# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การปรับปรุงสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากกากสมุนไพรด้วยเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยซึ่งเป็นกรอบในการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อในการดำเนินงานได้ 4 หัวข้อ ดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเตรียมเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากสมุนไพรด้วยเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้

3.4 การทดสอบสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากสมุนไพรด้วยเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้

## 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย

วัสดุชีวมวลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ กากสมุนไพรจากกระบวนการผลิตยาสมุนไพรชนิดยาหมัก จากศูนย์รักษาโรคสะเก็ดเงิน เทศบาลเมืองท่าช้าง จังหวัดจันทบุรี ซึ่งประกอบไปด้วย ใบยาฉุน ใบพลู กระชายดำ บอระเพ็ดและผิวมะกรูด ในอัตราส่วนที่แน่นอน และเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้ โดยมีน้ำแป้งมันสำปะหลังถูกเลือกมาเป็นตัวประสานในงานวิจัยนี้ ซึ่งน้ำแป้งมันสำปะหลังเตรียมได้จากการนำแป้งมันสำปะหลัง (ตราปลาไทย 5 ดาว) ละลายในน้ำกลั่น โดยให้ได้ความเข้มข้นโดยมวลของสารละลายน้ำแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 และให้ความร้อนจนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีขาวเป็นใส และปล่อยไว้ให้เย็นก่อนนำไปผสมกับวัสดุชีวมวล

## 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

### 3.2.1 อุปกรณ์คัดแยกขนาดอนุภาค

อุปกรณ์สำหรับคัดแยกขนาดของกากสมุนไพรมีลักษณะเป็นตะแกรงร่อนที่มีขนาดของรูตะแกรงแตกต่างกัน โดยขนาดของตะแกรงจะกำหนดเป็นมาตรฐานด้วย Mesh No. การใช้งานตะแกรงคัดแยกขนาดนี้จะใช้งานร่วมกับเครื่องเขย่าเพื่อร่อนอนุภาคให้ตกลงด้านล่าง สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้อุปกรณ์คัดแยกขนาดเพื่อควบคุมขนาดอนุภาคของวัสดุชีวมวลที่จะนำไปผสมกับตัวประสานให้คงที่ โดยตะแกรงคัดแยกขนาดที่ใช้คือ Mesh No. 12 ดังแสดงในภาพที่ 3.1

**ภาพที่ 3.1** อุปกรณ์คัดแยกขนาดอนุภาค

**3.2.2 ตู้อบแห้ง**

ตู้อบแห้งจะถูกใช้สำหรับไล่ความชื้นออกจากวัสดุชีวมวล ในงานวิจัยนี้จะถูกใช้ในสองกระบวนการ คือ การไล่ความชื้นออกจากวัสดุชีวมวลก่อนการนำไปเตรียมถ่านชีวมวล และการไล่ความชื้นจากแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เตรียมได้

ลิขสิทธิ์ของ ร

**ภาพที่ 3.2** ตู้อบแห้ง

**3.2.3 เตาเผาถ่านชีวมวล**

เตาเผาถ่านชีวมวลในงานวิจัยนี้ จะเป็นเตาเหล็กที่สร้างมาจากถังน้ำมัน 200 ลิตร ดังแสดงในภาพที่ 3.3

**ภาพที่ 3.3** เตาเผาถ่านชีวมวล

## 3.3 การเตรียมเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากสมุนไพรด้วยเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้

ยาสมุนไพรรักษาโรคสะเก็ดเงินจากศูนย์รักษาโรคสะเก็ดเงิน เทศบาลเมืองท่าช้าง จังหวัดจันทบุรีมีวิธีการผลิตหลักอยู่ 2 วิธี คือ ยาสมุนไพรสูตรหมัก และยาสมุนไพรสูตรต้ม โดยทั้งสองวิธีนี้จะใช้น้ำสมุนไพรที่ได้ไปใช้เป็นยารักษาโรคสะเก็ดเงิน ส่วนกากสมุนไพรที่ผ่านการหมักหรือต้มแล้วโดยทั่วไปจะถูกนำไปทิ้ง ซึ่งจากการศึกษาสูตรยารักษาของศูนย์รักษาโรคสะเก็ดเงินพบว่าสมุนไพรที่ใช้ประกอบไปด้วยพืชสมุนไพรหลายชนิด ได้แก่ ใบยาฉุน ใบพลู กระชายดำ บอระเพ็ดและผิวมะกรูด นำมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กและผสมกันในอัตราส่วนที่แน่นอนในทุกรอบการผลิต ในงานวิจัยนี้กากสมุนไพรจะถูกเก็บนำมาใช้เป็นวัสดุชีวมวลสำหรับเตรียมเป็นเชื้อเพลิงแท่ง ดังภาพที่ 3.4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ภาพที่ 3.4** กากสมุนไพรเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต

กากสมุนไพรที่ผ่านกรรมวิธีผลิตยานั้นมีความชื้นและสารละลายแอลกอฮอล์ที่ใช้ในขั้นตอนการหมักยาผสมอยู่ จึงต้องนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งก่อน โดยในงานวิจัยนี้ กากสมุนไพรจะถูกนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะนำเศษสมุนไพรที่แห้งแล้วเก็บไว้ในภาชนะปิดเพื่อป้องกันความชื้น ในส่วนของเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้ จะจัดเก็บเศษเปลือกมังคุดที่เหลือจากการแปรรูป นำมาทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และเก็บในภาชนะป้องกันความชื้น ก่อนนำไปเตรียมเป็นถ่านชีวมวลต่อไป

กากสมุนไพรและเปลือกมังคุดจะถูกนำไปเตรียมเป็นถ่านชีวมวลด้วยการเผาในเตาเผาถ่านชีวมวล (ภาพที่ 3.3) หลังจากนั้น ถ่านชีวมวลจากกากสมุนไพรและถ่านชีวมวลจากเปลือกมังคุดที่ได้จะถูกนำมาบดย่อยขนาด และคัดแยกขนาด ถ่านกากสมุนไพรจะถูกเตรียมเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยผสมกับถ่านเปลือกมังคุดในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก และใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เป็นตัวประสาน อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุชีวมวลต่อตัวประสานที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ 1 ต่อ 2 หลังจากนั้นนำไปอัดเป็นแท่งด้วยกระบวนการอัดเย็นในแม่พิมพ์ทรงกระบอกเพื่อกำหนดรูปร่าง ก่อนนำไปอบไล่ความชื้นแล้วเก็บไว้ในภาชนะปิดเพื่อรอการทดสอบและนำไปใช้งาน

## 3.4 การทดสอบสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากสมุนไพรด้วยเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้

การทดสอบสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากสมุนไพรด้วยเปลือกมังคุดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลไม้ ดังนี้

### 3.4.1 การทดสอบหาค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D5865

ค่าปริมาณความร้อนเป็นสมบัติที่สำคัญมากสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวล วัสดุชีวมวลที่ดีต้องมีค่าปริมาณความร้อนสูง โดยในงานวิจัยนี้ ถ่านอัดแท่งที่เตรียมได้จะนำไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb calorimeter, LECO Instruments (Thailand) Ltd.) ดังภาพที่ 3.5 และวิธีตามมาตรฐาน ASTM D5865

**ภาพที่ 3.5** เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน Bomb calorimeter

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งจะถูกนำไปบดให้มีขนาดเล็กลงด้วยโถบดสารเคมี ก่อนชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 กรัมและอัดขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบดังแสดงในภาพที่ 3.6

**ภาพที่ 3.6** ชิ้นงานทดสอบค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D5865

หลังจากอัดขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบแล้ว จะนำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนักลงในโปรแกรมของเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ จากนั้นชิ้นงานจะถูกบรรจุในถ้วยบรรจุสารตัวอย่าง และถูกติดตั้งลงในชุดทดสอบที่ประกอบไปด้วยขั้วโลหะนำไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.7

**ภาพที่ 3.7** ถ้วยบรรจุสารตัวอย่างและชุดทดสอบหาค่าปริมาณความร้อน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บรรจุถ้วยสารตัวอย่างพร้อมชุดทดสอบลงในภาชนะปิดสำหรับทดสอบ บรรจุก๊าซออกซิเจน (99.99%) ลงในภาชนะปิดจนความดันภายในมีค่าประมาณ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังภาพที่ 3.8 แล้วนำไปติดตั้งในภาชนะทดสอบที่บรรจุน้ำขนาด 2 ลิตร ซึ่งอยู่ในเครื่องทดสอบ (ภาพที่ 3.9) ต่อขั้วไฟฟ้าและปิดฝาเครื่องทดสอบ รอจนอุณหภูมิภายในระบบคงที่จึงเริ่มต้นโปรแกรมการทดสอบบันทึกค่าความร้อนเมื่อเครื่องทดสอบเสร็จสิ้นการทำงาน

**ภาพที่ 3.8** การบรรจุก๊าซออกซิเจนลงในภาชนะปิดสำหรับทดสอบ

**ภาพที่ 3.9** ภาชนะทดสอบที่บรรจุน้ำขนาด 2 ลิตรในเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

ลิขสิทธิ์ข ...รรณี

**3.4.2 การทดสอบหาปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D3173**

ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นหนึ่งในสมบัติที่มีผลต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก ถ่านอัดแท่งที่ดีควรมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) ในงานวิจัยนี้ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจะถูกวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธีที่ระบุในมาตรฐาน ASTM D3173

ขั้นตอนแรก นำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบมาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนักไว้ หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปให้ความร้อนด้วยตู้อบ (ภาพที่ 3.2) ที่อุณหภูมิ 105 ℃ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำตัวอย่างออกมาพักไว้ภายในภาชนะที่ป้องกันความชื้นให้อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าอีกครั้ง ปริมาณความชื้นของตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$M = \frac{(A-B)\times 100}{A} \qquad (3.1)$$

โดยที่ M คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

A คือ น้ำหนักของตัวอย่างทดสอบก่อนอบ (กรัม)

B คือ น้ำหนักของตัวอย่างทดสอบหลังอบ (กรัม)

**3.4.3 การหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง โดยการทดลองต้มน้ำเดือด**

ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงเป็นคุณสมบัติสำคัญที่นำมาพิจารณาความสามารถของเชื้อเพลิงในการใช้งานจริงได้ ในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการทดสอบตามงานวิจัยของชลลดา ไร่ขาม และคนอื่น ๆ (2560 : 79-90) โดยชุดทดสอบถูกจัดวางตามภาพที่ 3.10

**ภาพที่ 3.10** การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง โดยการทดลองต้มน้ำเดือด

ลิขสิทธิ์ของม พรรณี

การทดสอบทำได้ด้วยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งปริมาณ 150 กรัม มาใส่ในเตาไฟที่มีภาชนะบรรจุน้ำสะอาด 600 กรัม บันทึกค่าอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น อุณหภูมิน้ำทุก ๆ 5 นาที และอุณหภูมิน้ำเดือดต้มน้ำต่อไปจนเชื้อเพลิงมอด ปล่อยให้น้ำลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้องก่อนชั่งน้ำหนักของน้ำที่เหลือ จากนั้นนำค่าที่บันทึกไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงในสมการที่ 3.2

$$H_u = \frac{\left[\left(mC_p(T_b - T)\right) + \left((m - m_1)L\right)\right] \times 100}{m_f H} \qquad (3.2)$$

โดยที่ $H_u$ คือ ประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิง (ร้อยละ)

$m$ คือ มวลเริ่มต้นของน้ำ (กรัม)

$C_p$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่าเท่ากับ 1 แคลอรีต่อกรัม

$T_b$ คือ อุณหภูมิน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

$T$ คือ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)

$m_1$ คือ มวลน้ำที่เหลือ (กรัม)

$L$ คือ ความร้อนแฝงของน้ำ มีค่าเท่ากับ 540 แคลอรีต่อกรัม

$m_f$ คือ มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กรัม)

$H$ คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (แคลอรีต่อกรัม)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี