

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

6.1 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติบางประการของน้ำยางข้น

จากค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด(TSC), ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC), ปริมาณส่วนที่ไม่ใช่ยาง (NRC), ปริมาณความเป็นด่าง (NH₄) ความคงตัวของน้ำยางต่อเครื่องมือกล (MST), จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA number), จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number), ค่า pH ของน้ำยางข้น เปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม ISO 2004-1997(E) พบว่า คุณภาพของน้ำยางข้นตั้งต้นอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด

6.2 การเตรียมยางธรรมชาติอิพอกไซด์

6.2.1 การศึกษาปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อการเกิดยางธรรมชาติอิพอกไซด์ จากการทดลองในหัวข้อ 4.5 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำยางที่เวลาของการทำปฏิกิริยา ทุก 2 ชั่วโมง จนถึง 25 ชั่วโมง นำน้ำยางมาจับตัวด้วยเมทานอล ล้างให้สะอาด อบแห้ง ลักษณะของยางธรรมชาติอิพอกไซด์ที่ได้เนื้อจะหนากว่ายางธรรมชาติ มีความเหนียวมากกว่า โดยยางที่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานกว่าจะทำให้เนื้อยางที่มีความเหนียวมากกว่า และมีสีเข้มกว่า แต่เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานเกินไปจะทำให้ยางเสียสภาพ ซึ่งจะไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้เมื่อใช้เมทานอล โดยที่เวลาที่ยางเสียสภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเคมีและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาด้วย เช่น การใช้สารเคมีชุดที่ 1 ที่อุณหภูมิ 30 °C ยางจะเริ่มเสียสภาพเมื่อใช้เวลานาน 20 ชั่วโมง แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 50 °C ยางจะเริ่มเสียสภาพเมื่อใช้เวลานาน 16 ชั่วโมงโดยเนื้อยางจะแตกเป็นเม็ดเล็กๆ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณหมู่อิพอกไซด์สามารถใช้ได้ 2 เทคนิคคือ เทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี และ เทคนิค NMR คำนวณหาปริมาณหมู่อิพอกไซด์

6.2.2 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR พบว่ามีตำแหน่งของแถบการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของหมู่อิพอกไซด์ ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 870 cm⁻¹ ไม่พบแถบการดูดกลืนแสงของหมู่คาร์บอนิล และไฮดรอกซิล ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเปิดวงแหวนอิพอกไซด์ ดังนั้นโมเลกุลยางธรรมชาติจะเกิดปฏิกิริยาอิพอกซิเดชันกับกรดเพอร์ฟอร์มิก หลังจากนั้นคำนวณหาค่า Absorbance ratio ของพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 870 cm⁻¹ กับ 835 cm⁻¹ แล้วคำนวณหาปริมาณหมู่อิพอกไซด์ โดยใช้กราฟมาตรฐานของ Daveu and Loadman(1984)

6.2.3 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR พบ Spectrum ¹H-NMR ของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติอิพอกไซด์ปรากฏพีคที่ตำแหน่ง 1.2 ppm และ 1.6 ppm เป็นของ methyl protons , พีคที่ 2.1 ppm เป็นของ methylene protons , และพีคที่ 5.1 ppm เป็นของ unsaturated methylene protons จาก

รูปที่ 5.3 เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พีคที่ 2.7 ppm เป็นของ methine protons จะเพิ่มขึ้นมาซึ่งมีเฉพาะในยางธรรมชาติพอกไซค์ เมื่อพิจารณาจากสูตรโครงสร้างที่ตำแหน่ง methylene protons (พีคที่ 5.1 ppm) จะเปลี่ยนเป็น methine protons (พีคที่ 2.7 ppm) เมื่อยางถูกออกซิไดส์ โดยถ้าเกิดเปลี่ยนเป็นหมู่พอกไซค์ มาก สัญญาณที่ 2.7 ppm ก็จะสูงขึ้น ดังนั้นสามารถหาปริมาณหมู่พอกไซค์ ได้โดยใช้อัตราส่วนความเข้มของสัญญาณที่ 2.7 ppm กับที่ 5.1 ppm ในการเปรียบเทียบค่าที่ได้ในการหาปริมาณหมู่พอกไซค์ โดยใช้เทคนิค IR และ NMR ผลที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าผลการวิเคราะห์หาปริมาณหมู่พอกไซค์โดยใช้เทคนิคทั้งสองมีความถูกต้องและให้ข้อมูลที่ น่าเชื่อถือ

6.2.4 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมยางธรรมชาติพอกไซค์ ในส่วนของผลการใช้สารเคมีชุดที่ 1-3 (ตารางที่ 4.1) ต่อปริมาณของหมู่ พอกไซค์ พบว่าที่อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา 30°C สารเคมีชุดที่ 1 (น้ำหนักของน้ำยาง 115.6 g , Hydrogen peroxide 2.6 M , Formic acid 0.9 M และ Teric16A16 13 g/l) มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุด และที่เวลาของการทำปฏิกิริยาเดียวกัน การใช้สารเคมีชุดที่ 1 จะเกิดวงแหวนพอกไซค์บนโมเลกุลยางธรรมชาติในปริมาณสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณส่วนประกอบของยางธรรมชาติ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดฟอร์มิกสูงที่สุด ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้สารเคมีในชุดที่ 1 ในการเตรียมยางธรรมชาติพอกไซค์ในการทดลองต่อไป

6.2.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา กับปริมาณหมู่พอกไซค์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 5.5 พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยา คือ 50°C เนื่องจากได้ยางธรรมชาติที่มีปริมาณหมู่พอกไซค์สูง และยังเกิดการเสถียรภาพที่เวลาของการทำปฏิกิริยา ประมาณ 16 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาที่นานพอที่จะทำให้เกิดหมู่พอกไซค์บนโมเลกุลยางธรรมชาติในปริมาณสูงได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 50°C และสารเคมีในชุดที่ 1 เป็นสภาวะในการเตรียมยางธรรมชาติพอกไซค์ เพื่อนำไปใช้ในการทำพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ต่อไป

6.2.6 จากการหาแอกติวิตีของเอนไซม์ Lipoxygenase ได้ค่าแอกติวิตี 129,000 ยูนิตต่อมิลลิกรัมแต่เขียนไว้ข้างขวดที่บรรจุเอนไซม์คำนวณได้ 130,435 ยูนิตต่อมิลลิกรัม (15,000,000 ยูนิต/115 มิลลิกรัม)

(1 ยูนิต แอกติวิตี ของ Lipoxygenase = ปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มค่า A234 ไป 0.001 หน่วยต่อนาที ที่สภาวะ pH 9.0 อุณหภูมิ 25°C เมื่อใช้กรดไขมันไลโนเลอิกเป็นสารตั้งต้น) แสดงว่าเอนไซม์ Lipoxygenase แอกติวิตีลดลงระหว่างเก็บรักษาอาจเนื่องมาจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่เหมาะสมหรือเก็บไว้นานเกินไปทำให้เอนไซม์เสถียรภาพได้ซึ่งมีผลทำให้แอกติวิตีลดลง

6.2.7 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมยางธรรมชาติพอกไซค์โดยใช้เอนไซม์ จากผลการทดลองทุกชุดการทดลองสภาวะที่กำหนดจากการทดลอง จากรูปที่ 5.8 และ 5.9 พบว่าไม่มีสัญญาณพีคที่ตำแหน่ง 2.7 ppm ปรากฏขึ้นมานั้นแสดงว่าการใช้เอนไซม์ Lipoxygenase เพื่อทำ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของยางธรรมชาติไม่สามารถทำได้เนื่องจากเอนไซม์ Lipoxygenase มีความจำเพาะเจาะจงกับสารตั้งต้นคือกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นโมเลกุลเล็กๆ เพราะฉะนั้น เอนไซม์ Lipoxygenase จึงไม่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีสารตั้งต้นเป็นโมเลกุลของไอโซพรีนซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ และมีพวกโปรตีนและฟอสโฟลิปิดห่อหุ้มอยู่ ซึ่งอาจขัดขวางการเข้าไปจับของเอนไซม์กับโมเลกุลของไอโซพรีน หรืออาจมีผลมาจากสารซักฟอก SLS ที่ใช้เพื่อช่วยรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้เกิดการจับตัวในระหว่างการทดลอง และช่วยชะล้างโปรตีนที่อยู่ในส่วนของเซรัมของน้ำยาง และโปรตีนบนผิวอนุภาคของยางบางส่วนที่มีคุณสมบัติเป็นแอมฟิพาธิก จะสามารถจัดออกด้วยสารประเภทดีเทอร์เจน และจะถูกชะล้างออกไป เมื่อล้างและปั่นหลายๆรอบก่อนที่จะนำไปบ่มด้วยเอนไซม์ซึ่งอาจมีผลต่อแอกติวิตีของเอนไซม์ หรือสภาวะที่กำหนดในการทดลองครั้งนี้ยังไม่เหมาะสมเอนไซม์ Lipoxygenase จึงไม่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับน้ำยางได้

6.3 การเตรียมพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์จากยางธรรมชาติอิพอกไซค์

6.3.1 จากการทดลองนำยาง ENR ปริมาณ โมลเปอร์เซ็นต์อิพอกไซค์ 28, 38 และ 46 มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ละลายด้วย คลอโรฟอร์ม คนด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 5 วัน สารละลายที่ได้จะมีลักษณะเป็นของเหลวโปร่งแสงที่เหนียว และเมื่อเติมเกลือ lithium ซึ่งได้จาก นำเกลือ lithium ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ผสมด้วย EC และ PC แล้วละลายให้เข้ากันด้วยคลอโรฟอร์ม นำมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปขึ้นรูปให้เป็นแผ่นฟิล์มที่ความหนา 2 มิลลิเมตร ใน petri dish ที่มีแผ่นทองแดงเป็นอิเล็กโทรดประกบทั้ง 2 ข้าง ตัวอย่างที่ได้จะเป็นแผ่นฟิล์มมีความเสถียร และเหนียว

6.3.2 เมื่อศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของยาง ENR-28, ENR-38, และ ENR-46 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์เกลือลิเทียมเพิ่ม แต่เมื่อเพิ่มเกลือลิเทียมมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติอิพอกไซค์ทั้ง 3 ชนิด ยาง ENR-38 จะให้ค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดเมื่อเทียบกับ ยาง ENR-28 และ ENR-46 อาจเป็นเนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณหมู่อิพอกไซค์จะทำให้โมเลกุลของยางธรรมชาติอิพอกไซค์มีออกซิเจนที่สามารถเกิดพันธะโคออดิเนชันกับไอออนลิเทียมได้เพิ่มขึ้น การนำไฟฟ้าจะมากขึ้น แต่เมื่อปริมาณหมู่อิพอกไซค์มากเกินไปออกซิเจนของหมู่อิพอกไซค์อาจจะไปจับกับลิเทียมไอออนมากเกินไปทำให้ขัดขวางการเคลื่อนที่ของไอออน และเนื่องจาก ENR-46 มีความเป็นขั้วมากขึ้นจึงละลายได้ยากขึ้นเมื่อใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายเนื่องจากคลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วจึงทำให้ลักษณะของแผ่นฟิล์มของ ENR-46 มีความไม่สม่ำเสมอมีความพรุนเกิดขึ้นเมื่อนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าซึ่งคิดต่อพื้นที่ด้วยทำให้ได้ค่าการนำไฟฟ้าไม่สูง โดยในกรณี ENR-38 ค่าการนำไฟฟ้าที่เปอร์เซ็นต์เกลือลิเทียมสูงสุดคือ 30% ได้ค่า $6.9 \times 10^{-5} \text{ Scm}^{-1}$

6.3.3 การศึกษาสมบัติเชิงความร้อน ในที่นี้จะศึกษา อุณหภูมิกลายแก้ว (T_g) และจุดหลอมเหลว (T_m) โดยจะศึกษาตัวอย่างยางธรรมชาติอิพอกไซค์ทั้ง 3 ชนิด ที่เปอร์เซ็นต์เกลือลิเทียม

10, 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองจะเห็นว่า ค่า Tg จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปอร์เซ็นต์ของเกลือลิเทียมเพิ่ม ซึ่งสิ่งนี้บ่งบอกว่าเกิดสารเชิงซ้อนระหว่างยางธรรมชาติพอกไซค์กับเกลือลิเทียม ส่วนในการศึกษาจุดหลอมเหลว เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเกลือลิเทียม จุดหลอมเหลวมีแนวโน้มจะลดลงเล็กน้อยแสดงว่าพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ยังคงสมบัติของยางอยู่

สรุปผลการทดลอง

1. ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมยางธรรมชาติพอกไซค์โดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมีพบว่าการใช้ สารเคมีชุดที่ 1 (น้ำหนักของน้ำยาง 115.6 g , Hydrogen peroxide 2.6 M , Formic acid 0.9 M และ Teric16A16 13 g/l) ที่เวลาของการทำปฏิกิริยาเดียวกัน การใช้สารเคมีชุดที่ 1 จะเกิดวงแหวนพอกไซค์บนโมเลกุลยางธรรมชาติในปริมาณสูงที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ
2. การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR พบว่ามีตำแหน่งของแถบการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของหมู่พอกไซค์ ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 870 cm^{-1} การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR เมื่อเกิดปฏิกิริยาพอกไซค์ เดชัน พีคที่ 2.7 ppm เป็นของ methine protons จะเพิ่มขึ้นมาซึ่งมีเฉพาะในยางธรรมชาติพอกไซค์
3. ปริมาณหมู่พอกไซค์ เพิ่มขึ้นตามเวลาของการทำปฏิกิริยาพอกไซค์เดชัน
4. สำหรับอุณหภูมิของการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมคือ 50°C เนื่องจากได้ยางธรรมชาติที่มีปริมาณหมู่พอกไซค์สูง และไม่ทำให้ยางเกิดการเสียดสภาพเร็วเกินไป
5. ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 50°C และสารเคมีในชุดที่ 1 เป็นสภาวะในการเตรียมยางธรรมชาติพอกไซค์ เพื่อนำไปใช้ในการทำพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ต่อไป
6. ในส่วนของการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมยางธรรมชาติพอกไซค์โดยใช้ เอนไซม์ ผลการทดลองทุกชุดการทดลองสภาวะที่กำหนดจากการทดลอง เอนไซม์ Lipoxygenase ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาพอกไซค์เดชันที่มีสารตั้งต้นเป็นน้ำยางธรรมชาติ
7. การเตรียมพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์จากยางธรรมชาติพอกไซค์ โดยใช้ยางธรรมชาติพอกไซค์ที่มีปริมาณ โมลเปอร์เซ็นต์พอกไซค์ 28, 38 และ 46 มาผสมกับเกลือ lithium , EC และ PC โดยใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลาย ตัวอย่างที่ได้จะเป็นแผ่นฟิล์มมีความเสถียรและเหนียว
8. เมื่อศึกษาค่าการนำไฟฟ้าพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์เกลือลิเทียมเพิ่ม
9. เมื่อเพิ่มเกลือลิเทียมมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
10. เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติพอกไซค์ทั้ง 3 ชนิด ยาง ENR-38 จะให้ค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด
11. โดยในกรณี ENR-38 ค่าการนำไฟฟ้าที่เปอร์เซ็นต์เกลือลิเทียมสูงสุดคือ 30% ได้ค่า $6.9 \times 10^{-5}\text{ Scm}^{-1}$

12. ในส่วนการศึกษาสมบัติเชิงความร้อน คือ อุณหภูมิกลายแก้ว (T_g) และจุดหลอมเหลว (T_m) พบว่า ค่า T_g จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปอร์เซ็นต์ของเกลือลิเทียม

13. การศึกษาจุดหลอมเหลว (T_m) เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเกลือลิเทียม จุดหลอมเหลวมีแนวโน้มจะลดลงเล็กน้อย

14. ซึ่งจากค่าที่ได้สามารถนำขงธรรมชาติดัดแปลงมาใช้เป็นตัวขนส่ง ลิเทียมไอออน คือเป็น โพลีเอทิลีนออกไซด์ได้