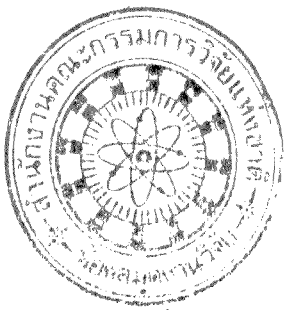

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

**1. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพ จากพืชท้องถิ่นด้วยกลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แรดิคัลแบบ Solution polymerization**

การกราฟต์ (graft) poly(acrylic acid) ลงบนพอลิเมอร์ธรรมชาติ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) พบว่าอัตราการดูดซับน้ำสูงสุดของ 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 ปริมาณของหมากจอง อุณหภูมิของปฏิกิริยา ความเข้มข้นของมอนอเมอร์และเบส (NaOH) ปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยาและสารเชื่อมขวาง เวลาของขั้นริเริ่มปฏิกิริยาและขั้นทำปฏิกิริยากับเบส

**2. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอุ้มน้ำของพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมาก**

สภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ Malva nut-g-poly(acrylic acid) คือ ปริมาณหมากจอง 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 ปริมาณเจลเครือหมาน้อย 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

นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของสารเชื่อมขวาง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎีของ Flory's network คือ เมื่อเพิ่มความหนาแน่นของสารเชื่อมขวาง จะส่งผลให้ไปเพิ่มความแข็งให้กับโครงสร้าง อีกทั้งการสปอนิฟิเคชัน (saponification) ยังช่วยในการปรับปรุงอัตราการดูดซับน้ำภายใต้ปัจจัยเดียวกัน พอลิ

เมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ saponified แล้ว จะสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ไม่ได้ทำการ saponified เนื่องจากการ saponified ไปเพิ่ม $Na^+$ ions ส่งผลให้ไปเพิ่มประจุบนสายโซ่พอลิเมอร์เกิดแรงผลักกันระหว่างประจุบนสายโซ่หลักของพอลิเมอร์กับความดันออสโมติก (osmotic pressure) ระหว่างเครือข่ายสายโซ่ของพอลิเมอร์รอบๆโมเลกุลของน้ำ

**3. โครงสร้างของพอลิเมอร์อุ้มน้ำจากการวิเคราะห์ด้วย Infrared spectroscopy**

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

**4. คุณสมบัติของพื้นผิววิเคราะห์ด้วย Scanning Electron Microscopy**

ผลที่ได้จาก Scanning Electron Microscopy (SEM) เป็นการยืนยันลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันระหว่างพอลิเมอร์ธรรมชาติกับพอลิเมอร์ร่วม (NP-g-poly(acrylic acid)) โดยหมากจองจะมีลักษณะของพื้นผิวที่ขรุขระและมีรูพรุน เนื่องจากหมากจองเป็นเจลในน้ำเพราะเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกมีสารเมือก (Mucilage) จำนวนมาก ทำให้สามารถพองตัวได้ดีในน้ำ จึงมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี มีขนาดอนุภาค 338 μm และขนาดของรูพรุน 79 μm ส่วนพอลิเมอร์ร่วม (Malva nut-g-poly(acrylic acid) มีลักษณะของพื้นผิวที่มีความขรุขระมากกว่า เนื่องจากมีการกราฟต์ (graft) ของ poly(acrylic acid) และมีขนาดของอนุภาคเป็น 1.4 เท่าของหมากจองคือ 472 μm และขนาดของรูพรุนใหญ่เป็น 1.3 เท่าของหมากจองคือ 101 μm เครือหมาน้อยมีลักษณะของพื้นผิวเรียบและมีความเป็นรูพรุนน้อย มีขนาดของอนุภาค 504 μm และขนาดของรูพรุน 86 μm ส่วนพอลิเมอร์ร่วม (Krueo Ma Noy-g-poly(acrylic acid)) จะมีลักษณะของพื้นผิวที่ขรุขระ และมีความเป็นรูพรุนมาก มีขนาดของอนุภาคเป็น 1.2 เท่าของเครือหมาน้อยคือ 601 μm และขนาดของรูพรุน 47 μm ซึ่งมีขนาดที่เล็กกว่า เนื่องจากในการทดสอบเป็นการสุ่มเม็ดพอลิเมอร์ร่วมมาทดสอบ และแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะของพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบ มีความเป็นรูพรุน มีขนาดอนุภาค 483 μm และมีขนาดของรูพรุน 156 μm ในส่วนของพอลิเมอร์ร่วม (Cassava starch-g-poly(acrylic acid)) มีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระและมีความเป็นรูพรุนมาก มีขนาดของอนุภาคที่ไม่แตกต่างจากแป้งมันสำปะหลังคือ 484 μm และมีขนาดของรูพรุน 145 μm เหตุผลเช่นเดียวกับเครือหมาน้อย

**5. ชุดทดลองของปฏิบัติการเคมีที่สอดคล้องกับหลักสูตรท้องถิ่น**

ได้ชุดทดลอง 10 ชุดซึ่งมีอุปกรณ์การทดลองพร้อมทำปฏิบัติการเคมีเรื่องพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากจากพืชท้องถิ่น

**6. การประเมิน 10 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดทดลอง**

จากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ของโรงเรียนมีข้อจำกัดในการทำปฏิบัติการเคมี โดยใช้ชุดทดลองเรื่องการสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากจากหมากจองเป็นเครื่องมือวิจัย 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 อาจเพราะงบประมาณในการซื้อเครื่องชั่งดิจิตอลไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน 1 เครื่องต่อนักเรียนทั้งโรงเรียน 1,000 คน ดังนั้นโรงเรียนอาจจัดซื้อเครื่องชั่งเพชรพลอย ซึ่งราคาต่ำกว่า 1,000 บาท สามารถชั่งได้ตั้งแต่ 10 – 0.001 กรัม