

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของพฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนของชีวมวล 7 ชนิดในไพโรไลซิสและการเผาไหม้โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA และหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีกับผลที่ได้จากการกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในชีวมวล 7 ชนิด

ชีวมวลทั้ง 7 ชนิด มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน อยู่ในช่วงร้อยละ 43-73 13-35 และ 9-35 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยในชีวมวลทุกชนิดจะประกอบด้วยปริมาณเซลลูโลสมากกว่าเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ดังนั้นเซลลูโลสจึงน่าจะเป็นองค์ประกอบหลักที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการสลายตัวด้วยความร้อน

5.1.2 การสลายตัวทางความร้อนขององค์ประกอบทางเคมีและชีวมวลในกระบวนการไพโรไลซิส

1. องค์ประกอบทางเคมีทั้งสามในชีวมวลมีการสลายตัวที่อุณหภูมิต่างกัน (DTG) โดยสามารถสรุปลำดับการสลายตัวทางความร้อนจากการสลายตัวได้เร็ว (อุณหภูมิต่ำ) ไปช้า (อุณหภูมิสูง) ได้ดังนี้ เฮมิเซลลูโลส > เซลลูโลส > ลิกนิน และพบว่า ลิกนินมีค่าน้ำหนักที่เหลือหรือปริมาณชาร์มากที่สุด รองลงมาคือ เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ตามลำดับ

2. ชีวมวลทั้ง 7 ชนิดมีลักษณะการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมีในชีวมวล ดังนี้คือ เฮมิเซลลูโลสที่ 480-600 เคลวิน ต่อมาเป็นส่วนของเซลลูโลสที่ 600-660 เคลวิน และในช่วงท้ายของการสลายตัว คืออุณหภูมิตั้งแต่ 660 เคลวิน เป็นการสลายตัวอย่างช้า ๆ ของลิกนิน ซึ่งไม่ปรากฏพีคการสูญเสียน้ำหนักชัดเจน ซึ่งให้เห็นว่าลิกนินเป็นองค์ประกอบที่เสถียรต่อความร้อนมาก

3. สามารถแบ่งชีวมวลออกเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณน้ำหนัที่เหลือหรือปริมาณชาร์ จากการสลายตัว

โดยกลุ่มแรก ประกอบด้วยแกลบ ไม้ยูคาริปตัส ชีเลื้อย และขังข้าวโพด ซึ่งชีวมวลใน

กลุ่มนี้มีปริมาณลิกนินค่อนข้างต่ำ แต่มีปริมาณเซลลูโลสกับเฮมิเซลลูโลสสูง จะมีพฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนคล้ายกับองค์ประกอบดังกล่าว นั่นคือ จะสลายตัวได้ง่าย มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมาก จึงมีปริมาณชาร์ (char) น้อยกว่าชีวมวลที่ประกอบด้วยปริมาณของลิกนินสูง

กลุ่มที่สอง ประกอบด้วย กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ชานอ้อย ซึ่งมีปริมาณลิกนินสูง แต่มีปริมาณเซลลูโลสกับเฮมิเซลลูโลสต่ำ โดยชีวมวลที่มีปริมาณลิกนินสูง จะทำให้มีพฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนคล้ายกับลิกนิน นั่นคือ จะสลายตัวได้ยาก มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่มแรก และมีปริมาณชาร์มากกว่าชีวมวลที่ประกอบด้วยปริมาณของลิกนินต่ำ

ดังนั้น องค์ประกอบทางเคมีจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อพฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนของชีวมวล

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสามองค์ประกอบหลักทางเคมีกับปริมาณน้ำหนักที่เหลือ

1. สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหนักที่เหลือกับสามองค์ประกอบหลักในชีวมวลไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ในการหาน้ำหนักที่เหลือของชีวมวลชนิดอื่น ๆ

2. ร้อยละของลิกนินเทียบกับปริมาณรวมลิกนินกับเซลลูโลสเป็นปัจจัยหลักและเหมาะสมสำหรับนำมาสร้างความสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักที่เหลือ แต่ในช่วงที่มีปริมาณลิกนินสูง ๆ (ร้อยละ 75-100 โดยน้ำหนัก) จะพบแนวโน้มของน้ำหนักที่เหลือลดลง เนื่องจากอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างลิกนินกับเซลลูโลส

5.1.4 อันตรกิริยาขององค์ประกอบทางเคมีทั้ง 3 ชนิด

เฮมิเซลลูโลส กับ ลิกนิน มีผลต่อพฤติกรรมการสลายตัวของเซลลูโลส โดยลิกนินหรือเฮมิเซลลูโลสจะทำให้เซลลูโลสสลายตัวได้ที่ช่วงอุณหภูมิสูงขึ้น reactivity ลดลง และสามารถปลดปล่อยสารระเหยได้น้อยลง จึงมีการสูญเสียน้ำหนักโดยรวมน้อยกว่าแบบที่สารผสมไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน แต่เฮมิเซลลูโลสกับลิกนินมีผลต่อการสลายตัวระหว่างกันน้อยมาก

5.1.5 ค่าจลนพลศาสตร์ของชีวมวล

1. ลิกนินมีค่า E และ k_0 เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากในแต่ละช่วงของร้อยละการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากลิกนินมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยสารประกอบเชิงซ้อนหลายชนิดรวมกัน ดังนั้นการสลายตัวจะประกอบด้วยหลายปฏิกิริยา ซึ่งต่างจากเซลลูโลสที่มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยน้ำตาล

โมเลกุลเดี่ยวชนิดเดียว จึงมีการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ซับซ้อน ค่า E และ k_0 จึงมีค่าใกล้เคียงกัน

2. กรณีของเซลลูโลสต่อลิกนิน (1:3) มีค่า E และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากกรณีของเซลลูโลส ดังนั้น เซลลูโลสจึงน่าจะเป็นองค์ประกอบที่กำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยาขององค์ประกอบผสม

3. ชีวมวลที่มีปริมาณลิกนินต่ำ (ซีเลื่อย) จะมีค่า E และ k_0 น้อยกว่าชีวมวลที่มีปริมาณลิกนินสูง (กะลาปาล์ม) ดังนั้น ซีเลื่อยมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายกว่า แต่ซีเลื่อยและกะลาปาล์ม มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจมีผลของแร่ธาตุในชีวมวล

5.1.6 การสลายตัวทางความร้อนในกระบวนการเผาไหม้

1. เฮมิเซลลูโลสสลายตัวเร็วกว่าเซลลูโลสและลิกนิน ตามลำดับ เช่นเดียวกับไฟโรไลซิส แต่ในกระบวนการเผาไหม้จะเห็นพีค DTG อย่างเด่นชัดสองพีค ต่างจากไฟโรไลซิสซึ่งมีพีคเดียว โดยพีคใหม่ในกระบวนการเผาไหม้จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง ๆ ซึ่งบ่งบอกถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของชาร์

2. การสลายตัวทางความร้อนของชีวมวล 7 ชนิด พีค DTG ที่ช่วงอุณหภูมิ 500-620 เคลวิน มีการสลายตัวของสองพีคแยกจากกันไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นช่วงการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ตามลำดับ ต่อมาเกิดการเลื่อนของอุณหภูมิเป็นช่วงกว้างและมีการสลายตัวของชาร์เกิดเป็นพีคที่สอง โดยเฉพาะชีวมวลที่มีปริมาณลิกนินสูง ๆ

5.1.7 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีกับน้ำหนักรที่เหลือ (residual fraction) จากกระบวนการเผาไหม้

องค์ประกอบทางเคมีทั้งในชีวมวล 7 ชนิดและชีวมวลสังเคราะห์ ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้

แต่สำหรับกรณีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นเซลลูโลสกับลิกนินในชีวมวลสังเคราะห์นั้นมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับค่าน้ำหนักที่เหลือ แต่ชีวมวลสังเคราะห์มีค่าน้ำหนักที่เหลือต่างจากชีวมวล ทั้ง 7 ชนิด อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงไม่อาจสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีกับค่าน้ำหนักที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้ได้ โดยตัวอย่างชีวมวลทั้ง 7 ชนิด จะมีค่าน้ำหนักที่เหลือน้อยกว่า หรือมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าชีวมวลสังเคราะห์มาก ดังนั้นความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างโครงสร้างของการเกิดชาร์จากไฟโรไลซิส จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดพฤติกรรมเผาไหม้ของชีวมวล

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาไฟโรไลซิสและจลนพลศาสตร์ของชีวมวลชนิดอื่น ๆ ในประเทศที่สำคัญ ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพืชพลังงานในอนาคต เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มแหล่งเชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานหมุนเวียน
2. นำผลิตภัณฑ์ซาร์ที่ได้จากการไฟโรไลซิสมาศึกษาต่อในกระบวนการแกซิฟิเคชัน
3. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณแก๊สที่ผลิตได้จากชีวมวลชนิดต่างๆ ในประเทศเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ชีวมวลให้เกิดประโยชน์สูงสุด
4. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางการนำข้อมูลพื้นฐาน ไปประยุกต์ใช้ต่อ เช่น การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ที่มีความเหมาะสมต่อชนิดของชีวมวล เพื่อความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด
5. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับพฤติกรรมการสลายตัวในไฟโรไลซิสของชีวมวลที่มีปริมาณลิกนินสูง ๆ โดยเฉพาะในช่วงที่ไม่มีในสมการในงานวิจัยนี้ เพื่อดูแนวโน้มความเป็นไปได้ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีกับปริมาณน้ำหนัที่เหลือ
6. นำชีวมวลชนิดอื่นๆ มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิเคราะห์ด้วยการทดลองกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการจากงานวิจัยนี้