บทที่ 3

การวิเคราะห์คุณสมบัติชีวมวล

3.1 การเตรียมวัสดุตัวอย่าง

ในงานนี้ มีการเก็บรวบรวมชีวมวลหลายชนิด ได้แก่ ไมยราบยักษ์ เศษไม้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ ไม้มะม่วง ไม้ลำไย ใบหญ้าคา เม็ดลำไย เปลือกลำไย และเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ จากที่หาได้ใน จ. เชียงใหม่ หรือพื้นที่ในภาคเหนือตอนบน ตัวอย่างชีวมวลเหล่านี้จะถูกนำไปตากทิ้งไว้ให้แห้งตามธรรมชาติก่อนลำดับหนึ่ง จากนั้นจึงนำไปอบ แล้วบดเป็นผง และร่อนคัดขนาด จึงนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติอื่นๆ หรือนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2 การวิเคราะห์แบบประมาณ

การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D3172 จะระบุปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) และปริมาณเถ้า (Ash) ซึ่งในการทดสอบตามมาตรฐานดังกล่าว เชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกบดเป็นผง และนำไปอบให้แห้งในเตาอบภายใต้อุณหภูมิประมาณ 105 - 110 องศาเซลเซียสจนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักส่วนที่หายไปเมื่อเทียบกับน้ำหนักเดิม คือ ปริมาณความชื้น จากนั้นเชื้อเพลิงที่แห้งแล้วจะถูกทำให้ร้อนในภาชนะปิด เพื่อป้องกัน การเกิดออกซิเดชัน ภายใต้อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เพื่อไล่สารระเหยที่เผาไหม้ได้ จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไป คือ ปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้นั่นเอง จากนั้นนำเชื้อเพลิงที่ได้ไปอบในภาชนะเปิดภายใต้อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการเผาไหม้จนได้น้ำหนักที่เหลือคงที่ และเป็นน้ำหนักของเถ้า ในขณะที่น้ำหนักส่วนที่หายไป คือ ปริมาณของคาร์บอนคงตัวนั่นเอง

3.3 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ

การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D3176 เป็นการวิเคราะห์ที่ให้ผลระบุถึงปริมาณธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเชื้อเพลิงนั้น โดยระบุในลักษณะหลักอ้างอิงแห้งและไม่คิดขี้เถ้า ปริมาณคาร์บอน และปริมาณไฮโดรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงถูกกำหนด โดยการเผาเชื้อเพลิงตัวอย่างในภาชนะปิดที่บรรจุออกซิเจนไว้อย่างเพียงพอแล้ววัดองค์ประกอบของไอเสีย เพื่อคำนวณย้อนกลับไปหาปริมาณคาร์บอน และปริมาณไฮโดรเจนที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงนั้น ไนโตรเจน และ

กำมะถันจะถูกกำหนดโดยอาศัยวิธีการทางเคมี ในขณะที่ออกซิเจนจะถูกระบุโดยค่า 100 ลบด้วยปริมาณของธาตุ C H N และ S

3.4 การวิเคราะห์ค่าความร้อน

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง คือ พลังงานความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีจุดเริ่มอยู่ที่อุณหภูมิอ้างอิง แล้วผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้กลับมาที่อุณหภูมินี้ ค่าความร้อนที่ใช้มีทั้งค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้

การวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลกระทำโดยวิธี บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ โดยชั่งเชื้อเพลิงบดละเอียดขนาดเล็กกว่า 250 ไมโครเมตร ประมาณ 1 กรัมในถ้วยเผาไหม้ วางลงในบอมบ์บรรจุแก๊สออกซิเจน ประกอบอุปกรณ์บอมบ์เข้ากับเครื่องมือ แล้วจุดระเบิดตัวอย่าง ความร้อนจากการเผาไหม้จะถูกถ่ายโอนให้แก่น้ำ 2,000 มิลลิลิตรที่บอมบ์แช่อยู่ จากอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นปรับเทียบกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเมื่อเผาไหม้สารมาตรฐาน (กรดเบนโซอิก) ทำให้ทราบปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้ตัวอย่างที่ถ่ายโอนให้แก่น้ำ เนื่องจากการเผาไหม้ในบอมบ์ แคลอริมิเตอร์ เป็นการเผาไหม้ที่สภาวะปริมาตรคงที่ และที่อุณหภูมิสุดท้ายน้ำควบแน่นเป็นของเหลว ค่าความร้อนที่ได้จึงเป็นค่าความร้อนรวม นอกจากนี้ยังสามารถหาปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิงชีวมวลจากน้ำล้างบอมบ์ได้ นอกจากวิธี บอมบ์แคลอรีมิเตอร์แล้ว ยังสามารถประมาณค่าความร้อนของเชื้อเพลิง จากผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ จากการใช้สูตรอย่างง่ายคำนวณ เช่น สูตรของดูลอง และสูตรของเดเมียบาส โดยใช้ค่าสัดส่วนโดยมวลของแต่ละธาตุที่เกี่ยวข้อง

สูตรของดูลอง

$$HHV\ (MJ/kg) = 33.585C + 141.924S - 15.327O - 3.585O^2$$

สูตรของเดเมียบาส

$$HHV\ (MJ/kg) = 33.5C + 142.3S - 15.4O - 24.5N$$

$$HHV\ (MJ/kg) = 31.2FC + 15.34VM$$

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง ในรูปของสัดส่วนคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) หรือในรูปของสัดส่วนคาร์บอนคงตัว (FC) สารระเหย (VM) ความชื้นและขี้เถ้า โดยเชื้อเพลิงชีวมวลส่วนใหญ่จะมีค่าความร้อนประมาณ 15 - 30 MJ/kg

3.5 การสลายตัวทางความร้อน

การสลายตัวทางความร้อนของเชื้อเพลิง มักจะใช้เทคนิคทางวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป เรียกเทคนิคนี้ว่า การวิเคราะห์เทอร์โมกราวิเมตริก (Thermogravimetric analysis) ก่อนเริ่มวิเคราะห์จะต้องทำการสอบเทียบอุณหภูมิ น้ำหนักของอุปกรณ์วิเคราะห์ก่อน จากนั้น

จึงนำ วัสดุตัวอย่างประมาณ 5 มิลลิกรัมมาใส่ลงบนจานพลาตินัม ในห้องเตาอบที่ปิดมิดชิด และทำการทดสอบวิเคราะห์โดยไล่อุณหภูมิให้ค่อยๆ สูงขึ้นจากอุณหภูมิห้องมารอไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยมีก๊าซตัวกลางไหลผ่าน ซึ่งอาจเป็นไนโตรเจน ออกซิเจน หรือ อากาศ ที่อัตรา 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที จากนั้นจึงให้ความร้อนที่อัตราคงที่ที่ 10, 30, หรือ 50 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงประมาณ 1000 องศาเซลเซียส โดยทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง โดยในแต่ละสภาวะการทดสอบ จะทำการวัด 3 ครั้งเป็นอย่างน้อย

การสลายตัวทางความร้อนของชีวมวลอาจแสดงออกมาเป็นค่าการแปลง (α) ได้ คือ

$$\alpha = \frac{W_i - W_t}{W_i - W_f} \tag{3.1}$$

โดยที่ W แสดงถึงน้ำหนักของตัวอย่างที่ช่วงเริ่มต้น ที่ช่วงเวลาใดๆ และช่วงท้ายสุดที่เหลือจากกระบวนการสลายตัวทางความร้อนแล้ว ข้อมูลของค่าการแปลงสามารถนำไปคำนวณเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลาได้ในรูปของ $d\alpha/dt$

จากข้อมูลอัตราการสลายตัวทางความร้อนดังกล่าว สามารถนำไปหาค่าทางเคมีจลนศาสตร์ได้จาก

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(1-\alpha)^n \tag{3.2}$$

โดยที่ $$k = A\exp(-E/RT) \tag{3.3}$$

และ T คืออุณหภูมิ A คือแฟคเตอร์ความถี่ E คือพลังงานกระตุ้น R คือค่าคงที่ของก๊าซ n คืออออร์เดอร์ของปฏิกิริยา หากพิจารณาเป็นแบบลอการิทึม จะได้

$$\ln(\frac{d\alpha}{dt}) = \ln A + n\ln\alpha - \frac{E}{RT} \tag{3.4}$$

พลังงานกระตุ้นจะหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(d\alpha/dt)$ กับ $1/T$ และจากความสัมพันธ์นี้ค่าความชันของกราฟที่ได้จะแสดงถึง $-E/R$ และจุดตัดบนแกน y คือค่า $\ln(A\alpha^n)$ ซึ่งจะบอกถึงค่าอื่นๆ จาก

$$\ln(A\alpha^n) = \ln A + n\ln\alpha \tag{3.5}$$