

ผลของสารเชื่อมขวางต่อสมบัติของไฮโดรเจลเชื่อมโยงแบบกึ่งโครงร่างตาข่าย ของยางธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลัง

Effect of Crosslinking agent to Properties of Semi- Interpenetrating Polymer Network Hydrogel of Natural Rubber and Cassava Starch

ชัยวุฒิ วัดจิ่ง^{1*}, อุมามพร ไชยสุวรรณ², อุไรวรรณ พันธุ์แก่น², ณัฐติยา ใจภักดี², ทิพย์สุดา บุญประสพ², จิราพร กวานเหียน²,
เสาวลักษณ์ บุญยอด¹ และอรอุมา สันตวิธ³
Chaiwute Vudjung^{1*}, Umapon Chaisuwan², Uraiwan Pangan², Nattiya Chaipugdee², Tipsuda Boonpasuk²,
Jiraporn Kwanhean², Saowaluk Boonyod¹ and Onuma Santawitee³

บทคัดย่อ

ไฮโดรเจลเชื่อมขวางแบบกึ่งโครงร่างตาข่าย (Semi-Interpenetrating polymer network, semi-IPN) ของยางธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลัง (Semi-IPN NR/ST) เตรียมด้วยวิธีการเบลนคั่นน้ำยางข้นและแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการเจลาติไนซ์ โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulphate) และ N,N'-Methylene-Bis-Acrylamide (MBA) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาและสารเชื่อมขวาง ตามลำดับ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของปริมาณ MBA ต่อสมบัติการดูดซึมน้ำและเสถียรภาพทางความร้อนของ Semi-IPN NR/ST จากการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ MBA โดยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของ Semi-IPN NR/ST ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการเติม MBA โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงสุดประมาณ 90 % เมื่อเติม MBA 1.0 phr ในขณะที่เสถียรภาพทางความร้อนดีขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณ MBA เนื่องจากความหนาแน่นของพันธะการเชื่อมขวางในโครงสร้างของ Semi-IPN NR/ST เป็นเหตุผลให้การเสื่อมสภาพทางความร้อนของ Semi-IPN NR/ST เกิดที่อุณหภูมิสูงขึ้นและทำให้ดูดซึมน้ำเอาไว้ในโครงสร้าง Semi-IPN NR/ST ได้ในปริมาณน้อยลง

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ แป้งมันสำปะหลัง ไฮโดรเจล เชื่อมโยงแบบกึ่งโครงร่างตาข่าย

¹ อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

² นิสิตปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

³ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

*Corresponding author : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ปี 2556

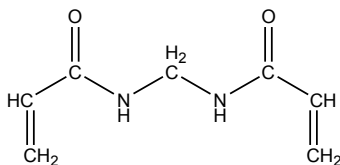
Abstract

Semi-Interpenetrating polymer network (Semi-IPN) hydrogel of natural rubber and cassava starch (Semi-IPN NR/ST) were prepared by blending the concentrated natural rubber latex and gelatinized cassava starch using potassium persulphate and N, N'-Methylene-Bis-Acrylamide (MBA) as initiator and crosslinking agent, respectively. The influence of content of MBA on the water absorption and heat stability properties of Semi-IPN NR/ST was investigated. The results showed that the water absorption and the heat stability properties of the Semi-IPN NR/ST were a function of amount of MBA. The percentage of the water absorption of Semi-IPN NR/ST decreased with increasing MBA content. The highest percentage of the water absorption of Semi-IPN NR/ST was ca. 90 % at 1.0 phr MBA content, while the heat stability was improved with increasing MBA content due to densely crosslink bond in structure of Semi-IPN NR/ST which caused the difficult heat degradation of Semi-IPN NR/ST hydrogel and lower water absorption of Semi-IPN NR/ST molecule.

Keywords: Natural rubber, Cassava starch, Hydrogel, Semi-Interpenetrating polymer network (Semi-IPN)

บทนำ

ไฮโดรเจล (hydrogel) เป็นพอลิเมอร์เชื่อมขวาง (Cross-linked) ที่มีความชอบน้ำ สามารถดูดซับน้ำหรือสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายในปริมาณมากโดยไม่เกิดการละลาย[1] โดยสารเชื่อมขวางที่นิยมใช้ในการเตรียมไฮโดรเจลคือ N, N'-Methylene-Bis-Acrylamide (MBA) ซึ่งมีพันธะคู่ที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยอนุมูลอิสระถึง 2 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 1 จึงเหมาะสมเป็นสารเชื่อมขวางในการเตรียมไฮโดรเจล เพื่อให้ได้สมบัติการกักเก็บของเหลวและรักษารูปร่างไว้ได้ ไฮโดรเจลถูกนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างมากมาย เช่น ด้านเกษตรกรรม ใช้เป็นวัสดุอุ้มน้ำและแร่ธาตุต่างๆในดินไม่ให้ถูกชะล้างลงไปในดินชั้นล่าง ด้านการแพทย์ ใช้ในระบบการส่งถ่ายยา [1, 2] และเป็นแผ่นติดแผล ทำให้แผลหายเร็วขึ้น เป็นต้น แต่เนื่องจากไฮโดรเจลที่มีในท้องตลาดสังเคราะห์ขึ้นจากสารตั้งต้นที่ได้จากสารปิโตรเคมี เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol) [3] เป็นต้น ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่นับวันจะหมดไปจากโลกนี้ จึงมีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเอาวัสดุทางธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมเป็นไฮโดรเจล เช่น ไคโตซาน [4, 5] แพลคติน [6] และแป้ง [7] เป็นต้น โดยเฉพาะแป้งเป็นวัตถุดิบที่มีเป็นจำนวนมากในธรรมชาติและทางการเกษตร



ภาพที่ 1 โครงสร้างของ N, N'-Methylene-Bis-Acrylamide (MBA)

แป้งมันสำปะหลัง (Cassava Starch) มีลักษณะเป็นผงสีขาว เมื่อทำให้สุกจะเหลวเหนียวหนืดและใส นิยมนำมาผสมกับอาหารที่ต้องการความเหนียวหนืดและใส เช่นทับทิมกรอบ เต้าส่วน ฯลฯ แป้งมันสำปะหลังเป็นสินค้าเกษตรกรรมที่มีมากในประเทศไทย อีกทั้งภายในโครงสร้างมีหมู่ไฮดรอกซี (Hydroxy) ซึ่งทำให้แป้งสามารถดูดซับน้ำได้ แต่เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นวัสดุธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายด้วยกระบวนการเมตาบอลิซึม ของแบคทีเรีย ยีสต์ และเห็ด จึงไม่เหมาะสมที่จะนำแป้งมันสำปะหลังมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นไฮโดรเจลที่ใช้ในทางการเกษตร เพราะจะทำให้อายุการใช้งานของไฮโดรเจลสั้นลง หากมีการเติมพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ ที่มีการย่อยสลายทางชีวภาพได้ช้าลงไป เพื่อไฮโดรเจลที่ใช้ทางการเกษตรมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

ยางธรรมชาติหรือยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย สมบัติเด่นของยางธรรมชาติ คือ ความยืดหยุ่น (elasticity) การเหนียวติดกัน (tack) ดีเยี่ยม การย่อยสลายทางชีวภาพเกิดขึ้นได้ยาก แต่ความสามารถในการดูดน้ำได้น้อยมาก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำเอายางธรรมชาติมาเตรียมเป็นไฮโดรเจล นอกจากนี้ยางธรรมชาติสามารถเกิดการเชื่อมสภาพได้ง่ายภายใต้แสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความร้อน เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่ (double bond) อยู่ ทำให้วงไวนิลต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและโอโซน โดยมีแสงแดดและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ทั้งนี้การมีพันธะคู่ทำให้สามารถเติมหมู่ฟังก์ชันเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้มีการเตรียมไฮโดรเจลจากแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีความชอบน้ำและสามารถดูดน้ำได้ดี และใช้ยางธรรมชาติที่มีสมบัติการย่อยสลายทางชีวภาพต่ำมาช่วยกัน โดยการเชื่อมโยงแบบกึ่งโครงร่างตาข่าย (Semi-IPN) ด้วย MBA ผ่านพันธะคู่ของยางธรรมชาติ เพื่อให้เกิดความเข้ากันระหว่างแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติมากขึ้น ได้ไฮโดรเจลที่มีสมบัติการดูดซับน้ำที่ดีและย่อยสลายทางชีวภาพช้าลง

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST

เตรียมน้ำยางเชื่อมขวาง โดยนำน้ำยางขึ้นจาก ไทยรับเบอร์ลาค์เทคซ์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทยจำกัด) มหาชน ปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% (น้ำยางขึ้นปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จาก BHD Laboratory ประเทศอังกฤษ และสารลดแรงตึงผิว Emulvin WA จาก LANXESS ประเทศ เยอรมัน เพื่อป้องกันการเสถียรภาพของน้ำยาง เติม MBA (ปริมาณที่ศึกษา 1.0 – 2.5 phr) และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulfate; $K_2S_2O_8$) จาก Sigma-Aldrich ประเทศ สหรัฐอเมริกา 1 phr ทำปฏิกิริยาที่ 70 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง อบแห้งในตู้อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทดสอบสมบัติของยางธรรมชาติเชื่อมขวาง ดังนี้

- การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของไฮโดรเจลด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Infrared Spectroscopy; IR) รุ่น Perkin Elmer 1760X บริษัท Perkin-Elmer ประเทศ สหรัฐอเมริกา เตรียมแผ่นฟิล์มตัวอย่างบางๆ ใช้สภาวะการทดสอบในช่วงคลื่น $4000 - 700 \text{ cm}^{-1}$

- การหาเปอร์เซ็นต์ส่วนเจล (Gel fraction) และส่วนที่ละลายในโทลูอีน (Soluble fraction) โดยการละลายแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ตัดขนาดเล็กราว 1 กรัม ในโทลูอีน 3 ชั่วโมง กวนที่ 200 รอบ/นาที [8]

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ปี 2556

$$\text{Sol (\%)} + \text{Gel (\%)} = 100 \quad (1)$$

เมื่อ Sol คือ ส่วนที่ละลายได้ในตัวทำละลาย
Gel คือ ส่วนที่ไม่ละลายในตัวทำละลาย

เตรียมสารละลายเพิ่มความเข้มข้น 2% w/w ในน้ำ โดยใช้แป้งมันสำปะหลังตราพระอาทิตย์ 5 ดวง จากบริษัท บิ๊กทรี อินเตอร์เทรด จำกัด ประเทศไทย ให้ความร้อนของผสมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กวนจนได้สารละลายแป้งกลายเป็นแป้งเจลาติน (เปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีใสและมีความหนืดสูง) เติมน้ำยางธรรมชาติเชื่อมขวางลงในสารละลายแป้งเจลาตินในอัตราส่วน 1:1 ของปริมาณเนื้อสาร กวนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน อบแห้งในตู้อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้น เพิ่มความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) โดยแช่ไฮโดรเจลลงในโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 ชั่วโมง อบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อีกครั้ง

2. ศึกษาสมบัติของไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST

- การหาเปอร์เซ็นต์ส่วนเจล (Gel fraction) และส่วนที่ละลาย (Soluble fraction) โดยการละลายไฮโดรเจลในน้ำ 3 ชั่วโมง กวนที่ 200 รอบ/นาที คำนวณโดยใช้สมการ (1)
- เสถียรภาพทางความร้อนของไฮโดรเจลด้วยเทคนิค เทอร์โมกราวิเมตริก (Thermo gravimetric analysis; TGA) รุ่น Thermoplus TG 8120 บริษัท Rigaku ประเทศ ญี่ปุ่น
- ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) รุ่น JSM-5410 LV บริษัท Jeol ประเทศ ญี่ปุ่น
- ศึกษาสมบัติการดูดซึมน้ำโดยเตรียมชิ้นตัวอย่างขนาด 1 x 1 x 0.2 เซนติเมตร แช่ในน้ำกลั่น 500 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และใช้สมการในการคำนวณ ดังนี้
-

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (\% water absorption)} = 100 \times (W_2 - W_1) / W_1 \quad (2)$$

เมื่อ W_1 และ W_2 เป็นน้ำหนักของไฮโดรเจลขณะแห้งและเปียก ตามลำดับ [9]

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. สมบัติทางธรรมชาติเชื่อมขวางด้วย MBA ที่เตรียมในสถานะน้ำยาง

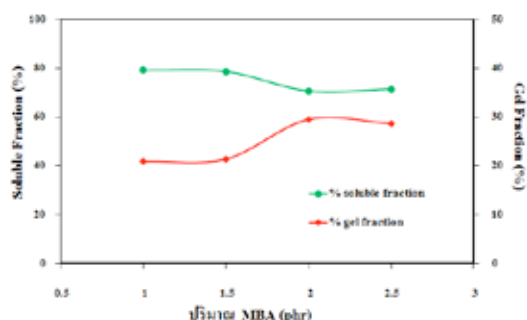
ภาพที่ 2 แสดงผลของปริมาณ MBA ต่อเปอร์เซ็นต์ส่วนเจล (Gel fraction) และส่วนที่ละลาย (Soluble fraction) ในโทลูอีนของยางธรรมชาติเชื่อมขวาง พบว่า เมื่อปริมาณของ MBA มากขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ส่วนเจลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ส่วนที่ละลายได้ในโทลูอีนของยางเชื่อมขวางลดลง โดยเปอร์เซ็นต์ส่วนเจลสูงสุดประมาณ 60 % ที่ปริมาณ MBA 2.0 phr เนื่องจากธรรมชาติที่หลีกเลี่ยงการละลายในโทลูอีนเกิดจากการเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่ของยางธรรมชาติ [10]

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนแปลงของยางธรรมชาติเชื่อมขวางด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Infrared Spectroscopy; IR) แสดงในภาพที่ 5 พบตำแหน่งการสั่นของพันธะคู่ (C=C) ในสายโซ่หลักของโมเลกุลยางธรรมชาติที่ 836 cm^{-1} ทั้งในส่วนยางธรรมชาติและยางธรรมชาติเชื่อมขวาง แต่ปรากฏตำแหน่งความถี่ในการยืด (stretching frequency) ที่ $3200 - 3600\text{ cm}^{-1}$ ของ N-H และ 1668 cm^{-1} ของ C=O ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของอะคริลาไมด์ (acrylamide) [11] ของ MBA แสดงให้เห็นว่าเกิดการเชื่อมขวางขึ้นโดย MBA ในยางธรรมชาติเชื่อมขวาง

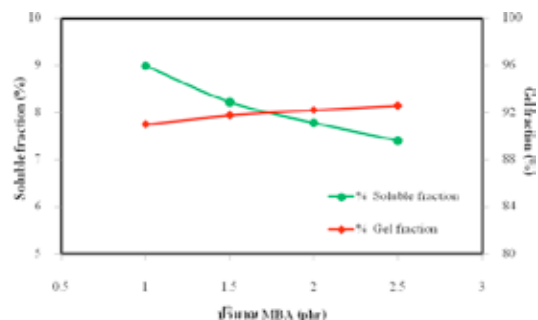
2. สมบัติไฮโดรเจลเชื่อมโยงแบบกึ่งโครงร่างตาข่ายจากยางธรรมชาติเชื่อมขวางและแป้งมันสำปะหลังเจลาติน

ภาพที่ 3 แสดงผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ส่วนเจลและส่วนที่ละลายได้ในน้ำของไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST ที่ปริมาณ MBA 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 phr พบว่า เมื่อปริมาณ MBA เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ส่วนเจลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ส่วนที่ละลายได้ในน้ำลดลง โดยให้เปอร์เซ็นต์ส่วนเจลสูงสุด คือ 92.59 % ที่ปริมาณ MBA 2.5 phr แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ MBA จะทำให้เกิดการหลุดออกของสารที่สามารถละลายน้ำได้น้อยลง เนื่องจากความหนาแน่นของปริมาณการเชื่อมขวางของไฮโดรเจลทำให้เกิดการขัดขวางการละลายของสารที่สามารถละลายได้ในน้ำ

การศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของ Semi-IPN NR/ST ด้วยเทคนิค TGA แสดงดังภาพที่ 4 โดยภาพที่ 4 A แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป (TGA) ของไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST ที่ปริมาณ MBA ต่างๆ และรูปที่ 4 B แสดงอัตราการสลายตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป (DTG) ของไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST พบว่า การสูญเสียน้ำหนักด้วยความร้อนประกอบด้วย 2 ช่วง คือ ช่วง $290, 295, 296, 307\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิ $368, 386, 385, 388\text{ }^{\circ}\text{C}$ ที่ปริมาณ MBA 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 phr ตามลำดับ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากรูป 4 B ซึ่งในช่วงแรกน้ำหนักที่หายไปเป็นส่วนของแป้งเนื่องจากมีอุณหภูมิในการสลายตัวต่ำ ในขณะที่ยางธรรมชาติจะเกิดการสลายตัวในช่วงที่สอง โดยอุณหภูมิการสลายตัวของแป้งมันสำปะหลังในช่วง $233 - 368\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12] และยางธรรมชาติที่ $333 - 428\text{ }^{\circ}\text{C}$ [13] นอกจากนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณสารเชื่อมขวางในการเตรียมไฮโดรเจลมีผลทำให้อุณหภูมิในการสลายตัวสูงขึ้น เนื่องจากการเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ส่งผลให้ไฮโดรเจลมีเสถียรภาพทางความร้อนดีขึ้น

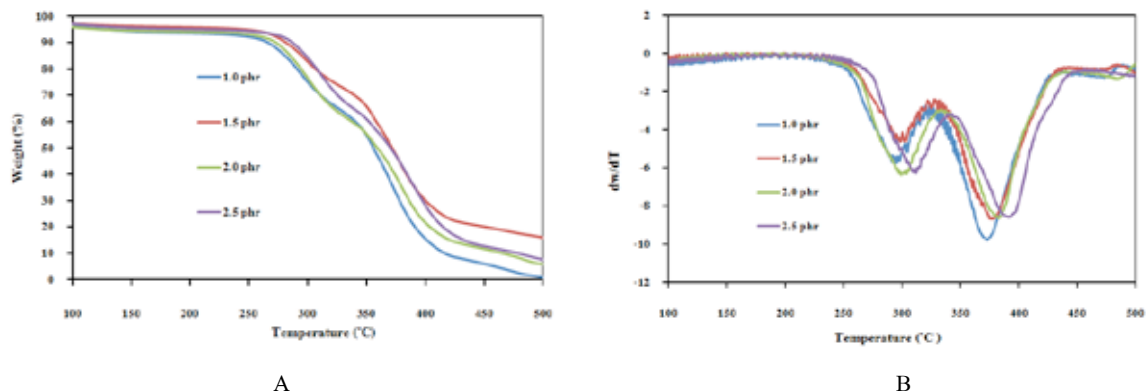


ภาพที่ 2 ผลของปริมาณ MBA ต่อเปอร์เซ็นต์ส่วนเจลและส่วนที่ละลายได้ในโทลูอีนของยางธรรมชาติเชื่อมขวาง

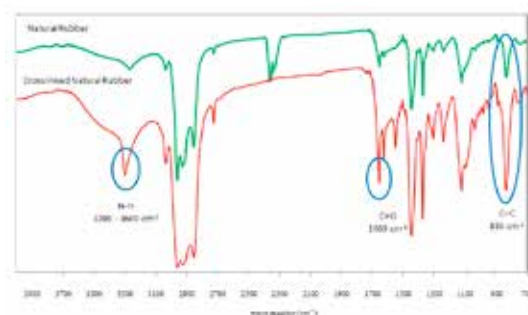


ภาพที่ 3 ผลของปริมาณ MBA ต่อเปอร์เซ็นต์ส่วนเจลและส่วนที่ละลายได้ในน้ำของไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST

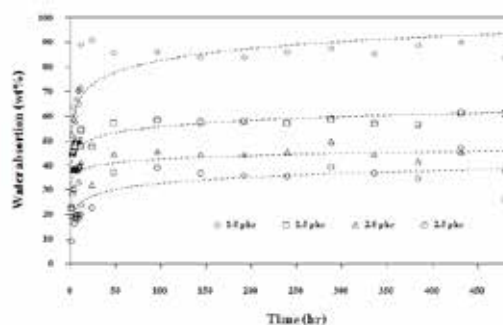
จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ปี 2556



ภาพที่ 4 กราฟการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไฮโดรเจลเมื่อได้รับความร้อน A. TGA และ B. DTG



ภาพที่ 5 สเปกตรัมอินฟราเรด ของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติเชื่อมขวางด้วย MBA 2 phr



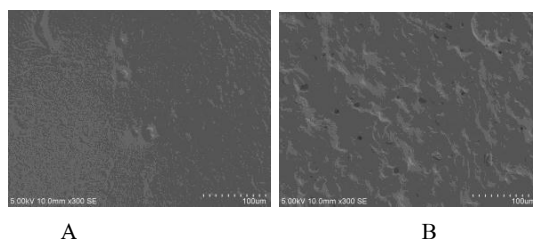
ภาพที่ 6 ผลของปริมาณ MBA ต่างๆ ต่อสมบัติการดูดซับน้ำของไฮโดรเจล Semi-NR/ST

ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ MBA ซึ่งเป็นสารเชื่อมขวางต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของ Semi-IPN NR/ST พบว่าการใช้ MBA มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ คือ เมื่อเพิ่มปริมาณ MBA มากขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของ Semi-IPN NR/ST มีแนวโน้มลดลง และปริมาณ MBA ที่ทำให้ Semi-IPN NR/ST ดูดซึมน้ำได้สูงสุดในการแช่น้ำกลั่นคือ 1.0 phr โดยให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 90 % เนื่องจากเมื่อปริมาณ MBA เพิ่มขึ้นทำให้โครงร่างตาข่ายของ Semi-IPN NR/ST มีความหนาแน่นมากขึ้น ความสามารถของน้ำในการแพร่ซึมเข้าไปใน Semi-IPN NR/ST ได้ยากขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของ Semi-IPN NR/ST จึงลดลง [14]

นอกจากนี้ภาพที่ 7 แสดงการดูดซึมน้ำสีของแผ่นยางธรรมชาติเชื่อมขวางและแผ่นไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST ก่อนและหลังการแช่น้ำสีแดง ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าแผ่นไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST มีสมบัติการดูดซึมน้ำจากการเปลี่ยนสีหลังจากแช่น้ำสีแดง ในขณะที่แผ่นยางธรรมชาติเชื่อมขวางไม่เกิดการดูดซึมน้ำและเปลี่ยนสี และเมื่อศึกษาพื้นฐานวิทยาของแผ่นไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดก่อนและหลังการแช่น้ำ (ภาพที่ 8) พบว่าหลังจากการแช่น้ำของแผ่นไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST จะเกิดรูพรุนขึ้น ทำให้แผ่นไฮโดรเจลสามารถดูดซึมน้ำได้



ภาพที่ 7 การดูดซับน้ำสีแดงของแผ่นยางธรรมชาติเชื่อมขวางและแผ่นไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST ที่ปริมาณ MBA 1 phr



ภาพที่ 8 สัณฐานวิทยาของแผ่นไฮโดรเจลแผ่นไฮโดรเจล Semi-IPN NR/ST ที่ปริมาณ MBA 1 phr A. ก่อน และ B. หลังแช่น้ำ

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลอง พบว่าปริมาณของ N,N'-Methylene-Bis-Acrylamide มีผลต่อสมบัติการดูดน้ำของไฮโดรเจลเชื่อมโยงแบบกึ่งโครงร่างตาข่ายของแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติ โดยปริมาณของ N,N'-Methylene-Bis-Acrylamide ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ นอกจากนี้ N,N'-Methylene-Bis-Acrylamide ซึ่งเกิดการเชื่อมขวางในโครงสร้างช่วยให้ไฮโดรเจลมีเสถียรภาพทางความร้อนดีขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากทุนนักวิจัยหน้าใหม่ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในโครงการวิจัยเรื่อง “การเตรียมไฮโดรเจลจากยางธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังสำหรับปลูกพืชประจำปีงบประมาณ 2555” และขอบคุณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำหรับการอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gerlach G, Arndt K.F. (2009). Hydrogel sensors and actuators. **Engineering and Technology**. Springer. London.
- [2] สายชล สุขสมวัฒน์. (2533) การเตรียมกราฟท์โคพอลิเมอร์ที่ดูดน้ำได้ดีโดยใช้แป้งชนิดต่างๆ กับอะครีโลไนไตรล์. **วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต** สาขาการสอนเคมี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [3] Koba, Y. M., Toguchida, J. and Oka, M. (2003) Preliminary study of polyvinyl alcohol/hydrogel (PVA/H) artificial meniscus. **Biomaterials**. 24. 639-47.

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ปี 2556

- [4] Fares MM, Al-Ta' and B. (2003). Graft copolymerization onto chitosan: I. Grafting of ethylmethacrylate using ceric ammonium nitrate as an initiator. **Acta Chim Slov.** 50, 275-85.
- [5] Karavas, E., Georgarakis, E. and Bikiaris D. (2006). Adjusting drug release by using miscible polymer blends as effective drug carries. **J Therm Anal Calorim.** 84. 125-33.
- [6] Pawelchak, JM. and Freeman FM. (1988). Method of treating wounds with granules and dressing, **Patent ID: US4728642**, USA, March.
- [7] Qudsieh, I., Hakhru'I-Razi, A., Muyibi, S., Ahmad, M., Rahman, M. and Yunus, W. (2004). Preparation and characterization of poly(methyl methacrylate) grafted sago starch using potassium persulfate as redox initiator. **J Appl Polym Sci.** 94. 1891 – 1895.
- [8] Mohammad, J., Zohuriaan-Mehr and Kourosh K. (2008). Superabsorbent Polymer Materials: A Review. **Iranian Polymer Journal.** 17 (6). 451 – 477.
- [9] Keles, H., Celik, M., Sacak, M. and Aksu, L. (1999). Graft copolymerization of methyl methacrylate upon gelatin initiated by benzoyl peroxide in aqueous medium. **J Appl Polym Sci.** 74. 1547-56.
- [10] Khongtong, S. and Funghonlajit, N. (2008). Water Swollen Natural Rubber. **Walailak J Sci & Tech.** 5 (1). 67 - 75.
- [11] Fan, Y., Zhang, M., and Feng, M. Y. Q. (2005). Poly(acrylamide-vinylpyridine-N,N'-methylene bisacrylamide) monolithic capillary for in-tube solid-phase microextraction coupled to high performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A.** (1099). 84-91.
- [12] Lanthong, P., Nuisin, R. and Kiatkamjornwong, S. 2006. Graft copolymerization, characterization, and degradation of cassava starch-g-acrylamide-itaconic acid superabsorbents. **Carbohydrate Polymers.** 66. 229-245.
- [13] Zhi-Fen, W., Zheng, P., Si-Dong, L., Hua, L., Ke-Xi, Z., Xiao-Dong, S., Xin, F. (2009). The impact of esterification on the properties of starch/natural rubber composite. **Composites Science and Technology.** 69. 1797-1803.
- [14] ทรงศักดิ์ กัลลาลัง. (2543) การเตรียมเยื่อแผ่นชนิดชอบน้ำจากยางธรรมชาติ. **วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.