่วม

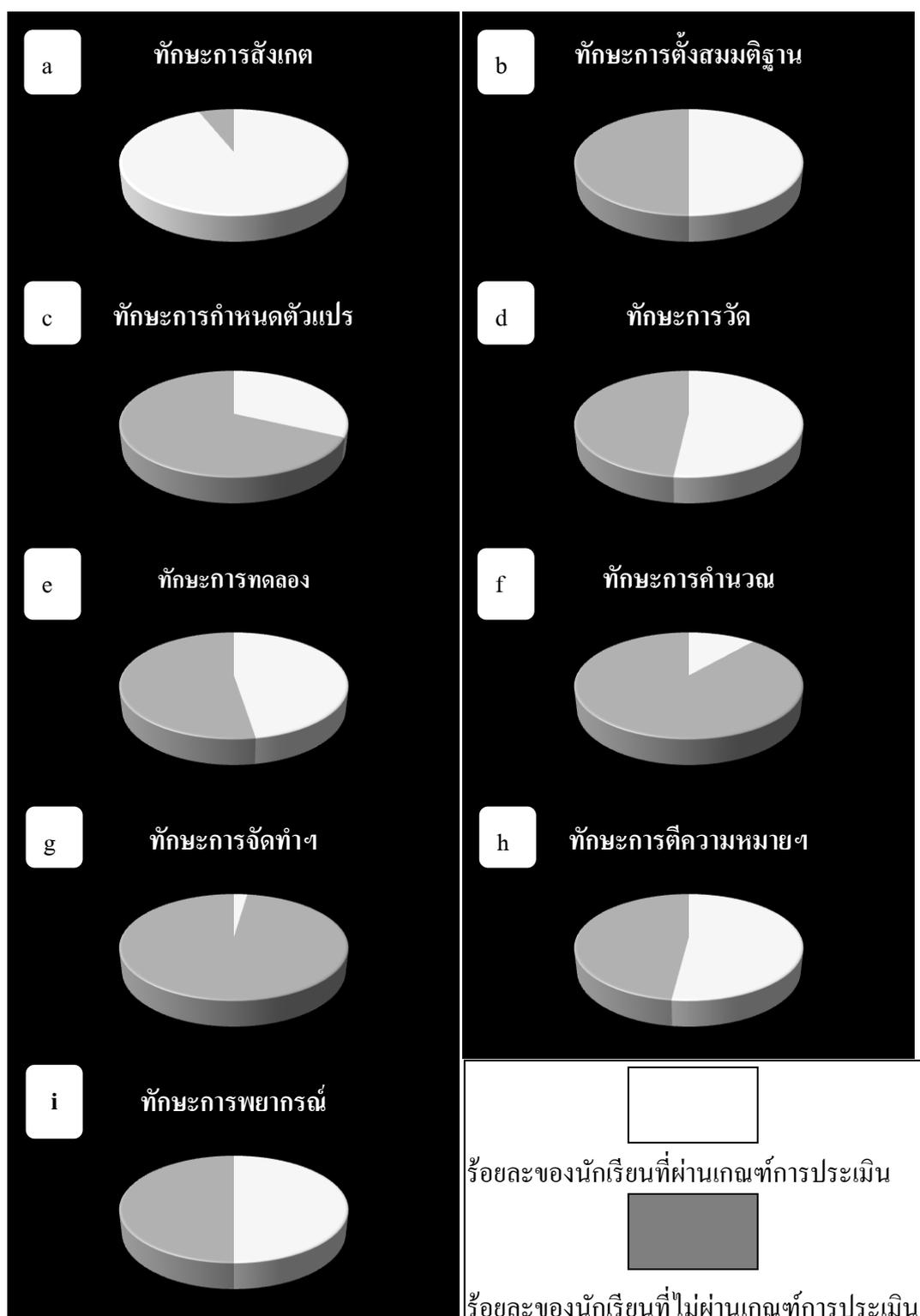
(A) หมากจอก, (B) PAA, (C) Malva nut-g-PAA, (D) เครื่องหมายน้อย, (E) Krueo Ma Noy-g-PAA, (F) น้ำมันรำปลา, (G) PAA, (H) Cassava starch-g-PAA

ตารางที่ 4.3 ขนาดของอนุภาคและขนาดของรูพรุนของพอลิเมอร์

รูปที่ 4.16	พอลิเมอร์	ขนาดของอนุภาคและขนาดของรูพรุน	
		ขนาดของอนุภาค (μm)	ขนาดของรูพรุน (μm)
A	หมากจอบ	338	79
B	พอลิเมอร์สังเคราะห์	494	136
C	Malva nut-g-PAA	472	101
D	เครื่องหมาน้อย	504	86
E	Krueo Ma Noy-g-PAA	601	47
F	แป้งมันสำปะหลัง	483	156
G	พอลิเมอร์สังเคราะห์	141	18
H	Cassava starch-g-PAA	484	145

4.5 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง เรื่องพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำ มากที่ค่อยสลายได้ทางชีวภาพจากหมากจอบ ด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นพร้อมทั้งคู่มือปฏิบัติการ สำหรับครูและนักเรียน สามารถวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ 10 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการวัด ทักษะการทดลอง ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และทักษะการพยากรณ์ร้อยละของนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้ว พบว่า โรงเรียนที่มีข้อจำกัดในการทำปฏิบัติการเคมี นักเรียนมีทักษะการสังเกตที่ดี (รูปที่ 4.18) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (อุบลวรรณ ไททอง, 2553; นุจรี มโนมัย, 2555) ส่วนทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินน้อยที่สุดคือทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล (รูปที่ 4.18) เพราะนักเรียนบางคนก็เขียนตัวแปรต้นไว้แกน Y ซึ่งตามหลักการสร้างกราฟแล้ว ต้องระบุไว้ในแกน X และไม่มีการระบุหน่วยของแกน X และ Y สำหรับทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูลนั้น เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยเกี่ยวกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีที่ผ่านมาซึ่งกล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานคือ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยที่สุด (อุบลวรรณ ไททอง, 2553) และทักษะการตั้งสมมติฐาน (นุจรี มโนมัย, 2555) เป็นทักษะที่นักเรียนทำคะแนนได้น้อย



รูปที่ 4.18 ร้อยละของนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน (a) ทักษะการสังเกต (b) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (c) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (d) ทักษะการวัด (e) ทักษะการทดลอง (f) ทักษะการคำนวณ (g) ทักษะการจัดทำสื่อและความหมายข้อมูล (h) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และ (i) ทักษะการพยากรณ์

เมื่อพิจารณาแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

4.5.1 การสังเกต (Observation)

ทักษะการสังเกตเป็นทักษะที่นักเรียนใช้ประสาทสัมผัส ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และสัมผัสในการบอกรายละเอียดของสิ่งนั้น ซึ่งสามารถสังเกตได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ จากกิจกรรมให้นักเรียนสังเกตผ้าอ้อมเด็กก่อนและหลังเทน้ำ ผลการสังเกตดังแสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลการสังเกตผ้าอ้อมเด็กก่อนเทน้ำ

การสังเกตผ้าอ้อมเด็กก่อนเทน้ำ	จำนวนนักเรียน (คน)	ทักษะ
นุ่ม	4	การสังเกต
น้ำหนักเบา	12	การสังเกต
ผิวนุ่ม	10	การสังเกต
เป็นชั้น ๆ	12	การสังเกต
แห้ง	6	การสังเกต
เส้นใยละเอียดคล้ายสำลี	20	การสังเกต
เป็นขน	4	การสังเกต
แต่ละชั้นมีแผ่นกัน แผ่นสุดท้ายหนาสุด	3	การสังเกต
ไม่มีกลิ่น	5	การสังเกต
สีขาว	1	การสังเกต
ด้านนอกอาจเป็นเยื่อกระดาษ	2	การลงความคิดเห็น
ด้านในมีเยื่อเหมือนสำลีหรือกระดาษชำระ	3	การลงความคิดเห็น
เส้นใยสังเคราะห์	5	การลงความคิดเห็น
ทักษะการสังเกต (ร้อยละ)	89	

ตารางที่ 4.5 ผลการสังเกตผ้าอ้อมเด็กหลังเทน้ำ

การสังเกตผ้าอ้อมเด็กหลังเทน้ำ	จำนวนนักเรียน (คน)	ทักษะ
น้ำซึมซับที่ละชั้น	10	การสังเกต
พองตัว	34	การสังเกต
เกิดเป็นเม็ดเจล	23	การสังเกต
ดูดน้ำได้ 80 ml	1	การสังเกต
มีเม็ดนุ่มออกมา	1	การสังเกต

การสังเกตผ้าอ้อมเด็กหลังเท้าน้ำ	จำนวนนักเรียน (คน)	ทักษะ
น้ำไม่ไหลออกมา	3	การสังเกต
เส้นใยข้างบนแห้ง	2	การสังเกต
ผ้าอ้อมน้ำหนักเพิ่มขึ้น	1	การสังเกต
ทักษะการสังเกต (ร้อยละ)	100	
รวมทักษะการสังเกตก่อนเท้าน้ำ และหลังเท้าน้ำลงบนผ้าอ้อมเด็ก (ร้อยละ)	94	

นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 89 (ตารางที่ 4.4) สามารถสังเกตผ้าอ้อมก่อนดูคูน้ำได้โดยไม่อธิบายข้อมูล มีนักเรียนเพียง 23% ซึ่งบันทึกการสังเกตเป็นการลงความคิดเห็น ได้แก่ ด้านนอกอาจเป็นเยื่อกระดาษ ด้านในมีเชื้อเหมือนสำลีหรือกระดาษชำระ และเส้นใยสังเคราะห์

นักเรียนทั้งหมด สามารถสังเกตผ้าอ้อมหลังดูคูน้ำได้ โดยไม่อธิบายข้อมูลหรือลงความคิดเห็นข้อมูล (ตารางที่ 4.5) ดังนั้นเมื่อหาค่าเฉลี่ยทักษะการสังเกตจากการสังเกตผ้าอ้อมก่อนและหลังดูคูน้ำ ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการสังเกตเท่ากับ 94 (รูปที่ 4.18a) ซึ่งคะแนนสูงมาก เพราะเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนมีและงานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็สรุปว่าทักษะนี้เป็นทักษะที่ง่ายซึ่งนักเรียนทำคะแนนได้สูง

4.5.2 การตั้งสมมติฐาน

จากการประเมินโดยให้นักเรียนตั้งสมมติฐานจากโจทย์วิจัยซึ่งกำหนดมาจากการทดลองซึ่งครูแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำการทดลองโดยใช้พีชท้องถิ่นชนิดเดียวกันคือหมากจอบ แต่ปริมาณของ MBA ต่างกัน เนื่องจากไม่มีนักเรียนคนใด ตั้งโจทย์วิจัยหรือคำถามวิจัยได้ถูกต้อง ดังนั้นจึงไม่มีนักเรียนคนใดตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของโจทย์วิจัยที่นักเรียนเขียนกับความสอดคล้องของสมมติฐาน พบว่า ไม่มีนักเรียนที่ตั้งสมมติฐานได้ครอบคลุมโจทย์วิจัย แต่จากตารางที่ 4.6 มีนักเรียนร้อยละ 50 ซึ่งสมมติฐานบางส่วนสอดคล้องกับโจทย์วิจัย (รูปที่ 4.18b) และนักเรียนร้อยละ 43 ที่ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับโจทย์วิจัย และมีนักเรียนส่วนน้อยร้อยละ 7 ที่ไม่เขียนคำตอบในข้อนี้

ตารางที่ 4.6 การตั้งสมมติฐานจากการทดลองที่กำหนดให้

สมมติฐาน	จำนวนนักเรียน	
	คน	ร้อยละ
บางส่วนสอดคล้องกับโจทย์วิจัย	20	50
ไม่สอดคล้องกับโจทย์วิจัยเลย	17	43
ไม่ตอบ	7	17
รวม	44	100

4.5.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

เมื่อกำหนดสถานการณ์การทดลองซึ่งครูแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำการทดลองโดยใช้พีชท้องถิ่นชนิดเดียวกันคือหมากจอบ แต่ปริมาณของ MBA ต่างกัน ดังนั้น ตัวแปรต้นที่ถูกต้องคือ ปริมาณ MBA เพราะโจทย์ระบุว่าปริมาณ MBA แตกต่างกัน ดังนั้นจากการวิจัยจึงสรุปได้ว่าไม่มีนักเรียนคนใดตอบถูกต้อง สำหรับคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ 93% (ตารางที่ 4.7) ระบุว่าหมากจอบเป็นตัวแปรต้น

ตารางที่ 4.7 ผลการกำหนดตัวแปรต้นของนักเรียน

ตัวแปรต้น	จำนวนนักเรียน	
	คน	ร้อยละ
หมากจอบ	41	93
น้ำ	2	5
ไม่ตอบ	1	2

ตัวแปรตามที่ถูกตั้งคือปริมาณน้ำที่พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ดูดซับไว้ ดังนั้นบทปฏิบัติการควรเพิ่มวิธีทำการทดลองขั้นตอนที่ 7 เป็นขั้นที่นักเรียนต้องนำพอลิเมอร์แห้งที่สังเคราะห์ได้มาทดสอบดูดน้ำโดยชั่งพอลิเมอร์แห้งมาประมาณ 0.1 กรัมและแช่น้ำนาน 24 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่บวมน้ำอีกครั้ง

ไม่มีนักเรียนคนใดตอบถูก และนักเรียนร้อยละ 9 ไม่ตอบ (ตารางที่ 4.8) และจากข้อมูลที่สามารถได้ในครั้งนี้พบว่า นักเรียนร้อยละ 11 กำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามเป็นสิ่งเดียวกัน ดังนั้นนักเรียนส่วนนี้อาจแยกความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวแปรนี้ไม่ได้

ตารางที่ 4.8 การกำหนดตัวแปรตามของนักเรียน

ตัวแปรตาม	จำนวนนักเรียน	
	คน	ร้อยละ
หมากจอบ น้ำ อุปรกรณ์	3	7
หมากจอบ	2	5
หมากจอบ	2	5
หมากจอบกลายเป็นฝุ่น	9	20
น้ำ ภาชนะ	7	16
น้ำ ภาชนะ อุปรกรณ์ต่าง ๆ	4	9
น้ำ	13	29
ไม่ตอบ	4	9

สำหรับตัวแปรควบคุมนักเรียนร้อยละ 96 กำหนดตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องคือ น้ำ อุณหภูมิ เวลา มีนักเรียนร้อยละ 2 ที่ตอบว่าปริมาณของสารเคมี ซึ่งผิดเพราะปริมาณของ MBA ซึ่งเป็นสารเคมีนั้นเป็นตัวแปรต้นไม่ใช่ตัวแปรควบคุม และนักเรียนร้อยละ 2 ไม่เขียนแสดงคำตอบ

ดังนั้น โดยภาพรวม ไม่มีนักเรียนคนใดกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ถูกต้อง แต่กำหนดตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องร้อยละ 96 เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ตัวแปร ได้จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ทักษะนี้โดยเฉลี่ย 32% (รูปที่ 4.18c)

4.5.4 ทักษะการวัด

จากการประเมินทักษะการวัดโดยให้นักเรียนเลือกใช้อุปกรณ์การวัดที่กำหนดให้ในการทำ การทดลองสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูซึมน้ำมากทั้ง 6 ขั้นตอน ผลการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 จำนวนนักเรียนที่เลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างถูกต้อง

ขั้นตอน ที่	อุปกรณ์	จำนวนนักเรียนที่เลือกใช้อย่างถูกต้อง	
		จำนวนคน	ร้อยละ
1	หลอดทดลอง	4	9.09
	แม่เหล็กกวนสาร (magnetic stirrer)	6	13.64
	หลอดทดลอง	30	68.18
	เครื่องทำความร้อน (hot plate)	13	29.55

ขั้นตอน ที่	อุปกรณ์	จำนวนนักเรียนที่เลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง	
		จำนวนคน	ร้อยละ
2	บีกเกอร์	29	65.91
3	เครื่องปั่นน้ำผลไม้	41	93.18
4	ขวดรูปชมพู่	18	40.91
5	กระชอน	41	93.18
6	ตู้อบ	23	52.27
	เฉลี่ย	23	51.77

จากการทดสอบให้นักเรียนเลือกอุปกรณ์วิทยาศาสตร์เพื่อมาทำการทดลองในขั้นตอนต่าง ๆ ของการสังเคราะห์พอลิเมอร์คูดซึมน้ำมากนั้น พบว่าอุปกรณ์ที่นักเรียนเลือกใช้ได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ได้แก่ ใช้กระชอนเพื่อกรองเจล และใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้เพื่อทำให้เจลมีขนาดเล็กคิดเป็นร้อยละ 93 รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 66 ใช้บีกเกอร์ในการเตรียมสารละลายผสม ความเข้าใจไม่ถูกต้องในการใช้อุปกรณ์ได้แก่

นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 86 ทำปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นในบีกเกอร์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วในระดับมัธยมศึกษา นักเรียนคุ้นเคยกับเครื่องแก้วนี้ แต่ในปฏิบัติการนี้เนื่องจากข้อจำกัดที่ว่าเกิดฟรีเรดิคัล (free radical) ขึ้นในปฏิกิริยา ดังนั้นการที่สารสัมผัสกับอากาศจะทำให้ฟรีเรดิคัลเฉื่อยต่อปฏิกิริยา

นักเรียนร้อยละ 59 ใช้แท่งแก้วคนสารในการกวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งถูกต้องในหลักการ แต่ในปฏิบัติการนี้ เนื่องจากเราจะวางหลอดทดลองบนเครื่องทำความร้อนและกวนสารอัตโนมัติ จึงใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารจึงจะเหมาะสมที่สุด และการทำปฏิกิริยาที่ให้กำเนิดฟรีเรดิคัลในระบบปิด จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าระบบเปิด

นักเรียนร้อยละ 14 ทำปฏิกิริยาในตู้อบ แทนที่จะทำปฏิกิริยาบนเครื่องทำความร้อนและกวนสาร

สรุปโดยภาพรวม ความถูกต้องของการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดเท่ากับร้อยละ 51.77 (รูปที่ 4.18d)

4.5.5 ทักษะการทดลอง

คะแนนทักษะการทดลองพิจารณาจาก 2 ส่วน ได้แก่ การเลือกใช้อุปกรณ์การวัดได้อย่างเหมาะสม และการเลือกใช้สารเคมีให้สอดคล้องกับการสังเคราะห์สารในขั้นตอนนั้น ๆ สำหรับส่วน

การเลือกใช้เครื่องมือที่ประเมินเช่นเดียวกับทักษะการวัด ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนร้อยละ 23 เลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างถูกต้อง ส่วนการเลือกใช้สารเคมีนั้นแสดงผลในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 จำนวนนักเรียนที่เลือกใช้สารเคมีได้อย่างถูกต้อง

ขั้นตอน ที่	สารเคมี	จำนวนนักเรียนที่เลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง	
		จำนวนคน	ร้อยละ
1	Ammonium persulfate	27	9.09
2	Acrylic acid	6	13.64
	MBA	30	68.18
4	NaOH	13	29.55
	เฉลี่ย	19	43.18

โดยภาพรวมนักเรียนร้อยละ 9 เลือกใช้สารเคมีซึ่งสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาตรงกับหลักการในขั้นตอนนั้น ๆ โดยมีสารเคมีให้เลือกทั้งหมด 4 สารเคมี และนักเรียนร้อยละ 2 เลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องทั้ง 9 ช่องคำถาม โดยมีนักเรียนร้อยละ 7 ตอบไม่ครบทุกช่องคำถาม

ความเข้าใจถูกต้องมากที่สุดในการเลือกใช้สารเคมีคือเลือกใช้ NaOH สำหรับทำให้หมู่ฟังก์ชันของ acrylic acid เปลี่ยนจาก $-COOH$ เป็น $-COO^-Na^+$ แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ (66%) เข้าใจการเกิดปฏิกิริยาในเบื้องต้นว่าถ้าในโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์มีธาตุ Na ดังนั้นสารตั้งต้นก็ต้องมี Na เป็นองค์ประกอบด้วย ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจว่า APS เป็นสารที่ทำให้เกิดฟรีเรดิคัลที่พอลิเมอร์ธรรมชาติก็มากมีมากถึง 61%

ความเข้าใจไม่ถูกต้องของการเลือกใช้สารเคมีที่สมบัติในการเกิดปฏิกิริยาตรงกับหลักการของขั้นตอนการทดลองนั้น ๆ ได้แก่ การทำปฏิกิริยาระหว่าง acrylic acid กับ MBA เพื่อต่อพอลิเมอร์สังเคราะห์เข้าไปในโครงสร้างและทำให้พอลิเมอร์สองสายเชื่อมต่อกัน มีนักเรียนเพียง 16% เท่านั้นที่ตอบถูกต้อง นอกนั้นเข้าใจผิด

โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยของทักษะการทดลองจากการเลือกใช้อุปกรณ์และสารเคมีให้ถูกต้องมีค่าเท่ากับการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนการเลือกใช้อุปกรณ์ถูกต้องร้อยละ 51.77 และการเลือกใช้สารเคมีที่ถูกต้องร้อยละ 43.18 ดังนั้นค่าเฉลี่ยของทักษะการทดลองเท่ากับ 47.48 (รูปที่ 4.18e)

4.5.6 ทักษะการคำนวณ

การวิเคราะห์ทักษะการคำนวณจากการกำหนดโจทย์การเตรียมสารละลายที่ว่างเตรียม acrylic acid 60% 5 mL จาก acrylic acid 99% คำตอบของการคำนวณที่ถูกต้องคือ 3 mL นั่นคือ ต้องตวงปริมาตรของ acrylic acid 99% มา 3 mL และเติมน้ำอีก 2 mL ซึ่งไม่มีนักเรียนคนใดเขียนสรุป

การคำนวณเช่นนี้เลย แต่เมื่อให้นักเรียนมานำเสนอหน้าชั้นเรียน นักเรียนสรุปได้อย่างถูกต้องแต่ไม่เขียนแสดง นักเรียนเพียงแต่ระบุวิธีการคำนวณและคำตอบเท่านั้น มีนักเรียนร้อยละ 11 ตอบถูกต้อง (รูปที่ 4.18f) และนักเรียนส่วนมากไม่ตอบ แสดงให้เห็นว่าถึงแม้นักเรียนจะเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ในเรื่องทฤษฎีและการคำนวณ เมื่อขาดการปฏิบัติจริงเช่นเดียวกับผู้ช่วยนักวิจัยหรือเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการจึงทำให้นักเรียนขาดความมั่นใจในการตอบ

ตารางที่ 4.11 คำตอบของนักเรียนจากการทำโจทย์การเตรียมสารละลาย

คำตอบ (mL)	จำนวนนักเรียน		หมายเหตุ
	คน	ร้อยละ	
1188	1	2.27	
65	5	11.36	
39	1	2.27	
8.25	6	13.64	
7.8	4	9.09	
6	1	2.27	
3	5	11.36	คำตอบที่ถูกต้อง
0.3	1	2.27	
ไม่ตอบ	20	45.45	

4.5.7 การจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)

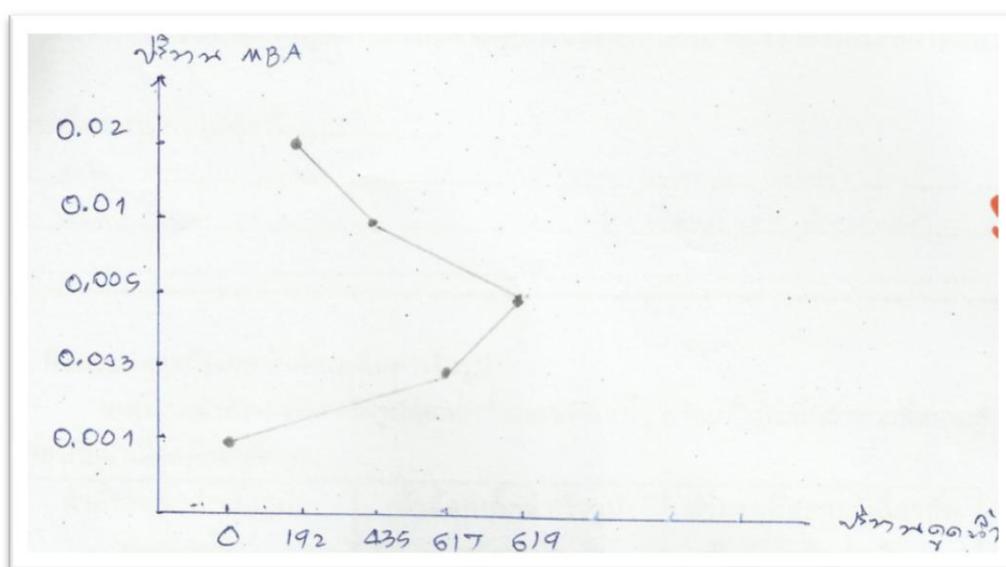
การประเมินทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากที่ให้นักเรียนสร้างกราฟจากผลการทดลองหาปริมาณการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้เมื่อใช้ปริมาณ MBA แตกต่างกันได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ร้อยละนักเรียนที่สร้างกราฟได้ไม่สมบูรณ์ในประเด็นต่าง ๆ

ประเด็นในการสร้างกราฟไม่สมบูรณ์	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
ชื่อแกน ไม่มี	3	6.82
ไม่มีหน่วยแสดง (รูปที่ 4.19)	28	63.64
ตัวแปรต้นแกน y ตัวแปรตามแกน x (รูปที่ 4.19)	23	52.27

ประเด็นในการสร้างกราฟไม่สมบูรณ์	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
สเกลของแกน x และ y (รูปที่ 4.19)	6	13.64
แสดงด้วยกราฟแท่ง	1	2.27
ไม่วาดเส้นแสดงกราฟ	1	2.27
ไม่เขียนผลการทดลอง	1	2.27

นักเรียนร้อยละ 97.73 สร้างกราฟได้ไม่สมบูรณ์ซึ่งข้อบกพร่องแสดงดังตารางที่ 4.12 ดังนั้น มีนักเรียนเพียง 2.27% เท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาในทักษะนี้ (รูปที่ 4.18g)



รูปที่ 4.19 การสร้างกราฟที่ไม่ถูกต้องในการกำหนดค่าแกน x

4.5.8 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

นักเรียนสรุปได้ถูกต้องทั้งหมด 52% (รูปที่ 4.18h) ซึ่งคำตอบของนักเรียน 50% คือเมื่อ ปริมาณ MBA เพิ่มมากขึ้น อัตราการดูดซับน้ำจะลดลง มีนักเรียนเพียง 2% เท่านั้นที่สรุปว่าจากการ ทดลองหมากรอง ถ้าสาร MBA มีปริมาณมากจะทำให้การดูดซับน้ำได้น้อย ปริมาณที่เหมาะสมที่จะ ดูดน้ำได้ดีที่ 0.005 กรัม นักเรียนอีก 2% มีแนวทางสรุปที่ถูกต้อง แต่สรุปผิด เป็น เมื่อปริมาณ MBA เพิ่มมากขึ้น อัตราการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้น ส่วนนักเรียนอีก 20% ไม่ได้สรุปผลการทดลองแต่เขียนผล การทดลองอีกครั้ง และนักเรียน 2% ไม่แสดงคำตอบ

4.5.9 ทักษะการพยากรณ์

จากการกำหนดโจทย์ให้นักเรียนทำนายผลการทดลองจากกราฟที่สร้างขึ้นในทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล นักเรียนร้อยละ 50 ตอบถูกต้อง (รูปที่ 4.18i) นักเรียนร้อยละ 29.55 พยากรณ์ได้ไม่ถูกต้อง และนักเรียนอีกร้อยละ 20.45 ไม่เขียนแสดงคำตอบในข้อนี้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพ จากพืชท้องถิ่นด้วยกลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่เรดิคัลแบบ Solution polymerization

การกราฟต์ (graft) poly(acrylic acid) ลงบนพอลิเมอร์ธรรมชาติ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำสูงสุดของ Malva nut-g-poly(acrylic acid) คือ 620 กรัม/กรัม Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) คือ 825 กรัม/กรัม และ Cassava Starch-g-poly(acrylic acid) คือ 592 กรัม/กรัม โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำคือ ปริมาณของหมากจอบ อุณหภูมิของปฏิกิริยา ความเข้มข้นของมอนอเมอร์และเบส (NaOH) ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยาและสารเชื่อมขวาง เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาและขั้นทำปฏิกิริยากับเบส

2. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอุ้มน้ำของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก

สภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ Malva nut-g-poly(acrylic acid) คือ ปริมาณหมากจอบ 1 กรัม อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 60%(v/v) ความเข้มข้นของเบส NaOH 1 M ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา ปริมาณของสารเชื่อมขวางคือ 0.05 กรัม และ 0.003 กรัม ตามลำดับ เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา เวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบสคือ 15 นาที

สภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid) คือ ปริมาณเมล็ดเห็ดหมาน้อย 0.01 กรัม อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 50%(v/v) ความเข้มข้นของเบส NaOH 1 M ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา ปริมาณของสารเชื่อมขวางคือ 0.1 กรัม และ 0.005 กรัม ตามลำดับ เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาและเวลาของขั้นทำปฏิกิริยากับเบสคือ 15 นาที

สภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ Cassava Starch-g-poly(acrylic acid) คือ ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 0.1 กรัม อุณหภูมิของปฏิกิริยา 90 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 50% (v/v) ความเข้มข้นของเบส 1 M ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา ปริมาณของสารเชื่อมขวางคือ 0.1 กรัมและ 0.005 กรัม ตามลำดับ เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยา ขั้นทำปฏิกิริยากับเบสคือ 15 นาที

นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของสารเชื่อมขวาง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎีของ Flory's network คือเมื่อเพิ่มความหนาแน่นของสารเชื่อมขวาง จะส่งผลให้ไปเพิ่มความแข็งให้กับโครงสร้าง อีกทั้งการสaponification ยังช่วยในการปรับปรุงอัตราการดูดซึมน้ำภายใต้ปัจจัยเดียวกัน พอลิ

เมอร์คูซิมมามากที่ saponified แล้ว จะสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าพอลิเมอร์คูซิมมามากที่ไม่ได้ทำการ saponified เนื่องจากการ saponified ไปเพิ่ม Na^+ ions ส่งผลให้ไปเพิ่มประจุบนสายโซ่พอลิเมอร์เกิดแรงผลักรันระหว่างประจุบนสายโซ่หลักของพอลิเมอร์กับความดันออสโมติก (osmotic pressure) ระหว่างเครือข่ายสายโซ่ของพอลิเมอร์รอบๆ โมเลกุลของน้ำ

3. โครงสร้างของพอลิเมอร์อุ้มน้ำจากการวิเคราะห์ด้วย Infrared spectroscopy

ผลที่ได้จาก IR spectroscopy เป็นการยืนยันหมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างของพอลิเมอร์ธรรมชาติ (รูปที่ 4.13) เทียบกับพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) ซึ่งพอลิเมอร์ธรรมชาติจะปรากฏพีคที่ตำแหน่ง $1016-1104 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นแถบการสั่น C-O-C bending ของพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bonding) แต่ในพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) ไม่ปรากฏพีคที่ตำแหน่งนี้เนื่องจากโครงสร้างของพอลิเมอร์ธรรมชาติถูกเปลี่ยนแปลง (modified) หลังกระบวนการพอลิเมไรเซชัน (polymerization process)

4. คุณสมบัติของพื้นผิววิเคราะห์ด้วย Scanning Electron Microscopy

ผลที่ได้จาก Scanning Electron Microscopy (SEM) เป็นการยืนยันลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันระหว่างพอลิเมอร์ธรรมชาติกับพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) โดยหากจองจะมีลักษณะของพื้นผิวที่ขรุขระและมีรูพรุน เนื่องจากหากจองเป็นเจลในน้ำเพราะเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกมีสารเมือก (Mucilage) จำนวนมาก ทำให้สามารถพองตัวได้ดีในน้ำ จึงมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี มีขนาดอนุภาค $338 \mu\text{m}$ และขนาดของรูพรุน $79 \mu\text{m}$ ส่วนพอลิเมอร์ร่วม (Malva nut-g-poly(acrylic acid)) มีลักษณะของพื้นผิวที่มีความขรุขระมากกว่า เนื่องจากมีการกราฟต์ (graft) ของ poly(acrylic acid) และมีขนาดของอนุภาคเป็น 1.4 เท่าของหากจองคือ $472 \mu\text{m}$ และขนาดของรูพรุนใหญ่เป็น 1.3 เท่าของหากจองคือ $101 \mu\text{m}$ เครือหมาน้อยมีลักษณะของพื้นผิวเรียบและมีความเป็นรูพรุนน้อย มีขนาดของอนุภาค $504 \mu\text{m}$ และขนาดของรูพรุน $86 \mu\text{m}$ ส่วนพอลิเมอร์ร่วม (Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid)) จะมีลักษณะของพื้นผิวที่ขรุขระ และมีความเป็นรูพรุนมาก มีขนาดของอนุภาคเป็น 1.2 เท่าของเครือหมาน้อยคือ $601 \mu\text{m}$ และขนาดของรูพรุน $47 \mu\text{m}$ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า เนื่องจากการทดสอบเป็นการสุ่มเม็ดพอลิเมอร์ร่วมมาทดสอบ และแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะของพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบ มีความเป็นรูพรุน มีขนาดอนุภาค $483 \mu\text{m}$ และมีขนาดของรูพรุน $156 \mu\text{m}$ ในส่วนของพอลิเมอร์ร่วม (Cassava starch-g-poly(acrylic acid)) มีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระและมีความเป็นรูพรุนมาก มีขนาดของอนุภาคที่ไม่แตกต่างจากแป้งมันสำปะหลังคือ $484 \mu\text{m}$ และมีขนาดของรูพรุน $145 \mu\text{m}$ เหตุผลเช่นเดียวกับเครือหมาน้อย

5. ชุดทดลองของปฏิบัติการเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรท้องถิ่น

ได้ชุดทดลอง 10 ชุดซึ่งมีอุปกรณ์การทดลองพร้อมทำปฏิบัติการเคมีเรื่องพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากพืชท้องถิ่น

6. การประเมิน 10 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง

จากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ของโรงเรียนมีข้อจำกัดในการทำปฏิบัติการเคมี โดยใช้ชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากหมากจอบเป็นเครื่องมือวิจัย พบว่า ทักษะการสังเกตเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 94 รองลงมาคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปคิดเป็นร้อยละ 52 ส่วนทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูลเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 2

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้พืชท้องถิ่นอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติก่อเจลในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก
2. ควรทดสอบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้จริง ในการทำเป็นดินวิทยาศาสตร์ หรือผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป
3. ควรประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ การเงินและสิ่งแวดล้อม
4. ควรทำความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมหรือธุรกิจ เพื่อนำไปขายในเชิงพาณิชย์
5. ทักษะวิจัยควรพัฒนาตั้งแต่นักเรียนเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา เพื่อปูพื้นฐานในการทำงานวิจัยในระดับมหาวิทยาลัยต่อไปและเพื่อเพิ่มจำนวนนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัยให้มากขึ้น
6. ในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ นอกจากจะมีความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีแล้ว ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็เป็นสิ่งสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ดังนั้นนอกจากสอบวัดความรู้แล้ว ก่อนสำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนควรจัดให้มีการสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบว่าการบ่มเพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน มีผลลัพธ์เป็นอย่างไร ด้วยการให้นักเรียนทำการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกันนี้โดยใช้ 3-5 การทดลองจึงสรุปผล การทดลองนี้เป็นเพียงหนึ่งการทดลองที่เป็นแนวทางให้เท่านั้น
7. โรงเรียนควรมีการแข่งขันทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่โรงเรียนจัดขึ้น สำหรับรายวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา อย่างน้อย 1 ครั้งต่อปี เช่น วันที่ 18 สิงหาคม ซึ่งเป็นวันวิทยาศาสตร์ของทุกปี
8. นักเรียนใช้เครื่องชั่งไม่ถูกต้องเพราะไม่เคยใช้ อาจเพราะงบประมาณในการซื้อเครื่องชั่งดิจิทัลไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน 1 เครื่องต่อนักเรียนทั้งโรงเรียน 1,000 คน ดังนั้นโรงเรียนอาจจัดซื้อเครื่องชั่งเพชรพลอย ซึ่งราคาต่ำกว่า 1,000 บาท สามารถชั่งได้ตั้งแต่ 10 – 0.001 กรัม

เอกสารอ้างอิง

Zhang, J., Li, A., and Wang, A. 2006. "Study on superabsorbent composite. VI. Preparation, characterization and swelling behaviors of starch phosphate-graft-acrylamide/attapulgit superabsorbent composite". **Carbohydrate Polymers** 65: 150-158.

Hua, S., and Wang, A. 2008. "Preparation and properties of superabsorbent containing starch and sodium humate". **Polymers for Advanced Technologies** 19: 1009-1014.

Liu, J., and Wang, A. 2008. "Study on superabsorbent composites. XXI. Synthesis, characterization and swelling behaviors of chitosan-g-poly(acrylic acid)/organo-rectorite nanocomposite superabsorbents". **Journal of Applied Polymer Science** 110: 678-686.

Zhang, J., Wang, Q., and Wang, A. 2007. "Synthesis and characterization of chitosan-g-poly(acrylic acid)/attapulgit superabsorbent composites". **Carbohydrate Polymers** 68: 367-374.

Pourjavadi, A., and Amini-Fazl, M. S. 2007. "Optimized synthesis of carrageenan-graft-poly(sodium acrylate) superabsorbent hydrogel using the Taguchi method and investigation of its metal ion absorption". **Polymer International** 56: 283-289.

Wuttisela, K., and et al. 2008. "Optimization of the water absorption by crosslinked agar-g-polyacrylic acid". **Polymer (Korea)** 32: 537 - 543.

Pourjavadi, A., and Zohuriaan-Mehr, M. J. 2002. "Modification of Carbohydrate Polymers via Grafting in Air. I. Ceric-Induced Synthesis of Starch-g-Polyacrylonitrile in Presence and Absence of Oxygen". **Starch - Stärke** 54: 140-147.

Somboonpanyakul, P., and et al. 2006. "Malva nut gum (Part I): Extraction and physicochemical characterization". **Carbohydrate Polymers** 64: 247-253.

Fatang, J., and et al. 2006. "Preparation and characterization of Konjac superabsorbent polymer". **Journal of Wuhan University of Technology** 21: 87-91.

Prasad, K., and et al. 2006. "Hydrogel-forming agar-graft-PVP and K-carrageenan-graft-PVP blends: Rapid synthesis and characterization". **Journal of Applied Polymer Science** 102: 3654-3663.

Pourjavadi, A., Sadeghi, M., and Hosseinzadeh, H. 2004. "Modified carrageenan. 5. Preparation, swelling behavior, salt- and pH-sensitivity of partially hydrolyzed crosslinked carrageenan-graft-polymethacrylamide superabsorbent hydrogel". **Polymers for Advanced Technologies** 15: 645-653.

Athawale, V. D., and Lele, V. 2000a. "Factors influencing absorbent properties of saponified starch-g-(acrylic acid-co-acrylamide)". **Journal of Applied Polymer Science** 77: 2480-2485.

Wu, J., and et al. 2003. "Study on starch-graft-acrylamide/mineral powder superabsorbent composite". **Polymer** 44: 6513-6520.

Gao, J., and et al. 1998. "Graft copolymerization of starch-AN initiated by potassium permanganate". **Journal of Applied Polymer Science** 68: 1965-1972.

Singthong, J., and et al. 2003. "Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy Pectin". **Carbohydrate Polymers** 58: 391-400.

Rodriguez, R. A., Alvarez-Lorenzo, C., and Concheiro, A. 2003. "Cationic cellulose hydrogels: Kinetics of the cross-linking process and characterization as pH-/ion-sensitive drug delivery systems". **Journal of Controlled Release** 86: 253-265.

Athawale, V. D., and Lele, V. 2000b. "Syntheses and characterisation of graft copolymers of maize starch and methacrylonitrile". **Carbohydrate Polymers** 41: 407-416.

Liu, J., Wang, Q., and Wang, A. 2007. "Synthesis and characterization of chitosan-g-poly(acrylic acid)/sodium humate superabsorbent". **Carbohydrate Polymers** 70: 166-173.

Flory, P.J. 1953. **Principles of Polymer Chemistry**. Ithaca: Cornell University Press.

Chen, P., and et al. 2004. "Synthesis of superabsorbent polymers by irradiation and their applications in agriculture". **Journal of Applied Polymer Science** 93: 1748-1755.

Srichamroen, A., and Chavasit, V. 2011. "Rheological properties of extracted malva nut gum (*Scaphium scaphigerum*) in different conditions of solvent". **Food Hydrocolloids** 25, 444-450.

Lanthong, P., Nuisin, R., and Kiatkamjornwong, S. 2006. "Graft copolymerization, characterization, and degradation of cassava starch-g-acrylamide/itaconic acid superabsorbents". **Carbohydrate Polymers** 66: 229-245.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บทความสำหรับเผยแพร่ในวารสาร ม.อบ. วิชาการ

การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง
เรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากหมากจอบ
Assessment of Scientific Skills by the Use of an Experimental Package of
Synthesis of Super-absorbent Polymer from Malva nut

กานต์ตะวัน วุฒิสเสลา

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

E-mail: karntarat@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินใน 9 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากหมากจอบ กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 44 คน ครูให้คะแนนจากการตอบคำถามในคู่มือปฏิบัติการเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากหมากจอบและสังเกตพฤติกรรม จากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ของโรงเรียนที่มีข้อจำกัดในการทำปฏิบัติการเคมี โดยใช้ชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากหมากจอบเป็นเครื่องมือวิจัย พบว่า ทักษะการสังเกตเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 94 รองลงมาคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปคิดเป็นร้อยละ 52 ส่วนทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูลเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 2

คำสำคัญ: ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พอลิเมอร์ หมากจอบ

Abstract

This research aimed to determine the percentage of students that passed the evaluation criteria of nine scientific process skills by the use of an experiment package of the synthesis of super-absorbent polymer from Malva nut. Forty-four grade 11 students participated in the study. A teacher graded answers in a laboratory manual regarding the package and observed the students' behavior. The use of the package revealed the scientific process skill in which students showed the highest success rate was observation skills at 94% and the skill in which students showed the lowest success rate was manipulating and communicating data at about 2%.

Keyword: Scientific skill Polymer Malva nut

บทนำ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำ (Learning by doing) โครงการงาน (Project-based learning) หรือการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry-based learning) ซึ่งจำแนกตามความยากง่ายของทักษะต่างๆ เป็น 2 ประเภทได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (8 ทักษะ) ได้แก่ การสังเกต (observing) การวัด (measuring) การจำแนกประเภท (classifying) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (using space/space and space/time relationships) การใช้ตัวเลข (using number) หรือการคำนวณ (calculating) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (manipulating and communicating data) การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring) และการทำนาย (predicting) หรือการพยากรณ์ (forecasting) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 5 ทักษะ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (operational defining of the variable) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variable) การทดลอง (experimenting) และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและแนวคิดใหม่ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551)

จากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้มีเวลาอันจำกัดในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ทั้งในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น ครูต้องเตรียมการทดลองสารเคมี อุปกรณ์ คู่มือการทำปฏิบัติการสำหรับครูและนักเรียน จึงเป็นอีกข้อจำกัดที่ครูส่วนใหญ่ไม่สามารถจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติปี 2542 มาตรา 24 ว่าด้วยการจัดการกระบวนการเรียนรู้ โดยสถานศึกษาและหน่วยงานจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่

รู้อย่างต่อเนื่อง เมื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเวลาอันจำกัด นักเรียนไม่ได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากเท่าที่ควร

งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีการประเมินผลหลังเรียนในเนื้อหาต่าง ๆ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะการสังเกตมากที่สุด (อุบลวรรณ ไททอง, 2553; นุจรี มโนมัย, 2555) แต่ทักษะที่นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนน้อยที่สุดสำหรับเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าเคมีคือทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยที่สุด (อุบลวรรณ ไททอง, 2553) ส่วนเนื้อหาเรื่องสารอินทรีย์นั้นคือทักษะการตั้งสมมติฐาน (นุจรี มโนมัย, 2555) กล่าวโดยสรุปคือทักษะการสังเกตซึ่งเป็นทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เป็นทักษะที่พัฒนาได้ง่ายกว่าทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะแก้ปัญหาการจัดเตรียมปฏิบัติการเคมีโดยทำขึ้นในรูปแบบของชุดทดลอง เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งพัฒนาและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ชุดทดลองเป็นเครื่องมือในการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ศึกษาในโรงเรียนมีข้อจำกัดในการทำปฏิบัติการเคมี

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินใน 9 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากหมากจอบ

วิธีการวิจัย

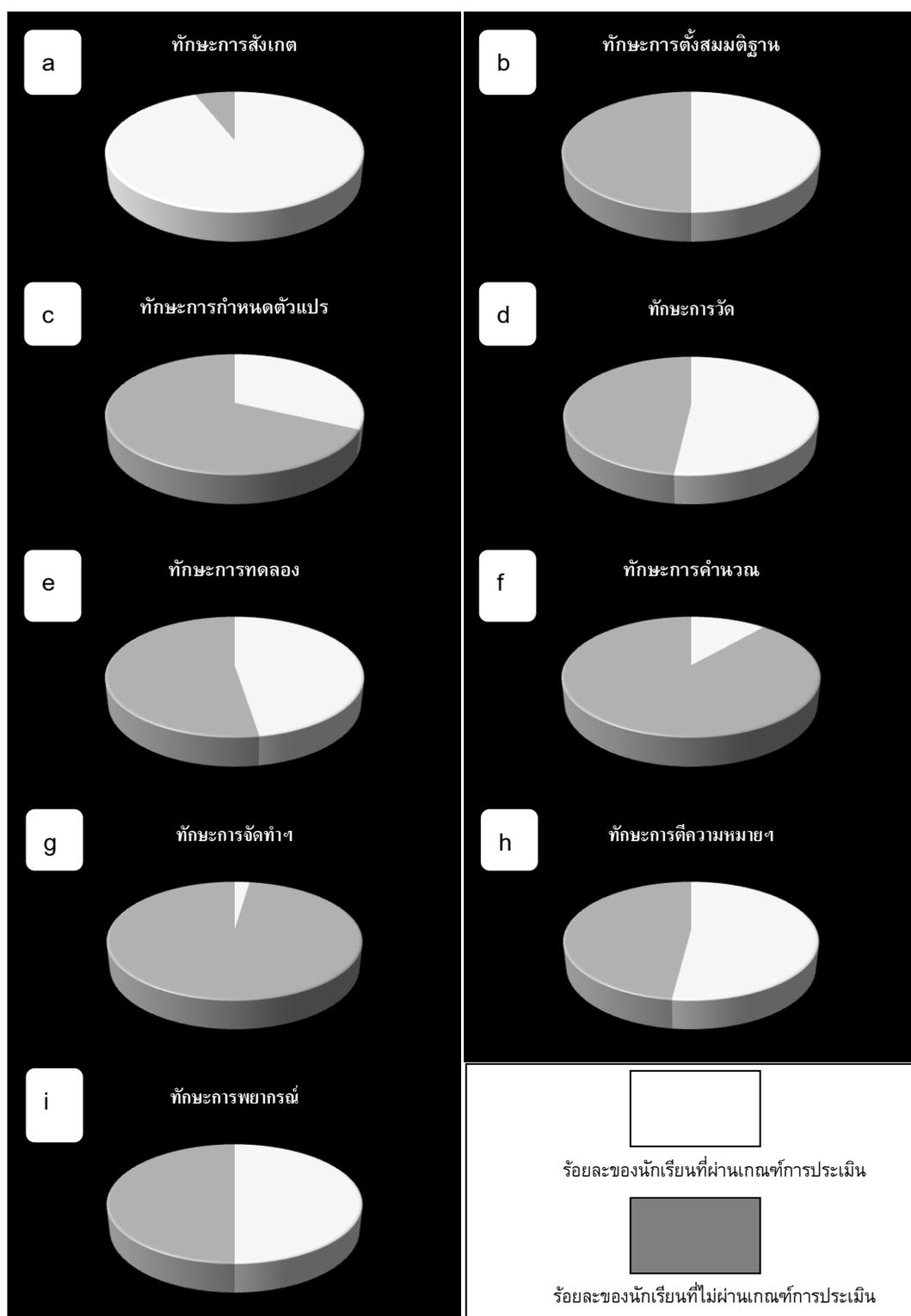
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 44 คน ตอบคำถามในคู่มือปฏิบัติการเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาจากหมากจอบ และครูให้คะแนนในแต่ละทักษะโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การให้คะแนน
ทักษะการสังเกต	สังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	คาดเดาคำตอบของโจทย์วิจัย
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	ตัวแปรต้น: ตัวแปรที่เปลี่ยนไป ตัวแปรตาม: ตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวแปรต้น ตัวแปรควบคุม: ตัวแปรที่คงที่
ทักษะการวัด	การเลือกใช้อุปกรณ์การวัดได้อย่างเหมาะสม
ทักษะการทดลอง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์การวัดได้อย่างเหมาะสม 2. การเลือกใช้สารเคมีให้สอดคล้องกับการสังเคราะห์สารในขั้นตอนนั้น ๆ
ทักษะการคำนวณ	คำนวณเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายได้ถูกต้อง
ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล	สร้างกราฟจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	สรุปผลที่ได้จากกราฟได้อย่างถูกต้อง
ทักษะการพยากรณ์	คาดเดาผลการทดลองจากกราฟที่สร้างขึ้นได้

ผลการวิจัย

ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 10 ทักษะ (ภาพที่ 1) โดยภาพรวมเมื่อเปรียบเทียบใน 13 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะพบว่า โรงเรียนที่มีข้อจำกัดในการทำปฏิบัติการเคมี นักเรียนมีทักษะการสังเกตที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (อุบลวรรณ ไททอง, 2553; นุจรี มโนมัย, 2555) ส่วนทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินน้อยที่สุดคือทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล เพราะนักเรียนบางคนก็เขียนตัวแปรต้นไว้ในแกน Y ซึ่งตามหลักการสร้างกราฟแล้ว ต้องระบุไว้ในแกน X และไม่มีกระบวนหน่วยของแกน X และ Y สำหรับทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูลนั้น เป็นทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยเกี่ยวกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีที่ผ่านมาซึ่งกล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานคือ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อยที่สุด (อุบลวรรณ ไททอง, 2553) และทักษะการตั้งสมมติฐาน (นุจรี มโนมัย, 2555) เป็นทักษะที่ค่อนข้างยากสำหรับนักเรียน



ภาพที่ 1 ร้อยละของนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน (a) ทักษะการสังเกต (b) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (c) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (d) ทักษะการวัด (e) ทักษะการทดลอง (f) ทักษะการคำนวณ (g) ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล (h) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และ (i) ทักษะการพยากรณ์

1. ทักษะการสังเกต

ทักษะการสังเกตเป็นทักษะที่นักเรียนใช้ประสาทสัมผัส ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และสัมผัสในการบอกรายละเอียดของสิ่งนั้น ซึ่งสามารถสังเกตได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ จากกิจกรรมให้นักเรียนสังเกตผ้าอ้อมเด็กก่อนและหลังเทน้ำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 89 สามารถสังเกตผ้าอ้อมก่อนดูหน้าได้โดยไม่ต้องอธิบายข้อมูล มีนักเรียนเพียง 23% ซึ่งบันทึกการ

สังเกตเป็นการลงความคิดเห็น ได้แก่ ด้านนอกอาจเป็นเยื่อกระดาษ ด้านในมีเยื่อเหมือนสำลีหรือกระดาษชำระ และเส้นใยสังเคราะห์ นักเรียนทั้งหมด สามารถสังเกตผ้าอ้อมก่อนดูน้ำได้โดยไม่ต้องอธิบายข้อมูลหรือลงความคิดเห็นข้อมูล ดังนั้นเมื่อหาค่าเฉลี่ยทักษะการสังเกตจากการสังเกตผ้าอ้อมก่อนและหลังดูน้ำ ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการสังเกตเท่ากับ 94 (ภาพที่ 1a) ซึ่งคะแนนสูงมาก เพราะเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนมีและงานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็สรุปว่าทักษะนี้เป็นทักษะที่ได้คะแนนสูง

2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน

จากการประเมินโดยให้นักเรียนตั้งสมมติฐานจากโจทย์วิจัยซึ่งกำหนดมาจากการทดลองซึ่งครูแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำการทดลองโดยใช้พืชท้องถิ่นชนิดเดียวกันคือหมากจอบ แต่ปริมาณของ MBA ต่างกัน เนื่องจากไม่มีนักเรียนคนใด ตั้งโจทย์วิจัยหรือคำถามวิจัยได้ถูกต้อง ดังนั้นจึงไม่มีนักเรียนคนใดตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของโจทย์วิจัยที่นักเรียนเขียนกับความสอดคล้องของสมมติฐาน พบว่า ไม่มีนักเรียนที่ตั้งสมมติฐานได้ครอบคลุมโจทย์วิจัย มีนักเรียนร้อยละ 50 ซึ่งสมมติฐานบางส่วนสอดคล้องกับโจทย์วิจัย (ภาพที่ 1b) และนักเรียนร้อยละ 43 ที่ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับโจทย์วิจัย และมีนักเรียนส่วนน้อยร้อยละ 7 ที่ไม่เขียนคำตอบในข้อนี้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

เมื่อกำหนดสถานการณ์การทดลองซึ่งครูแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำการทดลองโดยใช้พืชท้องถิ่นชนิดเดียวกันคือหมากจอบ แต่ปริมาณของ MBA ต่างกัน ดังนั้น ตัวแปรต้นที่ถูกต้องคือ ปริมาณ MBA เพราะโจทย์ระบุชัดว่าปริมาณ MBA แตกต่างกัน ดังนั้นจากการวิจัยจึงสรุปได้ว่าไม่มีนักเรียนคนใดตอบถูกต้อง สำหรับคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ 93% ระบุว่าหมากจอบเป็นตัวแปรต้น

ตัวแปรตามที่ถูกต้องคือปริมาณน้ำที่พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ดูดซับไว้ ดังนั้นบทปฏิบัติการควรเพิ่มวิธีการทดลองขั้นตอนที่ 7 เป็นขั้นที่นักเรียนต้องนำพอลิเมอร์แห้งที่สังเคราะห์ได้มาทดสอบดูน้ำโดยชั่งพอลิเมอร์แห้งมาประมาณ 0.1 กรัม และแช่นาน 24 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักของพอลิเมอร์ที่บวมน้ำอีกครั้ง

ไม่มีนักเรียนคนใดตอบถูก และนักเรียนร้อยละ 9 ไม่ตอบและจากข้อมูลที่สำรวจได้ในครั้งนี้พบว่า นักเรียนร้อยละ 11 กำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามเป็นสิ่งเดียวกัน ดังนั้นนักเรียนส่วนนี้อาจแยกความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวแปรนี้ไม่ได้

สำหรับตัวแปรควบคุมนักเรียนร้อยละ 96 กำหนดตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องคือ น้ำ อุณหภูมิ เวลา มีนักเรียนร้อยละ 2 ที่ตอบว่าปริมาณของสารเคมี ซึ่งผิดเพราะปริมาณของ MBA ซึ่งเป็นสารเคมีนั้นเป็นตัวแปรต้นไม่ใช่ตัวแปรควบคุม และนักเรียนร้อยละ 2 ไม่เขียนแสดงคำตอบ

ดังนั้นโดยภาพรวม ไม่มีนักเรียนคนใดกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ถูกต้อง แต่กำหนดตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องร้อยละ 96 เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ตัวแปร ได้จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ทักษะนี้โดยเฉลี่ย 32% (ภาพที่ 1c)

4. ทักษะการวัด

จากการประเมินทักษะการวัด โดยให้นักเรียนเลือกใช้อุปกรณ์การวัดที่กำหนดให้ในการทำการทดลองสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากทั้ง 6 ขั้นตอน จากการทดสอบให้นักเรียนเลือกอุปกรณ์วิทยาศาสตร์เพื่อมาทำการทดลองในขั้นตอนต่าง ๆ ของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากนั้น พบว่าอุปกรณ์นักเรียนเลือกใช้อย่างถูกต้องได้แก่ ใช้กระชอนเพื่อกรองเจลและใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้เพื่อให้เจลมีขนาดเล็กคิดเป็นร้อยละ 93 รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 66 ใช้บีกเกอร์ในการเตรียมสารละลายผสม

ความเข้าใจไม่ถูกต้องในการใช้อุปกรณ์ได้แก่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 86 ทำปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นในบีกเกอร์ซึ่งส่วนใหญ่แล้วในระดับมัธยมศึกษา นักเรียนคุ้นเคยกับเครื่องแก้วนี้ แต่ในปฏิบัติการนี้เนื่องจากข้อจำกัดที่ว่าเกิดฟรีแรดิคัล (free radical) ขึ้นในปฏิกิริยา ดังนั้นการที่สารสัมผัสกับอากาศจะทำให้ฟรีแรดิคัลเฉื่อยต่อปฏิกิริยา นักเรียนร้อยละ 59 ใช้แท่งแก้วคนสารในการกวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งถูกต้องในหลักการ แต่ในปฏิบัติการนี้ เนื่องจากเราเจว้งหลอดทดลองบนเครื่องทำความร้อนและกวนสารอัตโนมัติ จึงใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารจึงจะเหมาะสมที่สุด และการทำปฏิกิริยาที่ทำให้กำเนิดฟรีแรดิคัลในระบบปิด จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าระบบเปิด นักเรียนร้อยละ 14 ทำปฏิกิริยาในตูบ แทนที่จะทำปฏิกิริยาบนเครื่องทำความร้อนและกวนสาร สรุปโดยภาพรวม ความถูกต้องของการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดเท่ากับร้อยละ 51.77 (ภาพที่ 1d)

5. ทักษะการทดลอง

คะแนนทักษะการทดลองพิจารณาจาก 2 ส่วนได้แก่ การเลือกใช้อุปกรณ์การวัดได้อย่างเหมาะสม และการเลือกใช้สารเคมีให้สอดคล้องกับการสังเคราะห์สารในขั้นตอนนั้น ๆ สำหรับส่วนการเลือกใช้เครื่องมือนั้นประเมินเช่นเดียวกับทักษะการวัด ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนร้อยละ 23 เลือกใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างถูกต้อง

โดยภาพรวมนักเรียนร้อยละ 9 เลือกใช้สารเคมีซึ่งสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาตรงกับหลักการในขั้นตอนนั้น ๆ โดยมีสารเคมีให้เลือกทั้งหมด 4 สารเคมี และนักเรียนร้อยละ 2 เลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องทั้ง 9 ของคำถาม โดยมีนักเรียนร้อยละ 7 ตอบไม่ครบทุกช่องคำถาม

ความเข้าใจถูกต้องมากที่สุดในการเลือกใช้สารเคมีคือเลือกใช้ NaOH สำหรับทำให้หมู่ฟังก์ชันของ acrylic acid เปลี่ยนจาก $-COOH$ เป็น $-COO^-Na^+$ แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ (66%) เข้าใจการเกิดปฏิกิริยาในเบื้องต้นว่าถ้าในโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์มีธาตุ Na ดังนั้นสารตั้งต้นก็ต้องมี Na เป็นองค์ประกอบด้วย ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจว่า APS เป็นสารที่ทำให้เกิดฟรีแรดิคัลที่พอลิเมอร์ธรรมชาติก็มากมีมากถึง 61%

ความเข้าใจไม่ถูกต้องของการเลือกใช้สารเคมีที่สมบัติในการเกิดปฏิกิริยาตรงกับหลักการของขั้นตอนการทดลองนั้น ๆ ได้แก่ การทำปฏิกิริยาระหว่าง acrylic acid กับ MBA เพื่อต่อพอลิเมอร์สังเคราะห์เข้าไปในโครงสร้างและทำให้พอลิเมอร์สองสายเชื่อมต่อกัน มีนักเรียนเพียง 16% เท่านั้นที่ตอบถูกต้อง นอกนั้นเข้าใจผิด

โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยของทักษะการทดลองจากการเลือกใช้อุปกรณ์และสารเคมีให้ถูกต้องมีค่าเท่ากับการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนการเลือกใช้อุปกรณ์ถูกต้องร้อยละ 51.77 และการเลือกใช้สารเคมีที่ถูกต้องร้อยละ 43.18 ดังนั้นค่าเฉลี่ยของทักษะการทดลองเท่ากับ 47.48 (ภาพที่ 1e)

6. ทักษะการคำนวณ

การวิเคราะห์ทักษะการคำนวณจากการกำหนดโจทย์การเตรียมสารละลายที่ว่าจงเตรียม acrylic acid 60% 5 mL จาก acrylic acid 99% คำตอบของการคำนวณที่ถูกต้องคือ 3 mL นั่นคือ ต้องตวงปริมาตรของ acrylic acid 99% มา 3 mL และเติมน้ำอีก 2 mL ซึ่งไม่มีนักเรียนคนใดเขียนสรุปการคำนวณเช่นนี้เลย แต่เมื่อให้นักเรียนมาเสนอหน้าชั้นเรียน นักเรียนสรุปได้อย่างถูกต้องแต่ไม่เขียนแสดง นักเรียนเพียงแต่ระบุวิธีการคำนวณหาและคำตอบเท่านั้น มีนักเรียนร้อยละ 11 ตอบถูกต้อง และนักเรียนส่วนมากไม่ตอบ แสดงให้เห็นว่าถึงแม้นักเรียนจะเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ในเรื่องทฤษฎีและการคำนวณ เมื่อขาดการปฏิบัติจริงเช่นเดียวกับผู้ช่วยนักวิจัยหรือเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการจึงทำให้นักเรียนขาดความมั่นใจในการตอบ

7. ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล

การประเมินทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากที่ให้นักเรียนสร้างกราฟจากผลการทดลองหาปริมาณการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้เมื่อใช้ปริมาณ MBA แตกต่างกัน นักเรียนร้อยละ 97.73 สร้างกราฟที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งข้อบกพร่องแสดงดังตารางที่ xx ดังนั้นมีนักเรียนเพียง 2.27% เท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาในทักษะนี้ (ภาพที่ 1g)

8. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

นักเรียนสรุปได้ถูกต้องทั้งหมด 52% (ภาพที่ 1h) ซึ่งคำตอบของนักเรียน 50% คือเมื่อปริมาณ MBA เพิ่มมากขึ้น อัตราการดูดซับน้ำจะลดลง มีนักเรียนเพียง 2% เท่านั้นที่สรุปว่าจากการทดลองหมากจอบ ถ้าสาร MBA มีปริมาณมากจะทำให้การดูดซับน้ำได้น้อย ปริมาณที่เหมาะสมที่จะดูดน้ำได้ดีที่ 0.005 กรัม นักเรียนอีก 2% มีแนวทางสรุปที่ถูกต้อง แต่สรุปผิด เป็นเมื่อปริมาณ MBA เพิ่มมากขึ้น อัตราการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้น ส่วนนักเรียนอีก 20% ไม่ได้สรุปผลการทดลองแต่เขียนผลการทดลองอีกครั้ง และนักเรียน 2% ไม่แสดงคำตอบ

9. ทักษะการพยากรณ์

จากการกำหนดโจทย์ให้นักเรียนทำนายผลการทดลองจากกราฟที่สร้างขึ้นในทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล นักเรียนร้อยละ 50 ตอบถูกต้อง (ภาพที่ 1i) นักเรียนร้อยละ 29.55 พยากรณ์ได้ไม่ถูกต้อง และนักเรียนอีกร้อยละ 20.45 ไม่เขียนแสดงคำตอบในข้อนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินใน 10 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากจากหมากจอบ พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่ผ่านการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการวัด ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล และ เท่ากับ 94% 52% 52% 50% 50% 47% 32% 11% 2% ตามลำดับ ซึ่งทักษะการสังเกตเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินสูงที่สุดและทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูลเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินต่ำที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยซึ่งบ่งชี้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยภาพรวมของทุกทักษะที่ประเมินด้วยชุดทดลองพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากเฉลี่ยเท่ากับ จากคะแนนเต็ม นั่นคือนักเรียนยังขาดทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ ดังนั้นโรงเรียนควรส่งเสริมให้มีกิจกรรมพัฒนาทักษะในโรงเรียน โดยอาจใช้ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

1. ทักษะวิจัยควรพัฒนาตั้งแต่นักเรียนเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา เพื่อปูพื้นฐานในการทำงานวิจัยในระดับมหาวิทยาลัยต่อไปและเพื่อเพิ่มจำนวนนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัยให้มากขึ้น
2. ในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ นอกจากจะมีความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีแล้ว ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็เป็นสิ่งสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ดังนั้นนอกจากสอบวัดความรู้แล้ว ก่อนเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนควรจัดให้มีการสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบว่าการบ่มเพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำการปัจจุบันนั้น ได้ผลหรือไม่ ด้วยการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกันนี้ 3-5 การทดลองจึงสรุปผล การทดลองนี้เป็นเพียงหนึ่งการทดลองที่เป็นแนวทางให้เท่านั้น
3. โรงเรียนควรมีการแข่งขันทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่โรงเรียนจัดขึ้น สำหรับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา อย่างน้อย 1 ครั้งต่อปี เช่น วันที่ 18 สิงหาคม ซึ่งเป็นวันวิทยาศาสตร์ของทุกปี
4. นักเรียนใช้เครื่องชั่งไม่ถูกต้องเพราะไม่เคยใช้ อาจเพราะงบประมาณในการซื้อเครื่องชั่งดิจิทัลไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน 1 เครื่องต่อนักเรียนทั้งโรงเรียน 1,000 คน ดังนั้นโรงเรียนอาจจัดซื้อเครื่องชั่งเพชรพลอย ซึ่งราคาต่ำกว่า 1,000 บาท สามารถชั่งได้ตั้งแต่ 10 – 0.001 กรัม

เอกสารอ้างอิง

- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2551. "การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ". ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 8(2).
 อุบลวรรณ ไททอง. 2554. ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่องไฟฟ้าเคมี เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
 นุจรี มะโนมัย, กานต์ตระกูล วุฒิสเลลา. 2555. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำเรื่องสารอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. การประชุมทางวิชาการ วิทยาศาสตร์ วิจัยครั้งที่ 4 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 12-13 มีนาคม 2555.

ภาคผนวก ข
บทความสำหรับเผยแพร่ในวารสาร Polymer Korea

Water absorbency of Saponified *Cissampelos pareira*-g-Poly(acrylic acid)

Chaichana Thothong*, Warittha Juntaseang*, and Karntarat Wuttisela*[†]

*Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University,
Varinchamrap, Ubon Ratchathani, Thailand, 34190

Abstract

A pectin-graft-polyacrylic acid hydrogel was synthesized by a graft copolymerization reaction among pectins extracted from *Cissampelos pareira* leaves, ammonium persulfate, acrylic acid, N,N'-methylene bisacrylamide, followed by saponification with NaOH. The effect of the amount of reactant, temperature, and time of initiation and saponification step on water absorbency was studied. The maximum capacity of swelling was 824 g/g in distilled water with 1 g of *Cissampelos pareira*, reaction temperature at 80 °C, 50%(v/v) acrylic acid, 0.001 g MBA, 1 M NaOH, 0.01 g APS. The analysis of FT-IR confirmed that sodium acrylate is grafted on the pectin of *Cissampelos pareira* leaves. The result of SEM showed hydrogel pore more than native *Cissampelos pareira*.

Keyword: *Cissampelos pareira*, water absorbency, pectin-graft-polyacrylic acid

Introduction.

The superabsorbent polymer (SAP) has a three-dimensional network structure that is able to swell and retain the aqueous medium in its network. It can be used in applications such as disposable diaper, water crystal, water-blocking tapes, etc. (Buchholz, 1998). SAP has been synthesized by various techniques; however, the most general synthetic route is the FRP process of making hydrophilic homopolymers or copolymers with the help of a bifunctional crosslinker and a saponification agent. The original synthesis of SAP from homopolymers crosslinked with polyacrylic acid was developed by Kern in 1938 (Buchholz, 1996). Recently, research on making the SAP copolymers by grafting onto various natural polymers (NP) or bioSAP has been increasing because of the added value of its biodegradability of the NP. The vinyl monomers are grafted onto various NP, such as, starch-grafted-polyacrylic acid (Fatang, 2006), agar-grafted-polyvinylpyrrolidone (Prasad, 2006), nata de coco-grafted-polyacrylic acid (Puspitasari, 2006), etc. Polymerization is mostly done under inert N₂ atmosphere because oxygen inhibits highly

[†]

Corresponding author E-mail: sckarnwu@mail2.ubu.ac.th

reactive radicals (Garner, C. M., 1997). In contrast, Pourjavadi and Zohuriaan-Mehr (2002) and Wuttisela, K., Panijpan, B., Triampo, W., and Triampo, D. (2008) had shown the effectiveness FRP process in the presence of air (Pourjavadi, 2002; Wuttisela, 2008).

Cissampelos pareira is a NP which is climb plant in the family Menispermaceae. It has uronic acid about 70–75%. It can form gel after extracting in water. Gel strength increases in sugar, Ca^{2+} , NaOH. It can form gelation both crude extract and dialyzed fractions (Singthong, 2005). It is widely used for dessert and medicine (Sankaranarayanan, 2010). From its properties, we optimized crosslink *Cissampelos pareira*-g-poly(acrylic acid). In our studied, the influence of polymer factors; i.e., amount of reactant, temperature, and time of initiation and saponification step on water absorbency is discussed.

Material.

Dried leaves of *Cissampelos pareira* (CP) were collected at That Village, Ubon Ratchathani Province, Thailand. Acrylic acid (AA, from acros organics), sodium hydroxide (NaOH, from Carlo erba), ammonium persulfate (APS, from Carlo erba), N,N'-methylene bisacrylamide (MBA, from Sigma) were of analytical grade and used as received.

Preparation of gelatinized *Cissampelos pareira*

The dried leaves were slice into small pieces. The pectin was extracted by using the solid:solvent ratio about 1:5. The solution was poured into the cheesecloth and squeeze to extract pectin. The filtrate forms a pale greened gel in color. The fresh gel should daily preparation before use.

Preparation of hydrogel

The 5 mL of distilled water was added to a test tube containing the mixture of (0-2 g) fresh gel from *Cissampelos pareira* (CP) and (0.0025 – 0.2 g) APS initiator. The mixture was stirred at a varied initiation time (0-30 min). 5 mL of (40-100%) AA monomer, (0.0005 – 0.005 g) MBA crosslinker, and 5 mL of distilled water are then transferred to the mixture of CP gel and initiator. The gel forming within 2 minutes and the solution should be stirred for a total of 5 minutes. This was to keep the propagation time constant. The gel was milled into small pieces by a blender. The gel granule was saponified using (0 – 3 M) NaOH for varying saponification time (0-30 min). The reaction temperatures were varied from 60 – 100 °C for both the polymerization and saponification steps. Homopolymer was removed by washing 3 times with 200 mL of distilled

water. To dewater, the gel dried in an oven at 70 °C for 24 hours. After grinding, the dried product was stored in a desiccator.

Table1. The polymerization factor

Polymerization factor	Range	Constant
CP content (g)	0.01-2	1
APS content (g)	0.001 – 0.01	0.1
Reaction temperature (°C)	60 – 100	80
MBA content (g)	0.0005 – 0.005	0.001
Concentration of acrylic acid (%)	40 – 100	50
Concentration of NaOH (M)	0 – 2	1

Swelling measurement

The water absorbency of copolymer was measured by soaking 0.1 g of samples (m_1) in 100 ml distilled water for 24 h and measuring the weight gain (m_2). It was calculated according to following equation 1:

$$\text{water absorbency} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (1)$$

Characterization of hydrogel

FTIR spectra of hydrogel were taken in KBr pellets. The transmission FT-IR spectra were then recorded using a Perkin-ElmerSpectrum RX I FT-IR system. The surface morphology of the sample was observed using scanning electron microscopy. Dried powder were coated with a thin layer of gold and imaged in a SEM instrument (JSM-5410LV, JEOL, Ltd).

Result and Discussion

Water absorbency properties of Crosslinked *Cissampelos pareira*-g-Poly(acrylic acid) was systematically investigated by studying the effect of various parameters such as amount of *Cissampelos pareira*, amount of APS and MBA, reaction temperature, concentration of AA and NaOH, and time for initiation and saponification step.

3.1. Characterization of *Cissampelos pareira*-g-Poly(acrylic acid)

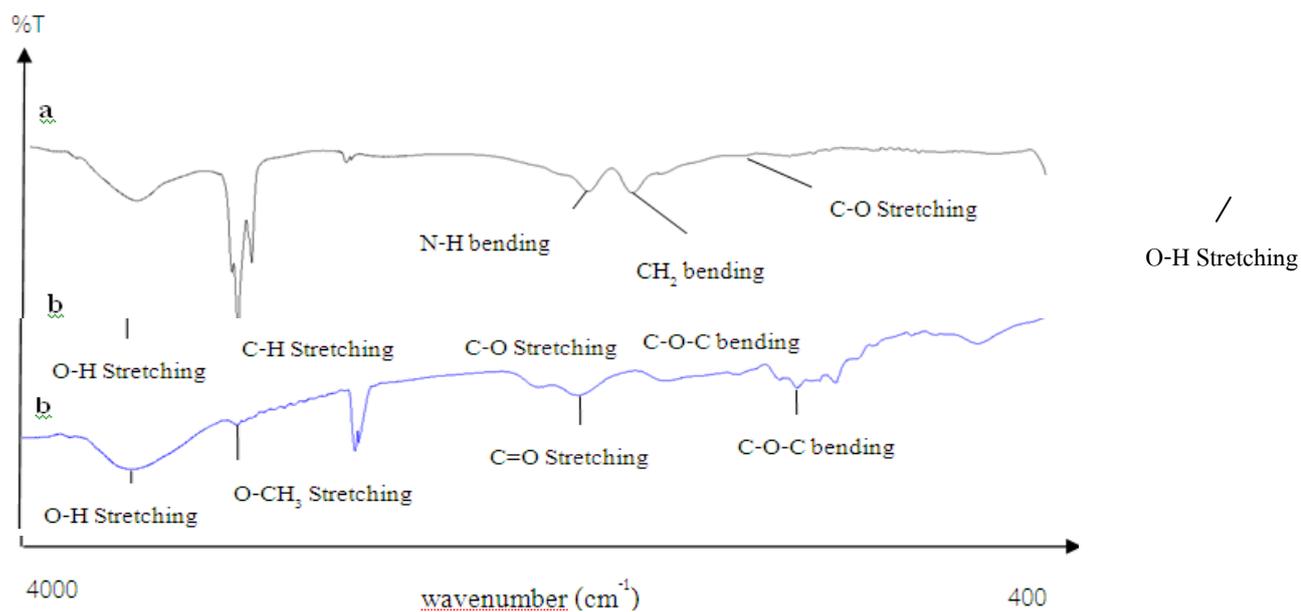


Figure 1 IR Spectra of (a) *Cissampelos pareira*-g-Poly(acrylic acid) and (b) native *Cissampelos pareira*

The FT-IR spectra (Fig. 1) of the *Cissampelos pareira*-g-Poly(acrylic acid) in the range of $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ were taken in order to proof of grafting *Cissampelos pareira* (CP) to Poly(acrylic acid). Fig 1a and 1b, they also exhibits absorption bands at 3430 and 1654 cm^{-1} , which indicate the presence of $-\text{OH}$, and $\text{C}=\text{O}$ groups, respectively. However, C-O-C bending of CP was disappear in Fig1a because saponified acrylic acid is grafted to CP backbone.

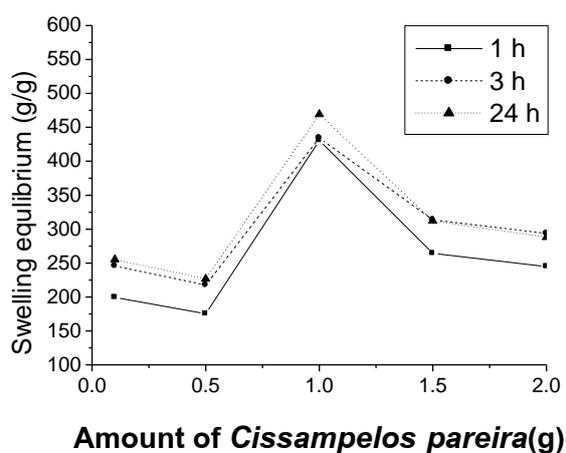


Fig. 3. Effect of amount of CP on water absorbency

The reaction of graft copolymerization on *Cissampelos pareira* (CP) is to generate radical sites on the CP backbone. The CP had hydroxyl groups that would act as the site to initiate free radical. The effect of CP content from 0.01 g to 2 g on the water absorbency is shown in Figure 3. As can be seen, the water absorbency decreased with the increase of CP content from 1 g to 2 g. Higher CP content resulted in increasing the viscosity of the system. The maximum water absorbency of about 472 g/g used 0.1 g of CP.

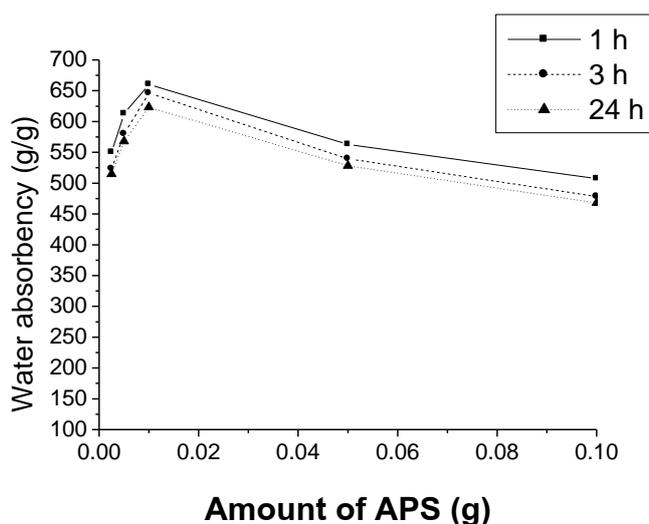


Fig. 4. Effect of amount of APS on water absorbency

The swelling capacity of the hydrogel prepared with various amount of APS initiator, is shown in Figure 4. The water absorbency increased with the increase of APS content from 0.001 – 0.01 g and sharply decreased with upwards of 0.01 g APS content. The more the APS content, the higher free radicals resulted in decreasing the polymer chains according to eq. 2 (Sperling, 1992).

$$\nu = \frac{k_p [M]}{2(k_d k_t [I])^{1/2}} \quad (2)$$

The maximum swelling 631 g/g is obtained at 0.01 g of APS content

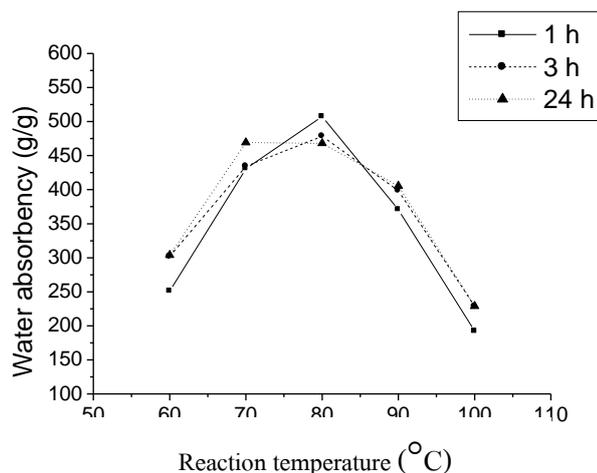


Fig. 5. Effect of reaction temperature on water absorbency

Figure 5 showed the swelling capacity of the superabsorbent with various reaction temperature in keeping all other parameters constant. The water absorbency increased with increasing reaction temperature. The maximum water absorbency (507 g/g) was reached when the superabsorbent was synthesized with reaction temperature at 80 °C. It could be due to the temperature higher than APS dissociation temperature about 70 °C (Zhang, 2006). When the temperature was above 80 °C, the APS dissociation increases resulting in the increase in the water absorbency.

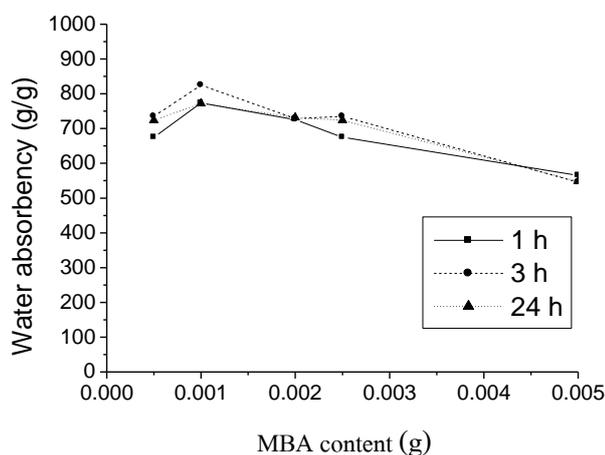


Fig. 6. Effect of MBA content on water absorbency

Crosslinker play an important role to connect free radicals between two grated-PAA chains. The effect of variation in MBA content from 0.0005 – 0.005 g is investigated (Figure 6). It exhibits the effect of MBA content on the water absorbency of CP-g-PAA. The water absorbency initially

increased with increasing MBA content from 0.005 g to 0.001 g until reaching a maximum value of water absorbency and then slightly decreased. The finding correspond to Flory's theory (Eq.3), higher crosslinker content results in lower water absorbency cause higher the crosslinking density (Flory, 1953), the space between the CP-g-PAA chains decreased and, consequently, the polymer could not expand to absorb and hold a large quantity of water. Therefore, the maximum swelling 825 g/g is obtained at 0.001 g of MBA content.

$$Q^{5/3} \approx \frac{(i/2V_u S^{1/2})^2 + (1/2 - \chi_1)/V_1}{V_E/V_0} \quad (3)$$

where Q is the degree of swelling, i/V_u is the charge density of polymer, S is the ionic strength of solution, $(1/2 - \chi_1)/V_1$ is the polymer-solvent affinity, V_E/V_0 is the crosslinking density. According to Eq. (2), when the ionic strength of saline solution

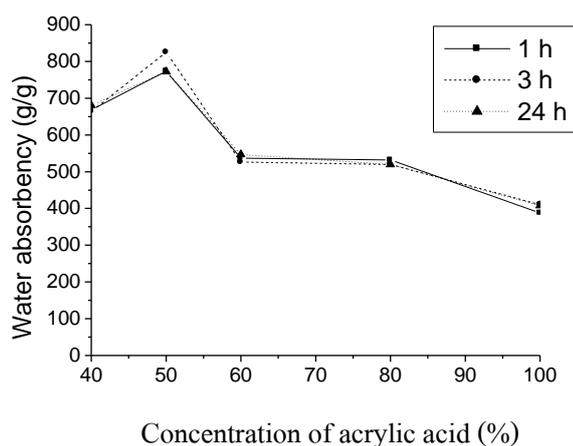


Fig. 7. Effect of concentration of acrylic acid on water absorbency

The relationship between concentration of acrylic acid and water absorbency is shown in Fig.7. The water absorbency increased with raising the concentration of acrylic acid from 40% to 50%, and decreased with upwads of 50%. With the increase of concentration of acrylic acid, the viscosity was enhanced. This led to the increase of water absorbency. The water absorbency reach a maximum value about 825 g/g with 50% of acrylic acid correspond to agar-g-PAA (Wuttisela, 2008).

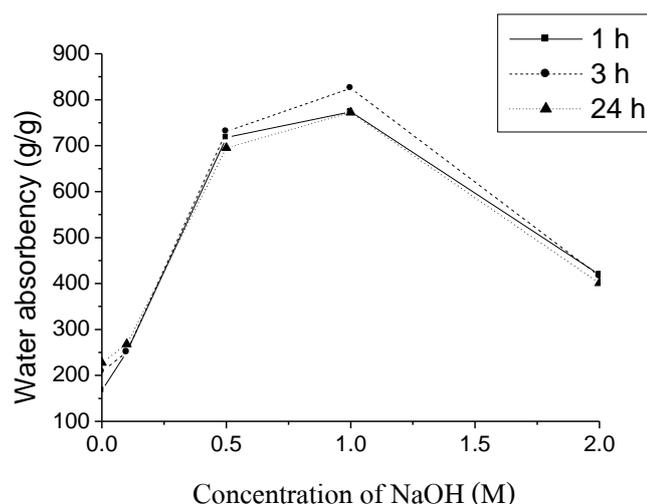


Fig. 8. Effect of concentration of NaOH on water absorbency

The effect of the concentration of NaOH on water absorbency is illustrated in Fig.8. Concentration of NaOH increases with the increase of water absorbency because NaOH reacted with $-\text{COOH}$ of acrylic acid to form carboxylate ion ($-\text{COO}^-\text{Na}^+$) with the increase of osmotic pressure. The best water absorbency of saponified CP-g-PAA superabsorbent is 824 g/g. When the concentration of NaOH was higher than 1 M, the absorbency of CP-g-PAA decreased because carboxylate ion attracted itself to fix crosslinking density (Li, 2007)

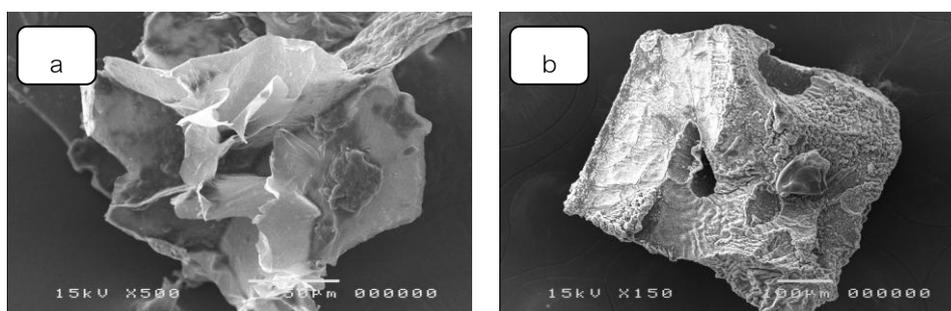


Fig. 9. SEM micrograph of (a) native CP (b) CP-g-PAA product

The most important properties of hydrogen is to have porosity for penetration of water (Bao, 2001). SEM micrograph of native CP is shown in Fig. 9a which observed smooth surface and has less holes than CP-g-PAA (Fig. 9b). BaO (2001) obtained the same results that the surface morphology of superabsorbent hydrogel has an coarse surface.

Conclusion:

The best water absorbency of saponified CP-g-PAA superabsorbent about 824 g/g found to be 1 g of *Cissampelos pareira*, reaction temperature at 80 °C, 50%(v/v) acrylic acid, 0.001 g MBA, 1 M NaOH, 0.01 g APS. The analysis of FT-IR confirmed that sodium acrylate is grafted on the pectin of *Cissampelos pareira* leaves. The result of SEM showed hydrogel pore more than native *Cissampelos pareira*. The surface morphology of hydrogel was coarser than native natural polymer.

References:

- BaO, Y., et al. *Carbohydrate Polymers* **2011**, 84, 76–82.
- Buchholz, F. L.; Graham, A. T. *Modern superabsorbent polymer technology*, Wiley VCH: New York, 1998.
- Buchholz, F. L. *Journal of Chemical Education* **1996**, 73, 512-515.
- Fatang, J.; et al *Journal of Wuhan University technology*. **2006**, 21, 87-91.
- Flory, P.J. *Principles of Polymer Chemistry*. Ithaca: Cornell University Press; 1953.
- Garner, C. M.; Nething, M.; Nguyen, P. *Journal of Chemical Education*. **1997**, 74, 95-96.
- Li, A., et al. *Bioresource Technology* **2007**, 98, 327-332.
- Sankaranarayanan, S. *Journal of Medicinal Plants Research* **2010**, 4, 1089-1101.
- Singthonga, J. et al. *Food Hydrocolloids* **2005**, 19, 793–801.
- Sperling, L.H., *Introduction to physical polymer science*. A wiley-interscience publication; 1992.
- Prasad, K.; Mehta, G.; Meena, R.; Siddhanta, A.K. *Journal of Apply Polymer and Science*. **2006**, 102, 3654-3663.
- Puspitasari, T.; Radiman, C. L. *Atom Indonesia*. **2006**, 32, 119-128.
- Pourjavadi, A.; Zohuriaan-Mehr, M. J. *Starch-Stärke*. **2002**, 54, 140-147.
- Wuttisela, K., et al. *Polymer (Korea)* **2008**, 32, 537 - 543.
- Zhang, J., et al. *Carbohydrate Polymers* **2006**, 65, 150-158.

ภาคผนวก ค

คู่มือนักเรียน

คู่มือนักเรียน
ปฏิบัติการทดลอง
การสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูน้ำที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากหมากจอบ

รายชื่อสมาชิกในกลุ่มที่.....

1.....2.....
 3.....4.....

1. กิจกรรมการสังเกตผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป

จงสังเกตผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูปก่อนหน้าและหลังหน้า พร้อมทั้งบันทึกคำถามที่อยากรู้เกี่ยวกับผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป

ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป ก่อนหน้า	ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป หลังหน้า	คำถามที่อยากรู้เกี่ยวกับ ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป

ครูแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำการทดลองที่ปริมาณ MBA แตกต่างกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของพืชท้องถิ่นและปริมาณ MBA ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	พืชท้องถิ่น	ปริมาณ MBA (กรัม)
1	หมากจอบ	0.001
2	หมากจอบ	0.003
3	หมากจอบ	0.005
4	หมากจอบ	0.01
5	หมากจอบ	0.02

2. โจทย์วิจัย

จากตารางที่ 1 จงเขียน โจทย์วิจัยหรือคำถามวิจัย

.....

.....

3. สมมติฐาน

จากตารางที่ 1 จงเขียนสมมติฐาน

.....

.....

4. ตัวแปร

จากตารางที่ 1 จงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

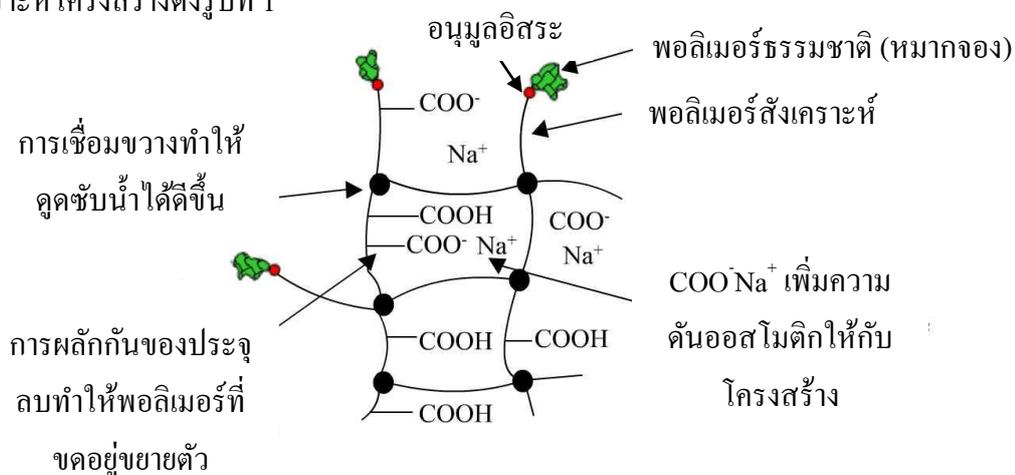
ตัวแปรต้น คือ

ตัวแปรตาม คือ

ตัวแปรควบคุม คือ

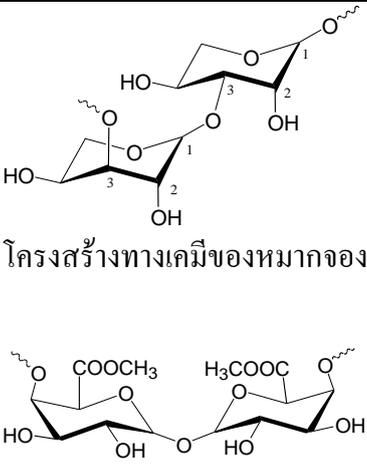
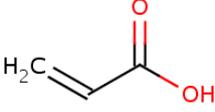
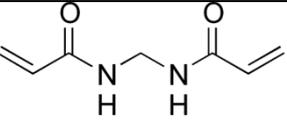
5. สารเคมี

การสังเคราะห์สารเคมี เปรียบประหนึ่งกับการสร้างบ้าน บ้านต้องมีหลังคา สิ่งที่น่ามาองหลังคาคือกระเบื้องมุงหลังคา ไม่สามารถนำกระเบื้องปูพื้นมามุงหลังคาได้ ดังนั้นแต่ละส่วนของบ้านก็ต้องนำวัสดุอุปกรณ์จำเพาะมาใช้ เช่นเดียวกับการสังเคราะห์สารเคมี สารเคมีที่เราจะสังเคราะห์โครงสร้างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ดูดน้ำ

ตารางที่ 2 รายชื่อสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์รูปที่ 1

ชื่อสารเคมี	โครงสร้าง	สมบัติ	การเกิดปฏิกิริยา
พอลิเมอร์ ธรรมชาติ ได้แก่ หมากจอบ เครือหมาน้อย	 <p>โครงสร้างทางเคมีของหมากจอบ</p> <p>โครงสร้างทางเคมีของเครือหมาน้อย</p>	<p>ย่อยสลายได้ด้วย จุลินทรีย์ แบคทีเรีย หรือไม่</p>	<p>พอลิเมอร์ธรรมชาติ ทำปฏิกิริยากับ พอลิเมอร์สังเคราะห์ (อะคริลิก แอซิด) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ พอลิเมอร์คุดน้ำที่ ย่อยสลายได้ทาง ชีวภาพ</p>
แอมโมเนียม เปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulfate)	$\text{NH}_4^+ \text{O}^- \text{S}(=\text{O})_2 \text{O}^- \text{O}^- \text{S}(=\text{O})_2 \text{O}^- \text{NH}_4^+$ $2 \text{NH}_4^+ \text{O}^- \text{S}(=\text{O})_2 \text{O}^\bullet$	<p>แตกตัวให้ฟรีเรดิคัล ซึ่งเป็นสารที่ว่องไว ในการเกิดปฏิกิริยา</p>	<p>แตกตัวให้ฟรีเรดิคัล ซึ่งเป็นสารที่จะทำ ปฏิกิริยากับมอนอ เมอร์อะคริลิก แอซิด ต่อไป</p>
อะคริลิก แอซิด (Acrylic acid)		<p>ย่อยสลายได้ด้วย จุลินทรีย์ แบคทีเรีย หรือไม่</p>	<p>เป็นมอนอเมอร์ เกิด พอลิเมอร์สายยาวที่ สามารถเปลี่ยนเป็น หมู่ฟังก์ชันที่ สามารถคุดน้ำได้ มหาศาล</p>
เมทิลีนบิสอะคริ ลาไมด์ (N,N'-		<p>มีพันธะคู่อยู่ที่ปลาย ทั้งสองด้าน</p>	<p>เชื่อมขวางต่อพอลิ เมอร์สองสายเข้า ด้วยกัน</p>

ชื่อสารเคมี	โครงสร้าง	สมบัติ	การเกิดปฏิกิริยา
methylene-bis-acrylamide; MBA)			
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	NaOH	เบส	เปลี่ยนโครงสร้างของอะคริลิก แอซิด -COOH เป็น -COO ⁻ Na ⁺

6. อุปกรณ์

ตู้อบ (Oven)	บีกเกอร์ (Beaker)	แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirrer)	ถาด (Tray)
หลอดทดลอง (Test tube)	แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)	เครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Blender)	ช้อนตักสาร (Spatula)
ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)	กระชอน (Sieve)	ขวดรูปชมพู่ (Conical flask)	เครื่องทำความร้อนและกวนสาร (Hot plate)

7. จงนำชื่อสารเคมีในข้อ 5 และอุปกรณ์ในข้อ 6 มาเติมลงในช่องว่างที่กำหนดให้

ขั้นตอนที่	หลักการ	วิธีทำการทดลอง
1	ทำให้เกิดฟรีแรดิคัลที่พอลิเมอร์ธรรมชาติ	ชั่งน้ำหนักของหรือเครื่องหาน้อยปริมาณ 1 กรัม และ (สารเคมี) 0.05 กรัม ลงใน (อุปกรณ์).....เติมน้ำ 5 mL เป็นตัวทำละลาย และใส่ (อุปกรณ์)เพื่อกวนสารละลาย แล้ววาง (อุปกรณ์).....บนที่วางหลอดทดลอง ใน (อุปกรณ์) ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส (ใช้น้ำมันเติมในถาด) เป็นเวลา 15 นาที
2	ต่อพอลิเมอร์สังเคราะห์เข้าไปในโครงสร้างและ	เตรียมสารละลายผสมใน (อุปกรณ์)..... ระหว่าง (สารเคมี) 60% (v/v)..... 5 mL และ

ขั้นตอนที่	หลักการ	วิธีทำการทดลอง
	ทำให้พอลิเมอร์ สองสายเชื่อมต่อกัน	(สารเคมี) เมื่อขั้นตอนที่ 1 ครบ 15 นาที จึงเติมสารละลายผสมในขั้นตอนที่ 2 ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีเท่ากันทุก กลุ่ม แม้บางกลุ่มจะเกิดเจลก่อนเวลา
3	ทำให้เจลมีขนาดเล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ ผิวสัมผัสกับ NaOH	↓ ปั่นเจลที่ได้ด้วย(อุปกรณ์)..... เป็นเวลา 1 นาที
4	ทำให้หมู่ฟังก์ชัน ของอะคริลิก แอซิดเปลี่ยนจาก - COOH เป็น - COO ⁻ Na ⁺	↓ ทำปฏิกิริยา เจลที่ปั่นแล้วกับ(สารเคมี)..... 100 mL ใน(อุปกรณ์).....ที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
5	กำจัดสายพอลิ เมอร์ที่ไม่ได้ติดกับ หมากจงออก	↓ ใส่เจลในน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 100 mL แต่ครั้งกรองเจลด้วย (อุปกรณ์).....
6	ทำให้แห้งเพื่อให้ เจลพร้อมใช้งาน ในการดูดซับน้ำ หรือความชื้น	↓ ทำให้แห้งด้วย(อุปกรณ์).....ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 1 วัน

8. การคำนวณ

จงเตรียมสารละลาย Acrylic acid เข้มข้น 60% ปริมาตร 5 mL จาก Acrylic acid ความ
เข้มข้น 99%

9. ผลการทดลอง

สมมติผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองของแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	พืชท้องถิ่น	ปริมาณ MBA (กรัม)	ปริมาณการดูดซับน้ำ (g/g)*
1	หมากจอบ	0.001	0
2	หมากจอบ	0.003	617
3	หมากจอบ	0.005	619
4	หมากจอบ	0.01	435
5	หมากจอบ	0.02	192

* g/g หมายถึง จำนวนกรัมของน้ำที่พอลิเมอร์ 1 g สามารถดูดซับไว้ได้

10. จงแสดงผลการทดลองของข้อมูลจากตารางที่ 3 ในรูปกราฟ

11. จงเขียนสรุปผลการทดลองจากกราฟ

12. จงทำนายปริมาณการดูดซับน้ำ ของหมากจอบเมื่อปริมาณของ MBA เท่ากับ 0.0035 กรัม

ภาคผนวก ง

คู่มือครู

คู่มือครู

การสังเคราะห์พอลิเมอร์คุณภาพที่น้อยสลายได้ทางชีวภาพจากหมากจอบ

1. กิจกรรมการสังเกตผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป

จงสังเกตผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูปก่อนหน้าและหลังหน้า พร้อมทั้งบันทึกคำถามที่อยากรู้เกี่ยวกับผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป

ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป ก่อนหน้า	ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป หลังหน้า	คำถามที่อยากรู้เกี่ยวกับ ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป
<p>ตา น้ำหนักเบา มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ เรียงตัว กันเป็นชั้น ๆ เป็นแผ่นสีขาวคล้ายสำลี <u>รูป</u> <u>สี</u> เหลี่ยมผืนผ้า ด้านยาวยาวกว่า <u>ด้านกว้าง</u></p> <p>จมูก ไม่มีกลิ่น</p> <p>สัมผัส ผิวหน้านุ่มและเรียบลื่น ด้านในเมื่อสัมผัสระหว่างชั้นจะ หยาบเล็กน้อย มีสำลีนุ่นและ ของแข็งสีขาวอยู่ภายใน เวลาจับ จะมีฝุ่นละอองสีขาวเล็กๆติดมือ ออกมาด้วย ด้านหลังมีสีฟ้าขาว ลวดลายสีฟ้า ผิวเรียบลื่น ด้านล่างมีแถบขาว</p>	<p>ตา ด้านบนมีลักษณะเป็นแผ่นสี ขาวเช่นเดิม แห้ง ไม่ดูดน้ำ ด้านล่างเป็นกระดาษสีขาว ปนฟ้าเช่นเดิมไม่ดูดน้ำ แต่ด้านในที่เคยเป็นเส้นใยสี ขาวเล็ก มีลักษณะเป็นเม็ดๆ ใส นุ่ม ไม่มีกลิ่น จะพองตัว ขึ้น เมื่อเติมน้ำลงไปอีกก็จะ พองตัวขึ้นอีก</p> <p>จมูก ไม่มีกลิ่น</p> <p>สัมผัส เส้นใยสีขาวที่อยู่ชั้นในที่มี เส้นใยคล้ายๆกับสำลีนุ่นจะ ดูดซับน้ำที่เติมอย่างรวดเร็ว และเปลี่ยนลักษณะเป็น<u>เจล</u> <u>ใสที่อูมน้ำ</u>ไว้อยู่จนเต็ม <u>ปริมาณเพิ่มขึ้น</u> ส่วนนี้ สามารถดูดซับน้ำได้มาก และมีก้อนของเจลขยาย ใหญ่ขึ้นหลายเท่าตัว</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● เราสามารถผลิตสารที่ ดูดน้ำในผ้าอ้อมเด็ก ขึ้นมาเองได้หรือไม่ ● สารที่ดูดน้ำในผ้าอ้อม เด็กสำเร็จรูปสามารถ สังเคราะห์ได้อย่างไร ● เพราะเหตุใดเส้นใยเล็ก สีขาวเมื่อโดนน้ำจึง เปลี่ยนแปลงไป ● มีสารชนิดใดใน pamper ● สารชนิดนี้มีผลต่อ ร่างกายหรือไม่อย่างไร ● ใน pamper มีสารใดที่ ทำหน้าที่ดูดซับน้ำ ● สารที่ดูดซับน้ำมี คุณสมบัติอย่างไร โครงสร้างเป็นอย่างไร และทำปฏิกิริยากับน้ำ หรือไม่อย่างไร ● วัสดุดูดน้ำในผ้าอ้อม เด็กสามารถดูดซับน้ำได้ สูงสุดเป็นกี่เท่าของ

ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป ก่อนหน้า	ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป หลังหน้า	คำถามที่อยากรู้เกี่ยวกับ ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป
		<p>น้ำหนักขณะแห้ง</p> <ul style="list-style-type: none"> • วัสดุที่เปียกน้ำแล้วสามารถทำให้แห้งแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือไม่ • สามารถใช้วัสดุอื่นมาดูดซับน้ำได้หรือไม่

ครูแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำการทดลองที่ปริมาณ MBA แตกต่างกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของพืชท้องถิ่นและปริมาณ MBA ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	พืชท้องถิ่น	ปริมาณ MBA (กรัม)
1	หมากจอบ	0.001
2	หมากจอบ	0.003
3	หมากจอบ	0.005
4	หมากจอบ	0.01
5	หมากจอบ	0.02

2. โจทย์วิจัย

จากตารางที่ 1 จงเขียน โจทย์วิจัยหรือคำถามวิจัย

เมื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากด้วยปริมาณ MBA ที่แตกต่างกันแล้วอัตราการดูดซึมน้ำในแต่ละการทดลองจะเป็นเท่าใด

3. สมมติฐาน

จากตารางที่ 1 จงเขียนสมมติฐาน

เมื่อปริมาณ MBA เพิ่มขึ้น อัตราการดูดซึมน้ำจะลดลง

4. ตัวแปร

จากตารางที่ 1 จงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

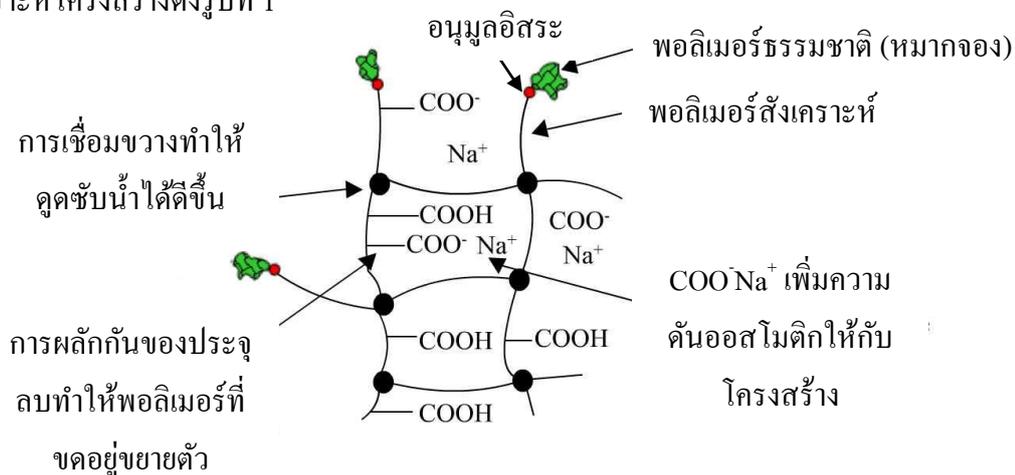
ตัวแปรต้น คือ หมากจอบ

ตัวแปรตาม คือ ปริมาณ MBA

ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณ APS อุณหภูมิ เวลาในการเกิดปฏิกิริยา

5. สารเคมี

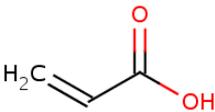
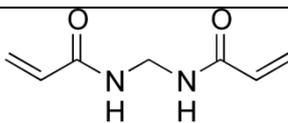
การสังเคราะห์สารเคมี เปรียบประหนึ่งกับการสร้างบ้าน บ้านต้องมีหลังคา สิ่งที่น่ามามุงหลังคาคือกระเบื้องมุงหลังคา ไม่สามารถนำกระเบื้องปูพื้นมามุงหลังคาได้ ดังนั้นแต่ละส่วนของบ้านก็ต้องนำวัสดุอุปกรณ์จำเพาะมาใช้ เช่นเดียวกับการสังเคราะห์สารเคมี สารเคมีที่เราจะสังเคราะห์โครงสร้างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ดูดน้ำ

ตารางที่ 2 รายชื่อสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์รูปที่ 1

ชื่อสารเคมี	โครงสร้าง	สมบัติ	การเกิดปฏิกิริยา
พอลิเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ หมากจอบ เครื่องหมาน้อย	<p>โครงสร้างทางเคมีของหมากจอบ</p> <p>โครงสร้างทางเคมีของเครื่องหมาน้อย</p>	<p>ย่อยสลายได้ด้วย จุลินทรีย์ แบคทีเรีย หรือไม่ ...ย่อยสลายได้.....</p>	<p>พอลิเมอร์ธรรมชาติ ทำปฏิกิริยากับ พอลิเมอร์สังเคราะห์ (อะคริลิก แอซิด) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ พอลิเมอร์ดูดน้ำที่ ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ</p>

ชื่อสารเคมี	โครงสร้าง	สมบัติ	การเกิดปฏิกิริยา
แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulfate)	$\text{NH}_4^+ \text{O}^- \text{S}(=\text{O})_2 \text{O}-\text{O}-\text{S}(=\text{O})_2 \text{O}^- \text{NH}_4^+$ $2 \text{NH}_4^+ \text{O}^- \text{S}(=\text{O})_2 \text{O}^\bullet$	แตกตัวให้ฟรีแรดิคัล ซึ่งเป็นสารที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา	แตกตัวให้ฟรีแรดิคัล ซึ่งเป็นสารที่จะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์อะคริลิก แอซิดต่อไป
อะคริลิก แอซิด (Acrylic acid)		ย่อยสลายได้ด้วย จูลินทรีย์ แบคทีเรีย หรือไม่ ...ย่อยสลายไม่ได้.	เป็นมอนอเมอร์ เกิดพอลิเมอร์สายยาวที่สามารถเปลี่ยนเป็น หมู่ฟังก์ชันที่สามารถดูดน้ำได้มหาศาล
เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ (N,N'-methylene-bis-acrylamide; MBA)		มีพันธะคู่อยู่ที่ปลายทั้งสองด้าน	เชื่อมขวางต่อพอลิเมอร์สองสายเข้าด้วยกัน
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	NaOH	เบส	เปลี่ยนโครงสร้างของอะคริลิก แอซิด -COOH เป็น -COO ⁻ Na ⁺

6. อุปกรณ์

ตู้อบ (Oven)	บีกเกอร์ (Beaker)	แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirrer)	ถาด (Tray)
หลอดทดลอง (Test tube)	แท่งแก้วกวนสาร (Stirring rod)	เครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Blender)	ช้อนตักสาร (Spatula)
ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)	กระชอน (Sieve)	ขวดรูปชมพู่ (Conical flask)	เครื่องทำความร้อน และกวนสาร (Hot plate)

7. จงนำชื่อสารเคมีในข้อ 5 และอุปกรณ์ในข้อ 6 มาเติมลงในช่องว่างที่กำหนดให้

ขั้นตอนที่	หลักการ	วิธีการทดลอง
1	ทำให้เกิดพรีเรดิคัลที่พอลิเมอร์ธรรมชาติ	ชั่งหมากจงหรือเครื่องหามาอย่างน้อยปริมาณ 1 กรัม และ (สารเคมี)Ammonium persulfate..... 0.05 กรัม ลงใน (อุปกรณ์).....หลอดทดลอง.....เติมน้ำ 5 mL เป็นตัวทำละลายและใส่(อุปกรณ์)แท่งแม่เหล็กกวนสารเพื่อกวนสารละลาย แล้ววาง(อุปกรณ์).....หลอดทดลอง.....บนที่วางหลอดทดลองใน(อุปกรณ์)เครื่องทำความร้อนและกวนสาร ... ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส (ใช้น้ำมันเค็มในถาด) เป็นเวลา 15 นาที
2	ต่อพอลิเมอร์สังเคราะห์เข้าไปในโครงสร้างและทำให้พอลิเมอร์สองสายเชื่อมต่อกัน	เตรียมสารละลายผสมใน(อุปกรณ์).....บีกเกอร์.....ระหว่าง(สารเคมี) 60% (v/v).....Acrylic acid..... 5 mL และ (สารเคมี)MBA..... เมื่อขั้นตอนที่ 1 ครบ 15 นาที จึงเติมสารละลายผสมในขั้นตอนที่ 2 ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีเท่ากันทุกกลุ่ม แม้บางกลุ่มจะเกิดเจลก่อนเวลา
3	ทำให้เจมีขนาดเล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับ NaOH	ปั่นเจลที่ได้ด้วย(อุปกรณ์).....เครื่องปั่นน้ำผลไม้..... เป็นเวลา 1 นาที
4	ทำให้หมู่ฟังก์ชันของอะคริลิกแอซิดเปลี่ยนจาก -COOH เป็น -COO ⁻ Na ⁺	ทำปฏิกิริยา เจลที่ปั่นแล้วกับ(สารเคมี).....NaOH..... 100 mL ใน(อุปกรณ์).....ขวดรูปชมพู่..... ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
5	กำจัดสายพอลิเมอร์ที่ไม่ได้ติดกับ	ใส่เจลในน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 100 mL แต่ละครั้งกรองเจลด้วย



ขั้นตอนที่	หลักการ	วิธีทำการทดลอง
	หมากจอบออก	(อุปกรณ์).....กระชอน.....
6	ทำให้แห้งเพื่อให้ เจลพร้อมใช้งาน ในการดูดซับน้ำ หรือความชื้น	ทำให้แห้งด้วย(อุปกรณ์).....ตู้อบ.....ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 1 วัน

8. การคำนวณ

จงเตรียมสารละลาย Acrylic acid เข้มข้น 60% ปริมาตร 5 mL จาก Acrylic acid ความเข้มข้น 99%

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$99\% \times V_1 = 60\% \times 5 \text{ mL}$$

$$V_1 = 3 \text{ mL}$$

ดังนั้น ต้องตวงสารละลาย Acrylic acid ความเข้มข้น 99% มา 3 mL แล้วเติมน้ำจนมีปริมาตรรวมเป็น 5 mL

9. ผลการทดลอง

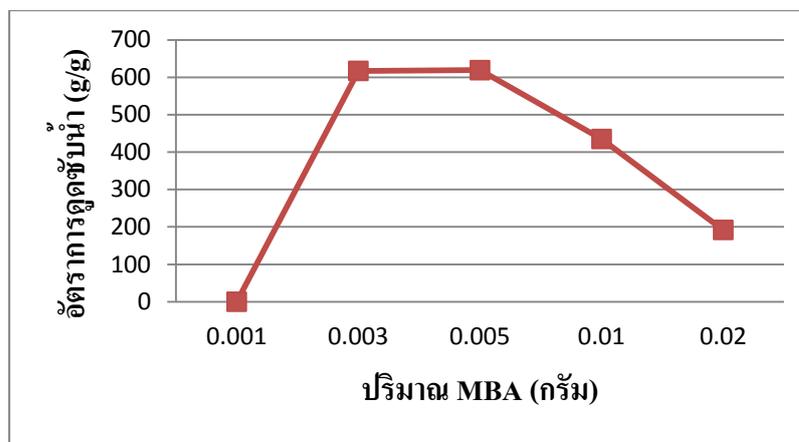
สมมติผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองของแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	พืชท้องถิ่น	ปริมาณ MBA (กรัม)	ปริมาณการดูดซับน้ำ (g/g)*
6	หมากจอบ	0.001	0
7	หมากจอบ	0.003	617
8	หมากจอบ	0.005	619
9	หมากจอบ	0.01	435
10	หมากจอบ	0.02	192

* g/g หมายถึง จำนวนกรัมของน้ำที่พอลิเมอร์ 1 g สามารถดูดซับไว้ได้

10. จงแสดงผลการทดลองของข้อมูลจากตารางที่ 3 ในรูปกราฟ



11. จงเขียนสรุปผลการทดลองจากกราฟ

เมื่อเพิ่มปริมาณของ MBA ทำให้ปริมาณการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณ MBA 0.003 กรัมมีปริมาณการดูดซับน้ำมากที่สุด จากนั้นปริมาณการดูดซับน้ำลดลงเมื่อปริมาณ MBA มากขึ้น

12. จงทำนายปริมาณการดูดซับน้ำ ของพอลิเมอร์สังเคราะห์จากหมากจอบเมื่อปริมาณของ MBA เท่ากับ 0.0035 กรัม

ปริมาณการดูดซับน้ำ ของพอลิเมอร์สังเคราะห์จากหมากจอบประมาณ 618 g/g เมื่อปริมาณของ MBA เท่ากับ 0.0035 กรัม

ภาคผนวก จ
เกียรติบัตรรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1
การนำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบ Poster Presentation
การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2555

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ร่วมกับ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



มอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

นายชัยชนะ ไททอง

ได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ ๑ การนำเสนอผลงานวิจัย ในรูปแบบ Poster Presentation

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ

เรื่อง การสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดสังเคราะห์จากแป้งและพลาสติกชนิดอะคริลิก

เนื่องในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ๒๐๑๒

(North Eastern Science and Technology Conference 2012 : NESTC2012)

วันที่ ๑๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ท้าพิถี)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทน์เพ็ญ อินทามะเสวีวั)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ภาคผนวก จ

การนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์
ที่โรงเรียนน้ำเย็นวิทยา



ภาควิชาเคมี	คณะวิทยาศาสตร์
เลขที่ ๑๑๑	เลขรับ ๕๕
วันที่ 12 มิ.ย. 2555	ที่ - 8 ส.ก. 2555
เวลา ๗.๐๙น.	เวลา

ที่ ศบ 04259.14/114

โรงเรียนน้ำย่นวิทยา
ตำบลสีวิเชียร อำเภอน้ำย่น
จังหวัดอุบลราชธานี 34260

27 กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอรับรองการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ด้วยโรงเรียนน้ำย่นวิทยา ได้นำผลงานวิจัย เรื่องการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์
พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมันมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพจากพืชท้องถิ่น สำหรับใช้ในหลักสูตรท้องถิ่น โดยมี
ดร.กานต์ตะวัน วุฒิสถา สังกัดภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เป็นหัวหน้า
โครงการวิจัย ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เนื้อหาเรื่องพอลิเมอร์ เมื่อวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2555
ซึ่งโครงการวิจัยเรื่องดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนและเกิดประโยชน์แก่โรงเรียน
น้ำย่นวิทยาเป็นอย่างดียิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

KA
(นายประดมชัย ทุมเมฆ)

ผู้อำนวยการโรงเรียนน้ำย่นวิทยา

กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โรงเรียนน้ำย่นวิทยา
โทรศัพท์ 045-371105 ต่อ 105
โทรสาร 045-371177
<http://www.namyuenwit.ac.th>
Email: numyuenwit@hotmail.ac.th

ธีระ หนอง
เพื่อไปแจ้งตรง
อ.ณ.น.วิเศษ ของขอมพรจันตการวิจัย
วันที่ ๑๒/๒๕๕๕

วรส
18.๑.๕๕

- ฉบับนี้ทำสำเนาไว้เน
1. อ. กานต์ตะวัน
 2. อ. กิตติลา (ประธานปกครอง 5)
ขอ: หมอ 117 จี
13 ส.ค. 55

สำเนาแจ้งหัวหน้าภาควิชา (อ.ว)
และ: นายวิเศษ (อ.ว.ร.วิเศษ)

2

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้
กิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. เพื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพ จากพืชท้องถิ่น ด้วย กลไก การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ แรดิคัลแบบ Solution polymerization	การสังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำ	การสังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำ	ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพจากพืชท้องถิ่น
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอุ้มน้ำของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก	1. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำ	การศึกษปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำ	ได้สภาวะที่ดีที่สุดที่ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพจากพืชท้องถิ่นดูดซึมน้ำได้ปริมาณมากที่สุด
3. เพื่อวิเคราะห์หาโครงสร้างของพอลิเมอร์อุ้มน้ำด้วย Infrared spectroscopy	การวิเคราะห์หาโครงสร้างของพอลิเมอร์อุ้มน้ำด้วย infrared spectroscopy	การวิเคราะห์หาโครงสร้างของพอลิเมอร์อุ้มน้ำด้วย infrared spectroscopy	การกราฟต์เกิดขึ้นที่ C-O-C ของโครงสร้างของพืชท้องถิ่น
4. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของพื้นผิวด้วย Scanning	การวิเคราะห์คุณสมบัติของพื้นผิวด้วย scanning electron	การวิเคราะห์คุณสมบัติของพื้นผิวด้วย scanning electron	เปรียบเทียบภาพถ่ายของพืชท้องถิ่นกับพืชท้องถิ่นที่กราฟต์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
Electron Microscopy	microscopy	microscopy	saponified poly(acrylic acid) พบว่ามีความขรุขระและรูพรุนมากขึ้นเมื่อกราฟต์แล้ว
5. เพื่อสร้างชุดทดลองของปฏิบัติการเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรท้องถิ่น	นำชุดทดลองไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนนาจะหลวย	นำชุดทดลองไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนน้ำเย็นวิทยา	สร้างชุดทดลอง 10 ชุดไปใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
6. เพื่อประเมิน 9 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง	ประเมิน 9 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง	ประเมิน 9 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง	ทักษะการสังเกตเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินมากที่สุด แต่ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูลเป็นทักษะที่นักเรียนผ่านเกณฑ์น้อยที่สุด

รายงานสรุปการเงิน

โครงการการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก
ที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพจากพืชท้องถิ่นสำหรับใช้ในหลักสูตรท้องถิ่น

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน อ.ดร.กานต์ตะวัน วุฒิสถา

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2555

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณ เสนอขอ (บาท)	งบประมาณ ที่ใช้จริง (บาท)
1. งบบุคลากร		
1.1 ค่าตอบแทนผู้เชี่ยวชาญ	10,000	0.00
2. งบดำเนินงาน		
2.1 ค่าตอบแทน		
1) นักวิจัยสำหรับค่าทำกรนอกเวลา	11,250	11,212.50
2) ผู้ช่วยนักวิจัย	50,800	50,800.00
3) ครูผู้ช่วยนักวิจัย	7,890	7,890.00
4) ผู้ร่วมสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	5,000	5,000.00
2.2 ค่าใช้สอย		
1) ค่าอาหารกลางวันและอาหารว่างนักเรียน	10,000	6,130.00
2) ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	5,000	250.00
3) ค่าจ้างพัฒนาชุดทดลอง	10,000	14,000.00
4) ค่าใช้จ่ายในการนำชุดทดลองไปใช้	5,000	1,420.00
5) ค่าวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM	5,000	0.00
2.3 ค่าวัสดุ เช่น		
1) วัสดุสำนักงาน	10,000	9,090.50
2) ค่าตำราและวารสาร	10,000	369.00
3) สารเคมี	45,000	110,033.50
4) อุปกรณ์การทดลอง	30,060	8,804.55
5) วัสดุคอมพิวเตอร์	10,000	0.00
2.4 ค่าสาธารณูปโภค	22,500	22,500.00
รวมงบประมาณ	247,500	247,500

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ			จำนวนเงินคงเหลือ	
เงินยืม 30%	37,000.00	บาท	0.00	บาท
งวดที่ 1	86,750.00	บาท	0.00	บาท
งวดที่ 2	123,750.00	บาท	0.00	บาท
รวม	247,500.00	บาท	0.00	บาท



ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน



ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน โครงการ