รายงานวิจัย

การเตรียมแผ่นไฮโดรเจลเย็นเคลือบยางพาราสำหรับลดไข้

Preparation of Cooling Pads Hydrogel Coated Natural Rubber for Reducing Temperature

อัชมาน อาแด

ฮาซัน ดอปอ

สุรเดช มัจฉาเวช

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2564

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัย

การเตรียมแผ่นไฮโดรเจลเย็นเคลือบยางพาราสำหรับลดไข้

Preparation of Cooling Pads Hydrogel Coated Natural Rubber for Reducing Temperature

อัชมาน อาแด

ฮาซัน ดอปอ

สุรเดช มัจฉาเวช

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2564

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย การเตรียมแผ่นไฮโดรเจลเย็นเคลือบยางพาราสำหรับลดไข้
ชื่อผู้วิจัย อัชมาน อาแด ฮาซัน ดอปอ สุรเดช มัจฉาเวช
คณะ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมแผ่นไฮโดรเจลเย็นสำหรับลดไข้ ส่วนแรกเป็นการเตรียมไฮโดรเจลจากแป้งธรรมชาติโดยปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันด้วยอะคริลาไมด์ ที่อัตราส่วน แป้งต่ออะคริลาไมด์ 1 ต่อ 10 ใช้สารริเริ่มชนิดอนุมูลอิสระ โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1 กรัม สารสร้างโครงตาข่ายชนิด เอ็น เอ็น เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ 20 มิลลิกรัม อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลาปฏิกิริยา 60 นาที ส่วนต่อมาเป็นการวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาโดยข้อมูลฟูเรียส์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีและการทดสอบการบวมน้ำ และส่วนสุดท้ายเป็นการสกัดสารจากใบพลูเตรียมสูตรยางพารา ตั้งตำรับเจลเย็นและทดสอบผู้ป่วย ประเมินความพึงพอใจ จากการทดลองพบว่าปฏิกิริยาเกิดได้ดี ผลิตภัณฑ์ร้อยละ 87.5ประสิทธิภาพการกราฟต์ร้อยละ 83ประสิทธิภาพการบวมน้ำประมาณ 337 กรัมต่อกรัม ประเมินผลความพึงพอใจในการใช้กับผู้ป่วยพบว่าอยู่ในระดับพอใจปานกลาง ร้อยละ 65 พอใจมากร้อยละ 20 และพอใจน้อยร้อยละ15 ตามลำดับ

คำสำคัญ แป้ง อะคริลาไมด์ ไฮโดรเจล ยางพารา เจลเย็น

Research title	Preparation of Cooling Pads Hydrogel Coated Natural Rubber for Reducing Temperature
Researchers	Ajaman Adair Hasan Daupor SuradetMatchawet
Section	Faculty of Science Technology and Agriculture
University	Yala Rajabhat University
Year	2021

ABSTRACT

Research was aimed to prepare the hydrogel cooling pads coated natural rubber for relief of cold. The work was included mainly 1) graft copolymerization of starch with polyacrylamide at ratios in gram of 1/10, using 1 g initiators, potassium persulfate (KPS) and 20 mg of *N,N*-methylenebisacrylamide (MBA) cross-linkers. The reaction was performed under solution radical polymerization at temperature of 70 $^{\circ}$C and time consumption for 60 mins. 2) Characterization and measurements and 3) The extraction of betel leaf, natural rubber formulation, ready used hydrogel cooling pads recipe with satisfaction tests on who have a trouble with a cold. The results indicated that the reaction products were well established at percentage of grafting yield of 87.5 and percentage of grafting efficiency at 83 while the highest water swelling capacity at 337 g/g was observed. The satisfaction tests were 65% for moderate, 20% and 15% for highest and low satisfaction impact, respectively.

Keywordsstarch; acrylamide; hydrogel; natural rubber; cooling pads

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณบำรุงการศึกษาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาจังหวัดชายแดนใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ทั้งนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณประธานสาขาเคมีและสาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและความงาม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ สารเคมี และสถานที่สำหรับปฏิบัติการทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2564

สารบัญ

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ไฮโดรเจล (hydrogel) เป็นพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบโครงร่างตาข่ายสามมิติ ซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้มากมีคุณสมบัติพิเศษในการดูดซับน้ำและกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ดี โดยเมื่อดูดซับน้ำแล้ว โครงร่างตาข่ายของไฮโดรเจลจะไม่ละลายน้ำ แต่จะบวมพองและสามารถคงรูปร่างเดิมไว้ เช่น เม็ดเจล (Bead), เส้นใย (Fiber) หรือแผ่นเจล (Patch) เป็นต้น (ดร.กุลฤดี แสงสีทอง,2560) โดยระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์จะมีการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ พันธะไฮโดรเจน หรืออันตรกิริยาระหว่างหมู่ฟังก์ชันต่างๆในสายโซ่ประกอบกันเป็นสายโซ่ยาวจำนวนมาก และเมื่อโมเลกุลมีการรวมตัวกันและขดตัวอยู่จะทำให้โครงสร้างโดยรวมเกิดเป็นรูพรุนิแลพร่องขนาดเล็ก ๆ มากมายจึงทำให้ไฮโดรเจลมีคุณสมบัติที่ดีในการดูดซับน้ำและของเหลวทางชีวภาพ เนื่องจากคุณลักษณะเด่นของไฮโดรเจลด้านโครงสร้างซึ่งมีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายที่สามารถกักเก็บน้ำและของเหลวทางชีวภาพได้มาก จึงทำให้สามารถนำไฮโดรเจลไปประยุกต์ใช้งานหลายๆด้าน เช่น ใช้ในการดูดซับโลหะหนัก ใช้เป็นระบบขนส่งยา และวัสดุปิดบาดแผล นอกจากนี้ไฮโดรเจลที่นำมาใช้ในด้านการเกษตรนั้นเป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์จากปิโตรเคมีซึ่งย่อยสลายได้ยาก ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติภายในระยะเวลาอันสั้น จึงเกิดการสะสมของพอลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมี

เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีด้านต่าง ๆ ของไฮโดรเจลมีจำนวนมาก ทำให้สามารถนำมาพัฒนาต่อยอดให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ให้เหมานสม ซึ่งที่ทราบว่าคุณสมบัติการดูดซับน้ำดีเป็นจำนวนมากได้ ทำให้มีผลิตภัณฑ์รองรับคือ การผลิตเป็นแผ่นผ้าอนามัย แพมเพิร์ส สำหรับการดูดซับเลือดประจำเดือนในสตรีหรือ ขอบกว้างกว่านั้นคือ การดูดซับปัสสาวะในเด็ก หรือคนชราที่มีปัญหาสุขภาพขับถ่าย เป็นต้น ในปัจจุบันปัญหาน้ำเสียมักจะพบเจอเป็นส่วนใหญ่และการแก้ปัญหาก็มีให้เห็นอย่างแพร่หลาย ไฮโดรเจลสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพมาใช้แทนพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์จากปิโตรเคมี สำหรับในด้านการเกษตรเนื่องจากไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำได้ในปริมาณมาก แต่การปล่อยออกจะค่อยๆเป็นไป ซึ่งนับเป็นข้อดีของการใช้เพื่อปรับปรุงดินทางการเกษตร เพื่อจุดประสงค์แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำทางการเกษตร เช่น สำหรับการปลูกพืช โดยเฉพาะในฤดูแล้งซึ่งดินที่ปรับปรุงจะค่อยๆปล่อยน้ำออกพืชสามารถใช้ได้เป็นเวลานาน เมื่อมีฝนน้ำจะถูกดูดซับด้วยเจล และจะสะสมในดินเป็นวัฎจักรต่อ ๆ กันไป ด้านอุตสาหกรรมยางพารามีการนำไฮโดรเจลคอมโพสิทมาเติมในยางเพื่อให้ยางมีคุณสมบัติบวมน้ำได้ดี ใช้ประโยชน์ในการอุดรอยรั่วของวัสดุชิ้นส่วนที่ทำงานเกี่ยวกับน้ำ เช่น อุดรอยรั่วของเรือ หรืออุโมงค์ใต้น้ำ เป็นต้น ด้านการแพทย์มีการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

สำหรับวัตถุประสงค์การขนส่งถ่ายยาภายในร่างกายโดยการปรับฝังยาเข้าไปในไฮโดรเจล เมื่อเข้าสู่ร่างกายเจอสภาวะเหมาะสม เช่น ค่ากรดเบสเหมาะตัวยาจะปลดปล่อยออกมา ทำให้ประสิทธิภาพของการใช้ยาเพิ่มขึ้นอย่างนี้เป็นต้น กรอบกว้างทางด้านคุณสมบัติของไฮโดรเจลยังสามารถพัฒนานำมาใช้ประโยชน์อีกหลายด้าน

ส่วนใหญ่ไฮโดรเจลที่ใช้ประโยชน์ในปัจจุบันได้จากการสังเคราะห์ ซึ่งต้นต่อส่วนมากมาจากอุตสาหกรรมน้ำมัน นอกจากผลด้านราคาแล้วอีกด้านคือด้านสิ่งแวดล้อม แม้ว่าไม่มีรายงานความปลอดภัยต่อร่างกายมนุษย์โดยตรง แต่ของเสียของปริมาณมากเฉพาะจากแผ่นดูดซับปัสสาวะในเด็กหรือผู้สูงอายุมากพอที่ทำให้เกิดสภาวะด้านสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น มลพิษทางอากาศจากการเผา มลพิษทางน้ำเมื่อทิ้งลงน้ำ หรือมลพิษด้านอื่นๆ ที่เกิดจากการกำจัดของเสียผิดวิธีและไม่เหมาะสม ดังนั้นการสังเคราะห์เจลจากแป้งหรือพอลิเมอร์ธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติด้วยจุลินทรีย์ต่าง ๆ หรือกิจกรรมธรรมชาติอื่น ๆ เช่น เอนไซม์ เป็นต้น แป้งสามารถผลิตได้จากธัญพืชที่มีอยู่ในธรรมชาติและมีความหลากหลายชนิดได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งสาคู แป้งมันสำปะหลังหรือแป้งมันสำปะหลังดัดแปลง เช่น เม็ดไข่มุก และ เซลลูโลส เป็นต้น

ยางพาราเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย cis-1-4- polyisoprene ซึ่งสามารถสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ (Hamzah et al., 2012) โดยทั่วไปแล้วยางธรรมชาติจะมีความยืดหยุ่นและกันน้ำได้เป็ยอย่างดี ซึ่งสามารถนำไปใช้กับงานและผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ โดยหลักแล้วยางพาราใช้ในอุตสาหกรรมยางยานพาหนะ ได้แก่ ยางล้อต่างๆทั้งยางนอกและยางในรวมถึงยางอะไหล่อื่นๆ ยางยืดและยางรัดของถงมือยางทางการแพทย์ รองเท้าและอุปกรณ์กีฬา ผลิตภัณฑ์ฟองน้ำ สื่อการเรียนการสอนอุปกรณ์และสื่อการเรียนการสอน โดยเฉพาะทางด้านการแพทย์ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานก่อสร้างและวิศวกรรม เช่น ยางรองคอสะพาน (Elastomeric Bearings for Bridges) หรือแผ่นยางรองคอสะพาน (Rubber Bridge Bearigs) แผ่นยางกันน้ำซม (Water Stop) ยางกันชนหรือกันกระแทก (Rubber of Rubber Bumper) ยางคั่นรอยต่อคอนกรีต (Rubber Hose for Joint of Rubber Sealant) บล็อกยางปูพื้น (Rubber Block) แผ่นยางปูอ่างเก็บน้ำ (Rubber Water Confine) ฝายยาง (Rubber Dam) หรือเขื่อนยางแผ่นยางปูพื้น (Rubber Floor Mat) ผสมยางมะตอยสำหรับทำผิวถนน และหมอนยางธรรมชาติฟองน้ำเป็นต้น

เจลลดไข้ เป็นเภสัชภัณฑ์เจล ใช้เป็นยาทางผิวหนัง ที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะสวยงามใช้ได้สะดวกและมีประสิทธิภาพช่วยทางการรักษาที่ดี จากการสำรวจพบว่า ผลิตภัณฑ์เจลลดไข้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันนี้ ผลิตขึ้นจากพอร์ลิเมอร์ซึ่งเป็นสารก่อเจลสังเคราะห์ มีการผสมเมนทอลเพื่อเป็นสารให้ความเย็นแก่ผิวหนังซึ่งจะไปกระตุ้นประสาทในส่วนของตัวรับความเย็น(cold receptor) โดยตรง จึงมีผลต่อการรับรู้อุณหภูมิที่ปลายประสาท ทำให้ผิวหนังรู้สึกเย็นโดยไม่ได้เกิดจากการระเหยแล้วพาความร้อนออกไปจากผิวหนัง

ในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกพืชสมุนไพรไทยที่น่าสนใจ หาได้ง่ายในท้องถิ่น มีราคาไม่แพงและใช้ได้ปลอดภัย มาสกัดด้วยกรรมวิธีที่ไม่ยุ่งยากเพื่อให้ได้สารสกัด เพื่อพัฒนาแผ่นแปะเจลลดไข้โดยใช้พืชสมุนไพรท้องถิ่นที่มีคุณสมบัติลดอุณหภูมิทางผิวหนัง เป็นการพัฒนาต่อยอดจากภูมิปัญญาพื้นบ้าน มีการนำพืชสมุนไพรมาใช้ประโยชน์กันตั้งแต่สมัยโบราณ ซึ่งได้ทำการเลือกสมุนไพร คือ ใบพลู พัฒนาตำรับโดยใช้กลุ่มสารเปปเปอร์มิ้นท์เป็นองค์ประกอบสมุนไพรที่นำมาทำการวิจัยมีสรรพคุณทางยา (รศ.ภญ.พิมพร ลีลาพรพิสิฐ)

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากพอลิเมอร์ธรรมชาติด้วยการกราฟต์พอลิอะคริลาไมด์

2.เพื่อศึกษากระบวนการเตรียมและการขึ้นรูปแผ่นเจลเย็นลดไข้ด้วยยางพารา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ได้วัสดุบวมน้ำจากพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ให้การบวมน้ำสูง และมีสมบัติเหมาะสมในการทำแผ่น เจลเย็นลดไข้

2.ได้แผ่นเจลเย็นลดไข้จากไฮโดรเจลสำหรับผู้มีไข้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.สังเคราะห์ไฮโดรเจลจากแป้งด้วยการกราฟต์อะคริลาไมด์ ศึกษาสภาวะปฏิกิริยาที่เหมาะสม วิเคราะห์การดำเนินไปของปฏิกิริยา ทดสอบความสามารถการบวมน้ำ

2.เตรียมแผ่นเจลเย็นยางพารา ลดไข้ พร้อมการทดสอบความสามารถในการลดไข้

1.5 สถานที่ทำวิจัย

ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

1.6 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

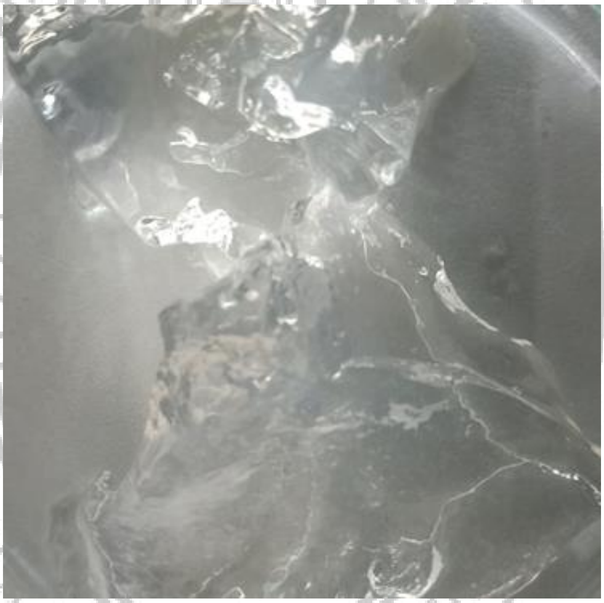
เริ่มตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำทั่วไป

ไฮโดรเจลเป็นพอลิเมอร์เชื่อมขวางชนิดที่ชอบน้ำที่มีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ โดยสายพอลิเมอร์ของไฮโดรเจลจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะทางเคมี ซึ่งส่วนใหญ่เชื่อมกันด้วยพันธะโควาเลนต์20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม แต่ถ้าดูดซับได้มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมจะเรียกไฮโดรเจลชนิดนี้ว่า ซุปเปอร์แอบซอร์พเบนซ์ ไฮโดรเจลจะมีคุณสมบัติคือเมื่ออยู่ในน้ำที่มีปริมาณมากพอจะเกิดการพองตัวโดยการดูดซับน้ำเข้าไปในโครงร่างตาข่ายพอลิเมอร์ (Polymer)



ภาพที่2.1การบวมตัวของไฮโดรเจลเมื่อมีการดูดซับน้ำ
(**ที่มา**: อัชมาน อาแดถ่ายเมื่อ 20 กรกฎาคม 2564)

พอลิเมอร์เป็นสารที่สามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดจากโมเลกุลพื้นฐานที่เรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) จำนวนมากมากสร้างพันธะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์โดยพอลิเมอร์บางชนิดอาจเกิดจากมอนอเมอร์ที่เป็นชนิดเดียวกันทั้งหมดมาเชื่อมต่อกัน เช่น แป้ง และพอลิเอทิลีน เป็นต้น แต่ในบางชนิดก็อาจเกิดขึ้นจากมอรอเมอร์ที่แตกต่างกันมาเชื่อมต่อกันก็ได้ ตัวอย่างเช่น พอลิเอสเทอร์ และโปรตีน เป็นต้น

ในปัจจุบันพอลิเมอร์ได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์และกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆอย่างมาก โดยตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง ละมีการใช้ประโยชน์กันมากได้แก่ พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์และยางพารา เป็นต้น (ปิยะวรรณ, 2556)

2.2 ประเภทของพอลิเมอร์

พอลิเมอร์เป็นสารที่มีอยู่มากมายหลายชนิดซึ่งในแต่ละชนิดก็จะมีสมบัติและการดำเนินที่แตกต่างกัน ดังนั้นการจัดจำแนกประเภทพอลิเมอร์โดยอาศัยลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

1.พิจารณาตามแหล่งกำเนิด

เป็นวิธีพิจารณาโดยดูจากวิธีการกำเนิดของพอลิเมอร์นั้นซึ่งจะสามารถจำแนกพอลิเมอร์ได้ 2 ประเภท คือ พอลิเมอร์ธรรมชาติ และพอลิเมอร์สังเคราะห์

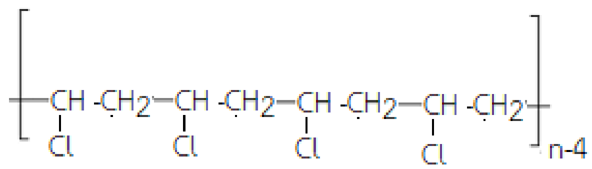
1.1 พอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural Polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น โปรตีน แป้ง เซลลูโลส และยางธรรมชาติ

1.2 พอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic Polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการสังเคราะห์เพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น พลาสติก ไนลอน ดาครอน และลูไซต์

2พิจารณาตามมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ

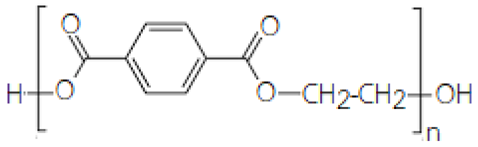
เป็นวิธีการพิจารณาโดยดูจากลักษณะมอนอเมอร์ที่เข้ามาสร้างพันธะร่วมกัน โดยจะสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 โฮมอลิเมอร์ เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียวกัน เช่น แป้ง พอลิเมอร์ และ พีวีซี เป็นต้น



Polyvinylchloride (PVC)

2.2 โคพอลิเมอร์ เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ต่างชนิดกัน เช่น โปรตีน พอลิเอสเทอร์ เป็นต้น



Poly ethylene terephthalate (PET)

2.3 การเกิดพอลิเมอร์

พอลิเมอร์เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์ พอลิเมอร์ไรเซชันคือกระบวนการเกิดสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ (พอลิเมอร์)จากสารที่มีโมเลกุลเล็ก(มอนอเมอร์)ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของสารสามารถเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบ คือ แบบต่อเติม และแบบ ควบแน่น ดังนี้

1.ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบต่อเติม (addition polymerization) เป็นปฏิกิริยาการรวมตัวกันของมอนอเมอร์ที่ไม่มีการกำจัดส่วนใดของมอนอเมอร์ออกไป การสร้างพันธะระหว่าง มอนอเมอร์จะเกิดขึ้นได้โดยการเปลี่ยนพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนให้เป็นพันธะเดียว เพื่อนำอิเล็กตรอน ที่เหลือไปสร้างพันธะเดียวกับโมเลกุลมอนอเมอร์อื่นๆ เมื่อเกิดปฏิกิริยาแบบต่อเติมนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ เกิดขึ้น มีเพียง พอลิเมอร์เท่านั้น พอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นโดยวิธีนี้ ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น

2. ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น (Condensation polymerization) เป็นปฏิกิริยารวมตัว ของมอนอเมอร์ที่มีการกำจัดบางส่วนของมอนอเมอร์ออกไป โดยเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิ เมอร์ และสารอื่นๆ ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น น้ำ แอมโมเนีย แอลกอฮอล์ เป็นต้น

2.4 โครงสร้างของพอลิเมอร์

สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ขึ้กับโครงสร้างของโมเลกุลที่เกิดหน่วยเล็กๆของมอนอเมอร์ ดังนั้น โครงสร้างของพอลิเมอร์แบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

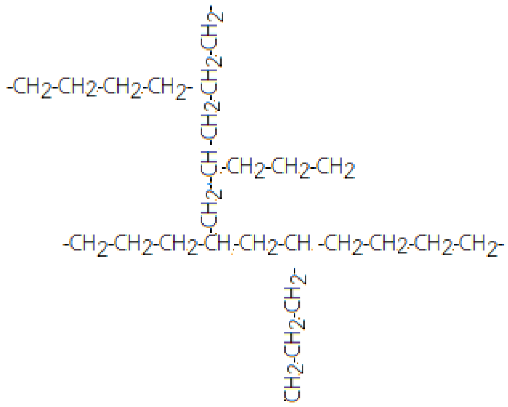
ก. พอลิเมอร์แบบเส้น (Chain length polymer)

$$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$$

ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างเชิงเส้นของพอลิเอทิลีน(polyethylene, PE)

เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์สร้างพันธะต่อกันเป็นสายยาว โซ่พอลิเมอร์เรียงชิดกันมากว่าโครงสร้างแบบอื่นๆ จึงมีความหนาแน่น และจุดหลอมเหลวสูง มีลักษณะแข็ง ขุ่นเหนียวกว่าโครงสร้างอื่นๆ ตัวอย่าง PVC (พอลิไวนิลคลอไรด์) PS (พอลิสไตรีน) PE (พอลิเอทิลีน)

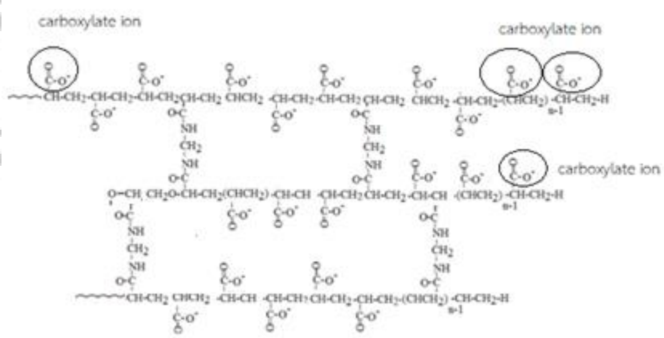
ข. พอลิเมอร์แบบกิ่ง (Branched polymer)



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างแบบกิ่งก้านของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene, LDPE)

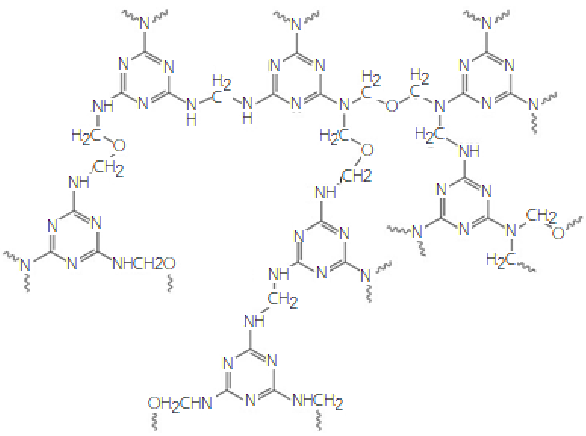
เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ยึดกันแตกกิ่งก้านสาขา มีทั้งโซสั้นและโซ่ยาว กิ่งที่แตกจากพอลิเมอร์ของโซ่หลัก ทำให้ไม่สามารถจัดเรียงโซ่พอลิเมอร์ให้ชิดกันได้มาก จึงมีความหนาแน่นและจุดหลอมเหลวต่ำยืดหยุ่นได้ ความเหนียวต่ำ โครงสร้างเปลี่ยนรูปได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตัวอย่าง พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

ค. พอลิเมอร์แบบร่างแห (Cross-linking polymer)



ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างร่างแห่ของพอลิอะคริเลต

เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ต่อเชื่อมกันเป็นร่างแห พอลิเมอร์ชนิดนี้มีความแข็งแกร่งและ เปราะหักง่าย ตัวอย่างเบกาไลต์ เมลามีนใช้ทำถ้วยชาม (อนุสิษฐ์, 2560)

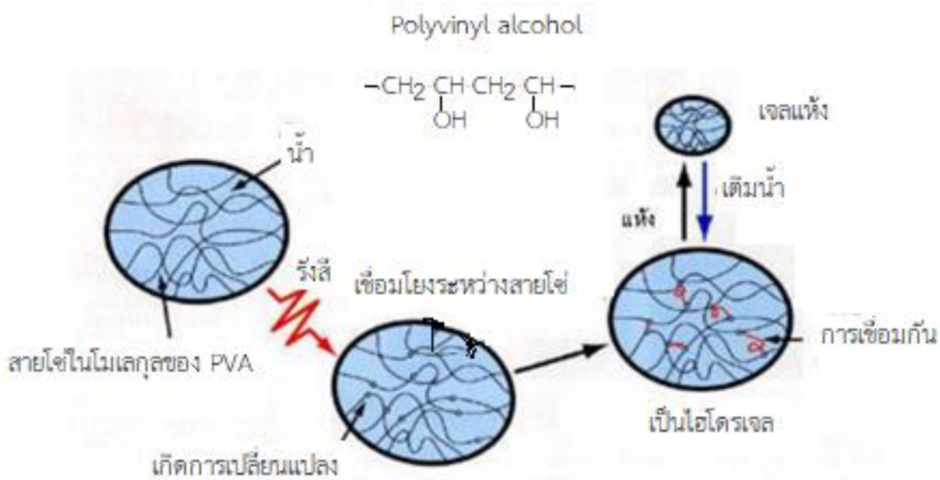


ภาพที่ 2.5 แสดงโครงสร้างร่างแห่ของเมลามีนฟอ์มอลดีไฮด์เรซิน (Modified from Wang et al., 2016)

2.5 สมบัติของไฮโดรเจล

การบวมน้ำ

การบวมน้ำของไฮโดรเจลในสารละลายเป็นคุณสมบัติเด่นอย่างหนึ่งทำให้สามารถนำไฮโดรเจลไปประยุกต์ใช้ในทางด้านการแพทย์ เพื่อใช้เป็นเจลสมานบาดแผล รักษาความชุ่มชื่นของแผลโดยไม่เกิดการหมักหม่ม ช่วยในการดูดซับส่วนของเลือดและน้ำหนองที่เกิดจากแผลด้วย

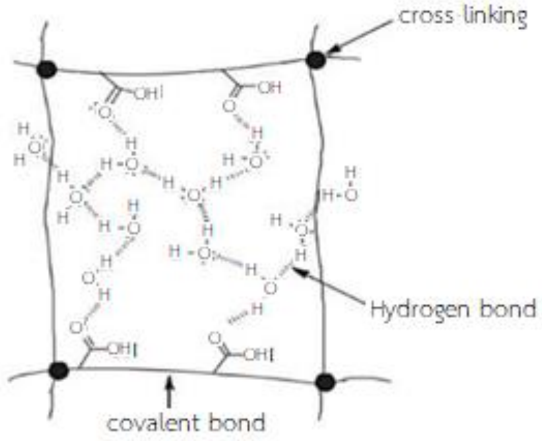


ภาพที่ 2.6 โครงสร้างการบวมน้ำของไฮโดรเจล

การดูดซับน้ำของไฮโดรเจล

ไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำได้โดยการเกิดปฏิกิริยาหรืออันตรกิริยาทางเคมีระหว่างหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำกับโมเลกุลของน้ำและในระหว่างการดูดซับน้ำ ไฮโดรเจลสามารถคงรูปร่างอยู่ได้ โดย

ไม่ละลายในน้ำ เนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีเป็นโครงร่างตาข่าย ตัวอย่างกลไกการดูดซับน้ำของ poly (sodium acrylate) hydrogel โดยการดูดน้ำของไฮโดรเจลสามารถเกิดขึ้นโดยการเกิดปฏิกิริยาหรือการสร้างพันธะระหว่างโมเลกุลของน้ำกับคู่อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (lone pair electron) ของอะตอมออกซิเจนในหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก (-COOH)จากนั้นโมเลกุลของน้ำจะดึงดูดน้ำโมเลกุลอื่นๆเข้ามาเก็บไว้ในโครงร่างตาข่ายของไฮโดรเจลโดยการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่าง โมเลกุลของน้ำด้วยกัน



ภาพที่ 2.7 กลไกลการดูดน้ำของ poly (sodium acrylate)

วิธีที่ใช้ในการหาน้ำหนักของไฮโดรเจลคือ นำไฮโดรเจลแห้งมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไฮโดรเจลที่ชั่งแล้วไปแช่ในน้ำกลั่นตามสภาวะแวดล้อมที่กำหนดและชั่งน้ำหนักของไฮโดรเจลหลังการบวมน้ำน้ำหนักของ ไฮโดรเจลหลังการบวมน้ำและน้ำหนักแห้งของไฮโดรเจลที่ได้มาคำนวณ

ค่าปริมาณสมดุลของการบวมน้ำ (%)

$$S_W = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \qquad (1)$$

โดยที่ W_1คือ น้ำหนักเจลแห้งเริ่มต้น

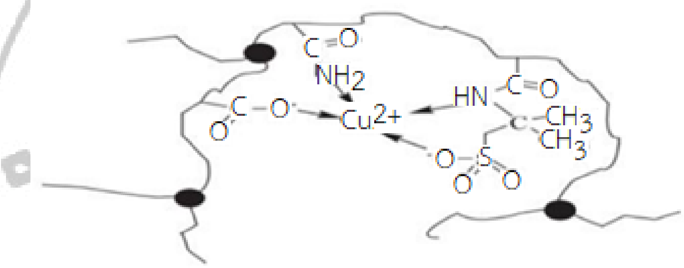
W_2คือ น้ำหนักเจลที่บวมน้ำเต็มที่

ซึ่งค่าทั้งสองเป็นค่าที่ได้มาจากการทดสอบการบวมน้ำของไฮโดรเจลในหน่วยกรัมต่อกรัม

การบวมน้ำของไฮโดรเจลจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยซึ่งอยู่กับหลายปัจจัยซึ่งประกอบด้วยประเภทและองค์ประกอบของโมโนเมอร์ ความหนาแน่นของพันธะและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมอื่น เช่น อุณหภูมิ พี่เอช และความแข็งแรงของพันธะไอออน

การดูดซับโลหะหนัก

เป็นที่ทราบกันดีว่าน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ที่เป็นพิษหลายชนิด เช่น ทองแดง แคดเมียม สารหนู และสารอื่นๆ ซึ่งหากทิ้งน้ำเสียลงสู่แม่น้ำลำคลองจะก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมตามมา โดยหากโรงงานอุตสาหกรรมมีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำลคลองโดยการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโลหะหนักกับวัสดุพอลิเมอร์และการแลกเปลี่ยนไอออนการเกิดการคีเลตระหว่างไอออนโลหะหนักกับพอลิเมอร์เรียกว่า “โพลีคีเลตโทเจน”โดยไอออนโลหะหนักจะคีเลตกับอะตอมที่ให้อิเล็กตรอนของพอลิเมอร์ เช่น ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ออกซิเจน และฟอสฟอรัส โดยสร้างพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์ ดังภาพที่5 ซึ่งพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ส่วนมากจะมีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล เอไมด์ เอมีน และแอมโมเนียม อยู่ในโครงสร้างด้วยซึ่งสามารถจับหรือเกิดโพลีคีเลตไทเจนกับไอออนโลหะหนักได้ดี



ภาพที่ 2.8 การเกิดโพลีคีเลตโทเจนระหว่างโลหะหนักกับไฮโดรเจล

ความหนาแน่นของพันธะร่างแห

ความหนาแน่นของพันธะร่างแหของไฮโดรเจลจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่นๆ เช่น การบวมน้ำของไฮโดรเจล โดยควาหนาแน่นของพันธะร่างแหนี้จะมีคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ความแข็งแรงของโครงสร้างและการให้อากาศหรือของเหลวซึมผ่านได้ ซึ่งความแข็งแรงของโครงสร้างไฮโดรเจลจะมีพื้นฐานที่สำคัญมาจากองค์ประกอบและโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่จะนำมาเตรียมไฮโดรเจล ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นตาข่าย ทำให้ไฮโดรเจลสามารถดูดซับน้ำได้ดีในปริมาณที่มาก แต่ถ้าความหนาแน่นของพันธะร่างแหน้อยสามารถปรับปรุงโดยการเพิ่มควาหนาแน่นของพันธะ เช่น การเตรียมพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งด้วยการทำให้เกิดโคพอลิเมอร์ไรเซชัน

ความยืดหยุ่น

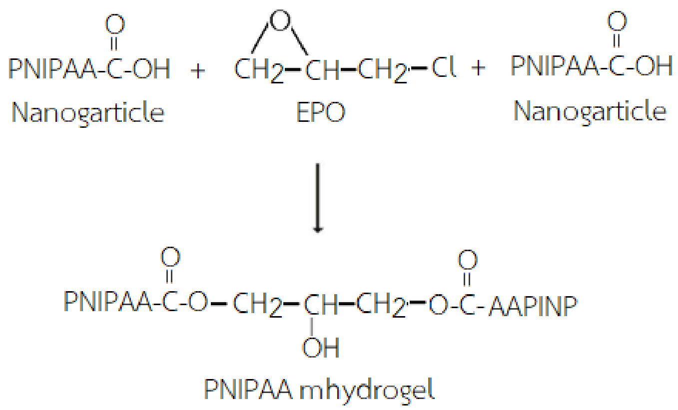
ในขณะที่การยืดหยุ่นของวัสดุมีปัญหาจะทำให้กลไกลของแรงดึงของไฮโดรเจลเปลี่ยนรูปหรือขยายตัวมากเกินไป โดยส่วนใหญ่แล้วค่าสัมประสิทธิของวัสดุจะเป็นอัตราส่วนต่อแรงกด ซึ่งจะได้ผลต่อการขยายตัวของไฮโดรเจล ส่วนค่าสัมประสิทธิของการยืดหยุ่นนั้นจะอ้างถึงการกลับคืนตัวของไฮโดรเจลหรือกล่าวคือเมื่อมีการดึงดูดแล้วไฮโดรเจลที่ได้สามารถกลับคืนตัวได้ ซึ่งการบวมน้ำของ

ไฮโดรเจลจะมีความสำคัญต่อควายืดหยุ่นของไฮโดรเจลและจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลอีกด้วย ชนิดของไฮโดรเจล

การจำแนกประเภทของไฮโดรเจลสามารถแบ่งได้ 4 ประเภทใหญ่ๆตามลักษณะของการสังเคราะห์ และการประยุกต์ใช้งานที่แตกต่างกันดังนี้

1.ไฮโดรเจลชนิดแผ่นฟิล์ม

ไฮโดรเจลชนิดแผ่นฟิล์มจะนำไปใช้เคลือบพื้นผิวของวัสดุต่างๆ ตัวอย่างการเตรียมไฮโดรเจลชนิดแผ่น ฟิล์ม เช่น การเตรียมไฮโดรเจล ชนิด poly(N-isopropylacrylamide)(PNIPAAm) ซึ่งเตรียมด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์ N-isopropylacrylamide (NIPAAm) N,N-methylene-bisacrylamide (BIS) และ acrylic acid (AA) โดยมีตัวเริ่มปฏิกิริยาคือ potassiumpersulfatesระหว่างโลหะหนักกับไฮโดรเจล ($K_2S_2O_8$,KPS)และใช้ epichlorohydrin(EPO) เป็นสารเชื่อมขวางซึ่งมีแผนภาพการสังเคราะห์แสดงภาพที่7

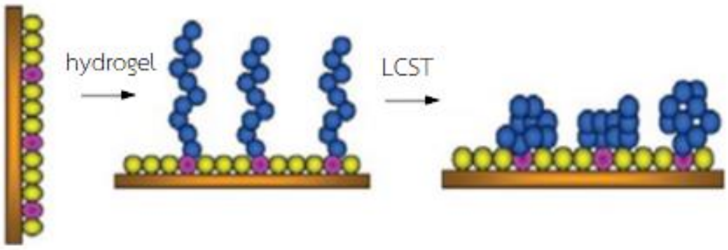


ภาพที่ 2.9 แผนภาพการเตรียม PNIPAAm hydrogel

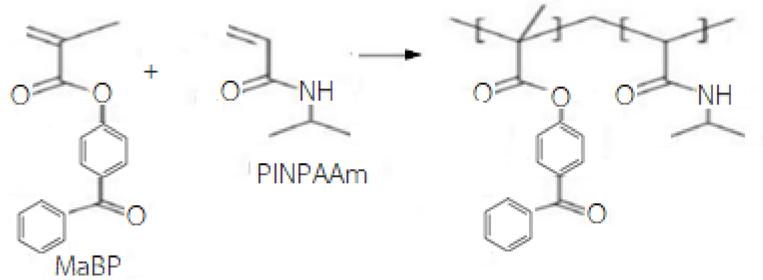
2. ไฮโดรเจลชนิดกราฟต์บนพื้นผิว

ไฮโดรเจลชนิดกราฟต์บนพื้นผิวสามารถเตรียมได้โดยให้ไฮโดรเจลเกิดพันธะบนพอลิเมอร์อื่นที่ไม่สามารถละลายน้ำ ซึ่งพิจารณาจากอุณหภูมิวิกฤติล่างที่ทำให้พอลิเมอร์ไม่รวมตัวกับน้ำ (LowerCritical Solution Temperature) (LCST) โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่า LCST พอลิเมอร์จะเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ดีกับน้ำจึงแสดงพฤติกรรมการบวมตัว ส่วนที่อุณหภูมิสูงกว่า LCST พอลิเมอร์จะมีสมบัติไม่ชอบนน้ำจึงแสดงพฤติกรรมการหดตัวขั้นตอนในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลชนิดกราฟต์ บนพื้นผิวแสดงดังรูที่ 9 การเตรียมตัวอย่างโคพอลิเมอร์ของ poly(N-isopropyl -acrylamide/Methacryloylbenzophenone) (PNIPAAm/MaBP) ซึ่งเตรียมได้โดยการนำ

PNIPAAmกราฟต์บนพื้นผิวของ MaBPลักษณะแผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมแสดงดังภาพประกอบ ที่ 10



ภาพที่ 2.10 การเตรียม Surface grafted polymer



ภาพที่ 2.11 การเตรียมโคพอลิเมอร์ของ PNIPAAm/MaBP

3.ไฮโดรเจลชนิดโครงร่างตาข่าย

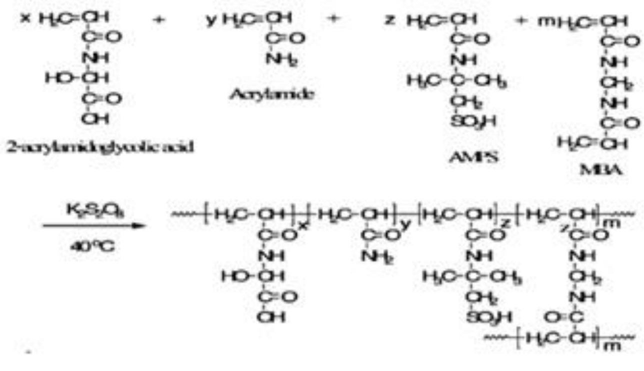
ไฮโดรเจลชนิดโครงร่างตาข่ายเตรียมได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของสารละลายผสมของมอนอเมอร์ตัวริเริ่มปฏิกิริยาและสารเชื่อมขวางหรือบางกรณีอาจเติมตัวทำละลายลงไปด้วยจากนั้นเทลงไปในแม่พิมพ์ตัวอย่าง เช่น การเตรียมไฮโดรเจลชนิด Acrylamide (AAm) /2-acrylamidegylcolicacid (AAGA)/2-acrylamide-2-methylpropane sulfonic acid (AMPS) hydrogels ซึ่งทำการเตรียมโดยใช้มอนอเมอร์ของ acrylamide (AAm), 2-acrylamidogylcolic acid (AAGA) และ 2-acrylamido 2-Methyl Propanesulfonic acid (AMPS) ด้วยวิธีการพอลิเมอไรเซชันแบบฟรีแรดิคัล (freeradicalpolymerization) ที่อุณหภูมิต่ำ40 °C ในตัวทำละลายที่มี KPS และ N,N - methylenebisacrylamide (MBA) หรือ ethyleneglycoldimethacrylate (EGDMA) เป็นตัวริเริ่ม ปฏิกิริยาแบบฟรีเรดิคัลและสารเชื่อมขวาง สมการปฏิกิริยาแสดงดัง ภาพที่10ลักษณะของไฮโดรเจลที่เตรียมได้ด้วยวิธีนี้จะมีลักษณะใส เหนียวและค่อนข้างคงรูปแต่ฉีกขาดได้ง่าย

ดังนั้นจึงได้พัฒนาวิธีการเตรียมไฮโดรเจลให้เป็นพอลิเมอร์โครงร่างตาข่ายชนิดแทรกสอด (Interpenetrating Network, IPN) ขึ้นซึ่งเป็นการรวมกันของพอลิเมอร์สองเฟสที่มีความเข้ากันได้ยากให้ สามารถเข้ากันได้ง่ายขึ้น โดยอาศัยหลักการการผสมทางเทอร์โมไดนามิกส์ (AGmix = AHmix + T-Smix< 0) ซึ่งส่งผลให้ประสบปัญหาการแยกเฟสน้อยมาก เนื่องจาก มีจุดเชื่อมขวางที่

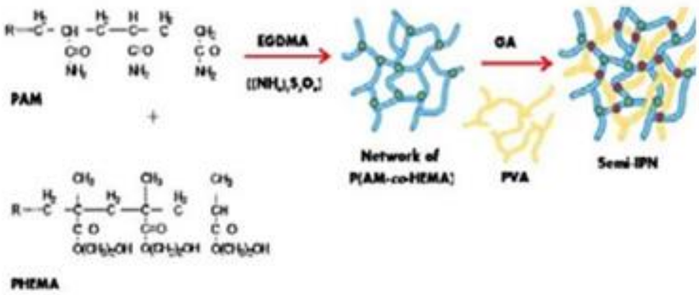
มากและยึดเหนี่ยวไว้อย่างแข็งแรง ดังนั้นไฮโดรเจลที่มีโครงสร้างตาข่ายพอลิเมอร์ชนิดแทรกสอด จึงมีจุดเด่นในเรื่องของสมบัติเชิงกลที่ดีมาก และมีความสามารถในการดูดซับน้ำในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับไฮโดรเจลที่มีโครงสร้างตาข่ายธรรมดา

4. ไฮโดรเจลโครงร่างตาข่ายพอลิเมอร์ชนิดแทรกสอด

เทคนิคการสร้างตาข่ายพอลิเมอร์ชนิดแทรกสอด (Interpene-trating Network Hydrogel, PN hydrogel) เป็นเทคนิคใหม่ที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน โดยเชื่อว่าจะสามารถปรับปรุงและพัฒนาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ไฮโดรเจลได้เป็นอย่างดี ซึ่งตาข่ายพอลิเมอร์ชนิดแทรกสอด IPNคือการรวมกันของสองพอลิเมอร์ซึ่งอยู่ในลักษณะที่เป็นโครงร่างตาข่าย โดยอย่างน้อยจะต้องมีโครงร่างตาข่ายหนึ่งเกิดขึ้นมาก่อนหรือถูกสังเคราะห์ขึ้นมาก่อน แล้วจากนั้นสายโซ่ของพอลิเมอร์อีกตัวหนึ่งจะเข้าไปแทรกสอดแล้วสร้างเป็นโครงร่างตาข่ายขึ้นอีกอันขึ้นมาการเตรียมไฮโดรเจลโครงร่างตาข่ายพอลิเมอร์ชนิดแทรกสอด เช่น การเตรียมไฮโดรเจลของ P(AM-co-HEMA)/PVA ทำได้โดยการสร้างโครงร่างตาข่ายพอลิเมอร์แรกขึ้นมาก่อน โดยการทำปฏิกิริยาโคพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่าง acrylamide กับ hydroxyethyl methacrylate โดยมี EGDMA เป็นสารเชื่อมขวาง จากนั้นในขั้นตอนที่สองจะเติมglutaraldehyde (GA) ซึ่งเป็นสารเชื่อมขวางตัวที่สองลงไปในระบบ ซึ่งในขั้นตอนนี้สายโซ่ของพอลิเมอร์ poly(vinyl alcohol) (PVA) ซึ่งมีอยู่ในระบบอยู่แล้วจะเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยเกิดพันธะเชื่อมขวางขึ้นพร้อมทั้งเกิดการแทรกสอดและเกี่ยวพัน โดยมี GA เป็นสารเชื่อมไขว้ที่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาได้ทั้งหมู่ ไฮดรอกซิลของ hydroxyethyl methacrylate และหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA และจะได้ลักษณะที่เป็นตาข่ายพอลิเมอร์ชนิดแทรกสอด กลไกการเตรียมแสดงดังภาพที่2.12



ภาพที่ 2.12 สมการแสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์ AA/AAGA/AMPS ไฮโดรเจล



ภาพที่ 2.13 การเตรียม P(AM-Co-HEMA)PVA semi-IPNhydrogel

2.6 เจลลดไข้

แผ่นเจลลดไข้ (cooling gel sheet) จะมีลักษณะเป็นแผ่นผ้าสี่เหลี่ยมแนวนอน ข้างในจะบรรจุเจลเอาไว้ ซึ่งเจลนี้จะทำหน้าที่ให้ความเย็นกับผิวหนัง บริเวณที่ติดแผ่นเจลนี้เอาไว้โดยไม่ทำอันตรายกับผิวหนัง ความเย็นจากเจลนั้นจะช่วยให้อุณหภูมิลดลงไปบ้าง หากใช้ควบคู่กับยาลดไข้ก็จะเห็นผลเร็วยิ่งขึ้น (นพ.อานนท์ เรืองอุตมานันท์, 2019)

ส่วนประกอบสำคัญของแผ่นเจลลดไข้

1) Water soluble polymer

Hydrophilic polymer ได้แก่ พอลิเมอร์ที่มีส่วนประกอบที่ชอบน้ำสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ ส่วนมากได้แก่กลุ่ม amines, imines, ether, alcohol, sulphates, carboxylic และเกลือ ปริมาณและอัตราเร็วในการถูกละลายขึ้นกับปริมาณของ substitute group ของ non-polar group ในโมเลกุลของพอลิเมอร์(ภก.ผศ.ดร.กัมปนาท หวลบุตตา) เป็นสารที่ทำให้ผิวนุ่มป้องกันการระเหยของน้ำจากผิวหนังและสามารถเก็บความชื้นได้

2) Paraben

พาราเบนเป็นสารกันเสียชนิดหนึ่งที่มีราคาถูก จึงนิยมนำมาเป้นวัตถุดิบกันเสียในเครื่องสำอาง ประเภท แชมพู ครีมนวดผม ครีมบำรุงผิวหน้า ครีมทำความสะอาด ครีมสำหรับเล็บ น้ำยาดัดผมถาวร และ ยาสีฟัน รวมทั้งแผ่นเจลลดไข้ของลูกน้อยเราด้วย สารพาราเบนนี้ กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ได้ในปริมาณที่จำกัด เพราะมีงานวิจัยเกี่ยวกับผลเสียของพาราเบนต่อมนุษย์ พบว่า พาราเบนเพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งของผู้หญิง โดยเฉพาะ มะเร็งเต้านม เพราะร่างกายของเราสามาตรดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว เมื่อสารตัวนี้เข้าสู่ร่างกายจะทำงานเหมือนฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ร่างกายผลิต ทำให้ร่างกายทำงานไม่สมดุล

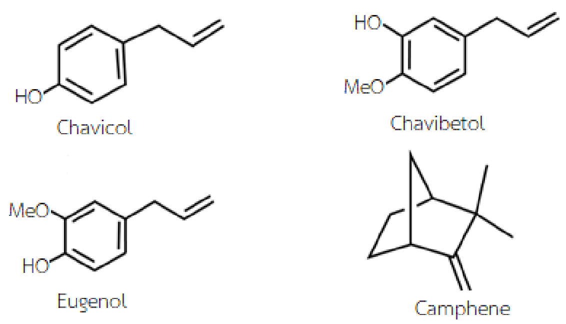
3) Menthol

เมนทอล เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง มีมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีกลิ่นหอมและเย็น มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จาก พืชบางชนิด เช่น น้ำมันมินต์ซึ่งสกัดจากใบมินต์ ใช้ประโยชน์ในทางยา ปรุงกลิ่นและปรุงรส การให้ความเย็นของมันเริ่มจากเมนทอลจะเข้าไปจับกับเซลล์ประสาทตัวหนึ่งของเราทำให้เรารู้สึกว่าเย็น เพราะที่ปลายประสาทจะขยาย มีการดึงแคลเซียมเข้ามา เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับประจุไฟฟ้าในระดับเซลล์ ก่อนส่งกระแสไปยังประสาทระดับความเย็นที่เรารู้สึกนั้นจะอยู่ในช่วง 8-28 องศาเซลเซียส

4) ใบพลู

พลู (Betel Piper) เป็นพืชสมุนไพรที่อยู่คู่กับคนไทยมาตั้งแต่สมัยโบราณที่รู้จักกันในคำพูดพลูกับหมาก ที่นิยมใช้ส่วนใบที่มีรสเผ็ดร้อนมาเคี้ยวกับปูนขาวหรือปูนแดง ร่วมกับหมาก และใบยาสูบ สำหรับรักษาฟัน และบำรุงเหงือก จึงมักพบว่า คนเคี้ยวหมากมักมีฟันแข็งแรง แม้อายุถึงวัยชรา โดยมีทางชื่อวิทยาศาสตร์ : Piper betle Linn ชื่อวงศ์ : Piperaceaeชื่อสามัญ : Betel Piper(puechkaset, 2015)ใบพลูจะมีรสเผ็ดเมา และมีสรรพคุณใช้เคี้ยวกินกับหมาก ขยี้แล้วใช้อุดจมูกช่วยห้ามเลือดกำเดาให้หยุดไหล แก้ปวดฟัน แก้รำมะนาด แก้ปากเหม็น ขับลมในลำไส้ แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ปวดศีรษะ แก้ปวดท้อง ท้องเสีย กระตุ้นให้กระปรี้กระเปร่า ใช้ภายนอก แก้ปวดบวม ฟกช้ำ ฆ่าเชื้อโรค เป็นยาชาเฉพาะที่ ช่วยให้เส้นเลือดหดตัว ฆ่าเชื้อโรคหนอง ฝี วัณโรค แก้การอักเสบของเยื่อจมูกและคอ แก้กลาก แก้ฮ่องกงฟุต แก้คัน แมลงกัดต่อย แก้ลมพิษ ลนไฟนาบท้องเด็ก แก้ปวดท้องและแก้ลูกอัณฑะยาน บรรเทาอาการไอมีเสมหะ แก้คัดจมูก เจ็บคอ

ใบพลู มีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสาระสำคัญต่างๆ ได้แก่ chavicol, chavibetol, eugenol , estragole, methyl eugenol และ hydroxycatechol สารกลุ่มโมโนเทอร์ปีนส์ เช่น 1,8-cineol, carvacrol, camphene, limonene สารกลุ่มเซสควิเทอร์ปีนส์ เช่น cadinene, caryophyllene นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ อีก เช่น β-carotene, β-sitosterol, stigmasterol และในส่วนของต่างๆของพลูสดยังพบสาร Fluoride , tectrochrysin, adunctin A, yangonin, fargesin, pluviatilol, sesamin



ภาพที่ 2.14 ภาพสารองค์ประกอบทางเคมีของพลู (**ที่มา** : Wikipedia)

สำหรับสรรพคุณ น้ำคั้นจากใบพลูสดจะมีรสเผ็ด เป็นยาถ่ายพยาธิ ยาระบายอาการท้องผูก ยาเจริญอาหาร ขับเสมหะ ลดไข้ แก้ปวดศรีษะ ขับลมในกระเพาะอาหาร ทำให้ลมหายใจหอมสดชื่น เป็นยาสมานแผล และใช้ป้องกันเชื้อจุลินทรีย์แก้อาการผื่นคัน ลมพิษ แพ้ อักเสบ แมลงสัตว์กัด แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แน่น จุกเสียด แก้ตาแดง แก้วิงเวียน อีกทั้งรากยังสามารถรักษาโรคเอดส์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้สังเคราะห์ไฮโดรเจลที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อดูดซับน้ำเสียจากด่างโดยใช้เฮมิเซลลูโลส เพื่อสังเคราะห์ให้ได้พอลิเมอร์ชนิดที่ชอบน้ำ นอกจากนี้ได้เติมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ได้เพิ่มเข้าไปในปฏิกิริยาเพื่อเป็นตัวดักจับภายในของปฏิกิริยาการกราฟต์ของเฮมิเซลลูโลสด้วยอะคริลิกแอซิด/เบนโธไนท์และสร้าง โครงข่ายพอลิเมอร์แบบกึ่งภายในเพื่อเพิ่มสมบัติการบวมน้ำของพอลิเมอร์คอมโพสิต ในงานวิจัยใช้เครื่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟาเรดสเปคโตรสโกปีและเทอร์โมกราวิเมทริก เพื่อระบุลักษณะสัณฐานวิทยาโครงสร้างหมู่ฟังก์ชันและความคงตัวทางความร้อนของไฮโดรเจลคอมโพสิตที่สังเคราะห์ได้ นอกจากนี้ได้ศึกษาการดูดซับของเหลว ในน้ำกลั่นและน้ำเกลือ ได้แก่อัตราการดูดซับน้ำอัตราการกักเก็บน้ำและความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ของเฮมิเซลลูโลส-กราฟ-อะคริลิกแอซิด/เบนโธไนท์และเฮมิเซลลูโลสกราฟอะคริลิกแอซิด/ เบนโธไนท์-โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ไฮโดรเจลอย่างเป็นระบบ ขณะเดียวกันได้ศึกษาจลนศาสตร์ของการดูดซับและไอโซเทอร์มของคอมโพสิตไฮโดรเจลและงานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลของการเติมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์และเบนโธไนท์ต่อสมบัติของไฮโดรเจลคอมโพสิตด้วยวิธีการนี้เป็นวิธีการใหม่ ในการออกแบบโครงสร้างของไฮโดรเจลที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับและการบำบัดน้ำเสียจากน้ำด่างในกระบวนการวิศวกรรมเคมี (Xinwei et al. 2019)

ไฮโดรเจลเป็นพอลิเมอร์ชอบน้ำที่มีโครงร่างตาข่ายสามมิติ ซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้ โดยไม่ละลายในน้ำ การเตรียมไฮโดรเจลสามารถเตรียมได้หลายวิธี เช่น ด้วยวิธีปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน หรือการเชื่อมขวาง โดยใช้หมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างของมอนอเมอร์ในการเชื่อมโยงสายโซ่และใช้

ตัวริเริ่มปฏิกิริยาในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในบทความนี้ได้กล่าวถึงวิธีการเตรียมไฮโดรเจลแบบต่างๆ รวมไปถึงเทคนิคต่างๆที่ใช้ในวิเคราะห์สมบัติของไฮโดรเจล และด้วยคุณลักษณะเด่นของไฮโดรเจลด้านโครงสร้างซึ่งมีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายที่สามารถกักเก็บน้ำและของเหลวทางชีวภาพได้มาก จึงทำให้สามารถนำไฮโดรเจลไปประยุกต์ใช้งานหลายๆด้านเช่นใช้ในการดูดซับโลหะหนักใช้เป็นระบบขนส่งยา และวัสดุปิดบาดแผลเป็นต้น (วารุณี และ สายันต์ 25557)

ศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลจาก chitosan-polyvinyl pyrolidoneด้วยการใช้รังสีแกมมา (Y) เพื่อ ใช้ในการขนส่งโปรตีน โดยที่ PH และองค์ประกอบของไฮโดรเจลจะมีผลต่อการดูดซับ bovine serum albumin (BSA) เข้าไปใน chitosan(CS)-polyvinyl pyrrolidone (PVP) (CSPVP) และการปลดปล่อย BSA, CSPVP จะเตรียมได้จากสารผสมระหว่าง CS/ PVP/ Water ด้วยการใช้รังสีแกมมา (Y) ที่อุณหภูมิห้อง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของไฮโดรเจล พบว่าถ้าการดูดซับ BSA ของ CSPVP เพิ่มขึ้น CS ในไฮโดรเจลก็จะเพิ่มขึ้นด้วยแต่ถ้าใช้รังสีมากขึ้นจะทำให้การดูดซับBSAลดน้อยลงเนื่องจากมีการครอสลิงค์ของพันธะมากขึ้นทำให้ไฮโดรเจลมีลักษณะแข็งตัวมากขึ้น และที่ PH เท่ากับ 5 ไฮโดรเจลสามารถดูดซับ BSA ได้มากที่สุด (Sergey et al. 2009)

การใช้แผ่นเจลเย็นแปะสามารถเบาเทาอาการปวดหัว เป็นไข้ อีกทั้งยังสามารถลดอาการข้างเคียงจากการรับประทานยาแก้ปวดอีกด้วย แผ่นแปะไฮโดรเจลจากไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสเป็นแผ่นเจลที่มีความนุ่ม ยืดหยุ่นสูง และให้ความรู้สึกเย็นสบายขณะใช้ โดยแผ่นที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเมนทอล กาลาบูน และสารสกัดจากใบพลูที่มีคุณสมบัติในการดูดความร้อน

งานวิจัยนี้เตรียมไฮโดรเจลเชื่อมขวางแบบกึ่งโครงร่างตาข่าย (Semi-Interpenetrating polymer network; Semi-IPN) ของยางธรรมชาติ (Natural rubber; NR) และแป้งมันสาปะหลัง (Cassava starch; St) (Semi-IPN NR/St) ด้วยวิธีการผสมน้ำยางข้นและแป้งมันสาปะหลังที่ผ่านการเจลาติไนซ์ โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulphate) และ N,N” -methylene-bisacrylamide (MBA) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาและสารเชื่อมขวางตามลำดับ จากการศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติและแป้งมันสาปะหลัง (NR/St) ต่อสมบัติการดูดซึมน้ำและประสิทธิภาพในการใช้งานของ Semi-IPN NR/St พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมีความสัมพันธ์กับอัตราส่วน NR/St โดยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของ Semi-IPN NR/St เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพในการใช้งานลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ St และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงสุดประมาณ 140 เปอร์เซ็นต์ปรากฏที่อัตราส่วน N/St ที่ 30/70 ในขณะที่เสถียรภาพในการใช้งานลดลง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ Starch (ชัยวุฒิ วัดจัง และคณะ 2556 และชัยวุฒิ วัดจัง, 2560)

พอลิเมอร์ที่ตอบสนองต่อพีเอชถูกนำมาใช้ในการประยุกต์ด้านชีวการแพทย์อย่างมากมาย เช่น ใช้เป็นระบบขนส่งยาหรือสารเคมีภายในร่างกาย โดยทั่วไปสารเคมีที่ต้องการขนส่งจะถูกเก็บกักไว้ในเครือข่ายหรืออนุภาคนาโนที่เกิดจากพอลิเมอร์ แต่ในบางกรณีสารเคมีจะถูกเชื่อมต่อกับพอลิเมอร์ผ่านการเกิดพันธะเคมีการเปลี่ยนแปลงของพี่เอชที่บริเวณอวัยวะหรือเนื้อเยื่อเป้าหมาย ทำให้

เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของอันตรกริยาระหว่างประจุบนพอลิเมอร์หรือการสลายของพันธะเคมีในโครงสร้างของพอลิเมอร์ ส่งผลให้สารเคมีที่ขนส่งถูกปลดปล่อยออกมา บทความนี้ได้ รวบรวมพื้นฐานทางทฤษฎีที่จำเป็นและการประยุกต์ที่น่าสนใจของพอลิเมอร์ที่ตอบสนองต่อพีเอชตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (ณัฐวิศิษฎ์ ยะสารวรรณ, 2557)

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาไฮโดรเจลที่มีสมบัติในเรื่องของความสามารถในการดูดซับน้ำ ซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้สูงถึง 600 เท่าของน้ำหนักตัวเอง และการยอมให้โมเลกุลต่างๆ เช่น น้ำแก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซต์ โปรตีน ยา เป็นต้น สามารถแพร่ผ่านได้จึงมีการนำไฮโดรเจลมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆแพร่หลาย เช่น ด้านสุขอนามัยจะนำมาผลิตเป็นผ้าอ้อมสำเร็จรูป และผ้าอนามัย ด้วยสมบัติของไฮโดรเจลที่ช่วยดูดซับพวกของเหลวไว้ได้นาน แต่ปล่อยน้ำออกมาได้ยาก เช่น ปัสสาวะ จึงทำให้ไม่เกิดการเปียกขึ้น ด้านการแพทย์จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ได้ค่อนข้างหลากหลายเนื่องจากมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อหรือร่างกายของมนุษย์ การนำมาทำคอนแทคเลนส์ นอกจากนี้ไฮโดรเจลยังช่วยป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุในดิน เนื่องจากสามารถดูดซับแร่ธาตุต่างๆได้ แต่โดยส่วนใหญ่ไฮโดรเจลที่นำมาใช้ในด้านการเกษตรนั้นเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมีซึ่งสามารถย่อยสลายได้ยาก (ธัญญภรณ์ ศรีสุบิน, 2557)

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์ไฮโดรเจล ซึ่งไฮโดรเจลนั้นสามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธี ได้แก่ การเชื่อมขวางทางกายภาพ การเชื่อมขวางทางเคมี การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์และการฉายรังสีผ่านการละลายพอลิเมอร์เพื่อกระตุ้นให้สายโซ่เกิดการเชื่อมขวางกันเป็นโครงร่างตาข่ายส่วนวัสดุที่ใช้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลอาจเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมีเช่นพอลิอะคริลาไมด์ พอลิเมทาคริลิก แอซิด พอลิเอทธิลีนออกไซด์ หรือสังเคราะห์จากพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส แป้ง ไคโตซาน โปรตีน เป็นต้น ซึ่งไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากพอลิเมอร์ธรรมชาติจะมีข้อดีคือสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (ธัญญภรณ์ ศรีสุบิน, 2557)

ในงานวิจัยศึกษาการเตรียมและสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเทอร์โมพลาสติกจากแป้งและยางธรรมชาติที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ยางธรรมชาติถูกนำมาลดน้ำหนักโมเลกุลด้วยฟีนิลไฮดราซีนให้กลายเป็นยางธรรมชาติเหลวแล้วนำมากราฟต์ด้วยมาเลอิกแอนไฮไดร์ดปริมาณ 3 phr หรือ 9 phr เมื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ยางที่ได้ด้วยเทคนิค FTIR และ ^{1}H-NMR พบว่าเกิดพีคที่แสดงถึงหมู่แอนไฮไดรด์จริง หลังจากนั้นนำยางที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ผสมกับแป้งมันสำปะหลังและกลีเซอรอลด้วยเครื่องผสมแบบภายในขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดเข้าแม่พิมพ์แล้วทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทกสมบัติการดึงยืดและสมบัติความเสถียรทางความร้อน พบว่าเมื่อปริมาณการกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์เพิ่มขึ้น impact strength ของชิ้นงานมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อสมบัติความเสถียรทางความร้อน (เจกิตาน์ แก้วพารา และคณะ, 2554)

เส้นใยเซลลูโลสที่ไม่บริสุทธิ์และเส้นใยเซลลูโลสที่สกัดจากข้าวและเปลือกข้าวโอ๊ตผ่านกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะรูปร่าง หมู่ฟังก์ชัน ความเป็นผลึก และคุณสมบัติ

อุณหภาพ เส้นใยเซลลูโลสจากข้าวและเปลือกข้าวโอ๊ต นำมาผลิตเป็นไฮโดรเจลด้วยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เส้นใยแสดงความแตกต่างเกี่ยวกับโครงสร้างของผลึกและคุณสมบัติทางความร้อนจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเซลลูโลสไฮโดรเจลจากเส้นใยเซลลูโลสข้าวมีโครงสร้างร่างแหคล้ายฟองน้ำเกาะกันมีรูพรุนเป็นเนื้อเดียวกันเป็นจำนวณมาก เมื่อนำไฮโดรเจลจากเส้นใยเซลลูโลสของข้าวโอ๊ตมาเปรียบเทียบ พบว่าคล้ายคลึงกันไฮโดรเจลที่เตรียมจากเซลลูโลสสกัดจากข้าวและเปลือกข้าว โอ้ตสามารถดูดซึมน้ำสูงสุดได้ในปริมาณร้อยละ 141.6 - 392.1% และทึบแสงสูงความจุในการดูดซึม ฌ้าสูงและมีความเค้นสูงสุดในการบีบอัด ไฮโดรเจลเซลลูโลสข้าวแนะนำให้ใช้อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นวัสดุชีวภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการเตรียมไฮโดรเจล (Oliveira *et al*. 2016)

การสังเคราะห์ไฮโดรเจลซุปเปอร์แอบซอร์พแบนซ์จากแป้งชนิดใหม่โดยผ่านกราฟต์ โคพอลิเมอร์ โดยมีส่วนผสมกรดอะคริลิกและ2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลตบนโครงสร้างของแป้ง โดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันในน้ำปฏิกิริยานี้ใช้แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาและใช้ N, N” -เมทิลลีนบิสสอะคริลาไมด์เป็นตัวสร้างโครงข่ายสามมิติ โครงสร้างไฮโดรเจลยืนยันโดยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟาเรดสเปกโตรสโกปี นอกจากนี้ทดสอบการบวมน้ำของไฮโดรเจลในสารละลายที่มีค่ากรดเบสระหว่างพีเอช 1 ถึง 13 ผลการทดลองพบว่าไฮโดรเจลให้ผลต่อการตอบสนองที่ค่ากรดเบสแตกต่างกัน โดยที่ค่ากรดเบสระหว่าง 2 และ 8 ไฮโดรเจล ให้ค่าการตอบสนองที่เป็นพฤติกรรมแบบย้อนกลับได้ จากผลการทดลองนี้ทำให้ไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ ได้เป็นทางเลือกให้ในการใช้เป็นเจลสำหรับการถ่ายส่งยาที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ กลไกปฏิกิริยาการเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์พอลิเมอไรเซชันและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ได้เสนอไว้โดยใช้ข้อมูลทางฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟาเรดสเปกโตรสโกปีและเครื่องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Soleinmani*et al*. 2012)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิวัย

3.1 อุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

1. บีกเกอร์ขนาด 50, 250 และ 600 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
3. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ขวดก้นกลม 3 คอ
6. แท่งแก้วคน
7. ที่จับคอนเดนเซอร์
8. ฐานตั้งเหล็ก
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. ตะแกรงกรองชา
11. ตะแกรง
12. กรวยกรอง
13. กระดาษเลเบล
14. ถุงมือยาง
15. แท่งแม่เหล็กกวนสาร
16. ช้อนตักสาร
17. กระดาษลิตมัส
18. กระดาษลิชชู
19. กระดาษฟอยล์
20. เครื่องกวนสาร
21. คีบ
22. กรรไกร
23. ขาตั้ง
24. สายยาง
25. ใบพลู
26. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
27. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง(EJ-610, AND, Japan)

28. ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (ED/FD)
29. เครื่องกวนแบบมีใบกวน (RW20 digtal, IKA, Thailand)
30. เตาแผ่นให้ความร้อน (SLHS-230, SI Analytics, Germany)
31. บล็อคแก้ว
32. เครื่องระเหยภายใต้ความดัน (BUCHI water bath B-480)

สารเคมี

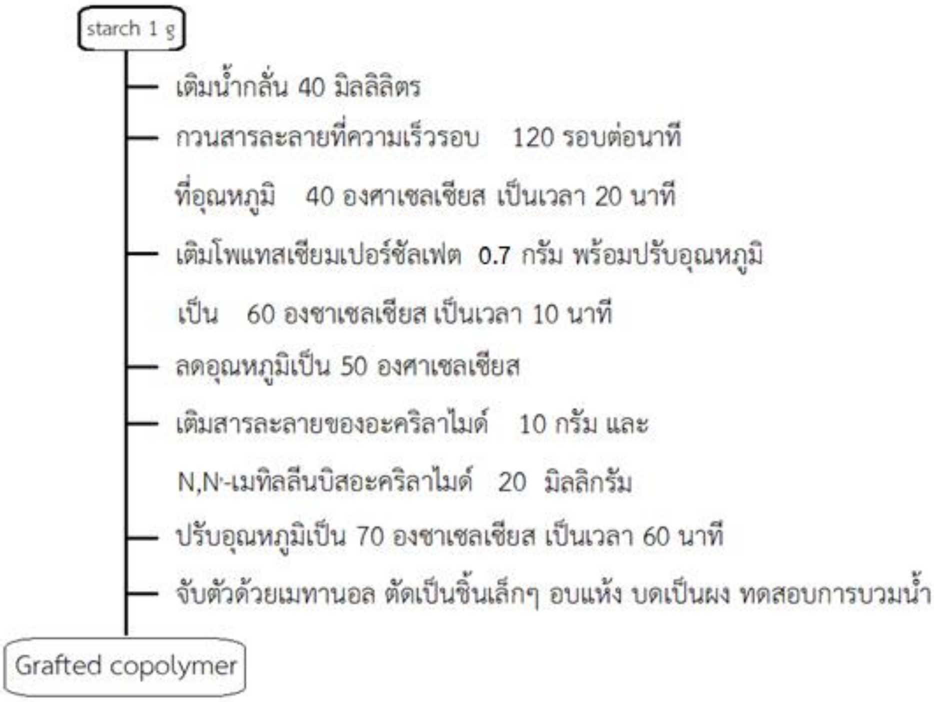
1. น้ำกลั่น (H_2O)
2. อะซิโตน (C_3H_6O)
3. อะคริลาไมด์ (AM, FrankfuterstraBe, Germany)
4. *N,N'*-เมทิลลีนบิสอะคริลาไมด์ (MBA, Buch SG, Switzerland)
5. โพแทสเซียมซัลเฟต (KPS, Ajax Finechem, Australia)
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, Ajax Finechem, Australia)
7. ซัลเฟอร์ (S)
8. ซิงค์ ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมท(ZDEC)
9. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)
10. วิงสเตย์แอล (Wingstay L)
11. น้ำยางพารา (natural rubber)
12. ไคโตซาน
13.อะพาไทต์
14.เอทานอล
15. เมทานอล
16. เมนทอล
17. การบูร

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.การสังเคราะห์พอลิเมอร์ไฮโดรเจลจากแป้ง

1.1 ปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน

ทำปฏิกิริยาโดยเครื่องปฏิกรณ์ปฏิกิริยาชนิดสี่คอที่ต่อด้วยเครื่องกวนเชิงกลที่สามารถกำจัดหรือไล่ฟองแก๊สออกซิเจนที่ละลายน้ำ ปรับอุณหภูมิได้ เครื่องควบแน่น กรวยเติมสารเคมีและช่องต่อแก๊สไนโตรเจนในเครื่องทำน้ำร้อนที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ โดยมีวิธีทำดังแผนผัง



ตารางที่ 3.1 แสดงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยากราฟต์โดยพอลิเมอร์ไรเซชันของแป้ง

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง			
	1	2	3	4
แป้ง/AM ratios (g/g)	Variables[a]	to befitted	to be fitted	to be fitted
KPS สารริเริ่ม (g)	0.7	Variables[b]	to be fitted	to be fitted
อุณหภูมิ (^{o}C)	70	70	Variables[c]	to be fitted
เวลา (นาที)	60	60	60	60
MBA crosslinker (mg)	20	20	20	Variables[e]

Remarks:

[a] แป้ง/AM ratios (g/g) will be varied at 1/5, 1/10 and 1/15

[b] KPS contents (g) will be varied at 0.5, 0.7 and 1.0

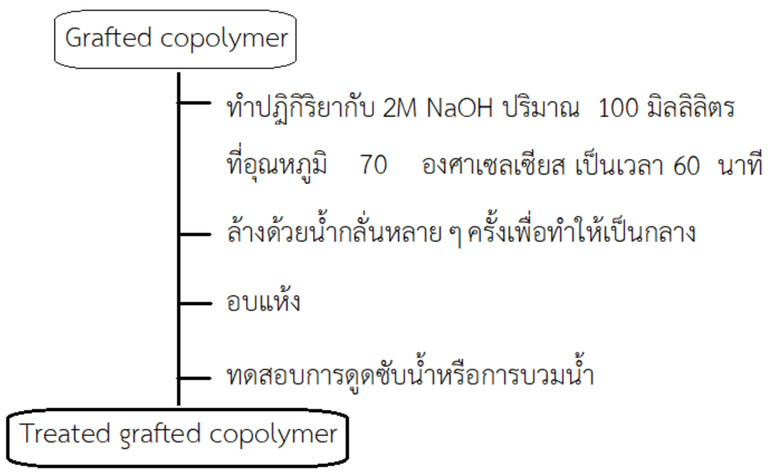
[c] Reaction temperature (^{o}C) will be varied at 60 and 70

Reaction time (minute) will be fixed at 60 minutes

[e] MBA crosslinker (mg) will be varied at 10, 20, 30 and 40

1.2 ปฏิกิริยาซาฟอนิฟิเคชัน

ผลิตภัณฑ์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้เบื้องต้น ส่วนใหญ่อยู่ในรูปเอไมด์ ดังนั้น การดูดซับหรือบวมน้ำได้จะน้อยกว่า 30 กรัมต่อกรัม ดังนั้นการเปลี่ยนเอไมด์ให้เป็นเกลือคาร์บอกซิเลตจะทำให้การดูดซับหรือดูดกลืนน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น โดยมีวิธีทำดังนี้



1.3 ทดสอบการบวมน้ำ

เจลแห้งน้ำหนัก ประมาณ 200-400 มก

แช่น้ำตามที่กำหนดเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

เจลบวมน้ำ

2.การเตรียมสูตรยางสำหรับยางเคลือบ

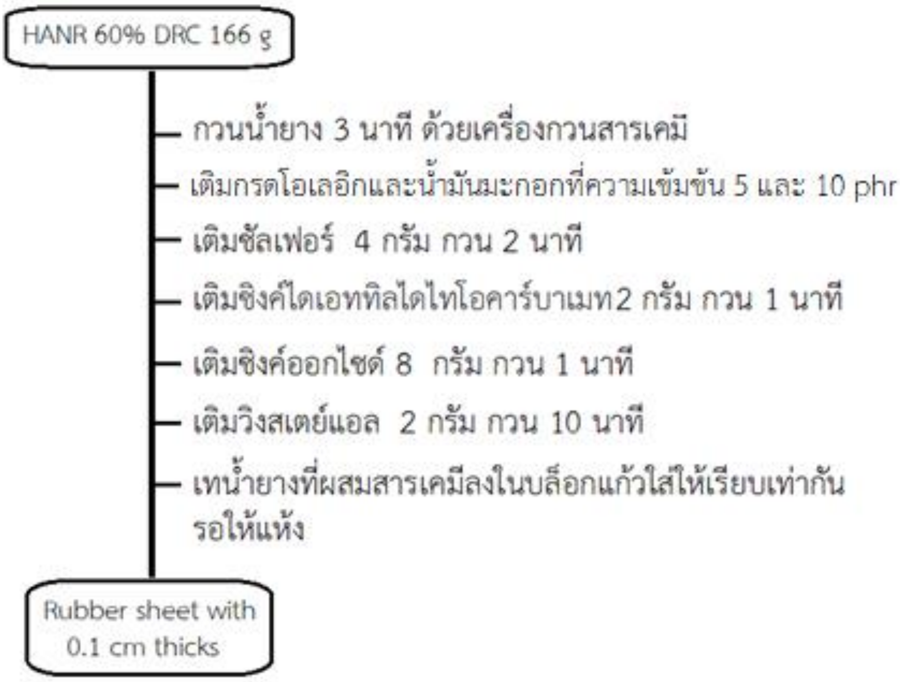
- HANR 60% DRC 100 phr

-สารเพิ่มเติมกรดโอเลอิก ที่ความเข้มข้น5,10phrดังตารางที่3.2

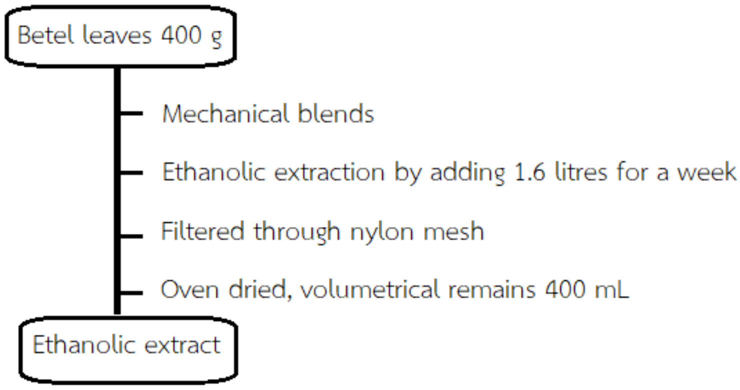
ตารางที่ 3.2 แสดงสูตรยางเพื่อเตรียมแผ่นฟิล์มยางเคลือบ

สูตร	HANR 60% DRC (phr)	HEC (phr)	กรดโอเลอิก (phr)	น้ำมันมะกอก (phr)	สัญลักษณ์
1	100	10	-	-	NR
2	100	10	5	-	NR-OL5
3	100	10	-	5	NR-OV5
4	100	10	10	-	NR-OL10
5	100	10	-	10	NR-OV10

3.ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นยาง

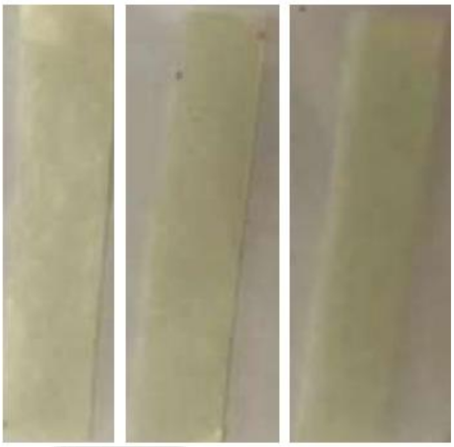


4.ขั้นตอนการสกัดใบพลู



5. การทดสอบความทนต่อแรงดึง (tensile properties)

ทดสอบความทนต่อแรงดึง ใช้แผ่นฟิล์มตัวอย่าง ซึ่งตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภาพที่ 3.2 ขนาด 10×50 มิลลิเมตร แลวนำไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง จนแผ่นฟิล์มตัวอย่างขาด อ่านคาแรงที่ใชดึง นำมาคำนวณจะได้ค่าความทนตอแรงดึง ณ จุดขาดดังนี้



ภาพที่ 3.1 ตัดฟิล์มรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 10×50 มิลลิเมตร

การคำนวณ

Tensile strength = F/A (1)

$$\% \text{ elongation} = \frac{\text{Final length - Initial length}}{\text{Initial length}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\ \% \qquad (2)$$

โดยที่ F = แรงดึงที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด (นิวตัน ; N)

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบขณะยังไม่ยืด (ตารางมิลลิเมตร; mm^2)

L_0 = ระยะกำหนดก่อนทำการทดสอบ (มิลลิเมตร; mm)

L_1 = ระยะที่ชิ้นทดสอบสามารถยืดตัวได้จนขาด (มิลลิเมตร; mm)

มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือ Kg/cm^2 ในหน่วย SI มีหน่วยเป็นเมกกะปาสคาล (MPa)

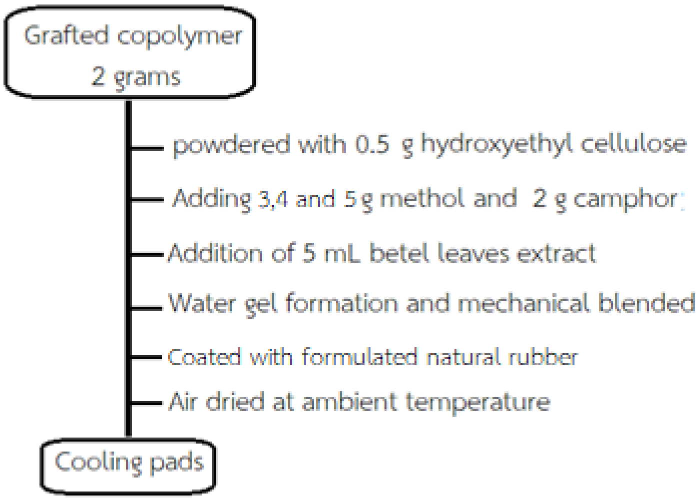
1 MPa = 10.197 Kg/cm^2

6. การเตรียมเจลสูตรเย็น

สูตรองค์ประกอบการเตรียมเจลเย็นดังตารางที่ 3.3 และ ขั้นตอนการผสมตาม แผนผังด้านล่าง

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบของตำรับเจลเย็น

สูตร	ไฮโดรเจล (g)	HEC (g)	เมนทอล (g)	การบูร (g)	สารสกัดใบพลู (cm^3)	สารต้านรา (mg)
1	2	0.5	3	2	5	7
2	2	0.5	4	2	5	7
3	2	0.5	5	2	5	7



7.การทดสอบการใช้เพื่อลดไข้ของเจลเย็น

การทดสอบการลดไข้ของเจลเย็นที่เตรียมจากไฮโดรเจลเคลือบยางพารานั้นได้เลือกสูตรที่ดีที่สุด ที่เลือกด้วยเงื่อนไข คือการคงรูปของเจลเย็นกลิ่น ความร้อนต่อผิวสัมผัส ทั้งนี้ผู้วิจัยเป็นผู้คัดเลือก หลังจากได้ทดสอบเบื้องต้นทั้ง 3 สูตร ผลการทดลองเบ้องต้นได้เลือกเจร้อนสูตรที่ 2 ใช้คนไข้ที่อยู่ในช่วงอายุ 3-12 ปี จำนวน 20 คน โดยแบ่งคะแนนความพึ่งพอใจออกเป็น 3 ระดับ คือ พอใจมาก พอใจปานกลางและพอใจน้อย

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผล

4.1 การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์จากแป้ง

พอลิเมอร์ไรเซชันเป็นกระบวนการทางเคมีที่มอนอเมอร์เกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้น อาจเกิดมอนอเมอร์ที่เหมือนกันหมดหรืออาจเป็นมอนอเมอร์ประกอบที่ต่างกัน โดยปกติมอนอเมอร์จะต้องรวมตัวกันอย่างน้อย 100 โมเลกุล เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะทางกายภาพหรือทางเคมี

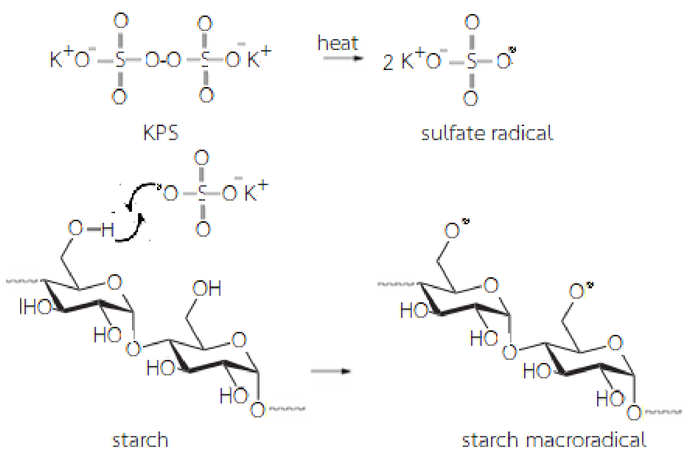
การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันทั่วไปประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่

1. ขั้นเริ่มเริ่มต้น (initiation step)
2. ขั้นขยายสายโซ่ (propagation step)
3. ขั้นสิ้นสุดกระบวนการของโพลิเมอไรเซชัน(Termination step)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แป้งเป็นสายโซ่หลัก เปลี่ยนเป็นเรดิคัลซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันของอะคริลาไมด์โดยพอลิเมอร์ที่มีขนาดเพิ่มขึ้นบนสายโซ่ด้านข้างเพื่อสร้าง แป้งกราฟต์ พอลิอะคริลาไมด์กลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบสั้นๆโดยขั้นตอนดังนี้

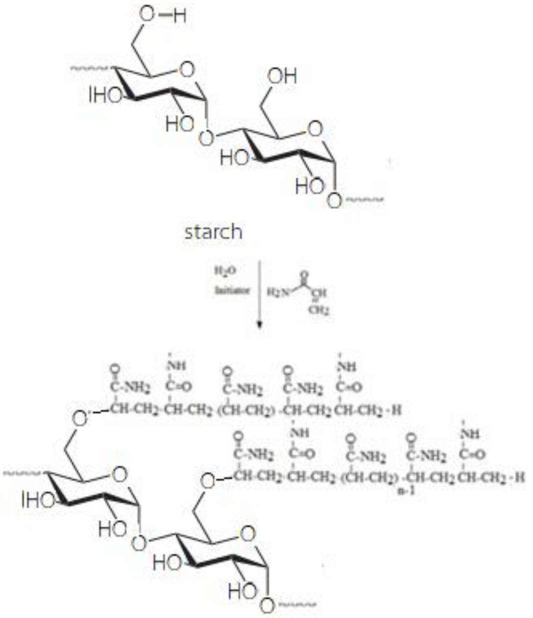
1. ขั้นตอนการเริ่มต้น

ขั้นตอนนี้ KPS เริ่มต้นจากความร้อนเป็นสองโมลของซัลเฟต เรดิคัล ซึ่งจากนั้นแยกไฮโดรเจนออกจากแกนหลัก แป้งเพื่อสร้างเรดิคัลขนาดใหญ่ขึ้นพร้อมเกิดปฏิกิริยา



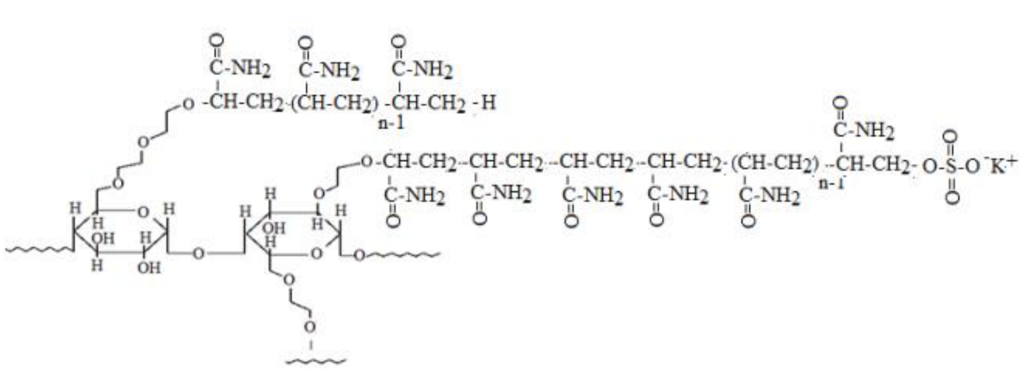
2. ขั้นตอนการขยายสายโซ่

ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากพลังงานในระบบเคมีจะลดลงเมื่อสายโซ่ขยายขึ้น ในทางอุณหพลศาสตร์ผลรวมของพลังงานของพอลิเมอร์น้อยกว่าผลรวมของพลังงานของโมโนเมอร์แต่ละตัว โดยที่พันธะเดี่ยวที่เกิดใหม่ในสายโซ่โพลีเมอร์มีความเสถียรมากกว่าพันธะคู่ของโมโนเมอร์เดิม

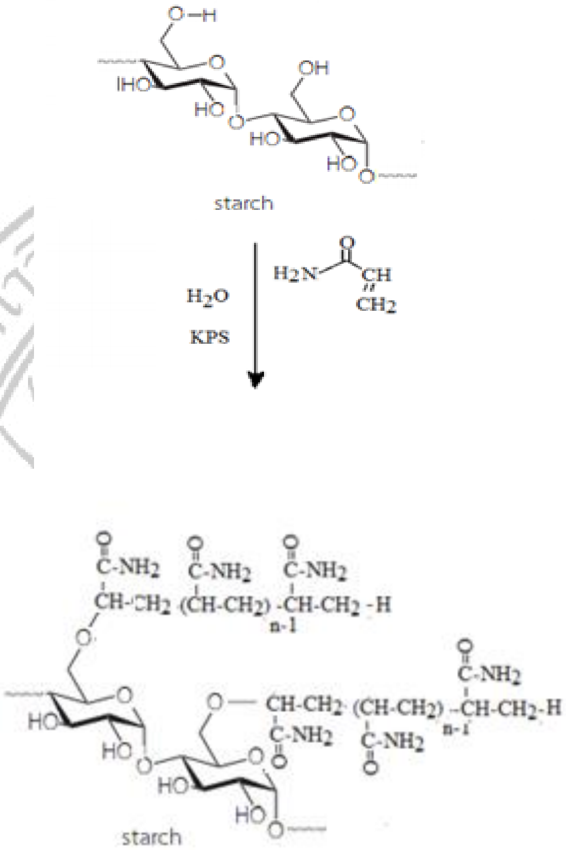


3. ขั้นตอนการสิ้นสุดปฏิกิริยา

ขั้นตอนนี้คือจุดที่สิ้นสุดของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันซึ่งมักจะเกิดจากการหมดไปของโมโนเมอร์ ที่สามารถยุติได้ด้วยกระบวนการต่างๆที่เป็นไปได้ ขึ้นอยู่กับว่าส่วนที่เหลือของมอนอเมอร์ยังคงอยู่ในระบบปฏิกิริยาที่อาจยุติโดยการถ่ายโอนอะตอมของไฮโดรเจนกับอีกอะตอมหนึ่งเพื่อสร้างพอลิเมอร์ที่มีความเสถียรตั้งแต่สองตัวขึ้นไป หรือมันอาจจะสิ้นสุดลงโดยการต่อกันของพอลิเมอร์เรดิคอลกันเองเพื่อสร้างพันธะโควาเลนต์เป็นโมเลกุลเดี่ยวที่เสถียรซึ่งเรียกอีกอย่างว่าการรวมตัวใหม่

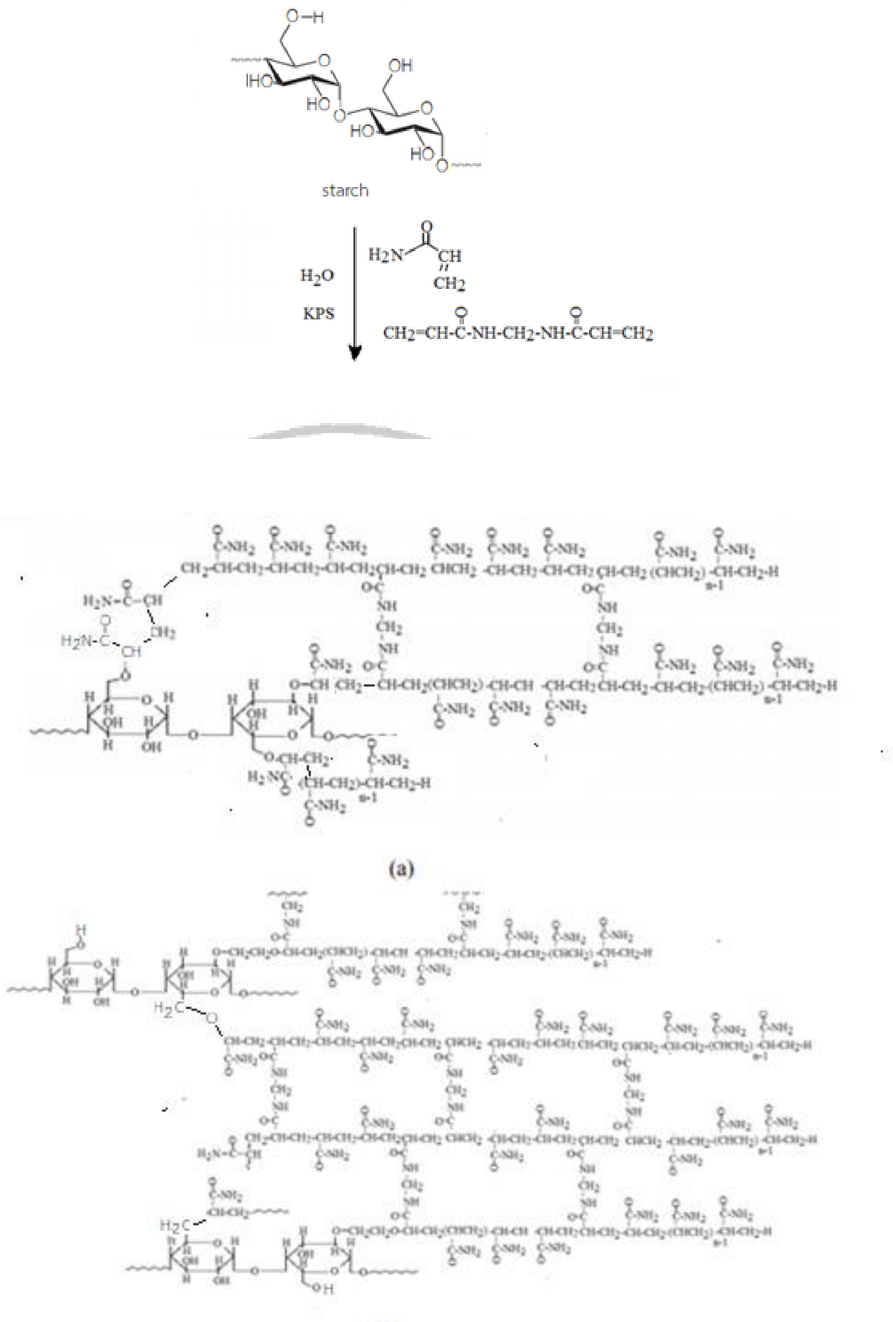


การสิ้นสุดเกิดขึ้นเมื่ออนุมูลอิสระอื่น (R-O) เหลือจากเดิมการแยกสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์ออกสู่ปลายสายโซ่ที่กำลังขยายตัว อนุมูลอิสระนี้จะยุติห่วงโซ่โดยเชื่อมโยงกับอนุมูลอิสระขนาดใหญ่สุดท้ายของสายพอลิเมอร์ที่เรียกว่าโคพอลิเมอร์ที่กราฟต์พอลิอะคริลาไมด์บน แป้งโดยไม่มี/มีตัวเชื่อมขวางอยู่แสดงในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 โคพอลิเมอไรเซชันกราฟต์ที่เป็นไปได้ของ PAM บน แป้งโดยไม่มีตัวเชื่อมขวาง

ผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงระหว่างที่มี/ไม่มีตัวเชื่อมขวางสามารถคาดการณ์การผลิตส่วนใหญ่ผ่านการสร้างเครือข่ายของพอลิเมอร์ การไม่มีโคโพลีเมอร์เชื่อมขวางเกิดขึ้นในปฏิกิริยา โดยไม่มีตัวเชื่อมขวางตามที่ระบุไว้ในภาพที่4.1 ในทางกลับกันกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ที่มีการสร้างโครงข่ายเมื่อใส่สารเชื่อมขวางเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดระยะเวลาของกระบวนการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์จุดนี้นี่เป็นมุมมองที่สำคัญเนื่องจากการก่อตัวของเครือข่ายถูกกำหนดอย่างแน่นอนซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อต่อความสามารถในการบวมน้ำของพอลิเมอร์ที่ได้ และกลไกของปฏิกิริยา คุณสมบัติรูปแบบปฏิกิริยาและภาพโครงสร้างแสดงในภาพที่4.2



ภาพที่ 4.2 กราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันที่เป็นไปได้ของ PAM บน แป้งที่มีตัวเชื่อมขวาง(a) การเชื่อมขวางของสายภายในระหว่างสายโซ่แป้งและ (b) การเชื่อมขวางของสายโซ่นอกแป้ง

ภาพที่ 4.2 แสดงการเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่ของโคพอลิเมอร์ การเชื่อมขวางเป็นตัวแทนทำหน้าที่เป็นมือขวาเพื่อรวมเข้ากับโซ่โพลีอะคริลาไมด์ซึ่งถูกต่อกิ่งลงบนแกนหลักของ แป้งในขณะที่อีกอันเหลือพันธะโควาเลนต์กับโพลีอะคริลาไมด์แต่ละตัวสร้างเครือข่ายของสายโซ่พอลิเมอร์ทั้งหมด

โครงข่ายสามารถสร้างได้ทั้งสายโซ่ระหว่างแป้งและสายโซ่ภายในแป้ง การมีอยู่ของหมู่ที่ชอบน้ำต่างๆ ในสายโซ่พอลิเมอร์ทำให้ให้สามารถดึงดูดโมเลกุลของน้ำที่เคลื่อนตัวไปรอบ ๆ ตัวเข้าสู่เครือข่ายพอลิเมอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

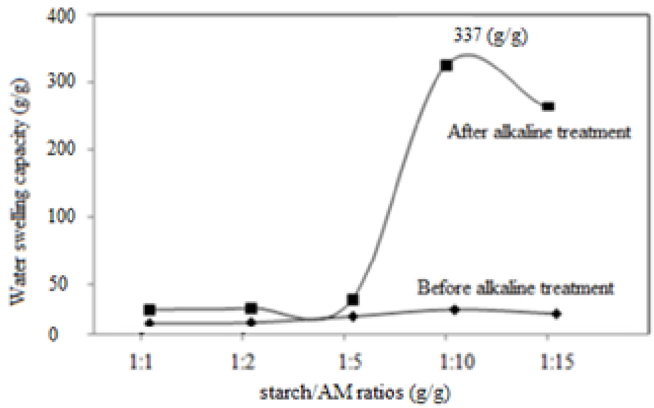
4.1.1 ผลของอัตราส่วน แป้ง/AM ต่อปฏิกิริยาการกราฟต์และการบวมน้ำ

อัตราส่วน แป้ง/AM ต่อผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาที่มีผลต่อความสามรถในการบวมน้ำ ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่4.3 ตามลำดับ ทางเลือกที่เหมาะสมในการปรับใช้น้ำหนักของแป้งก่อนทำปฏิกิริยาการกราฟต์ โดยปรับเปลี่ยนน้ำหนักแป้งจาก 0.5, 0.75, 1.0 และ1.25 กรัมในขณะที่น้ำหนักของ AM คงที่ที่ 5 กรัม ผลิตภัณฑ์กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ภายใต้เงื่อนไขเหมาะสม มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงและมีความสามารถในการบวมน้ำสูงสุดได้นำใช้เป็นเงื่อนไขในการศึกษาพามิเตอร์อื่นต่อไป ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับปริมาณที่เหมาะสมของ แป้งอยู่ที่ประมาณ 1.0 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานที่ได้รายงาน โดย Abdul Halim *et al.*, (2011) อัตราส่วนแป้งต่อAM ที่ 1/10 ให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพการการกราฟต์ประมาณ 87.5 และ 83.0ตสมลำดับในขณะที่การบวมน้ำสูงสุดที่ 337 g/gนอกจากนี้จากการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณAM มีผลทำให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพการการกราฟต์เพิ่มขึ้นแต่ความสามารถในการบวมน้ำลดลงโดยสิ้นเชิง

ตารางที่ 4.1 ผลของอัตราส่วนแป้ง/AM ต่อการเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอร์

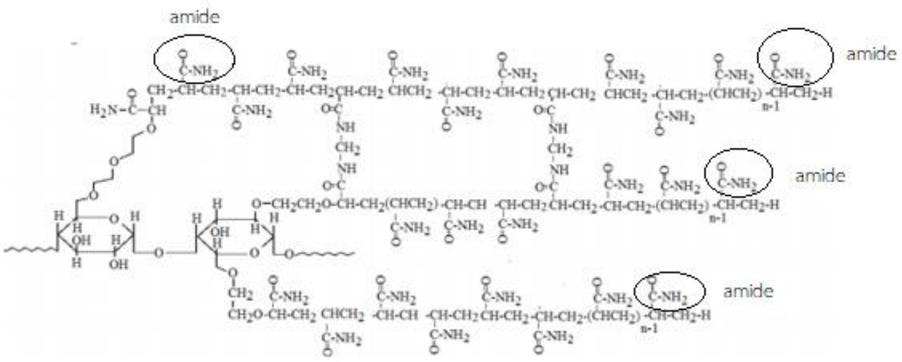
แป้ง/AM (g/g)	M_0 (g)	M_{AM} (g)	M_1 (g)	M_2 (g)	M_3 (g)	Yield (%)	Efficiency (%)
1/1	1	1	1.55	1.1	1.75	88.5	62.8
1/2	1	2	2.43	1.98	2.89	84.0	68.5
1/5	1	5	5.01	4.79	6.12	81.8	78.2
1/10	1	10	12.54	11.9	14.33	87.5	83.0
1/15	1	15	17.3	15.67	19.98	86.5	78.4

ผลของอัตราส่วน แป้ง/AM ต่อการบวมน้ำก่อนและหลังการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยด่าง แสดงในภาพที่4.3 ความสามารถในการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์ก่อนทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยด่างไม่เปลี่ยนมากนักตามการเปลี่ยนอัตราส่วนแป้งต่อ AM เมื่อกราฟต์โคพอลิเมอร์ได้รับการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยด่างพบว่าความสามารถในการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะที่อัตราส่วนแป้ง/AM ที่ 1/10 โดยเปลี่ยนจาก20 กรัม/กรัมเป็น 337 กรัม/กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 1685 อย่างไรก็ตามจากการทดลองที่เพิ่มปริมาณ AM มากขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการบวมน้ำลดลง



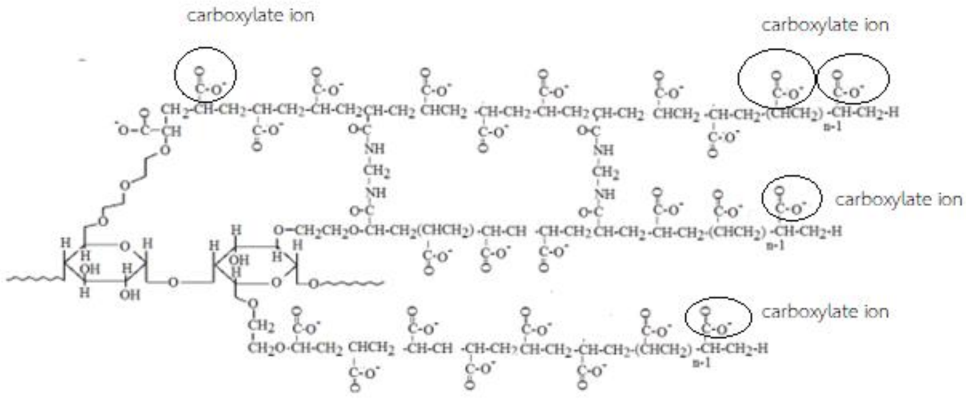
ภาพที่4.3ผลของอัตราส่วน แป้ง/AM ต่อความสามารถในการบวมน้ำก่อนและหลัง ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ [KPS] = 0.7 กรัมต่อ 1 กรัมแป้ง [MBA] 20 มิลลิกรัม อุณหภูมิปฏิกิริยาที่ 70 °C เวลาปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง ความเร็วการกวน 100 รอบต่อนาที และล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง

ผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดเจนว่าหลังจากทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และล้างด้วยน้ำสามครั้ง ทำให้กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ดูดซับน้ำได้เพิ่มขึ้นมาก เพราะเหตุผลดังต่อไปนี้ ก่อนทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ กลุ่มหมู่ทำหน้าที่เฉพาะส่วนมากอยู่ในรูปเอไมด์ดังแสดงในภาพที่ 4.4

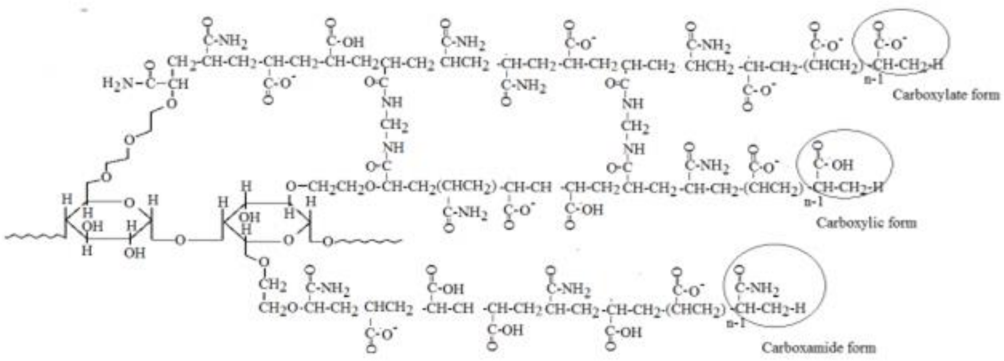


ภาพที่ 4.4 กราฟต์โคพอลิเมอร์ในรูปแบบเอไมด์เตรียมจากอัตราส่วน 1/10 แป้ง/AMไซด์ [KPS] = 0.7 กรัมต่อ 1 กรัมแป้ง [MBA] 20 มิลลิกรัมอุณหภูมิปฏิกิริยาที่ 70 ºC เวลาปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง ความเร็วการกวน 100 รอบต่อนาที

หลังจากทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เอไมด์ส่วนใหญ่จะถูกแปลงเป็นเกลือคาร์บอกซิเลตซึ่งบางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิกหลังจากล้างหลาย ๆ ครั้งด้วยน้ำกลั่นหรือผ่านกระบวนการทำให้เป็นกลางด้วย HCl ที่เจือจาง โครงสร้างของหมู่ทำหน้าที่เฉพาะที่เปลี่ยนเป็นคาร์บอกซิเลต ได้แสดงในภาพที่4.5 และภาพที่4.6 ปรากฏการณ์นี้ได้นำไปสู่การเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำมากขึ้น



ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะโครงสร้างของ แป้ง-g-PAM ที่เป็นไปได้ในรูปแบบคาร์บอกซิเลตหลังจากการไฮโดรไลซิสด้วย 2M NaOH ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

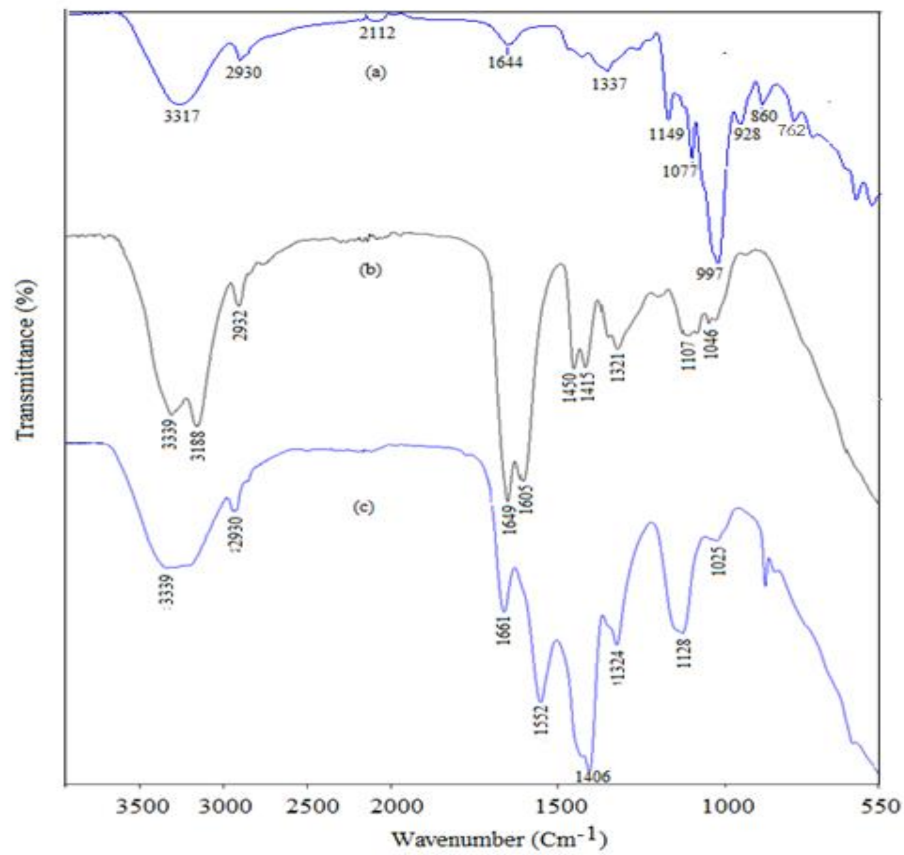


ภาพที่ 4.6 แสดงลักษณะโครงสร้างของ แป้ง-g-PAM ในรูปแบบที่มีความหลากหลายของหมู่ทำหน้าที่เฉพาะหลังจากการไฮโดรไลซิสด้วย 2MNaOH ที่ อุณหภูมิ 70° C เป็นเวลา 60 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่นสามครั้ง

4.1.2 อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

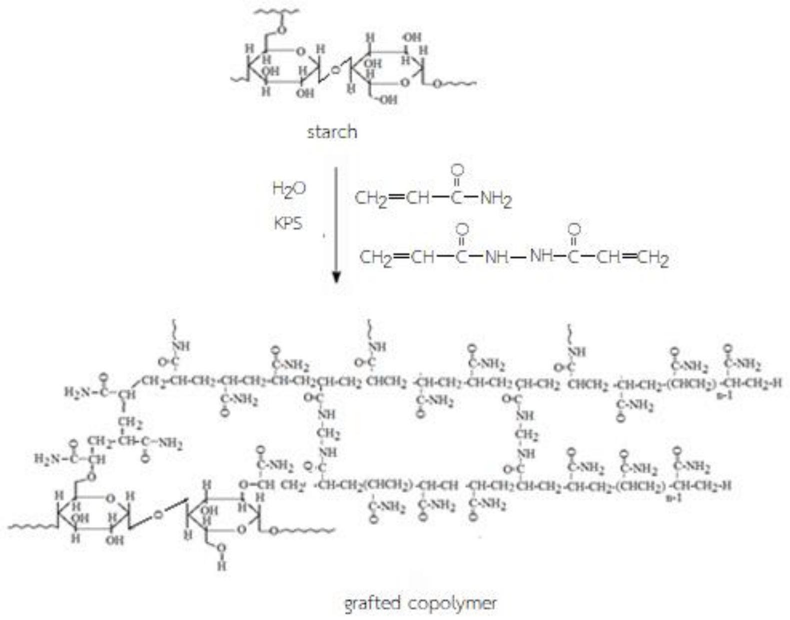
เพื่อยืนยันปฏิกิริยาการกราฟต์ของพอลิอะคริลาไมด์(PAM)บนสายโซ่ของแป้งอย่างสมบูรณ์นั้น การวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีสามารถกระทำได้ พิจารณาภาพที่ 4.7 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของ แป้งและ แป้ง-g-PAM บริสุทธิ์ พบว่า FT-IR สเปกตรัมของ แป้ง(ภาพที่4.7(a)) แสดงย่านความถี่กว้างที่ประมาณ 3317 cm^{-1} คือสัญญาณการดูดกลืนแสงที่เป็นการยืดแบบสั่นของหมู –OH ของแป้งที่มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของแป้ง ค่าการดูดกลืนแสงที่ 2930ซม$^{-1}$ มาจากการสั่นแบบยืดของ sp^3-CH ของแป้ง (Pathania and Sharma 2012)สัญญาณการดูดกลืนต่ำที่ 1644 ซม$^{-1}$ คือ สัญญาณของโมเลกุลน้ำที่เกิดจากการดูดซับของแป้งสำหรับสัญญาณการดูดกลืนปานกลางที่ 1149 ซม$^{-1}$ คือ สัญญาณการยืดแบบไม่สมมาตรของ C-O-C สัญญาณการดูดกลืนปานกลางงที่ 1077 คือสัญญาณการยืดของ C-O สัญญาณการดูดกลืนที่ 928, 860 และ 762 ซม$^{-1}$ เป็นสัญญาณการสั่นของ -C-O-C- ของวงคาร์โบไฮเดรท (Abdullah *et al*., 2018) สัญญาณการดูดกลืนแสงสูงที่ 997 ซม$^{-1}$ คือสัญญาณการสั่นแบบยืด–C–OH ของแป้ง (Jagadish andVishalakshi2012; Wu *et al*.,2012; Heridia-Guerero*et al*.2016; Olivera *et al*., 2015; Abdullah *et al*., 2019). หลังจากปฏิกิริยาการกราฟต์ด้วย PAM (แป้ง-g-PAM)(ภาพที่4.7 (b)) สัญญาณสูงที่ 3188 ซม$^{-1}$ คือสัญญาณที่ได้จากการสั่นแบบยืดของ N-H ของ PAM ควบคู่กับสัญญาณสูงที่ 3339 ซม$^{-1}$ คือสัญญาณการสั่นแบบยืดของ -OH ในโมเลกุลของแป้งที่เหลืออยู่จากการทำปฏิกิริยา นอกจากนี้หลังจากทำปฏิกิริยาการกราฟต์ปรากฏว่าสัญญาณสูงที่ 997 ซม$^{-1}$หายไป แต่ปรากฏสัญญาณการดูด

กลื่นใหม่ที่เป็นคู่ที่ 1649 และ 1605 ซม$^{-1}$คือสัญญาณการดูดกลืนของการสั่นแบบยืดของ C=O ของเอไมด์ สัญญาณการดูดกลืนที่ 1605 ซม$^{-1}$ คือ การสั่นแบบงอของ N-H ของเอไมด์ สัญญาณการดูดกลืนที่ 1450 ซม$^{-1}$คือสัญญาณการสั่นแบบงอของ -CH_2 จากสายโซ่ของพอลิอะคริลาไมด์ที่เพิ่มในปฏิกิริยา นอกจากนี้สัญญาณเพิ่มเติมที่ 1415 ซม$^{-1}$คือ สัญญาณการสั่นแบบงอของ -CH- จากสายโซ่ของแป้ง สัญญาณการดูดกลืนที่ 1107ซม$^{-1}$ นั้นคือสัญญาณการสั่นแบบยืดที่ไม่สมมาตรของ C-O-Cซึ่งสัญญาณเป็นสัญญาณที่เกิดจากการเปลี่ยน -C-OH ในแอลกอฮอล์เป็น -C-O-C อีเทอร์



ภาพที่ 4.7 FTIR สเปกตรัมของ (a) แป้งและ (b) แป้ง-g-PAM ก่อนไฮโดรไลซิสด้วยด่าง

จากผล FT-IR ดังรายละเอียดในภาพที่4.7 แสดงให้เห็นชัดเจนว่าปฏิกิริยาการกราฟต์ของของ PAM บนแป้งสามารถเกิดได้อย่างดีตามโครงสร้างที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.8

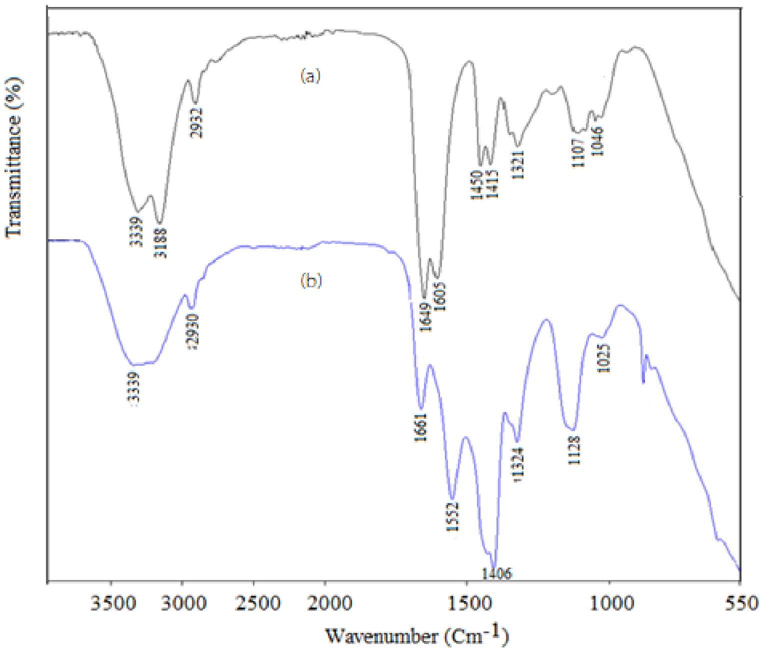


ภาพที่ 4.8 โครงสร้างที่เป็นไปได้ของปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันของแป้งกับพอลิอะคริลาไมด์

ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องจากพลังงานในระบบของการเกิดพอลิเมอร์มีค่าลดลงเมื่อสายโซ่พอลิเมอร์ยาวขึ้น ในทางอุณหพลศาสตร์ ผลรวมของพลังงานของพอลิเมอร์น้อยกว่าผลรวมของพลังงานของโมโนเมอร์แต่ละตัว นั้นคือพันธะเดียวในสายโซ่โพลีเมอร์จะมีความเสถียรมากกว่าพันธะคู่ของโมโนเมอร์

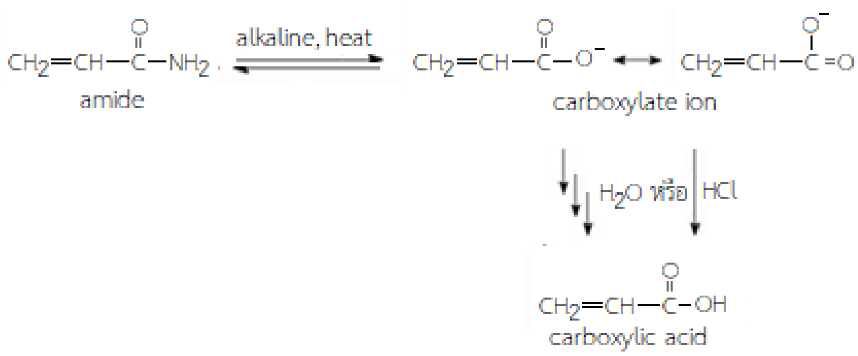
ภาพที่ 4.9 แสดงสเปกตรัม FTIR เปรียบเทียบของ แป้ง-g-PAM ก่อนและหลังทำปฏิกิริยาอัลคาไลน์ไฮโดรไลซีสและล้างด้วยน้ำกลั่นสามครั้ง ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7 สำหรับ แป้ง-g-PAM ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาอัลคาไลน์ไฮโดรไลซีส (ภาพที่ 4.9(a)) พีคที่ 3339 ซม$^{-1}$คือพีคแสดงการสั่นแบบยืดของ –OHของแป้งที่เหลืออยู่จากการทำปฏิกิริยา ยอดพีคสูงที่ 3188ซม$^{-1}$คือ พีคที่แสดงการสั่นแบบยืดของNH ของเอไมด์จากสายโซ่ของพอลิอะคริลาไมด์ (PAM) พีคสูงสุดที่ 1619 ซม$^{-1}$คือพีคที่แสดงการสั่นแบบหยืดของ –C=Oเอไมด์และ พีคที่ 1605 ซม$^{-1}$ การสั่นแบบงอของ N-H ของกลุ่มหมู่ทำหน้าที่เฉพาะคาร์บอกซาไมด์ หลังการทำปฏิกิริยาอัลคาไลน์ไฮโดรไลซีสและล้างด้วยน้ำกลั่นจนค่าความกรด-ด่างเท่ากับ 7 ข้อมูล FTIR (ภาพที่4.9 (b))พบว่าสัญญาณการดูดกลื่นแสงที่ 3188 ซม$^{-1}$ ลดลง กลายเป็นพีคกว้างที่มีจุดยอดสุดที่ 3339 ซม$^{-1}$นั้นแสดงให้เห็นว่าพีคการสั่นแบบหยืดของ –C=Oเอไมด์ เปลี่ยนเป็นการสั่นแบบหยืดของ –C=Oของกรดอินทรีย์หรือเปลี่ยนจากพอลิอะคริลาไมด์

เป็นพอลิอะคริลิกแอซิด ซึ่งสอดคล้องกับพีคที่เกิดขึ้นใหม่ที่ 1661และ 1552 ซม$^{-1}$คือการยืดแบบสั่นของกรดอินทรีย์ และพีคที่1406 ซม$^{-1}$ คือ การยืดแบบงอของ -OH ของกรดอินทรีย์



ภาพที่ 4.9 FTIR สเปกตรัมของ (a) แป้ง-g-PAM และ (b)แป้ง-g-PAM หลังการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยด่างและล้างน้ำกลั่น3 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ FT-IR พบว่าเมื่อทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยด่างจะทำให้หมู่เอไมด์ทั้งหมดเปลี่ยนเป็นหมู่คาร์บอกซิเลต ดังภาพที่ 4.10

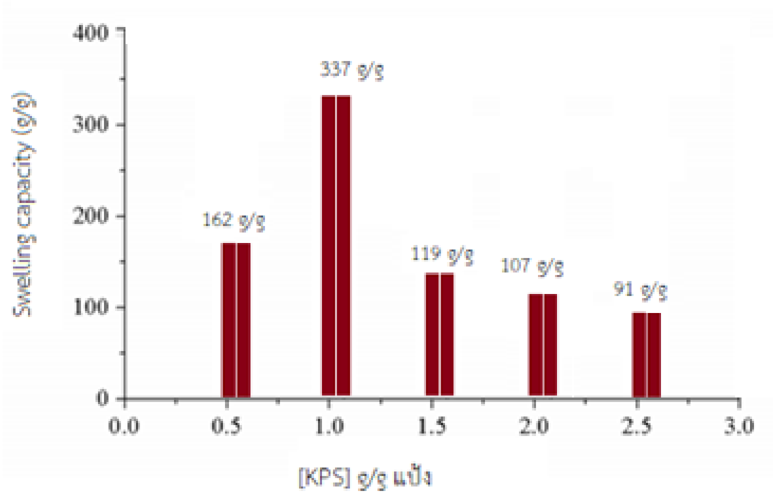


ภาพที่ 4.10 โครงสร้างที่เป็นไปได้ในการเปลี่ยนหมู่หน้าที่เฉพาะของกราฟต์โคพอลิเมอร์หลังทำปฏิกิริยาด้วยด่าง ล้างด้วยน้ำกลั่นหรือกรดไฮโดรคลอริก

การล้างด้วยน้ำกลั่นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของหมู่คาร์บอกซิเลตในลักษณะค่อยเป็นค่อยไปเป็นกรดคาร์บอกซิลิกและยังมีคาร์บอกซิเลตเหลืออยู่ในกราฟต์โคพอลิเมอร์ และทำให้ในโมเลกุลกราฟต์โคพอลิเมอร์มีหมู่ทำหน้าที่เฉพาะกรดคาร์บอกซิลิกและคาร์บอกซีเลตโครงสร้างของ แป้ง-g-PAM หลังการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วยด่าง ตามทีเสนอในภาพที่ 4.6

4.1.3 ผลของสารริเริ่มต่อความสามารถในการบวมน้ำ

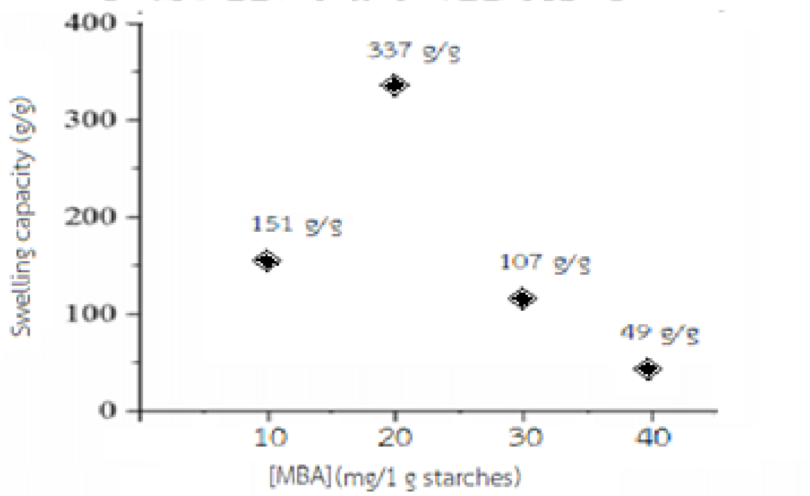
การทำกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันของพอลิอะคริลาไมด์บนแป้งได้ดำเนินการในสภาวะของสารละลายโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา ในการทดลองผลของปริมาณ KPS ในช่วง 0.5-2.5 กรัม ต่อ 1กรัมแป้งและผลได้แสดงในภาพที่4.11 ความสามารถในการบวมน้ำสูงสุด ประมาณ 337 กรัม/กรัมพบได้ที่ปริมาณ KPS 1 กรัม และความสามารถในการบวมน้ำลดลงเหลือ 91 กรัม/กรัมเมื่อใช้ปริมาณKPSที่ 2.5 กรัมต่อ 1กรัมแป้งผลการทดลองพบว่าปริมาณสารริเริ่มที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นในปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันนี้ คือ 1 กรัมทั้งนี้เนื่องจากเพิ่มปริมาณของสารริเริ่มมากขึ้นจะทำให้กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีความสามารถในการบวมน้ำลดลง เหตุผลเพราะการเพิ่มปริมาณสารริเริ่มจะทำให้เกิดการถ่ายปฏิกิริยามาที่สารริเริ่มเอง ทำให้การโตของสายโซ่พอลิอะคริลาไมด์ลดลงซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนักพอลเมอร์อื่นท่กล่าวว่าสารริเริ่มมากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการการกราฟต์ลดลง (Su2013)



ภาพที่ 4.11 ผลของปริมาณ KPS ต่อการบวมของน้ำกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ แป้ง/AM =1/10 MBA = 20 มิลลิกรัม ต่อ 1กรัมแป้ง อุณหภูมิของปฏิกิริยา 60 $^{\circ}$C และเวลาปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง

4.1.4 ผลของสารเชื่อมขวางต่อความสามารถในการบวมน้ำ

ความหนาแน่นของการเชื่อมขวางเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณสมบัติของไฮโดรเจลทั้งสองความสามารถในการบวมน้ำและคุณสมบัติทางกล การปลูกถ่ายเครือข่ายสามมิติโคพอลิเมอร์ของ PAM และ แป้งถูกสร้างขึ้นโดยใช้ MBA เป็นตัวเชื่อมขวางอิทธิพลของความเข้มข้นของ MBA ต่อความสามารถในการบวมน้ำได้ทำการทดลองที่ 10, 20, 30 และ 40 มิลลิกรัม ต่อ 1 กรัมแป้งและผลลัพธ์แสดงไว้ในภาพที่4.12 ความสามารถในการบวมน้ำสูงสุดที่ประมาณ 337 กรัม/กรัมพบที่ 20 มิลลิกรัมของ MBA และพบว่าการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นมากขึ้นทำให้ความสามารถในการบวมน้ำลดลงอย่างมาก

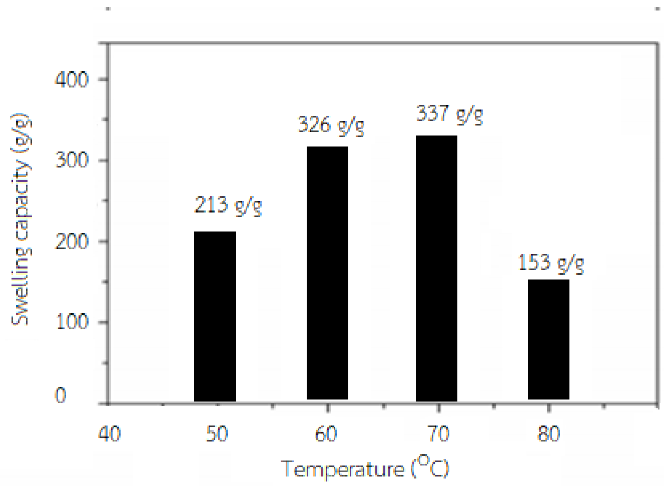


ภาพที่ 4.12 ผลของของปริมาณ MBA ต่อความสามารถในการบวมน้ำที่แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ภาพที่ 4.12 แสดงผลของความเข้มข้นของเอ็นเอ็นเมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ต่อความสามารถในการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมจากอัตราส่วนแป้ง/AM = 1/10ปริมาณ KPS = 1 g /1g แป้งอุณหภูมิของปฏิกิริยา 60 $^{\circ}$Cและเวลา 2 ชั่วโมง แสดงให้เห็นชัดเจนว่าที่ปริมาณMBAที่ 20 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมแป้งให้ความสามารถในการบวมน้ำสูงสุด 337 g/gการเพิ่มปริมาณสารเชื่อมขวางมีผลทำให้ความสามารถในการบวมน้ำลดลง เนื่องจากเอ็นเอ็นเมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมขวางเป็นการกำหนดช่องว่างของรูพรุน ดังนั้นการเพิ่มปริมาณเอ็นเอ็นเมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ทำให้จำนวนของรูพรุนเพิ่มมากขึ้นและขนาดของช่องว่างลดลงทำให้ความสามารถในการบวมน้ำลดลง

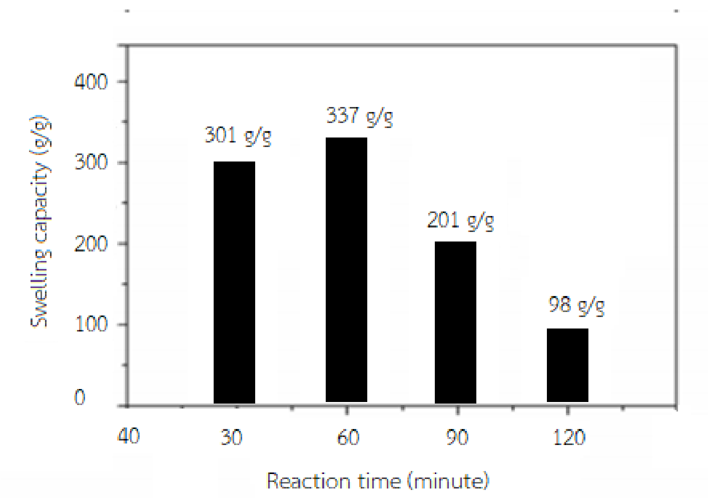
4.1.5ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทำอัลคาไลน์ไฮโดรไลซีสต่อการบวมน้ำ

เนื่องจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ แป้ง-g-PAMเบื้องต้นส่วนมากอยู่ในรูปของหมู่ทำหน้าที่เฉพาะคาร์บอกซาไมด์ทำให้ความสามารถในการบวมน้ำต่ำประมาณ 20 กรัม/กรัม ดังนั้นการเปลี่ยนหมู่ทำหน้าที่เฉพาะที่เหมาะสมเช่น คาร์บอกซิเลต หรือ คาร์บอกซิลิก ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำเพิ่มมากขึ้น สามารถดูดโมเลกุลน้ำเข้ามาในโครงสร้างสามมิติได้มากขึ้น การเปลี่ยนหมู่ทำหน้าที่เฉพาะสามารถกระทำได้ด้วยการนำกราฟต์โคพอลิเมอร์ประมาณ 5 กรัม ทำปฏิกิริยากับ100 มิลลิลิตรของ2 M NaOH จากการทดลองพบว่าความสามารถในการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่4.13 ความสามารถในการบวมน้ำสูงสุด คือ 337 g/g ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาที่70°C เวลาทำปฏิกิริยา 90 นาที



ภาพที่ 4.13 ผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วย 2M NaOH ต่อความสามารถในการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์เตรียมจากอัตราส่วน แป้ง/AM =1/10 KPS = 1 g /1 g แป้ง MBA = 20 mg/1 gแป้งและเวลาของปฏิกิริยา 90นาที

นอกจากอุณหภูมิ เวลาของปฏิกิริยาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์แป้ง-g-PAM เวลาปฏิกิริยาสำหรับการทำปฏิกิริยาอัลคาร์ไลไฮโดรไลซีสด้วยด่างกำหนดที่ 30, 60, 90 และ 120 นาทีที่อุณหภูมิปฏิกิริยาคงที่ที่ 70 °C ผลการวิจัยพบว่าเวลาของปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ได้ความสามารถในการบวมน้ำสูงสุดอยู่ที่ 60 นาที ดังแสดงในภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ผลของเวลาในปฏิกิริยาการไฮโดรไลซีสด้วย2M NaOH ต่อความสามารถในการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์ ที่เตรียมจากอัตราส่วนแป้ง/AM =1/10 KPS = 1 g /1 g แป้ง MBA = 20 mg/1 gแป้งและเวลาปฏิกิริยา 60 นาที

4.2สมบัติของแผ่นยางที่เตรียมได้ตามสูตรต่าง ๆ

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางจากน้ำยางธรรมชาติ ตามสูตรในตารางที่ 3.1 โดยสูตรที่ 1 จะเป็นสูตรธรรมดาที่มีส่วนผสม HANR/HEC และ สูตรที่ 2-5 จะเติมสารเพิ่มเติมได้แก่ กรดโอเลอิก และ น้ำมันมะกอก ที่ความเข้มข้นแต่ละสาร 5 , 10 phr ผลการทดสอบค่าความหนา ค่าความทนต่อแรงดึง และ ค่าระยะยืด ณ จุดขาด ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางเตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ

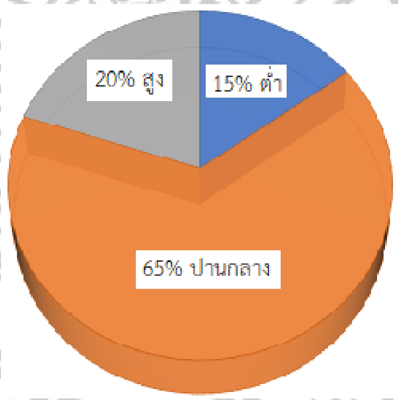
สูตร	ความหนา (mm)	Tensile strength (N/mm^2)	Elongation at break (%)
1	0.32±0.04	2.07±0.48	1553±78
2	0.24±0.05	2.56±0.07	1797±155
3	0.26±0.08	3.01±0.44	1390±229
4	0.26±0.05	4.21±0.27	1633±21
5	0.24±0.05	3.36±0.31	1537±260

4.3 ลักษณะเจลเย็นเคลือบยางพารา

ภาพที่ 4.15 ลักษณะชั้นของแผ่นเจลเย็น

4.4 ผลการทดสอบความพึงพอใจในการใช้เจลเย็น

ผลการปประเมินความพึงพอใจหลังจากใช้เจลเย็นสำหรับลดไข้ ภาพที่4.16พบว่า ร้อยละ 65 พอใจในระดับปานกลาง ร้อยละ 20 ในระดับสูงและร้อยละ 15 ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเจลที่ใช้ในการทดสอบเป็นแผ่นเจลต้นแบบ ซึ่งยังขาดความสมบูรณ์อีกมาก ผลที่ได้จะเป็นผลทางอ้อมมากว่าทางตรง ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างคนไข้ส่วนมากมีอายุต่ำกว่า 12 ปี ดังนั้นข้อมูลความพอใจจึงได้จากการผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่นปกครอง มารดา ซึ่งใกล้ชิดกับผู้ป่วย อย่างไรก็ตามยังมีส่วนน้อยที่สามารถเก็บข้อมูลโดยตรง



ภาพที่ 4.16 ผลของความพึงพอใจในการใช้ลดไข้ในคนไข้ของเจลเย็น

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

แผ่นไฮโดรเจลเย็นสำหรับลดไข้สามารถเตรียมได้ด้วยการใช้ไฮโดรเจลจากแป้งธรรมชาติ เช่น แป้งข้าวจ้าว แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด หรือกลุ่มพอลิไฮดรอกซีอื่น เช่น เซลลูโลส เซลลูโลสดัดแปลง เป็นต้น การเตรียมไฮโดรเจลจากแป้งธรรมชาติโดยปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันด้วยอะคริลาไมด์ ที่อัตราส่วน แป้งต่ออะคริลาไมด์ ต่าง ๆ พบว่าที่อัตราส่วนแป้งต่ออะคริลาไมด์ ที่ 1 ต่อ 10 ใช้สารริเริ่มชนิดอนุมูลอิสระ โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1กรัม สารสร้างโครงตาข่ายชนิด เอ็น เอ็น เมทิลีนบิสอะคริลาไมด์ 20 มิลลิกรัม อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลาปฏิกิริยา 60 นาทีปฏิกิริยาเกิดได้ดี ผลิตภัณฑ์ร้อยละ 87.5ประสิทธิภาพการกราฟต์ร้อยละ 83 ประสิทธิภาพการบวมน้ำประมาณ 337 กรัมต่อกรัม การวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาโดยข้อมูลฟูเรียส์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีสามารถยืนยันได้ว่ามีการต่อของสายโซ่พอลิอะคริลาไมด์บนสายโซ่ของแป้ง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนของหมู่ต่าง ๆ จากการดูดกลืนแสงของอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการทดลสอบการบวมน้ำพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการบวมน้ำของกราฟต์โคพอลิเมอร์ คือ อัตราส่วน แป้งต่ออะคริลาไมด์ ความเข้มข้นของสารเชื่อมโครงตาข่าย และปริมาณของสารริเริ่มปฏิกิริยา นอกจากนี้อุณหภูมิ และเวลาของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสและการนิวทรอไลซ์ จะมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนหมู่ทำหน้าที่เฉพาะในโมเลกุลกราฟต์โคพอลิเมอร์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการบวมน้ำเมื่อผสมสารสกัดสารจากใบพลูในตำรับเจลเย็น เคลือบด้วยยางพาราและทดสอบผู้ป่วย ประเมินความพึงพอใจ พบว่าความพึงพอใจในการใช้กับผู้ป่วยพบว่าอยู่ในระดับพอใจร้อยละ 65 พอใจมากร้อยละ 20 และพอใจน้อยร้อยละ15

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเป็นต้นแบบความสมบูรณ์จึงขาดอีกมาก การพัฒนาต่อยอดในอนาคตอาจไปสู่จุดที่สามารถใช้อย่างมีคุณภาพ ประสิทธิภาพสูงสู่การเป็นนวัตกรรมอุตสาหกรรมได้

บรรณานุกรม

จตุพร ประทุมเทศ, วริษฎา ศิลาอ่อน, ชัยวุฒ วัดจังและอุษณา พัวเพิ่มพูนศิริ. (2556). ผลของแป้งที่มีคุณลักษณะของไฮโดรเจลที่เตรียมได้จากยางธรรมชาติ. วารสารคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.ฉบับที่ 1: 1.

ชัยวุฒ วัดจัง. (2560). ผลของอัตราส่วนยางและแป้งต่อสมบัติของไฮโดรเจลชนิดพอลิเมอร์เชื่อมขวางแบบกึ่งโครงร่างตาข่ายและการประยุกต์ใช้ในการปลูกดาวเรือง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ฉบับที่1: 49-62.

ชัยวุฒ วัดจัง, อุมาพร ไชยสุวรรณ, อุไรวรรณ พันธุ์แก่น, ณัฐติยา ใจภักดี, ทิพย์สุดา บุญประสพ, จิราพร กวานเหียน, เสาวลักษณ์ บุญยอดและอรอุมา สันตวิธี. (2556). ผลของสารเชื่อมขวางต่อสมบัติของไฮโดรเจลเชื่อมโยงแบบกึ่งโครงร่างตาข่ายของยางธรรมชาติและแป้งมันสาปะหลัง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. ฉบับที่ 3 : 131-138.

ณัฐวิศิษฏ์ ยะสารวรรณ. (2557).พอลิเมอร์ที่ตอบสนองต่อพีเอชเพื่อการประยุกต์ทางชีวการแพท. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฉบับที่ 2 : 272-285.

ธัญญภรณ์ ศรีสุบิน นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการสำนักเทคโนโลยีชุมชนกรมวิทยาศาสตร์บริการ ตุลาคม.(2557)สืบค้นเมื่อ 7 กรกฎาคมพ.ศ.2564 http://www.dss.go.th/images/st-article/ct-10-2557-hydro.pdf

บทความวิทยาศาสตร์: มหัศจรรย์แห่งไฮโดรเจล.(2558). สืบค้นเมื่อ 8 กรกฎาคม พ.ศ.2562 http://www.neutron.rmutphysics.com

มัลลิกา โรจน์คงทรัพย์ และ โกวิทย์ ปิยะมังคลา. การดูดซับสีย้อมเมททิลีนบลูโดยใช้ไคโตซาน : สมดุลและการประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือฉบับที่ 4 : 825-835.

วารุณีตานันต์และสายันต์แสงสุวรรณ. (2557).พอลิเมอร์ดูดซับน้ำได้มาก: การสังเคราะห์การวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ฉบับที่ 2 : 63-81.

สารและสมบัติของสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช (2550)สืบค้นวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2562 https://sites.google.com

อัญชลีมุลาสะเก, อภิญญาอุทธา, สายันต์แสงสุวรรณและชัยวุฒิวัดจัง. (2557). ผลของกลูต้าอัลดีไฮด์ต่อสมบัติการดูดซึมน้ำของไฮโดรเจลเชื่อมขวางแบบโครงร่างตาข่ายของนน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันและแป้งมันสำปะหลัง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. ฉบับที่ 3 : 22-28.

Abdullah, A H D., Chalimah, H., Primadona, I. and Hanantyo, M H G. (2018) Physical and chemical properties of corn, cassava, and potato starches. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 160, 012003

doi :10.1088/1755-1315/160/1/012003

Guo, H., Jiao, T., Zhang, Q., Guo, W., Peng, Q. and Yan, X. (2015). Preparation of Graphene Oxide-Based Hydrogels as Efficient Dye Adsorbents for Wastewater Treatment. *Nanoscale Research Letters aSpringeropenJounal*. **10**: 1-10.

Hernandez-Martíneza, A. R., Lujan-Montelongob, J. A., Silva-Cuevasb, C., Mota-Moralesa, J. D., Cortez-Valadezc, M.,Ruíz-Baltazard, A. D. J., Cruze, M. and Herrera-Ordoneza, J. (2018). Swelling andmethylene blue adsorption of Poly(N,N-dimethylacrylamideco-2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogel.*Reactive and Functional Polymers*. **122**: 75-84.

Huang, S., Wu, L., Li, T., Xu, D., Lin, X. and Wu, C. (2019). Facile preparation of biomass lignin-based hydroxyethyl cellulose super-absorbent hydrogel for dye pollutant removal. *International Journal of Biological Macromolecules*. **134:** 939-947.

Ilgina, P., Ozayb, H. and Ozayb, O. (2019). Selective adsorption of cationic dyes from colored Noxiouseffluent using anovelN-tertrabutylmaleamicacidbased hydrogels. *Reactive and Functional Polymers*. **142**: 189-198.

Jiao, T., Guo, H., Zhang, O., Peng, O., Tang, Y., Yan, X. and Li, B. (2015). Reduced Graphene Oxide-BasedSilver Nanoparticle-Containing Composite Hydrogel as Highly Efficient Dye Catalyst for Wastewater Treatment. *Scientific Reposts*. **5**: 1-12.

Peng, N., Hu, D., Zeng, J.,Li, Y., Liang, L. and Chang, C. (2016). Superabsorbent Cellulose–Clay Nanocomposite Hydrogels for Highly Efficient Removal of Dye in Water. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. **4**: 7217-7224.

Wang, X and Zhao, T. (2016) Effects of parameters of the shell formation process on the performance of microencapsulated phase change materials based on melamine-formaldehyde. Textile Research Journal. 87(15), 1848-1859.

doi: 10.1177/0040517516659382

ภาคผนวก ก

เครื่องมือ

Reactor sets

ตู้อบสาร

FTIR Spectrophotometer

เครื่องชั่ง

Hot plate and Stirrer

ภาพผนวก ข

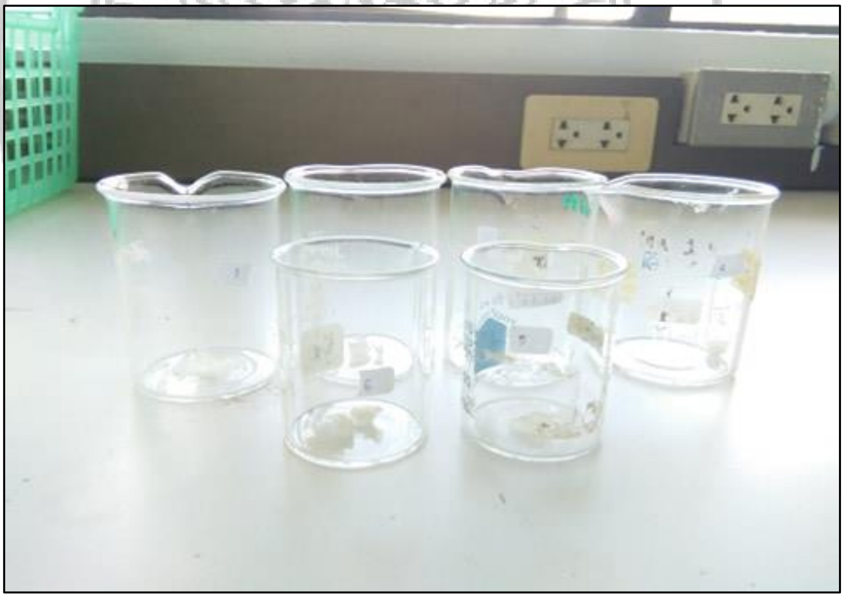
ภาพการเตรียมตัวอย่าง


การเตรียมแป้ง

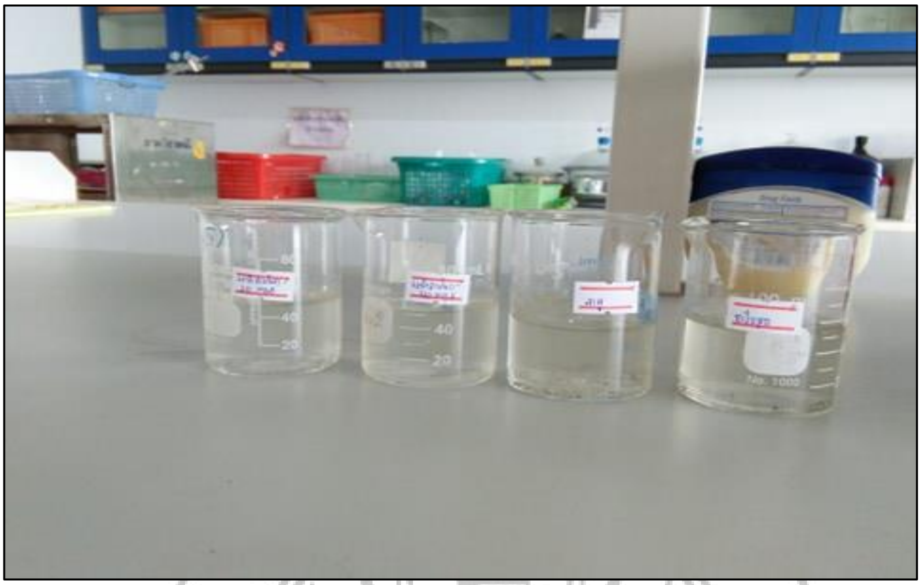

ชุดเตรียมปฏิกิริยา

เกิดเป็นไฮโดรเจล

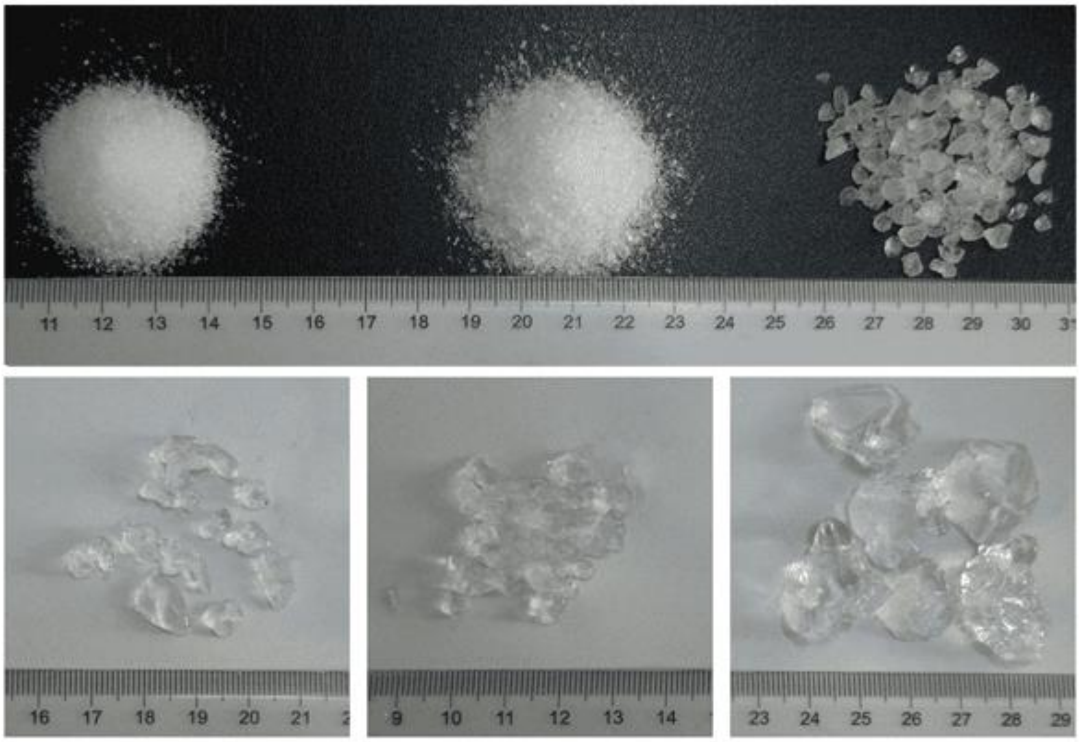
ไฮโดรเจลจากแป้งข้าวโพด แป้งสาคู และเม็ดไข่มุกที่ผ่านกระบวนการทำปฏิกิริยาด้วย potassium persulphate, Acrylamide, N,N’-Methylenebisacrylamideและล้างไฮโดรเจลด้วยน้ำ นำไปอบให้แห้งสนิท



ไฮโดรเจลที่ได้ จากนั้นทำปฏิกิริยากับ Sodium hydroxide 2 M และที่ผ่านการทำปฏิกิริยาต่างๆโดยกวนด้วยเครื่องกวนสารเชิงกลจะได้ไฮโดรเจล แยกเป็น 2 ส่วน ล้างด้วยน้ำ เพื่อทดสอบการบวมพองไฮโดรเจล



ได้ไฮโดรเจลจากแป้งข้าวโพด แป้งสาคู และเม็ดไข่มุก และทดสอบการบวมพองของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์



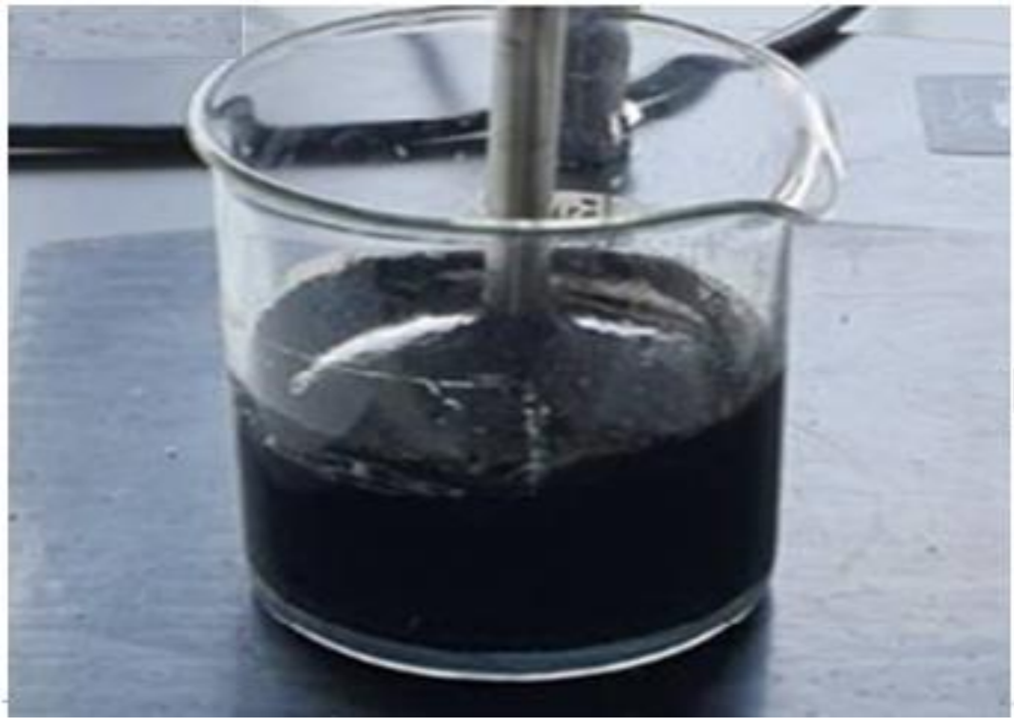
แสดงการบวมน้ำของไฮโดรเจลสังเคราะห์จากวัสดุปิโตรเลี่ยม

แสดงไฮโดรเจลสังเคราะห์จากแป้งชนิดต่าง ๆ

สูตรยางสำหรับเคลือบเจลเย็น

แสดงไฮโดรเจลสังเคราะห์จากแป้งกราฟต์พอลิอะคริลาไมด์หลังจากบวมน้ำ

เตรียมสวนที่เป็นสารอินทรีย์เย็นสำหรับขึ้นรูปแผ่นไฮโดรเจลเย็น



การผสมในอัตราส่วนเหมาะสม

ขึ้นรูปแผ่นไฮโดรเจลเย็นเคลือบด้วยยางพารา

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)...นายอัชมาน อาแด.

(ภาษาอังกฤษ)...Mr. Ajaman Adair...

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์.................

สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน)...สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เลขที่ 133 ถนน เทสบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000....

โทรศัพท์/โทรสาร...073-299628.....E-mail – address...ajaman.a @yru.ac.th...

ที่อยู่ (ที่บ้าน)...45 หมู่ 9 ตำบลเตราะบอน อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี 94110

..โทรศัพท์/โทรสาร...0640854921.....

<u>ประวัติการศึกษา</u> (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

...การศึกษาบัณฑิต เคมี มหาวิทยาลัยศีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้

...วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต...เคมีอินทรีย์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

...PhD polymer and polymer technology. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (กำลังศึกษา)

<u>ผลงานวิจัย</u>

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

.......1 Lanostane and Friedolanostane from pericarp of gaciniahombrinianaPierr.

.......2Superabsorbent materials derived from hydroxyethyl cellulose and bentonite: Preparation, characterization and swelling capacities

......3Influences of neutralization of superabsorbent hydrogel from hydroxyethyl cellulose on water swelling capacities...

......4 Water-swellable rubber blend from epoxidized natural rubber and superabsorbent polymer composite

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1. การเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเหลือใช้
2. กาตรียมไฮโดรเจลสำหรับการปรับปรุงดินในการปลูกพืชขนาดเล็ก
3. การพัฒนาคุณภาพไบโอดีเซลด้วยการใช้สารเติมแต่งจากธรรมชาติ
4. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ด้วยการการสกัดและแก๊ส-แมสเปกโทรสโกปี

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

ตำราเคมีอินทรีย์ 1

เอกสารประกอบการสอนเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

เอกสารประกอบการสอนเคมีของยางธรรมชาติ

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

....

จ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากว่า 1 สาขา)

.........การแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ การสังเคราะห์พอลิเมอร์และพอลิเมอร์ไฮโดรเจล