บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

พลาสติกเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน และมีแนวโน้มในการนำมาใช้งานเพิ่มมากขึ้น เนื่องด้วยสามารถผลิตพลาสติกให้มีคุณสมบัติต่างๆตามต้องการได้ง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัตถุดิบ ปฏิกิริยาเคมี กระบวนการผลิต และการขึ้นรูป นอกจากนี้พลาสติกยังมีน้ำหนักเบา และมีราคาไม่สูงนักเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันแต่ทำจากวัสดุชนิดอื่น จากคุณสมบัติดังกล่าวส่งผลให้ความต้องการในการใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกเป็นไปอย่างแพร่หลาย จึงทำให้อัตราการผลิตและบริโภควัสดุชนิดนี้มีเพิ่มสูงขึ้น

อย่างไรก็ตามพลาสติกที่มีวัตถุดิบที่มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกำลังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากอัตราการกำจัดพลาสติกที่ใช้แล้วไม่สมดุลกับอัตราการบริโภค สืบเนื่องจากกระบวนการกำจัดวัสดุเหล่านี้หลังการใช้งานนั้นทำได้ยาก เพราะพลาสติกสามารถย่อยสลายได้ยาก หรือบางชนิดก็ไม่สามารถสลายตัวได้เลย แม้ในปัจจุบันจะมีการรณรงค์ให้นำพลาสติกบางชนิดกลับมาใช้ใหม่ โดยกระบวนการรีไซเคิล แต่อัตราการนำพลาสติกใช้แล้วมารีไซเคิลก็ยังน้อยกว่าอัตราการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกออกใหม่มาใช้เพื่อการบริโภคอยู่มาก ทำให้ยังคงไม่สามารถแก้ปัญหาขยะพลาสติกได้ และวิธีการอื่นๆที่สามารถนำมาใช้เพื่อจัดการกับขยะพลาสติก เช่น การฝังกลบ และการเผาก็ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา เช่น การรั่วไหลของสารพิษลงสู่แหล่งน้ำ หรือการเกิดก๊าซจากการเผาไหม้ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม [1] นอกจากนี้ปิโตรเลียมและน้ำมันดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตพลาสติกยังเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่นับวันจะยิ่งหมดไป จากสาเหตุดังกล่าวจึงส่งผลให้มีแนวคิดในการผลิตวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพลาสติกจากวัตถุดิบที่ไม่ได้มาจากปิโตรเลียม และมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยวัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนั้น ได้แก่ ลิกนิน (Lignin) [2] เซลลูโลส (Cellulose) [2] ไคโตซาน (Chitosan) [3] แป้ง (Starch) [4] พอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต (Poly(hydroxybutyrate); PHB) [5] และพอลิแลกติก แอซิด (Poly(lactic acid); PLA) [6] เป็นต้น

พอลิแลกติก แอซิด หรือ PLA เป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ (Biodegradable materials) โดยพอลิเมอร์ชนิดนี้สังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบทางการเกษตรจำพวกแป้ง และน้ำตาล เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด หรืออ้อย เป็นต้น กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำแป้งมาผ่านกระบวนการหมักบ่มโดยใช้จุลินทรีย์เฉพาะเพื่อย่อยโมเลกุลขนาดใหญ่ของแป้ง และน้ำตาลให้เป็นแลกติก แอซิด (Lactic acid; $C_3H_6O_3$) ซึ่งใช้เป็นมอนอเมอร์ในการสังเคราะห์เป็น PLA ต่อไป สำหรับขั้นตอนการสังเคราะห์

PLA นั้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 กระบวนการที่แตกต่างกัน คือกระบวนการควบแน่น (Condensation) [7-8] และกระบวนการเปิดวง (Ring opening polymerization) [8] ซึ่งทั้งสองวิธีจะแตกต่างกันในรายละเอียดของกระบวนการสังเคราะห์ แต่พอลิเมอร์ที่ผลิตได้จากทั้งสองกระบวนการก็คือสารชนิดเดียวกันที่มีโครงสร้าง และคุณสมบัติที่เหมือนกันเมื่อใช้สารตั้งต้นที่มีคอนฟิกุเรชันเดียวกัน [8] ปัจจุบันได้มีการนำเอา PLA และอนุพันธ์มาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น ทางด้านการแพทย์สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุนำพา และปลดปล่อยยาไปยังอวัยวะเป้าหมาย [9] ซึ่งจะสามารถควบคุมอัตรา และระยะเวลาในการปลดปล่อยยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือใช้เป็นวัสดุปิดแผล และไหมเย็บแผลที่สลายตัวได้เองโดยไม่เป็นพิษต่อร่างกาย [10] เป็นต้น หรือใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แล้วทิ้ง เช่น ภาชนะบรรจุอาหาร [11] หรืออุปกรณ์ทางการเกษตร [12] เช่น ภาชนะปลูกพืชที่ย่อยสลายได้ หรือใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มและปลดปล่อยปุ๋ยตามช่วงเวลาที่กำหนด นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เช่น แผ่นซีดี [13] เป็นต้น

ถึงแม้ว่า PLA จะมีจุดเด่นในด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คือสามารถย่อยสลายได้เองทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์หรือเอนไซม์เฉพาะบางชนิด แต่ PLA ก็ยังมีข้อด้อยที่สำคัญ คือมีค่าอุณหภูมิเปลี่ยนสภาพแก้ว (Glass transition temperature; T_g) ประมาณ 55°C [14] ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิห้อง จึงส่งผลให้ PLA มีลักษณะแข็งแต่เปราะ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำ PLA มาใช้งานที่อุณหภูมิห้อง และยังส่งผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีงานวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของ PLA ด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมเป็นพอลิเมอร์ผสม (Polymer blend) ร่วมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆที่มีความยืดหยุ่นสูง หากแต่พบว่าการนำ PLA มาผสมร่วมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาการแยกเฟสระหว่าง PLA กับพอลิเมอร์ที่นำมาผสม ดังนั้นจึงมีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการเตรียมเป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นสูง กับพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งซึ่งสามารถเกิดอันตรกิริยาร่วมกับ PLA ได้ [15] หรือเตรียมโคพอลิเมอร์ระหว่าง PLA กับพอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นสูง แล้วนำไปผสมร่วมกับ PLA หลัก [16] ซึ่งวิธีหลังนี้ สามารถเตรียมได้โดยการนำพอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นและมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถทำปฏิกิริยาร่วมกับแลกไทด์ [16] แลกติก แอซิด [17] หรือพอลิแลกติก แอซิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ [10,17] ได้ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม ซึ่งสามารถเตรียมได้ทั้งในสภาวะหลอมเหลว [16] และในสภาวะตัวทำละลายอินทรีย์ [17]

ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างมากกว่า 98% เป็น cis-1,4-polyisoprene มีลักษณะเด่น คือมีความยืดหยุ่นสูง และมีพันธะคู่อยู่ในสายโซ่โมเลกุล จึงทำให้สามารถดัดแปรโครงสร้างโมเลกุลได้หลากหลาย เพื่อให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น เช่น การเตรียมยางธรรมชาติเหลวอิพอกซิไดซ์ (Liquid epoxidised natural rubber; LENR) โดยจะทำให้ยางมี

คุณสมบัติด้านความมีขั้วเพิ่มมากขึ้น ทั้งยังสามารถใช้เป็นสารมัธยันต์ในการทำปฏิกิริยาร่วมกับมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์ตัวอื่นที่สนใจ การเตรียมยางธรรมชาติไฮโดรจิเนต (Hydrogenated natural rubber) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติความเป็นพลาสติกให้กับยางธรรมชาติ หรือการเตรียมยางธรรมชาติเหลวพอลิออล (Oxidised liquid natural rubber; OLNR) เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมพอลิเมอร์ชนิดใหม่

งานวิจัยชิ้นนี้สนใจเตรียมกร๊าฟโคพอลิเมอร์ระหว่าง PLA กับยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ในสภาวะตัวทำละลายอินทรีย์ และตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งคณะผู้วิจัยสนใจศึกษาปฏิกิริยากร๊าฟโคพอลิเมอไรเซชันของ DL-แลกติก แอซิด พอลิแลกติก แอซิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Low molecular weight poly(DL lactic acid); LMW.PDLLA) และ DL-แลกไทด์ มอนอเมอร์ ร่วมกับยางธรรมชาติเหลวดัดแปร 2 ชนิด คือยางธรรมชาติเหลวอิพอกซิไดซ์ (LENR) และยางธรรมชาติเหลวพอลิออล (OLNR) โดยทำการศึกษาถึงสภาวะเงื่อนไขในการเกิดปฏิกิริยากร๊าฟโคพอลิเมอไรเซชัน และคุณสมบัติเชิงกลของกร๊าฟโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

ศึกษาปฏิกิริยาการเตรียม การวิเคราะห์ และการทดสอบกร๊าฟโคพอลิเมอร์ระหว่าง PLA กับยางธรรมชาติดัดแปร โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้กร๊าฟโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้เป็นสารช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับชิ้นงานที่เตรียมจาก PLA บริสุทธิ์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมกร๊าฟโคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติเหลวอิพอกซิไดซ์ (LENR) และยางธรรมชาติเหลวพอลิออล (OLNR) ร่วมกับ DL-แลกติก แอซิด พอลิแลกติก แอซิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (LMW.PDLLA) และ DL-แลกไทด์ มอนอเมอร์

2. ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลกติก แอซิด-กร๊าฟ-ยางธรรมชาติเหลวดัดแปรด้วยเทคนิค FT-IR และ NMR สเปกโทรสโกปี

3. ศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิแลกติก แอซิด-กร๊าฟ-ยางธรรมชาติเหลวดัดแปรด้วยเทคนิค DSC และทดสอบเบื้องต้นถึงความเข้ากันได้กับ PLLA บริสุทธิ์ ด้วยเทคนิค Solution casting

4. ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน PLLA ที่เติมพอลิแลกติก แอซิด-กร๊าฟ-ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สภาวะเงื่อนไขในการเตรียมกร๊าฟโคพอลิเมอร์ระหว่าง PDLLA กับยางธรรมชาติเหลวดัดแปร และเมื่อนำกร๊าฟโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ไปผสมร่วมกับ PLLA บริสุทธิ์ก็น่าจะให้ชิ้นงานที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับชิ้นงาน PLLA บริสุทธิ์ และสามารถนำพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ไปประยุกต์ใช้งานด้านบรรจุภัณฑ์ เช่น ถาดหลุมสำหรับใส่ของ ถุงสำหรับใส่ของ และถุงกันกระแทกสำหรับบรรจุภัณฑ์ที่ต้องส่งไปยังต่างประเทศที่ต้องการวัสดุที่ย่อยสลายได้