บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การเตรียมและสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเศษวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งในกระบวนการผลิตยาสมุนไพร มีผลการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

4.1 การเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเศษวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งในกระบวนการผลิตยาสมุนไพร

4.1.1 การคัดแยกขนาดของเศษวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งในกระบวนการผลิตยาสมุนไพร

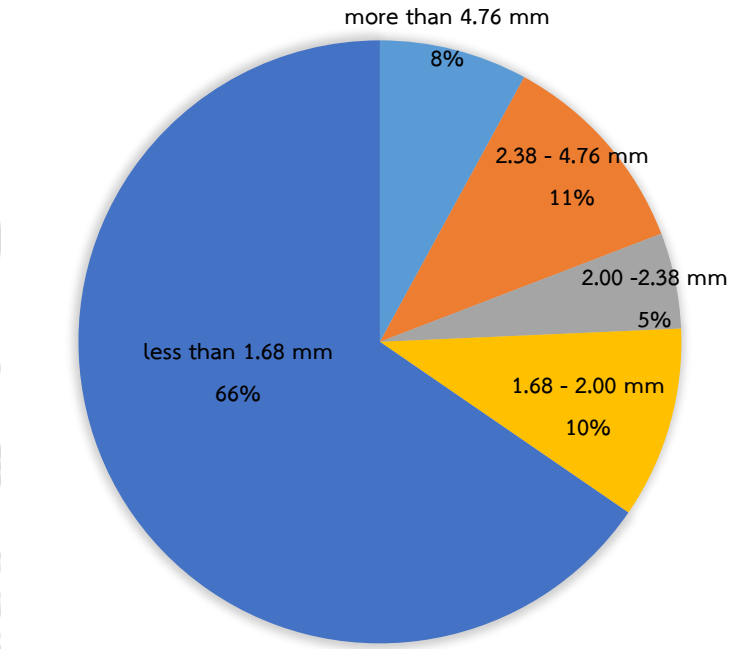
เศษวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งในกระบวนการผลิตยาสมุนไพรจะประกอบไปด้วยพืชสมุนไพรหลายชนิด โดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเส้นใย หลังกรรมวิธีผลิตยาแล้วเศษสมุนไพรเหล่านี้จะมีความชื้นปะปนอยู่มาก ดังภาพที่ 4.1(ก) จึงต้องนำไปทำแห้ง เพื่อไล่ความชื้นออก เมื่อเศษสมุนไพรผ่านการอบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียสแล้วจะมีลักษณะแห้งกรอบ ดังภาพที่ 4.1 (ข)

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.1 เศษสมุนไพร (ก) ก่อนการอบแห้ง (ข) หลังการอบแห้ง

เศษสมุนไพรที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะถูกนำมาคัดแยกขนาด เพื่อศึกษาหาขนาดอนุภาคของเศษสมุนไพร และใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกขนาดของอนุภาควัสดุชีวมวลที่จะใช้ในงานวิจัยนี้ โดยมี

วัตถุประสงค์ให้ขนาดของอนุภาคที่จะใช้เตรียมแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลมีความใกล้เคียงกัน สำหรับการคัดแยกขนาดอนุภาคนั้นจะทำด้วยตะแกรงคัดแยกขนาด Mesh No. 4, 8, 10 และ 12 ตามลำดับ โดยผลของการคัดแยกขนาดอนุภาคเป็นดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 สัดส่วนของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ของวัสดุชีวมวลจากเศษสมุนไพรรักษาโรคสะเก็ดเงิน

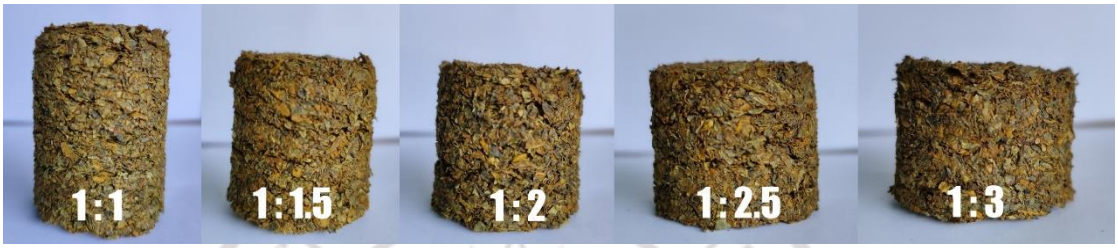
จากภาพที่ 4.2 จะพบว่า ร้อยละ 66 ของเศษสมุนไพรที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะมีขนาดเล็กกว่า 1.68 มิลลิเมตร ในขณะที่เศษสมุนไพรที่มีขนาดอยู่ในช่วง 1.68 – 2.00 มิลลิเมตร, 2.00 -2.38 มิลลิเมตร, 2.38 – 4.76 มิลลิเมตร และ ขนาดอนุภาคมากกว่า 4.76 มิลลิเมตร มีอยู่ร้อยละ 10, 5, 11 และ 8 ตามลำดับ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เศษสมุนไพรที่มีขนาดเล็กกว่า 1.68 มิลลิเมตร เป็นวัสดุชีวมวล ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.1.2 การขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง

หลังจากการคัดแยกขนาด เศษสมุนไพรที่มีขนาดเล็กกว่า 1.68 มิลลิเมตรจะถูกนำมาผสมกับตัวประสานในอัตราส่วนที่กำหนดในตารางที่ 3.1 แล้วนำไปอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยแม่พิมพ์รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงแต่ละครั้งจะชั่งน้ำหนักของวัสดุชีวมวลผสมตัวประสานตามอัตราส่วนที่กำหนดเท่ากัน กล่าวคือ ครั้งละ

20 กรัม หลังจากอัดแท่งและถอดแม่พิมพ์ออกแล้ว เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จะถูกนำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านการขึ้นรูป โดยใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

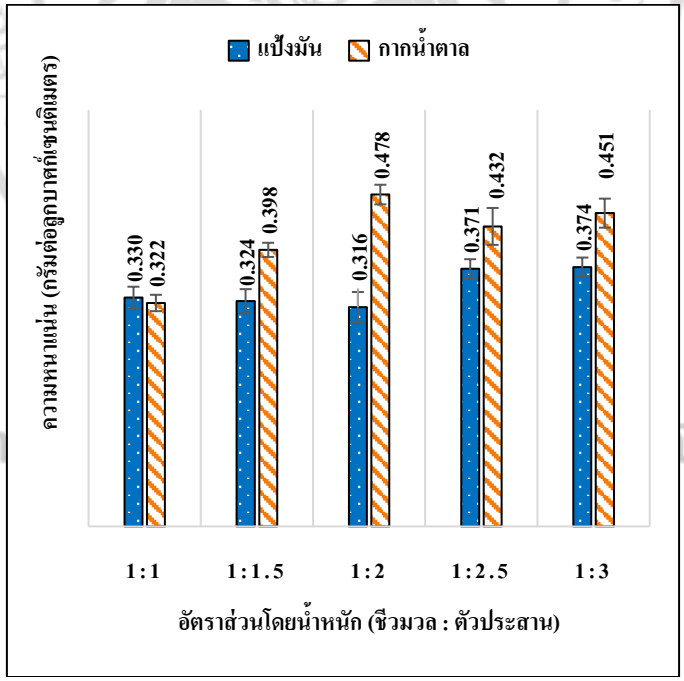
หลังผ่านการอบแห้งแล้ว เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจะมีลักษณะดังภาพที่ 4.3 โดยทุกอัตราส่วนผสมจะสามารถขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงได้ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้สามารถคงรูป ไม่มีการแตกหักหรือหลุดร่อนเมื่อเคลื่อนย้าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ระบุไว้สำหรับถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ในขณะที่เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานจะมีลักษณะดังภาพที่ 4.4 โดยจะสังเกตได้ว่า แท่งเชื้อเพลิงจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของกากน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีปริมาณกากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:1.5 1:2 1:2.5 และ 1:3 จะมีสีน้ำตาลเข้มคล้ายสีของกากน้ำตาลเคลือบผิวด้านนอก อย่างไรก็ตาม แท่งเชื้อเพลิงที่ได้สามารถคงรูป ไม่มีการแตกหักหรือหลุดร่อนเมื่อเคลื่อนย้าย เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านการขึ้นรูป โดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อย่างไรก็ดี จากการสังเกตด้วยสายตาจะพบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของน้ำแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นตัวประสานในตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งเพิ่มขึ้น ขนาดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงจะลดลง ซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทั้งนี้ ความหนาแน่นเป็นหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่ง ดังนั้น จึงทำการตรวจสอบความหนาแน่นด้วยการวัดปริมาตรและน้ำหนักของตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิง ก่อนนำมาคำนวณค่าความหนาแน่นได้ตามสมการที่ 4.1 (Sunardi, D., and Mandra M.A.S., 2019: 139-148)

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวลของแท่งเชื้อเพลิง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของแท่งเชื้อเพลิง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)}} \qquad (4.1)$$

เมื่อนำค่าความหนาแน่นของตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมด้วยตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.5 จะพบว่าเมื่ออัตราส่วนของตัวประสานเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนเดียวกัน เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีกากน้ำตาลเป็นตัวประสานมีความหนาแน่นมากกว่ากรณีที่ใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เนื่องจากกากน้ำตาลมีความเหนียวค่อนข้างมาก จึงสามารถยึดอนุภาคของชีวมวลเข้าหากันได้ดี

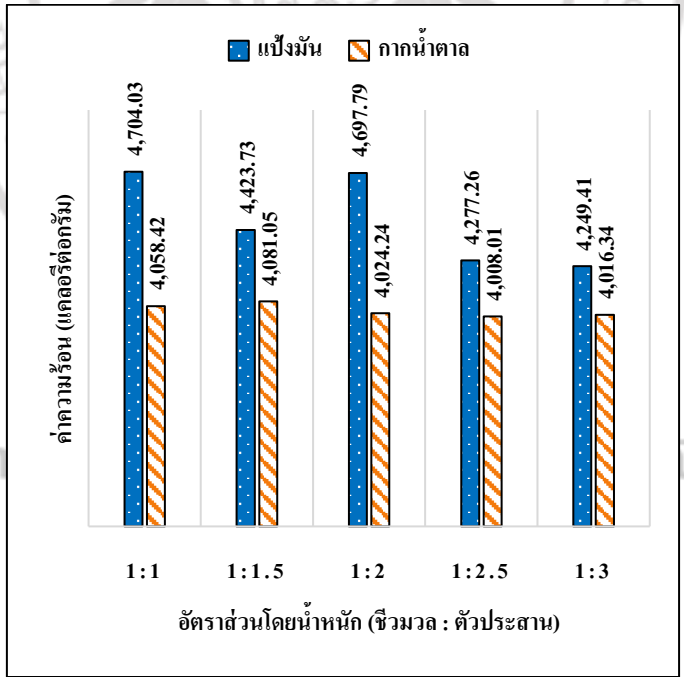


ภาพที่ 4.5 ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมด้วยตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

4.2 การทดสอบสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งในกระบวนการผลิตยาสมุนไพร

4.2.1 การทดสอบหาค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D5865

ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วนต่าง ๆ จะถูกนำไปบดให้มีขนาดเล็กลง ก่อนชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter (LECO Instruments (Thailand) Ltd.) โดยผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:1 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,704.03 แคลอรีต่อกรัม อัตราส่วน 1:1.5 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,423.73 แคลอรีต่อกรัม อัตราส่วน 1:2 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,697.79 แคลอรีต่อกรัม อัตราส่วน 1:2.5 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,277.26 แคลอรีต่อกรัม และอัตราส่วน 1:3 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,249.41 แคลอรีต่อกรัม ในขณะที่เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:1 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,058.42 แคลอรีต่อกรัม อัตราส่วน 1:1.5 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,081.05 แคลอรีต่อกรัม อัตราส่วน 1:2 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,024.24 แคลอรีต่อกรัม อัตราส่วน 1:2.5 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,008.01 แคลอรีต่อกรัม และอัตราส่วน 1:3 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,016.34 แคลอรีต่อกรัม



ภาพที่ 4.6 ค่าความร้อนของตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมด้วยตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

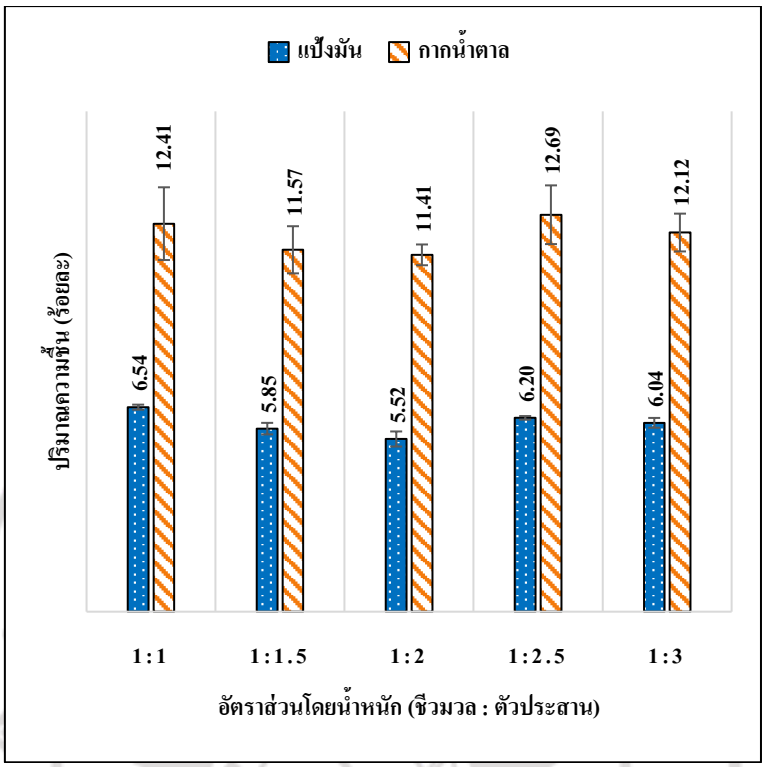
เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.6 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ในทุกอัตราส่วน และในกรณีตัวประสานที่เป็นน้ำแป้งมันสำปะหลังพบว่าค่าความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนของตัวประสานที่เปลี่ยนไป แต่ในกรณีของตัวประสานที่เป็นกากน้ำตาลพบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจากเศษสมุนไพรที่เตรียมได้กับค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม จะพบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้ยังมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด

4.2.2 การทดสอบหาปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D3173

ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3173 และคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 โดยที่ค่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 6.54 อัตราส่วน 1:1.5 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 5.85 อัตราส่วน 1:2 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 5.52 อัตราส่วน 1:2.5 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 6.20 และอัตราส่วน 1:3 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 6.04 ซึ่งปริมาณความชื้นของตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าไม่เกินร้อยละ 8 ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง

ในกรณีของแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานพบว่ามีค่าความชื้นสูงกว่า กล่าวคือที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 12.41 อัตราส่วน 1:1.5 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 11.57 อัตราส่วน 1:2 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 11.41 อัตราส่วน 1:2.5 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 12.69 และอัตราส่วน 1:3 มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 12.12 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานในทุกอัตราส่วนจะมีค่าความชื้นสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ผลการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ชนิดของตัวประสานและอัตราส่วนต่างกัน แสดงอยู่ในภาพที่ 4.7 ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ชัดเจนว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานเป็นน้ำแป้งมันสำปะหลังจะมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานเป็นกากน้ำตาล นอกจากนี้ อัตราส่วนของตัวประสานในช่วงที่กำหนดไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความชื้นในตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่ง



ภาพที่ 4.7 ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมด้วยตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

4.2.3 การหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง โดยการทดลองต้มน้ำเดือด

ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงถูกทดสอบด้วยการนำเชื้อเพลิงไปต้มน้ำ แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิต่าง ๆ มาคำนวณด้วยสมการที่ 3.2 ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงในตารางที่ 4.1

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมโดยใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในทุกอัตราส่วนผสมสามารถจุดติดไฟ และต้มน้ำได้ โดยประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมโดยใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 1:3 มีค่ามากที่สุด (ร้อยละ 28.90) รองลงมาคืออัตราส่วน 1:2 (ร้อยละ 25.08) และ อัตราส่วน 1:2.5 (ร้อยละ 23.47) ซึ่งทั้งสามอัตราส่วนนี้สามารถต้มน้ำจนเดือดได้ โดยอุณหภูมิน้ำเดือดอยู่ที่ 91- 94 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมโดยใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5 จะมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 10.12 และ ร้อยละ 10.53 ตามลำดับ) และทำอุณหภูมิน้ำสูงสุดที่ 68 และ 65.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งจะพบว่า มีเพียงเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 1:1 เท่านั้นที่สามารถจุดติดไฟและต้มน้ำได้ และคำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้งานได้

เท่ากับร้อยละ 10.20 ในขณะที่อัตราส่วนผสมที่มีกากน้ำตาลมากขึ้นจะไม่สามารถติดไฟได้ จึงไม่สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชื้อเพลิงได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตัวประสานทั้งสองชนิดที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเศษสมุนไพรต่อน้ำแป้งมันสำปะหลัง 1:3 จะให้ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเป็นเชื้อเพลิงสูงที่สุด

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนและประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เตรียมด้วยตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

น้ำแป้งมันสำปะหลัง		กากน้ำตาล	
อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (ชีวมวล : ตัวประสาน)	ประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ร้อยละ)	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (ชีวมวล : ตัวประสาน)	ประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ร้อยละ)
1:1	10.12	1:1	10.20
1:1.5	10.53	1:1.5	ไม่ติดไฟ
1:2	25.08	1:2	ไม่ติดไฟ
1:2.5	23.47	1:2.5	ไม่ติดไฟ
1:3	28.90	1:3	ไม่ติดไฟ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี