สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันพอลิแล็กติกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก จัดเป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งในด้านบรรจุภัณฑ์และทางการแพทย์ อย่างไรก็ตาม พอลิแล็กติกแอซิดมีสมบัติที่เปราะ และความสามารถในการขึ้นรูป (processability) ที่ต่ำยังคงเป็นข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์และกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ นอกเหนือจากราคาของพลาสติกประเภทนี้ที่มีราคาสูง ยังคงมีความจำเป็นในการปรับปรุงสมบัติ เพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปและลดค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์จากพลาสติกชีวภาพนี้ จากงานวิจัยที่ทำมาก่อนหน้านี้ คณะผู้วิจัยพบว่า สมบัติด้านความเหนียวของพอลิแล็กติกแอซิดสามารถปรับปรุงได้ด้วยการผสมกับยางธรรมชาติซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีในประเทศไทยและไม่มีการทำวัลคาไนเซชันในยาง ทำให้ได้พอลิเมอร์ผสมที่ช่วยลดปัญหาความเปราะของพอลิแล็กติกแอซิดและยังสามารถย่อยสลายได้ ไม่มีข้อจำกัดเรื่องโครงสร้างร่างแห นอกจากนี้ ยังพบว่าสามารถเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและยางธรรมชาติเป็นแผ่นบางด้วยกระบวนการกดอัด (compression molding) ได้ อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้งานในด้านบรรจุภัณฑ์ที่สำคัญจะอยู่ในรูปของฟิล์ม การขึ้นรูปฟิล์มในอุตสาหกรรมทั่วไปจะใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม (film blowing process) หรือการอัดรีด (extrusion process) ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเพื่อเตรียมฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมนี้ด้วยกระบวนการขึ้นรูปฟิล์มที่มีใช้กันในอุตสาหกรรมทั่วไปเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อหาสภาวะการขึ้นรูปฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและยางธรรมชาติด้วยกระบวนการขึ้นรูปที่ใช้ในอุตสาหกรรม และ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่เตรียมได้และสภาวะการขึ้นรูป

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ผสมพอลิแล็กติกแอซิดและยางธรรมชาติที่อัตราส่วน 90/10 โดยน้ำหนัก (เป็นอัตราส่วนการผสมที่ให้สมบัติเหนียวดีที่สุดจากข้อมูลวิจัยที่ทำมาก่อน) ขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมด้วยกระบวนการรีดและกระบวนการเป่าฟิล์ม โดยปรับสภาวะของกระบวนการ (ตัวแปร) ได้แก่ อุณหภูมิการขึ้นรูป ความเร็วรอบ อัตราส่วนความเร็วในการดึง (draw ratio) เพื่อให้เป็นฟิล์มได้ (ภายใต้กรอบ processability) และศึกษาสมบัติการดึงของฟิล์มที่ได้

1.3 ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework)

แม้ว่าความสามารถในการขึ้นรูปของพอลิแล็กติกแอซิดจะต่ำ การฟอร์มตัวเป็นฟิล์มด้วยกระบวนการขึ้นรูปฟิลม์ทั่วไปทำได้ยาก การผสมยางธรรมชาติซึ่งโดยธรรมชาติมีสมบัติยืดหยุ่น (elastic) น่าจะช่วยเพิ่มความสามารถในการดึงยืดและฟอร์มตัวเป็นฟิล์มของพอลิแล็กติกแอซิดได้ นอกเหนือจากได้ฟิล์มที่มีสมบัติเหนียว (tough)

1.4 การทบทวนวรรณกรรม (Literature review)

พอลิแล็กติกแอซิด [Poly(lactic acid), PLA] เป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยเป็นพอลิเอสเทอร์ชนิดอะลิเฟติกสายโซ่ตรง (linear aliphatic polyester) ที่ได้จากกรดแลกติก (lactic acid) ซึ่งได้จากการหมักแป้ง[1,2] PLA เป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านบรรจุภัณฑ์และทางการแพทย์ ทั้งนี้เพราะ PLA มีสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และเตรียมจากแป้งซึ่งจัดเป็นทรัพยากรที่สามารถเกิดขึ้นใหม่ทดแทนได้ (renewable resources) อย่างไรก็ตาม PLA มีมอดุลัสสูง และความเครียดที่จุดขาดต่ำ (strain at break) รวมทั้งมีราคาค่อนข้างสูง จึงมีข้อจำกัดในการนำมาใช้ประโยชน์ การทำพอลิเมอร์ผสมเป็นทางเลือกที่ใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติดังกล่าว[3456] จากงานที่ทำมาก่อนหน้านี้ พอลิแล็กติกแอซิดจะมีสมบัติด้านความเหนียวสูงขึ้นเมื่อผสมด้วยยางธรรมชาติมากขึ้นจนถึงอัตราส่วนการผสม PLA/NR 90/10 (โดยน้ำหนัก) จะมีค่า elongation at break, tensile toughness และ impact strength เท่ากับ 20.13%, 499 MPa และ 6.66 kJ/m^2 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าดังกล่าวของ PLA ที่ 9.30%, 317 MPa และ 2.34 kJ/m^2 ตามลำดับ[7]

พอลิแล็กติกแอซิดมีค่าอุณหภูมิหลอม (T_m) ในช่วง 150 - 190°C อุณหภูมิทรานสิชันแก้ว (T_g) ในช่วง 50-60°C และอุณหภูมิการเกิดผลึกขณะให้ความร้อน (T_{cc}) ช่วง 95-105°C[1,2,8] และมีอัตราการเกิดผลึกที่ช้า ซึ่งโดยทั่วไปในการขึ้นรูปจึงควรทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (quench) แล้วให้ความร้อนอีกครั้งในช่วงระหว่าง T_g และ T_{cc} เพื่อให้พอลิเมอร์อยู่ในสภาวะยาง (rubbery state) ซึ่งเป็นสภาวะที่พอลิเมอร์สามารถดึงยืดได้เมื่อให้แรงกระทำ ซึ่งเอื้อต่อการจัดเรียงตัวตามแนว (orientation) และการเกิดผลึกของพอลิเมอร์ได้ สำหรับเกรดของ PLA ที่จะใช้ในงานวิจัยนี้แสดง T_m สองพีคในช่วง ~ 146-152°C T_g ที่ 52°C และ T_{cc} ที่ 116°C ซึ่งค่าอุณหภูมิเหล่านี้เปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อผสมกับยางธรรมชาติ รวมทั้งปริมาณผลึกของ PLA

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปฟิล์มพอลิแล็กติกแอซิด พบว่า มีตัวแปรของกระบวนการขึ้นรูปหลายตัวแปรที่ส่งผลต่อสมบัติของฟิล์มพอลิแล็กติกแอซิด Ou และ CakMak เตรียมฟิล์มพอลิแล็กติกแอซิดด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวและศึกษาถึงผลของการดึงในสองทิศทาง (biaxial stretching) ต่อผลึกของฟิล์ม พบว่า การดึงโดยลำดับ (sequential) จะได้ฟิล์มที่มีความเป็นระเบียบของผลึก (crystalline order) ที่สูงกว่าการดึงแบบพร้อมกัน (simultaneous) และการดึงแนวขวาง (transverse direction) จะค่อย ๆ ทำลายโครงสร้างผลึกที่จัดเรียงตัวตามแนวยาว (machine direction) และเสนอให้มีการทำการอบอ่อนภายใต้ความเครียด (strained annealing) เพื่อเพิ่มความเป็นระเบียบ (order)[9] Lee และคณะ พบว่าอุณหภูมิ 80°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการดึงเพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีการจัดเรียงตัวตามแนวแรง (oriented)[10] เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิโอเลฟินส์ทั่วไป การขึ้นรูปฟิล์ม PLA ด้วยกระบวนการเป่าทำได้ยากกว่า ฟิล์มมีความแข็งมากกว่าและถูกดึงยืด (elongation) ได้น้อยกว่า จึงอาศัยการเติมสารเติมแต่ง[11,12] โคพอลิเมอร์และ/หรือการใช้เทคนิคการหล่อเย็น[13] เพื่อช่วยให้สามารถขึ้นรูปได้ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ มุ่งหาแนวทางและสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดกับยางธรรมชาติด้วยการปรับตัวแปรการขึ้นรูป และศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่เตรียมได้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

จากการวิจัยทำให้รู้ว่า การขึ้นรูปฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดกับยางธรรมชาติด้วยกระบวนการเป่าและกระบวนการรีดสามารถทำได้ สภาวะที่ใช้ในการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมนี้แตกต่างจากพอลิแล็กติกแอซิด แม้ว่าสภาวะในการขึ้นรูปยังจำกัด แต่การผสมด้วยยางธรรมชาติก็ช่วยให้ผลิตฟิล์มที่อัตราการผลิตสูงขึ้นและใช้พลังงานความร้อนน้อยลงได้