บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การผสมพอลิเมอร์ระหว่าง PET และ PC โดยไม่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 หรือ ZnO ในการผสม ไม่สามารถทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้ไม่ว่าจะทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว เครื่องอัดรีดสกรูคู่ หรือเครื่องบราเบนเดอร์

การเลือกใช้กระบวนการในการผสมพอลิเมอร์มีผลโดยตรงต่อโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ผสม นั่นคือในงานวิจัยนี้พบว่าการใช้เครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวและเครื่องอัดรีดสกรูคู่ไม่สามารถทำให้พอลิเมอร์ผสมที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 หรือ ZnO ในการผสมแบบรีแอคทีฟมีความเข้ากันได้ ในขณะที่การใช้เครื่องบราเบนเดอร์สามารถทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้สูงกว่า

การผสมพอลิเมอร์ระหว่าง PET และ PC ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ โดยการใช้อุณหภูมิในการผสมที่ 290 °C เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะสามารถทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้สูงขึ้นซึ่งสังเกตได้จากการที่อุณหภูมิกลาสทรานซิชันมีการเคลื่อนที่เข้าหากันมากขึ้น โดยพบว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 ในปริมาณ 0.25% พอลิเมอร์ผสมจะเริ่มมีความเข้ากันได้บางส่วน และพอลิเมอร์ผสมจะมีความเข้ากันได้อย่างชัดเจนเมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 ในปริมาณ 0.75% ขึ้นไปนั่นคือพอลิเมอร์ผสมปรากฏอุณหภูมิกลาสทรานซิชันเพียงหนึ่งตำแหน่งคือ 99.5 °C และ 95.2 °C เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 ในปริมาณ 0.75% และ 1.5% ตามลำดับ ในขณะที่การใช้สารเร่งปฏิกิริยา ZnO จะเริ่มทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้บางส่วนเมื่อใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา ZnO 0.75% และการใช้สารเร่งปฏิกิริยา ZnO เป็นปริมาณถึง 1.5% จึงจะสามารถทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้อย่างชัดเจนโดยมีอุณหภูมิกลาสทรานซิชันปรากฏที่ 97.2 °C

การผสมแบบรีแอคทีฟระหว่าง PET และ PC ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ โดยการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณ 1.5% เมื่อใช้อุณหภูมิในการผสมสูงขึ้นจาก 245 °C ถึง 290 °C พบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้มากขึ้น โดยเฉพาะสารเร่งปฏิกิริยา

Sb_2O_3 พบว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้ในการผสมพอลิเมอร์แบบรีแอคทีฟจะทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยา ZnO กล่าวคือจะทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้บางส่วนที่ 255 °C และมีความเข้ากันได้อย่างชัดเจนตั้งแต่อุณหภูมิ 270 °C โดยพอลิเมอร์ผสมปรากฏอุณหภูมิกลาสทรานซิชันเพียงตำแหน่งเดียวคือ 99.5 °C และ 95.2 °C เมื่อใช้อุณหภูมิในการผสม 270 °C และ 290 °C ตามลำดับ ในขณะที่การใช้สารเร่งปฏิกิริยา ZnO จะมีความเข้ากันได้อย่างชัดเจนเมื่อใช้อุณหภูมิในการผสม 290 °C

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเมอร์ผสมที่ทำการผสมด้วยอุณหภูมิ 290 °C และใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้พอลิเมอร์ผสมมีอุณหภูมิการหลอมเหลวลดลงและสำหรับระบบที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 ที่ปริมาณ 1.5% พบว่ามีเพียงอุณหภูมิกลาสทรานซิชันเท่านั้นแต่ไม่ปรากฏอุณหภูมิการหลอมเหลว ในขณะที่ในการผสมพอลิเมอร์โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 1.5 % และใช้อุณหภูมิในการผสมที่แตกต่างกันพบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือเมื่อใช้อุณหภูมิในการผสมที่สูงขึ้นจะทำให้พอลิเมอร์ผสมมีอุณหภูมิการหลอมเหลวลดลงและไม่ปรากฏอุณหภูมิการหลอมเหลวอีกต่อไปเมื่อใช้อุณหภูมิในการผสม 290 °C ในพอลิเมอร์ผสมที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3

การตรวจสอบพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PET และ PC สามารถทำได้ด้วยเทคนิค IR โดยการพิจารณาแถบดูดซับที่สำคัญของโฮโมพอลิเมอร์ทั้งสอง โดย PC จะมีแถบดูดซับของหมู่คาร์บอนิลปรากฏที่ 1775 cm^{-1} ในขณะที่ PET จะมีแถบดูดซับของหมู่คาร์บอนิลปรากฏที่ 1725 cm^{-1} พบว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและ/หรือการใช้อุณหภูมิในการผสมที่สูงขึ้นจะทำให้พอลิเมอร์ผสมที่ถูกละลายด้วยไดคลอโรมีเทนปรากฏแถบดูดซับของหมู่คาร์บอนิลที่ 1725 cm^{-1} สูงขึ้น กล่าวคือพอลิเมอร์ผสมจะประกอบด้วยสายโซ่โมเลกุลของ PET ในปริมาณที่สูงขึ้นด้วย

สำหรับการตรวจสอบน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมนั้นพบว่า การใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่สูงขึ้นในการผสมพอลิเมอร์ด้วยอุณหภูมิในการผสมที่ 290 °C เท่ากันจะทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมต่ำลง ในขณะที่การใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณ 1.5% เท่ากันจะทำให้พอลิเมอร์ผสมที่ใช้อุณหภูมิในการผสมที่สูงกว่ามีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใช้อุณหภูมิในการผสมที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่เกิดขึ้นระหว่างสายโซ่โมเลกุลของ PET และ PC ไม่เพียงแต่ทำให้เกิดโคพอลิเมอร์ขึ้นเท่านั้น แต่ยังสามารถทำให้สายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมสั้นลงอีกด้วย

พอลิเมอร์ผสมที่ไม่มีการเติมสารเร่งปฏิกิริยาโดยใช้อุณหภูมิในการผสม 245 °C และ 290 °C จะมีเสถียรภาพทางความร้อนต่ำกว่าทั้ง PET และ PC โฮโมพอลิเมอร์ โดยพอลิเมอร์ผสมที่ใช้อุณหภูมิในการผสม 245 °C จะมีเสถียรภาพทางความร้อนต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใช้อุณหภูมิในการผสม 290 °C เพียงเล็กน้อย และเมื่อมีการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในการผสมพอลิเมอร์ระหว่าง PET และ PC พบว่าเมื่อมีการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณ 1.5% เท่ากันพอลิเมอร์ผสมที่ใช้อุณหภูมิในการผสมที่สูงกว่าจะมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใช้อุณหภูมิในการผสมที่ต่ำ ในขณะที่การใช้อุณหภูมิในการผสมเท่ากันที่ 290 °C พบว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่สูงกว่าจะทำให้พอลิเมอร์ผสมมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณต่ำ

จากงานวิจัยนี้พบว่าในการผสมพอลิเมอร์ระหว่าง PET และ PC ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์นั้นสามารถทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้โดยการใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 ปริมาณ 1.5% ด้วยอุณหภูมิในการผสม 270 °C และจากการใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 ปริมาณ 0.75% ด้วยอุณหภูมิในการผสม 290 °C ในขณะที่การใช้สารเร่งปฏิกิริยา ZnO ต้องให้ภาวะในการผสมที่สูงกว่าคือพอลิเมอร์ผสมจะมีความเข้ากันได้เมื่อมีการใช้สารเร่งปฏิกิริยา ZnO เป็นปริมาณ 1.5% ด้วยอุณหภูมิในการผสม 290 °C นอกจากนี้พอลิเมอร์ผสมที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา Sb_2O_3 จะมีน้ำหนักโมเลกุลและเสถียรภาพทางความร้อนที่ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา ZnO ในการผสม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อการนำพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PET และ PC นี้ไปใช้งานได้ในอุตสาหกรรม ควรทำการทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมด้วย และนอกจากการนำพอลิเมอร์ผสมไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์โดยตรงในอุตสาหกรรมแล้ว ยังสามารถนำพอลิเมอร์ผสมนี้ไปใช้เป็นสารช่วยผสม (compatibilizer) ได้ โดยต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการช่วยผสมและน้ำหนักโมเลกุลที่เหมาะสมในการใช้งานด้วย

2. สามารถใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น เช่น โลหะออกไซด์ชนิดต่างๆ มาใช้ในการผสมพอลิเมอร์แบบรีแอคทีฟนี้ได้ โดยอาจทำให้สามารถใช้สารเร่งปฏิกิริยาปริมาณต่ำลงและใช้อุณหภูมิในการผสมที่ต่ำลงเพื่อให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้ ทำให้เป็นการลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้การเลือกใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นยังอาจสามารถทำให้การผลิตพอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้ด้วยเครื่องอัดรีด (extruder) ได้ โดยจะทำให้การผลิตพอลิเมอร์ผสมมีความสะดวกยิ่งขึ้น เนื่องจากเครื่องอัดรีดเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ในขณะที่การใช้เครื่องบราเบนเดอร์ในงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการผลิตทีละชุด