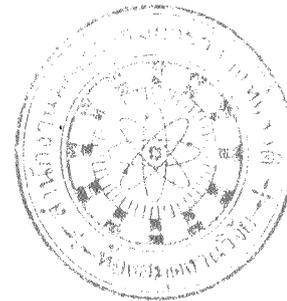
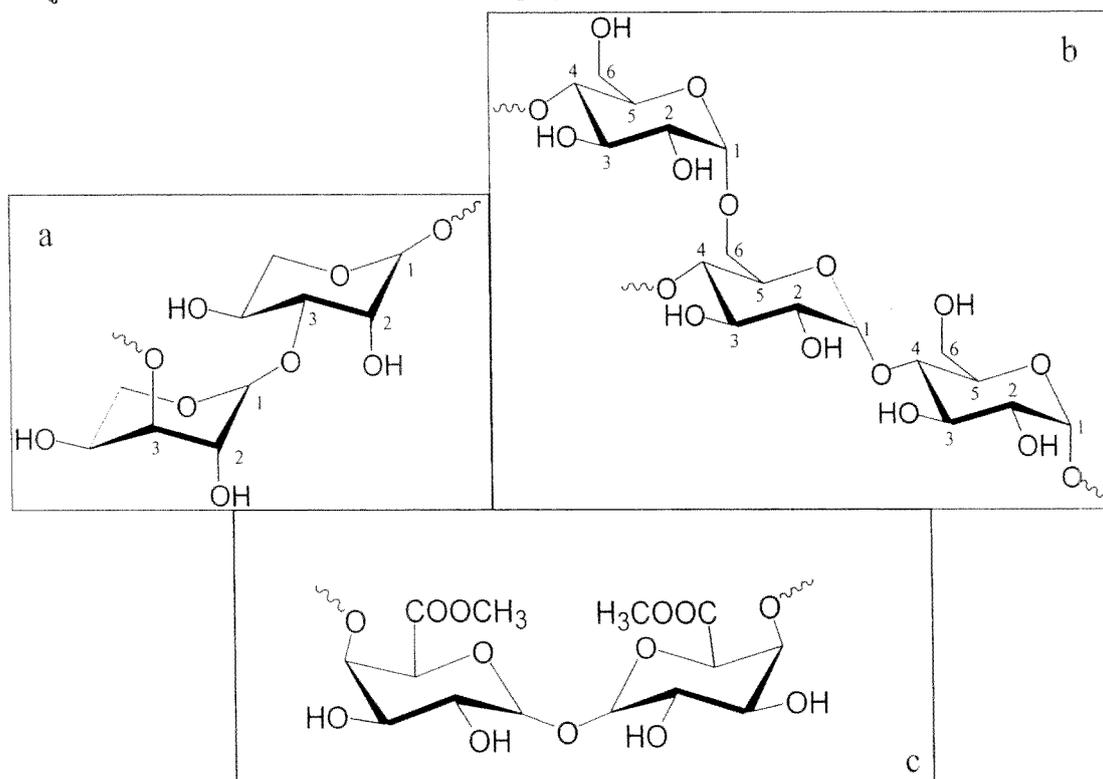


บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



2.1 หมากจอบ (Malva nut)

หมากจอบมีชื่อที่นิยมเรียกอีกคือ พุงทะลาย (Pungtalay) และตำรียง (Sumrong) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Scaphium Macropodum Beaum Sterculiaceae* เป็นไม้ยืนต้น ชอบขึ้นในป่าดงดิบที่มีความชื้นสูง ลำต้นตรงและสูง ประมาณ 30 – 40 เมตร พบในหลายจังหวัด ส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะอำเภอหนองบัว 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 แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีราคาค่อนข้างถูก ซึ่งโครงสร้างของแป้งมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) อะไมโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสต่อกันเป็นสายยาวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และ 1,6-glycosidic linkage (รูปที่ 2.1b)

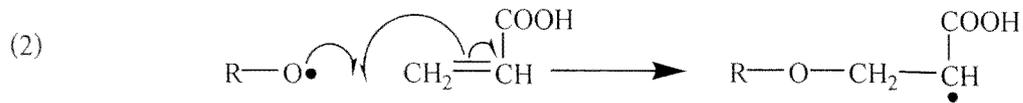
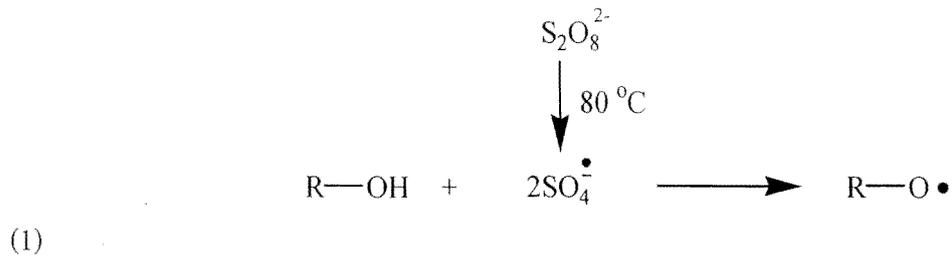
2.3 เครือหมาน้อย (Krueo Ma Noy)

เครือหมาน้อย เป็นพืชที่พบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นเถาเลื้อยขึ้นตามป่า ใบเดี่ยว รูปหัวใจ 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 สารเพคติน (pectin) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4-glycosidic linkage ของ galacturonic acid (รูปที่ 2.1c)

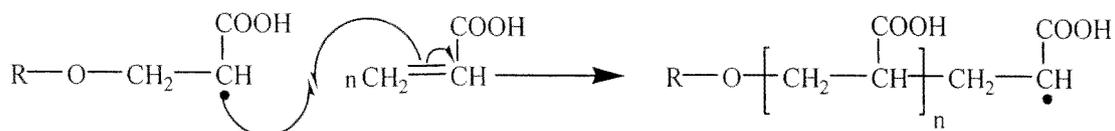
2.4 กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันแบบลูโซเรดิคัลแบบ Solution polymerization

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)

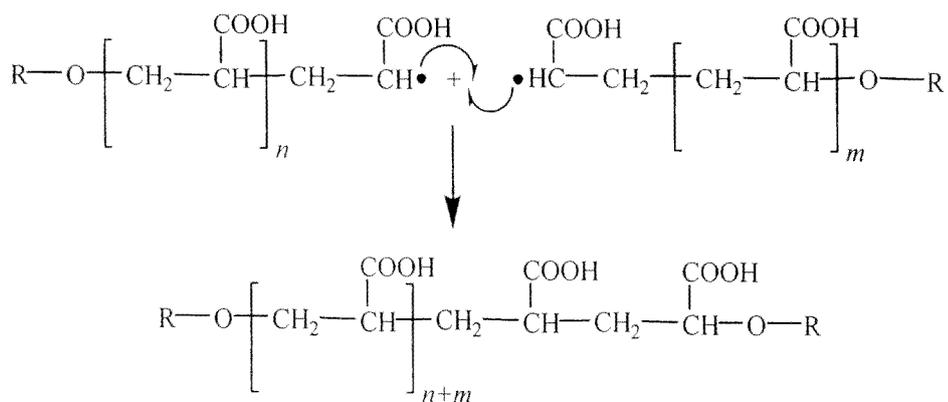


2.4.2 **ขั้นการแผ่ซ้ (Propagation)** NP-grafted AA radicals จะไปเติมเข้าสู่มอนอเมอร์และต่อยด้วยการเติมมอนอเมอร์ตัวต่อไปจนเกิดเป็นลูกโซ่ที่ยาวขึ้น

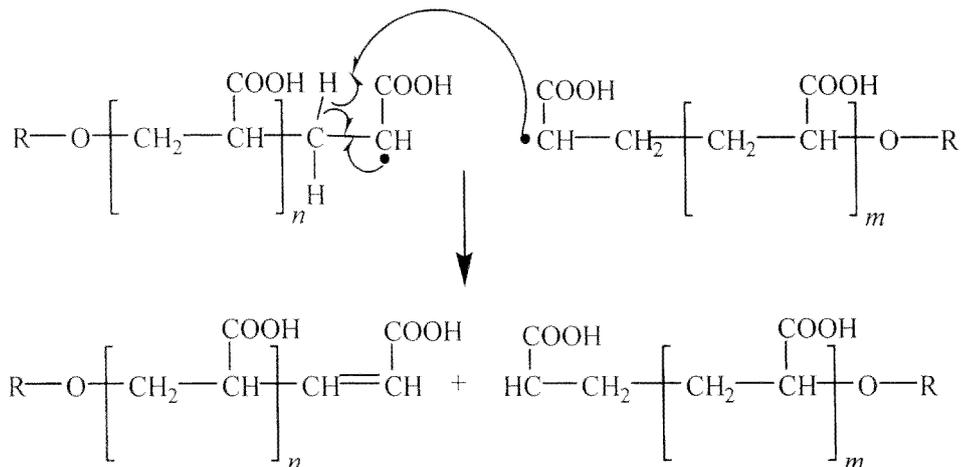


2.4.3 **ขั้นสิ้นสุดโซ่ (Termination)** เกิดได้ 2 แบบคือ แบบรวมตัว (combination) และแบบดิสพรอพอร์ชันเนชัน (disproportionation)

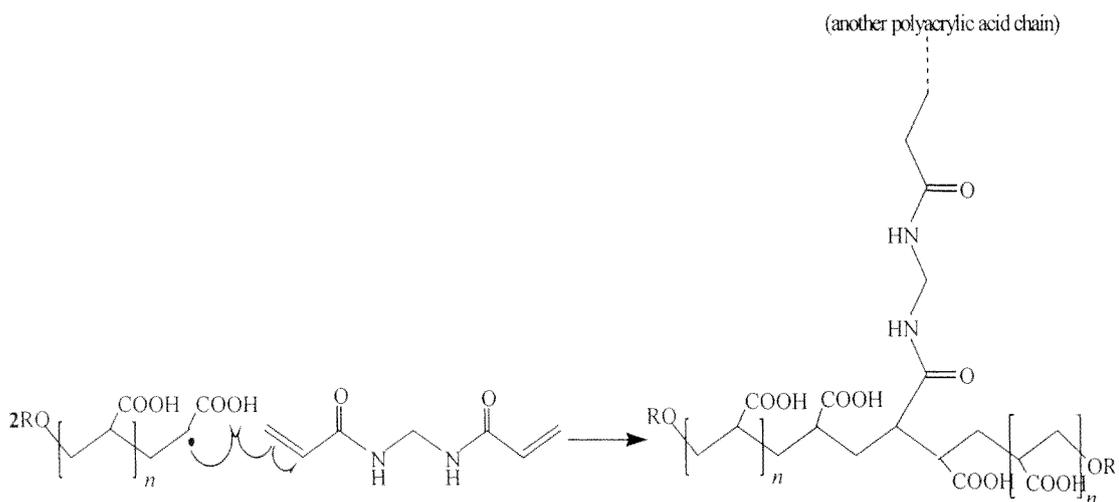
1. แบบรวมตัว เกิดการรวมตัวของอนุมูลอิสระ 2 ตัว และเกิดการสิ้นสุดของจุดว่องไว เกิดเป็น 1 สายโซ่พอลิเมอร์ที่มีสายยาว



2. แบบคิสพรอฟอร์ชันเนชัน เกิดขึ้นเมื่ออะตอมของไฮโดรเจนจากอนุมูลอิสระของสายพอลิเมอร์หนึ่งเคลื่อนย้ายไปยังอนุมูลอิสระของอีกสายของพอลิเมอร์ เกิดเป็น 2 สายโซ่พอลิเมอร์ที่สั้น

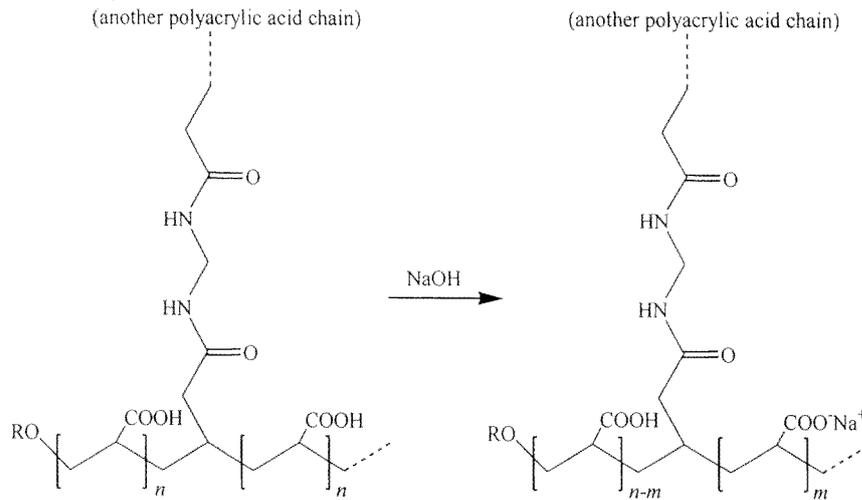


2.4.4 **ขั้นเชื่อมขวาง (Crosslinking)** การเชื่อมขวางระหว่าง 2 สายโซ่พอลิเมอร์ด้วยสารเชื่อมขวาง เช่น N,N'-methylene-bis-acrylamide (MBA) เพื่อให้เกิดโครงสร้างร่างแหซึ่งดูน่าไว้ในโครงสร้างได้



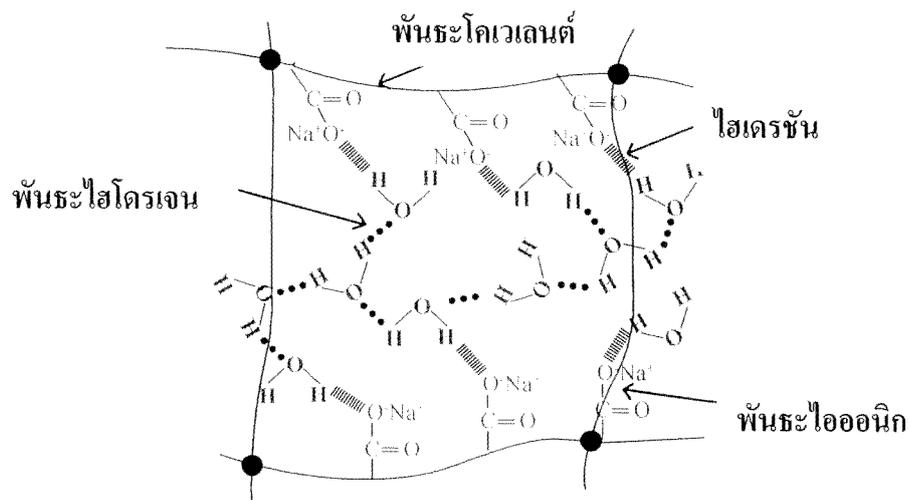
2.4.5 **ขั้นทำปฏิกิริยากับเบส (Saponification)** หลังจากเกิดได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจลแล้ว หมู่คาร์บอกซิลิกของมอนอเมอร์ acrylic acid (-COOH) จะถูก saponified เป็น carboxylate groups

(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 อัตราการเกิดพอลิเมอร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบฟรีเรดิคัล ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมอนอเมอร์และสารริเริ่มปฏิกิริยา ถ้าต้องการความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์มากก็ต้องใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์มาก แต่ใช้ความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยาน้อย เนื่องจากถ้ามีสารริเริ่มปฏิกิริยามากในระบบ สารริเริ่มปฏิกิริยาจะทำปฏิกิริยากันเองเกิดเป็น inactive radical ซึ่งทำให้ active radical ในระบบลดน้อยลงทำให้ได้พอลิเมอร์สายโซ่สั้น

2.6.2 Flory's theory

$$Q^{5/3} \approx \frac{\left[\left(\frac{i}{2v_0 S^{*1/2}} \right)^2 \left(\frac{1/2 - \chi_1}{v_1} \right) \right]}{v_c / V_0}$$

เมื่อ Q = อัตราการควบแน่น

i/v_0 = ความเข้มข้นของประจุที่ติดอยู่กับพอลิเมอร์แห่งที่ยังไม่ได้ควบแน่น

S^* = ความแรงไอออนิกของพอลิเมอร์ที่ควบแน่นแล้ว

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

v_c/V_0 = ความหนาแน่นของสารเชื่อมขวาง

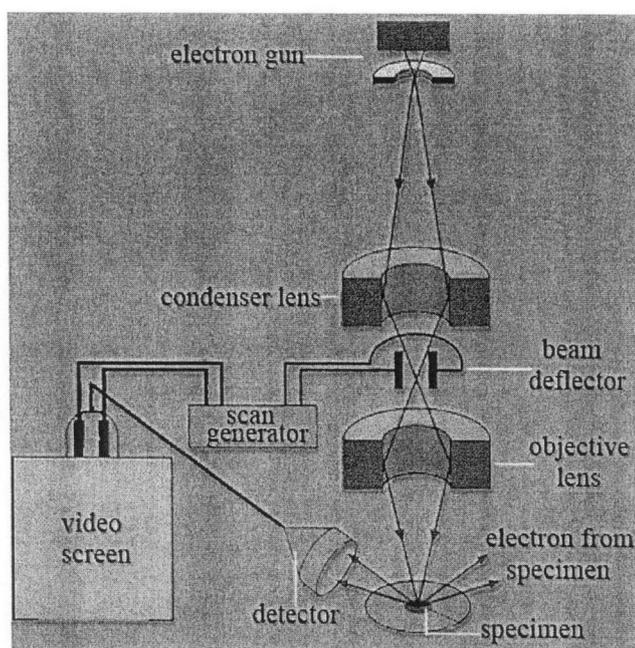
จากสมการเพื่อให้ได้อัตราการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มาก ความหนาแน่นของสารเชื่อมขวางต่อน้อย ดังนั้นปริมาณของสารเชื่อมขวางที่เติมลงไปควรมีปริมาณน้อย ส่วนความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต้องมีมากเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของประจุที่ติดอยู่กับพอลิเมอร์

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 จากนั้นทำการศึกษาดูด้วยเทคนิค 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 พอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากยังแสดงความจุในการยัดน้ำได้สูงขึ้นแม้เจลจะมีความแข็งแรงที่น้อยกว่า polysaccharide ที่ไม่มีการกราฟต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านชีวเวชศาสตร์ ในวิศวกรรมเนื้อเยื่อ ทางการเกษตรที่เกี่ยวกับตัวยัดน้ำ ทางจุลชีววิทยา ทางด้านยานอวกาศนี้ยังสามารถนำพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากไปใช้แทน collagen ในสัตว์ได้

Pourjavadi, Sadeghi และ Hosseinzadeh (2004) ได้ศึกษาพฤติกรรมการบวมน้ำ ความว่องไวต่อเกลือและค่าความเป็นกรด-เบสของ carrageenan ที่ถูกกราฟต์ด้วย polymethacrylamide เป็นพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากที่ดูดซับน้ำมากโดยคณะผู้วิจัยได้นำ 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 ที่มีผลต่อการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากและการกราฟต์คือ 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 ในการตรวจสอบความจุของการบวมน้ำของพอลิเมอร์ดูดซับน้ำมากจะทำการตรวจสอบเปรียบเทียบระหว่างการบวมน้ำในน้ำกลั่นและการบวมน้ำในน้ำเกลือที่แตกต่างกัน A. Pourjavadi และคณะ พบว่าการบวมน้ำในน้ำกลั่นจะเกิดได้เร็วกว่าการบวมน้ำในน้ำเกลือเนื่องจากอัตราส่วนของการบวมน้ำจะลดลงเมื่อ ionic strength ของสารละลายเกลือเพิ่มมากขึ้น

Athawale และ Lele (2000a) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำของ starch-g-(acrylic acid-co-acrylamide) ทำได้โดยการกราฟต์ acrylamide และ acrylic acid เข้าไปในแป้งข้าวโพด สารริเริ่มปฏิกิริยาคือ 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 ที่เป็นตัวดูดซับน้ำมากโดยการกราฟต์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมโรไลเซชันระหว่าง acrylamide แป้งมันฝรั่งและผง kaolinite การสังเคราะห์ Superabsorbent(starch-graft-acrylamide/kaolinite) โดยใช้ แป้งมันฝรั่ง 3 กรัม สารริเริ่มปฏิกิริยาคือ ceric ammonium nitrate 5 กรัม และ kaolinite 0.2 mol จากนั้นทดสอบการดูดซับน้ำโดยนำผง Superabsorbent Composite 0.1g ละลายในน้ำกลั่น 1000 mL เป็นเวลาดำสุด 8 ชั่วโมง จากนั้นกรองแล้วชั่งน้ำหนัก ผลของการรวมกันของ $-CONH_2$, $-COONa$ และ $-COOH$ ซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้ ดีกว่าหมู่ hydrophilic เดี่ยวๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับน้ำอยู่แล้ว มีอัตราของการผสมคือ 8:6:3 ($-CONH_2$, $-COONa$ และ $-COOH$)

Gao et al. (1998) ได้ศึกษาการกราฟต์ acrylonitrile เข้าไปในอนุพันธ์ของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ carboxymethyl starch, hypochlorous acid starch, aldehyde starch รวมถึงความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยา ปริมาณ acrylonitrile ปริมาณแป้งและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อการกราฟต์โคพอลิเมอร์ สารริเริ่มปฏิกิริยาคือ potassium permanganate ซึ่งพบว่าแหล่งกำเนิดของแป้งและอนุพันธ์ของแป้งข้าวโพด ความเข้มข้นของสารริเริ่มปฏิกิริยาและอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา มีผลต่อการกราฟต์โคพอลิเมอร์ สารริเริ่มปฏิกิริยา potassium permanganate สามารถใช้แทนเกลือ Ce^{4+} เนื่องจากมีราคาถูกกว่า