

การเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาจรรูปรูทง L และรูทง V และการเพิ่มสมรรถนะโดย การปรับปรุงห้องเผาไหม้และช่องป้อนเชื้อเพลิง

Comparison of Performance of L-shaped and V-shaped Rocket Stoves and Performance Enhancement by Improving Combustion Chamber and Fuel Inlet

พลชัย ขาวนวล¹ สุณารี บดีพงษ์^{2*} สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์¹ และ โกสินทร์ ทีปักษ์พันธุ์¹
Palachai Khaonuan¹ Sunaree Bordeepong^{2*} Somboon Prasongchan¹ and Kosin Teeparuksapun¹

¹สาขาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

¹Department of General Education, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี

²Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani

*Corresponding author Email: sunaree.b@psu.ac.th

Received: 23-02-2025 Revised: 26-06-2025 Accepted: 30-06-2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะเตาจรรูปรูทง L และรูทง V จากนั้นนำไปพัฒนาเสริมห้องเผาไหม้และขยายช่องป้อนเชื้อเพลิงให้มีสมรรถนะที่สูงขึ้น และสามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น สำหรับวิธีการวิจัยนั้นดำเนินการสร้างเตาจรรูปรูทง L และรูทง V จากนั้นทดสอบสมรรถนะด้วยวิธีการต้มน้ำเดือด เมื่อได้เตาจรรูปรูทงที่มีสมรรถนะที่ดีกว่าแล้วนำเตาจรรูปรูทงดังกล่าวไปพัฒนาให้มีสมรรถนะและใช้งานได้ดียิ่งขึ้นและทำการทดสอบเตาด้วยวิธีการต้มน้ำเดือดเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเตาจรรูทงเดิมและแบบที่พัฒนาแล้ว ผลการวิจัยพบว่าเตาจรรูปรูทง L มีสมรรถนะที่ดีกว่าเตาจรรูปรูทง V จากนั้นนำเตาจรรูปรูทง L ไปพัฒนาโดยการเปิดและขยายช่องป้อนเชื้อเพลิง และสวมห้องเผาไหม้สำหรับเสริมการเผาไหม้ครั้งที่ 2 ที่บริเวณปากเตา จากผลการทดสอบพบว่า การเปิดช่องป้อนเชื้อเพลิงทำให้ใช้งานเตาจรรูทงได้สะดวกขึ้น และการพัฒนาเตาจรรูทง L (L-shaped (version 2) rocket stove) โดยการเปิดและขยายช่องป้อนเชื้อเพลิงรวมถึงเสริมช่องอุ่นอากาศเพื่อการเผาไหม้ครั้งที่ 2 และลดขนาดห้องเผาไหม้ทำให้มีค่าสมรรถนะที่ดีกว่าเตาจรรูทง L แบบดั้งเดิม และเตาจรรูทง V โดยเตาจรรูทง L ที่พัฒนามีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาจรรูทง V 40.36% และสูงกว่าเตาจรรูทง L แบบดั้งเดิม 5.73% ในส่วนของเวลาต้มน้ำเดือดนั้นโดยเตาจรรูทง L ที่พัฒนาใช้เวลาน้อยกว่าเตาจรรูทง V 33.61% และใช้เวลาน้อยกว่าเตาจรรูทง L แบบดั้งเดิม 24.44% เนื่องจากการสวมห้องเผาไหม้สำหรับเสริมการเผาไหม้ครั้งที่ 2 ที่บริเวณปากเตาและการขยายช่องป้อนเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มให้อากาศเข้าไปช่วยในการเผาไหม้ที่มากขึ้น เตาจรรูทง L ที่ทำการพัฒนาขึ้นมาเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความร้อนสูงและรวดเร็ว

คำสำคัญ : เตาจรรูทง, ชีวมวล, การทดสอบด้วยวิธีต้มน้ำเดือด, พลังงานหมุนเวียน

ABSTRACT

This research aims to study the performance of L-shaped and V-shaped rocket stoves and then modifying the combustion chamber and fuel inlet to achieve higher performance and more convenient use. For the research method, L-shaped and V-shaped rocket stoves were built and their performance was tested using the water boiling test method (WBT). When the rocket shape with better performance was obtained, the rocket stove shape was further developed by modifying the combustion chamber and fuel inlet. The rocket stove was tested using the water boiling test method to compare the performance between the original and the developed rocket stove shapes. The results showed that the L-shaped rocket stove had better performance than the V-shaped rocket stove. The L-shaped rocket stove (L-shaped (version 2) rocket stove) was then developed by opening and enlarging the biomass fuel inlet and installing a combustion chamber for the secondary combustion at the top of L-shaped rocket stove. The test results show that opening the fuel inlet makes the L-shaped (version 2) rocket stove more convenient to use. The development of the L-shaped (version 2) rocket stove by opening and expanding the fuel inlet, adding an air preheating channel for secondary combustion and reducing the size of the combustion chamber results in a better performance than the L-

shaped (traditional) rocket stove and V-shaped rocket stoves. The L-shaped (version 2) rocket stove has a thermal efficiency value that is 40.36% higher than the V-shaped rocket stove and 5.73% higher than the L-shaped (traditional) rocket stove. In terms of boiling time, the L-shaped (version 2) rocket stove takes 33.61% less time than the V-shaped rocket stove and 24.44% less time than the conventional L-shaped (traditional) rocket stove due to the installation of a combustion chamber for the secondary combustion at the top of the stove and the expansion of the fuel inlet to increase air to combustion chamber. The L-shaped (version 2) rocket stove is suitable for applications that require high and fast heat.

Keyword: rocket stove, biomass, water boiling test, renewable energy

1. บทนำ

พลังงานหมุนเวียน (renewable energy) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพลังงานทดแทน เป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไป สามารถนำกลับมาใช้ใหม่และสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ แหล่งพลังงานหมุนเวียนได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น พลังงานชีวมวล พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร เป็นต้น [1] ชีวมวล (biomass) เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร [2] พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในประเทศไทย โดยเชื้อเพลิงจากพลังงานชีวมวลเป็นแหล่งให้ความร้อนและแสงสว่างที่สำคัญของมนุษย์สำหรับใช้ในชีวิตประจำวัน ปัจจุบันแหล่งพลังงานชีวมวลมีความสำคัญเป็นลำดับต้น ๆ ของประเทศเกษตรกรรมและประเทศกำลังพัฒนา ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่มาจากแหล่งที่ไม่มีวันหมดไป โดยเฉพาะวงจรการผลิตชีวมวล คือ วงจรของพืชที่มีระยะเวลานาน โดยข้อดีของการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงาน คือ การไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลก เนื่องจากการเป็นหมุนเวียนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ชีวมวล และต้นไม้จะดึงเอาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมาใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป [3] สำหรับสถานการณ์ด้านพลังงานทดแทนในประเทศไทย พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนอันดับ 1 ของประเทศ ถือเป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูงมาก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม นอกจากจะได้ผลผลิตทางการเกษตรแล้วยังได้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น แกลบ ฟางข้าว กิ่งไม้ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำสิ่งเหล่านี้มาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนได้ ซึ่งเป็นการส่งเสริมและพัฒนาพลังงานทดแทน โดยนโยบายของกระทรวงพลังงานได้กำหนดยุทธศาสตร์ชาติเพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนในปี 2558 – 2579 ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเพิ่มศักยภาพการผลิต การใช้ และตลาดพลังงานทดแทน มีเป้าประสงค์ผลักดันความสามารถในการผลิตและความต้องการพลังงานทดแทน กลยุทธ์ 2.1 สนับสนุน

ครัวเรือนและชุมชนให้มีส่วนร่วมในการผลิตการใช้พลังงานทดแทน โดยในการผลิตความร้อน เป็นการส่งเสริมการใช้วัสดุ อุปกรณ์ ผลิตความร้อนประสิทธิภาพสูงในครัวเรือน เช่น เตาถ่าน เตาแก๊ส หุงต้มประสิทธิภาพสูง เตาวิสาหกิจชุมชน เป็นต้น เตาชีวมวล (biomass stove) คือ เตาที่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ กระบวนการเผาไหม้ของเตาชีวมวลเป็นแก๊สชีวมวลเป็นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งภายใต้สภาวะการเผาไหม้แบบอ็อกซิเจน ขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวมวล ประกอบด้วย ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) ไพโรไลซิส (pyrolysis) และการอบแห้ง (drying) เป็นต้น โดยเตาชีวมวลสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท ได้แก่ 1) เตาจรวด (rocket stove) เป็นเตาชีวมวลที่สามารถใช้แท่งชีวมวลขนาดยาวและสามารถป้อนแท่งชีวมวลได้อย่างต่อเนื่อง ช่องป้อนเชื้อเพลิงอยู่ด้านข้างเตาใกล้กับตำแหน่งตะแกรงเตา เมื่อป้อนชีวมวลเข้าสู่เตาจรวด ปลายด้านหนึ่งของแท่งชีวมวลจะอยู่บนตะแกรงในห้องเผาไหม้ 2) เตาชีวมวล top-lit up-draft (TLUD) เป็นเตาชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงขนาดเล็ก โดยมีการเผาไหม้ 2 ครั้ง ได้แก่การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้และการเผาไหม้บริเวณปากเตาซึ่งเป็นการเผาไหม้ครั้งที่ 2 ทำให้มีการเผาไหม้ที่ดียิ่งขึ้น 3) เตาถ่าน (charcoal stove) เป็นเตาชีวมวลที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ และ 4) เตาที่ใช้แรงลม (force-draft/fan stove) เป็นเตาชีวมวลที่ใช้แรงลมจากพัดลมส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อเสริมการเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นต้น

สำหรับการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวลนั้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้ทั้งหมด เนื่องจากการสูญเสียให้กับสิ่งต่าง ๆ ตามแนวคิดของการสมดุลพลังงาน (energy balance) ของเตาชีวมวลพบว่าพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลภายในห้องเผาไหม้ชีวมวลนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ส่วนหนึ่ง และมีการสูญเสียที่เกิดจากกลไกต่าง ๆ ได้แก่ ความร้อนที่สูญเสียไปกับแก๊สไอเสีย ความร้อนที่มีการถ่ายเทไปยังผนังเตา ความร้อนจากคาร์บอนที่ยังเผาไหม้ไม่หมด ความร้อนที่ใช้ในการไล่ความชื้นในเชื้อเพลิงชีวมวล ความร้อนที่สูญเสียในรูปแบบอื่น ๆ เช่น การแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อน เป็นต้น [4]

ปัจจุบันการใช้เตาชีวมวลกันอย่างแพร่หลาย เช่น การใช้เตาประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปสมุนไพร ณ วิสาหกิจชุมชนสมุนไพรคุณธรรมวัดคูเต่า จังหวัดสงขลา โดยใช้สำหรับสกัดและเคี้ยวสมุนไพร ทำให้มีกำลังการผลิตยาหม่องเป็น 5,400 ขวดต่อเดือน [5] การใช้เตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับการแปรรูปขนมขี้ผึ้งน้ำคางของชุมชนตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา โดยสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากเดิมได้ร้อยละ 50 และลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงได้ถึง 1,000-1,500 บาท/เตา/เดือน [6] การใช้เตาชีวมวลที่ทำจากถัง 200 ลิตร ในการย้อมสีเตยหนามด้วยขมิ้นชัน ซึ่งจากการย้อมสีด้วยเตาชีวมวลพบว่าสามารถย้อมสีเตยหนามได้โดยไม่เป็นการลดสมบัติเชิงกลของเตยหนาม และสามารถนำมาสานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี [7] การใช้เตาชีวมวลในการอบขนมปังพื้นถิ่นของเอธิโอเปีย โดยพบว่าคุณภาพขนมปังอยู่ในระดับที่ดี มีลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติที่เหมาะสม [8] เป็นต้น

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาเตาจรวด (rocket stove) เป็นเตาชีวมวลที่ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานทั่วไปโดยใช้ชีวมวลขนาดยาวเป็นเชื้อเพลิง เตาจรวดสามารถสร้างจากอิฐ เหล็กรีไซเคิล กระเบื้องหรือโลหะแผ่นเหล็กที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป [9] เตาจรวด ประกอบด้วย ปล่องไฟ ห้องเผาไหม้ ช่องป้อนเชื้อเพลิง และที่วางภาชนะ โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อทำการจุดเตาแล้ว ไฟในห้องเผาไหม้จะได้รับอากาศที่ตำแหน่งด้านล่างของของเตา พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลถูกส่งผ่านปล่องไฟและออกทางปลายด้านบนเพื่อนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ [10] เตาชนิดนี้มีจุดเด่นคือ สามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่มีขนาดยาวและการเตรียมเชื้อเพลิงได้ง่ายกว่าเตาชีวมวลประเภทอื่น เช่น เตา TLUD มาตรฐาน เตา TLUD ดั้งเดิม เตาปากยื่น และเตากลั่น เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษา ออกแบบและพัฒนาเตาจรวด 2 รูปแบบ โดยจำแนกจากการทำมุมของช่องป้อนเชื้อเพลิง ได้แก่ รูปทรง L (L shaped) และรูปทรง V (V shaped) โดยทั้ง 2 รูปทรงนี้ช่องป้อนเชื้อเพลิงทำมุมกับแนวระนาบ 0° และ 45° ตามลำดับ ซึ่งเตาจรวดทั้ง 2 รูปทรงนี้อาจจะมีสมรรถนะที่แตกต่างกันไป ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนี้ ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาจรวดรูปทรง L และรูปทรง V ได้แก่ ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ อัตราการเผาไหม้ กำลังไฟ และเวลาดำเนินการต้มน้ำเดือด จากนั้นนำเตาจรวดรูปทรงที่มีสมรรถนะดีที่สุดมาพัฒนาโดยการเสริมห้องเผาไหม้และขยายช่องป้อนเชื้อเพลิงให้มีสมรรถนะที่สูงขึ้น และสามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการเพิ่มสมรรถนะเตาจรวดด้วยการเสริมห้องเผาไหม้และขยายช่องป้อนเชื้อเพลิง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

2.1 การเตรียมชีวมวลสำหรับเตาจรวด

ชีวมวลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง คือ กิ่งไม้ยางพาราซึ่งมีค่าความร้อนต่ำ (lower heating value; LHV) เท่ากับ 15,472 kJ/kg ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm ยาว 45 cm ทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Binder : Germany) ที่อุณหภูมิ 108 – 110 °C เป็นเวลา 16 h เพื่อไล่ความชื้นที่แทรกซึมในเนื้อชีวมวลให้หายไป เนื่องจากชีวมวลที่มีความชื้นจะส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของค่าสมรรถนะเตาได้ [11] จากนั้นนำกิ่งไม้ยางพาราที่ได้เก็บในภาชนะปิด และทำการปิดให้สนิทเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นในอากาศเข้าไปได้

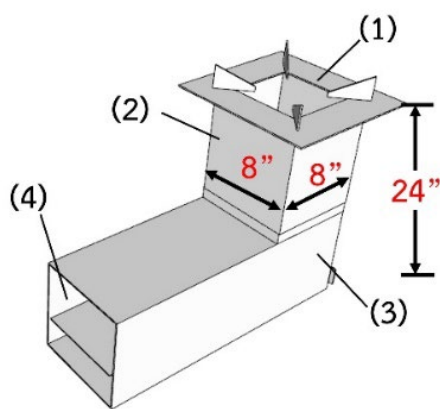
2.2 การศึกษาและออกแบบเตาจรวดต้นแบบ

การออกแบบเตาจรวดต้นแบบจะทำการออกแบบเป็น 2 รูปทรง ดังภาพที่ 1 ได้แก่ รูปทรง L (L-shaped) และ V (V-shaped) โดยเตาจรวดทั้ง 2 รูปทรงทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.2 mm เตาจรวดรูปทรง L มีลักษณะทิศทางการป้อนอากาศเข้าภายในเตาและช่องป้อนเชื้อเพลิงทำมุม 0° กับแนวระดับ ส่วนเตาจรวดรูปทรง V มีลักษณะทิศทางการป้อนอากาศเข้าภายในเตาและช่องป้อนเชื้อเพลิงเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ ดังภาพที่ 1 (ก) และภาพที่ 1 (ข) ตามลำดับ โดยเตาจรวดต้นแบบทั้ง 2 รูปทรงประกอบด้วย (1) ที่วางภาชนะขนาดกว้าง 12” ยาว 12” (2) ปล่องไฟขนาดกว้าง 8” ยาว 8” สูง 24” (3) ห้องเผาไหม้กว้าง 8” ยาว 8” (4) ช่องป้อนเชื้อเพลิงขนาดกว้าง 8” ยาว 16” สูง 5”

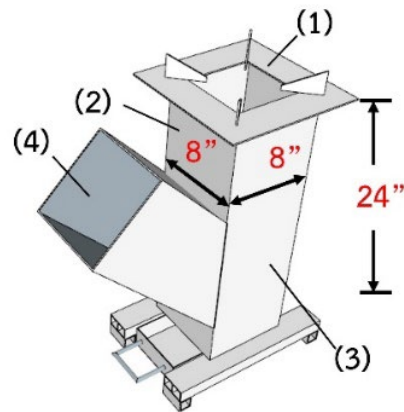
2.3 การทดสอบสมรรถนะเตาจรวด

ทดสอบสมรรถนะเตาจรวด ใช้วิธีทดสอบการเดือดของน้ำ (water boiling test; WBT) โดยใช้ น้ำ 5 kg เชื้อเพลิงเป็นกิ่งไม้ยางพาราที่เตรียมไว้แล้วในขั้นตอน 2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของเตาจรวด ได้แก่ ดิจิทัลเทอร์โมมิเตอร์ (Fluke 54-2B) และโพรบชนิด k Fluke 80pk-22 ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิในช่วง 40 - 1,090 °C มาใช้ในการวัดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการต้มเพื่อใช้ในการคำนวณค่า

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน โดยการวางปลายโพรบวัดอุณหภูมิในภาชนะต้มที่เป็นอะลูมิเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 cm ณ ตำแหน่งตรงกลางก้นภาชนะ และสูงจากก้นภาชนะเป็นระยะ 3 cm สำหรับการคำนวณมวลเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ และมวลของน้ำก่อนและหลังการทดสอบ โดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัล (DRC-15) สามารถชั่งได้สูงสุด 15 kg ความละเอียด 0.5 g ผลการทดสอบจะ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ภาพวาดเตาจรด (ก) รูปทรง L (ข) รูปทรง V

ถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ อัตราการเผาไหม้ และกำลังไฟ

ในการทดสอบสมรรถนะของเตาจรดนั้น ทำการทดสอบภายในบริเวณที่มีกำบังลมเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนที่เกิดจากลมพัด ชั่งน้ำ 5 kg ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียม เส้นผ่านศูนย์กลาง 28 cm จากนั้นทำการใส่เชื้อเพลิงชีวมวลที่ผ่านการอบแห้งแล้วในเตาจรด จุดไฟและรอระยะเวลา 2 min เพื่อให้ไฟติดดี จากนั้นนำภาชนะที่บรรจุแล้วมาวางบนเตาจรด โดยวางปลายโพรบสำหรับวัดอุณหภูมิที่ตรงกลางกันภาชนะ และสูงจากกันภาชนะ 3 cm และทำการบันทึกค่าด้วย data logger ของเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อน้ำเข้าสู่จุดเดือดให้ทำการตักน้ำต่อไปเป็นระยะ 45 min เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วให้ยกภาชนะออกจากเตาจรด ทำการดับเตาโดยการดึงเชื้อเพลิงออก ซึ่งเชื้อเพลิงที่เหลือ และขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้เพื่อคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ เมื่อน้ำที่อยู่ในภาชนะเข้าสู่อุณหภูมิห้องให้ทำการชั่งเพื่อคำนวณปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการทดสอบ

ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบสมรรถนะเตาจรดทางสถิติ โดยใช้ independent t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ความเชื่อมั่น 95%) โดยค่าที่นำมาทดสอบ ได้แก่

2.3.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency; η) [12] คือความสามารถในการดึงพลังงานความร้อนมาใช้งานของเตาที่มาจากเผาไหม้เชื้อเพลิง คำนวณได้จากสมการ (1)

$$\eta = \left[\frac{4.186m_w(T_f - T_i) + 2260m_v}{f_d \times \text{LHV}} \right] \times 100 \quad (1)$$

โดย η คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน มีหน่วยเป็น % m_w คือ มวลของน้ำ มีหน่วยเป็น kg T_i คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำ มีหน่วยเป็น °C T_f คือ อุณหภูมิสูงสุดของน้ำ มีหน่วยเป็น °C m_v คือ มวลของไอน้ำที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น kg f_d คือ มวลของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม kg LHV คือ พลังงานทางต่ำของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น kJ/kg

2.3.2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption; SEC) [13] คือ ค่าพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ชีวมวลที่ใช้ผลิตไอน้ำ 1 kg คำนวณได้จากสมการ (2)

$$\text{SEC} = \frac{E_v}{m_v} \quad (2)$$

โดย SEC คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ มีหน่วยเป็น MJ/kg E_v คือ พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ มีหน่วยเป็น MJ

2.3.3 ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ (specific cost consumption; SCC) [13] คือ ค่าใช้จ่ายของพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ชีวมวลที่ใช้ในการทำไอน้ำ 1 kg กลายเป็นไอน้ำ คำนวณได้จากสมการ (3)

$$\text{SCC} = \frac{C}{m_v} \quad (3)$$

โดย SCC คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ มีหน่วยเป็น Baht/kg C คือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน มีหน่วยเป็น Baht

2.3.4 อัตราการเผาไหม้ (burning rate; BR) [14] คือ อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลเทียบกับเวลา คำนวณโดยสมการ (4)

$$R_b = \frac{f_d}{\Delta t_m} \quad (4)$$

โดย R_b คือ อัตราการเผาไหม้ มีหน่วยเป็น g/min Δt_m คือ ช่วงเวลาของการเผาไหม้ในหน่วยนาที่ มีหน่วยเป็น min

2.3.5 กำลังไฟ (firepower; P) [11] เป็นอัตราการใช้พลังงานต่อเวลา คำนวณโดยสมการ (5)

$$P = \frac{E}{\Delta t_s} \quad (5)$$

โดย P คือ กำลังไฟของเตาชีวมวล มีหน่วยเป็น kW E คือ พลังงานที่ใช้ มีหน่วยเป็น kJ Δt_s คือ ช่วงเวลาของการเผาไหม้ในหน่วยวินาที มีหน่วยเป็น s

2.3.6 เวลาในการเดือดของน้ำ (boiling time; BT) เป็นเวลาที่ใช้ในกรทำให้น้ำปริมาตร 5 L เดือด มีหน่วยเป็น min

2.4 การพัฒนาของเตาจรด

นำเตาจรดรูปทรงที่มีค่าสมรรถนะสูงที่สุดมาพัฒนาและปรับปรุงสมรรถนะเชิงความร้อนและการป้อนเชื้อเพลิงด้วยการเสริมห้องเผาไหม้และขยายช่องป้อนเชื้อเพลิง จากนั้นนำไปทดสอบค่าสมรรถนะของเตาโดยวิธีต้มน้ำเดือด

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการดำเนินงานวิจัยการเพิ่มสมรรถนะเตาจรดด้วยการเสริมห้องเผาไหม้และขยายช่องป้อนเชื้อเพลิง สามารถแบ่งออกเป็นทดสอบเตาจรดทรง L และทรง V และการพัฒนาเตาจรดตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ผลการวิจัย

3.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเตาจรดทรง L และทรง V

จากการทดสอบเตาจรดรูปทรง L และ V ทั้งสองรูปทรงจากภาพที่ 2 ซึ่งทำการทดสอบสมรรถนะของเตาจรดทั้งสองรูปทรงที่แตกต่างกันเชิงทิศทางการป้อนเชื้อเพลิง เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของเตาทั้งสองรูปทรง เมื่อประกอบเตาจรดทั้ง 2 รูปทรงเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของเตาจรดรูปทรง L และรูปทรง V ด้วยวิธีการทดสอบการเดือดของน้ำ ประกอบด้วย ประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ อัตราการเผาไหม้ กำลังไฟ และเวลาในการต้มน้ำเดือด



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ลักษณะและการทดสอบเตาจรด (ก) รูปทรง L
(ข) รูปทรง V

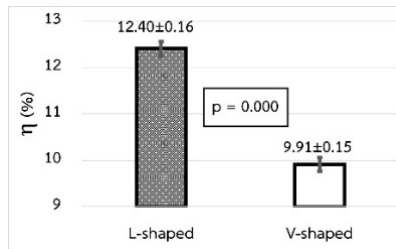
ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 3

- ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน เตาจรดรูปทรง L (12.40 ± 0.16 %) มีค่าที่สูงกว่าเตาจรดรูปทรง V (9.91 ± 0.15 %) ซึ่งผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี independent t-test พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาจรดรูปทรง L มีความสามารถในการแปรรูปพลังงานชีวมวลเป็นพลังงานความร้อนได้สูงกว่าเตาจรดรูปทรง V

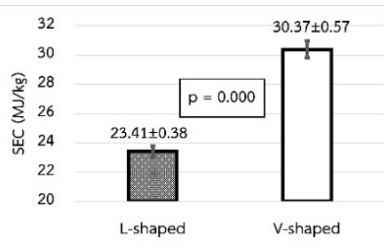
- ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการใช้พลังงานสร้างไอน้ำ 1 kg โดยที่เตาจรดรูปทรง L (23.41 ± 0.38 MJ/kg) มีค่าต่ำกว่าเตาจรดรูปทรง V (30.37 ± 0.57 MJ/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเตาจรดรูปทรง L ใช้พลังงานในการสร้างไอน้ำ 1 kg ได้ต่ำกว่าเตาจรดรูปทรง V

- ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ เตาจรดรูปทรง L มีแนวโน้มที่ดีกว่าเตาจรดรูปทรง V อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่เตาจรดรูปทรง L ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะเท่ากับ 1.21 ± 0.02 Baht/kg ในขณะที่เตาจรดรูปทรง V มีค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะเท่ากับ 1.57 ± 0.03 Baht/kg

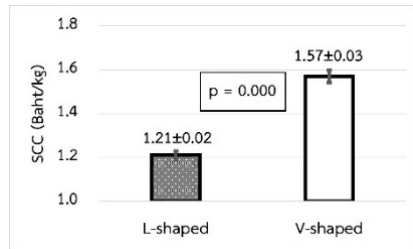
- ค่าอัตราการเผาไหม้ และกำลังไฟของเตาจรดทั้ง 2 รูปทรงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเตาเตาจรดทรง V ทำให้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนที่น้อยกว่า



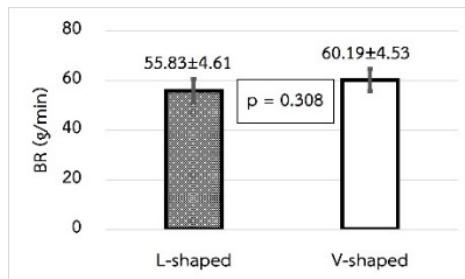
(ก)



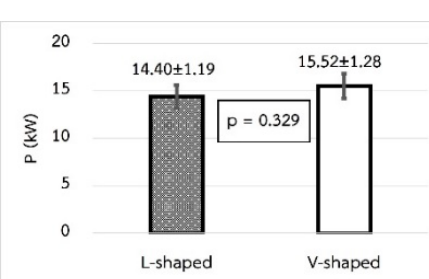
(ข)



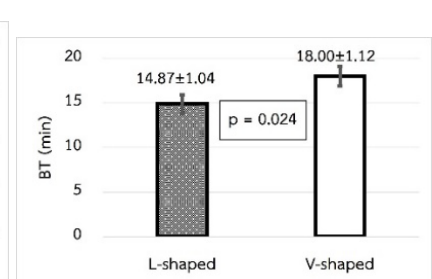
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 3 สมรรถนะของเตาจรรวดทรง L (L-shaped) และทรง V (V-shaped)

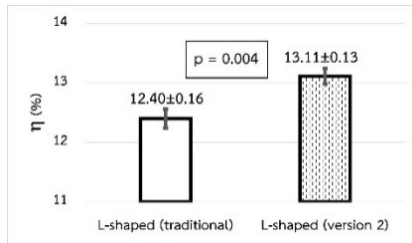
(ก) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (ข) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (ค) ค่าใช้จ่ายพลังงานงานจำเพาะ (ง) อัตราการเผาไหม้

(จ) กำลังไฟ (ฉ) เวลาต้มน้ำเดือด 3.1.2 ผลการพัฒนาของเตาจรรวด

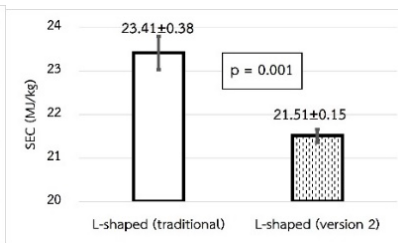
นำเตาจรรวดทรง L แบบทั่วไป (L-shaped (traditional)) ดังภาพที่ 4 (ก) มาทำการปรับแต่งดังภาพที่ 4 (ข) โดยการเปิดด้านบนของช่องเชื้อเพลิงให้มีขนาด 12'' (8) เพื่อเพิ่มการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เพิ่มพื้นที่การไหลของอากาศและสะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิง ติดตั้งแผ่นเหล็กเพื่อเป็นช่องกันเปลวไฟเป็นระยะ 5'' (6) เพื่อป้องกันไม่ให้เปลวไฟออกมาจากห้องเผาไหม้ เพิ่มความสูงช่องป้อนเชื้อเพลิงจาก 5'' เป็น 7'' (7) เพื่อเพิ่มอัตราการเผาไหม้เนื่องจากอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ทางช่องป้อนเชื้อเพลิง ดังนั้นการเปิดพื้นที่และขยายช่องป้อนเชื้อเพลิงจะเป็นการทำให้อากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ไปช่วยการเผาไหม้ชีวมวลได้มากขึ้น และสวมห้องเผาไหม้จากเดิม 1 ชั้น เป็น 2 ชั้น (5) เพื่อเสริมการเผาไหม้ครั้งที่ 2 ขนาด 6'' x 6'' และทำการทดสอบสมรรถนะเตาจรรวดรูปทรง L ที่ทำการพัฒนา (L-shaped (version 2)) ดังภาพที่ 4 (ค)

ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 5 เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติของผลการทดสอบสมรรถนะของเตาจรรวดด้วยวิธี independent t-test โดยพบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาจรรวด L-shaped (version 2) (13.11±0.13 %) มีค่าสูงกว่าเตาจรรวด L-shaped (traditional) (12.40±0.16 %) อย่าง

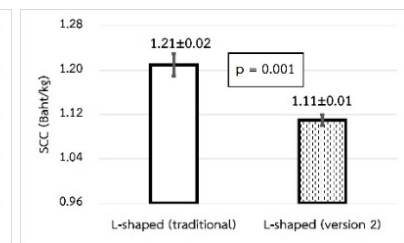
มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเตาจรรวด L-shaped (version 2) (21.51±0.15 MJ/kg) มีค่าต่ำกว่าเตาจรรวด L-shaped (traditional) (23.41±0.38 MJ/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะของเตาจรรวด L-shaped (version 2) (1.11±0.01 Baht/kg) มีค่าต่ำกว่าเตาจรรวด L-shaped (traditional) (1.21±0.02 Baht/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่าอัตราการเผาไหม้ของเตาจรรวด L-shaped (version 2) (61.63±1.26 g/min) และเตาจรรวด L-shaped (traditional) (55.83±4.61 g/min) มีค่าไม่ต่างกัน ค่ากำลังไฟของเตาจรรวด L-shaped (version 2) (15.89±0.33 kW) และเตาจรรวด L-shaped (traditional) (14.40±1.19 g/min) มีค่าไม่ต่างกัน เวลาต้มน้ำเดือดของเตาจรรวดรูปทรง L version 2 (11.95±1.48 min) มีค่าต่ำกว่าเตาจรรวดรูปทรง L ต้นแบบ (14.87±1.04 min) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



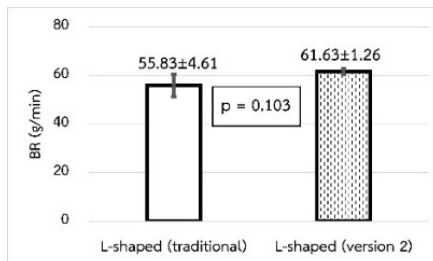
(ก)



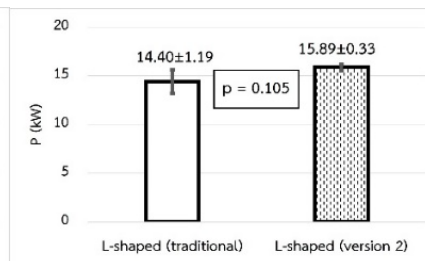
(ข)



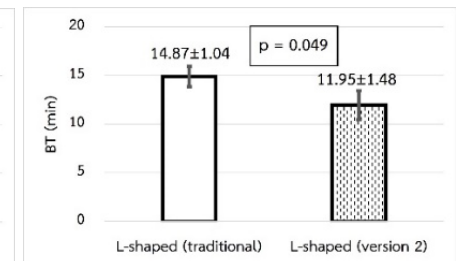
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบสมรรถนะเตาจรวดทรง L-shaped (traditional) และ L-shaped (version 2) (ก) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (ข) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (ค) ค่าใช้จ่ายพลังงานงานจำเพาะ (ง) อัตราการเผาไหม้ (จ) กำลังไฟ (ฉ) เวลาต้มน้ำเดือด

3.2 อภิปรายผล

3.2.1 สมรรถนะของเตาจรวดทรง L และทรง V

เมื่อนำสมรรถนะเตาจรวดทั้งสองรูปทรงนำมาเปรียบเทียบพบว่า เตาจรวดรูปทรง L มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ และเวลาต้มน้ำเดือดดีกว่าเตาจรวดรูปทรง V เนื่องจากเตาจรวดรูปทรง L มีการออกแบบให้ช่องป้อนเชื้อเพลิงทำมุม 90° กับปล่องไฟ ทำให้เปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลในท้องเผาไหม้ไหลขึ้นไปตามปล่องไฟและถ่ายเทพลังงานความร้อนไปยังภาชนะซึ่งตำแหน่งด้านบนของปล่องไฟได้โดยตรง ในทางตรงกันข้ามเตาจรวดรูปทรง V มีการออกแบบให้ช่องป้อนเชื้อเพลิงเอียงทำมุม 45° กับปล่องไฟ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลของเปลวไฟ โดยเปลวไฟบางส่วนมีการไหลย้อนกลับไปทางช่องป้อนเชื้อเพลิงซึ่งไม่ใช่ตำแหน่งที่วางภาชนะ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนบางส่วน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าเตาจรวดรูปทรง V ส่วนค่าอัตราการเผาไหม้และกำลังไฟของเตาจรวดรูปทรง L และ V มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเตาทั้งสองมีขนาดท้องเผาไหม้และขนาดปล่องไฟเท่ากัน ทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่สามารถเผาไหม้ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน อากาศที่เข้าสู่ท้องเผาไหม้สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าใกล้เคียงกัน ด้วยเหตุดังกล่าวส่งผลให้อัตราการเผาไหม้และกำลังไฟของเตาทั้งสองรูปทรงไม่แตกต่างกัน จากงานวิจัยที่ผ่านมา เตาจรวดทรงกระบอกที่ใช้ถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ย 14.51 % [15] เตาจรวดที่ใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง

เป็นเชื้อเพลิงมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน เท่ากับ 14.60 % [16]

จากนั้นเมื่อนำเตาจรวดรูปทรง L ไปเปรียบเทียบกับเตาชีวมวลชนิดอื่น ๆ ได้แก่ เตา TLUD มาตรฐาน เตา TLUD ดั้งเดิม และเตาปากยื่น [17] พบว่า เตาจรวดรูปทรง L มีจุดเด่นเมื่อเทียบกับเตาทั้ง 3 ชนิด ในส่วนของค่าอัตราการเผาไหม้ กำลังไฟ และเวลาต้มน้ำเดือดที่ดีกว่ารวมถึงรูปแบบการป้อนเชื้อเพลิง การเตรียมเชื้อเพลิงที่สะดวกกว่า เมื่อนำเตาจรวดทรง L มาเปรียบเทียบกับเตาขนมจีน [18] ซึ่งเป็นเตาชีวมวลชุมชนตำบลเฉลิมพระเกียรติ อำเภอยะใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า เตาจรวดทรง L มีจุดเด่นในส่วนของอัตราการเคลื่อนย้ายเตาที่ทำได้สะดวกกว่า และใช้เวลาในการประกอบและติดตั้งเตาสั้นกว่า และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มเชิงพาณิชย์ ได้แก่ เตาแก๊สหุงต้มหัวเร่งประสิทธิภาพต่ำรุ่น KB-5 และเตาแก๊สหุงต้มประสิทธิภาพสูงรุ่น SG-5 auto ignition [10] พบว่า เตาจรวดรูปทรง L มีค่าเด่นกว่าด้านค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะที่ดีกว่าเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 2 รุ่น

3.2.2 การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาจรวด

จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อนำเตาจรวด L-shaped (traditional) ทำการพัฒนาและปรับปรุงเพิ่มเติม ทำให้สมรรถนะและประสิทธิภาพของเตาจรวด L-shaped (version 2) ได้แก่ ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ และเวลาต้มน้ำเดือดดีกว่าเตาจรวด L-shaped (traditional)

เนื่องจากการปรับปรุงเตาจรดทรง L โดยการเพิ่มห้องเผาไหม้เดิม 1 ชั้นให้กลายเป็น 2 ชั้นซึ่งการเพิ่มช่องอุ่นอากาศและช่องอากาศหุติยภูมิทำให้เกิดการเผาไหม้ลำดับสองที่บริเวณปากเตาซึ่งได้ภาชนะที่บรรจุน้ำสำหรับทดสอบสมรรถนะ โดยการเผาไหม้ครั้งที่สองนี้เป็นการจุดแก๊สที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เป็นการเพิ่มการถ่ายเทพลังงานความร้อนไปยังภาชนะที่รับความร้อน ทำให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าการจัดให้มีการเผาไหม้ลำดับสองที่บริเวณปากเตาช่วยเสริมการเผาไหม้จะส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น [19] การเปิดด้านบนของช่องป้อนเชื้อเพลิงและและขยายช่องป้อนเชื้อให้มีความกว้างขึ้นกว่าเดิมเป็นการเพิ่มปริมาณอากาศที่เข้าไปช่วยเสริมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ ดังนั้นการเพิ่มขนาดช่องป้อนเชื้อเพลิงและเสริมห้องเผาไหม้เป็น 2 ชั้น เพื่อให้มีการเผาไหม้ลำดับสองบริเวณปากเตา ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีความเหมาะสมกว่า จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น

3.3.3 การเปรียบเทียบเตาจรดรูปทรง L version 2 กับเตาชีวมวลประเภทอื่น ๆ

เมื่อนำเตาจรด L-shaped (version 2) กับเตาชีวมวลประเภทอื่น ๆ ได้แก่ เตา TLUD พัฒนา [17] medium rocket [20] และ improve cook stove (ICS) [21] ผลปรากฏดังตารางที่ 1 โดยพบว่า เตาจรดรูปทรง L version 2 มีจุดเด่นในเรื่องของความสะดวกต่อการเตรียมเชื้อเพลิง ความสะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิง ความสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย กำลังไฟที่สูง และเวลาในการต้มน้ำให้เข้าสู่จุดเดือดได้เร็วกว่าเตาทั้ง 3 แบบ เนื่องด้วยเตาจรดรูปทรง L version 2 ขึ้นมานั้นสามารถใช้กับเชื้อเพลิงขนาดยาวได้ ทำให้ไม่ต้องตัดเชื้อเพลิงชีวมวลหลายครั้งเพื่อให้มีขนาดที่สั้นดังเช่น เตา TLUD พัฒนา และ improve cook stove (ICS) นอกจากนี้เตาจรดรูปทรง L version 2 ถูกออกแบบให้มีความสะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิง ทำให้มีการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก และเตาทำจากแผ่นโลหะ ทำให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเตาจรดรูปทรง L แบบพัฒนา (L-shaped (version 2) กับเตาอื่น ๆ

Performance	เตาจรด L-shaped (version 2)	เตาจรด L-shaped (traditional)	เตา TLUD พัฒนา [17]	medium rocket [20]	improve cook stove (ICS) [21]
ความสะดวกต่อการเตรียม เชื้อเพลิง	✓	✓		✓	
ความสะดวกต่อการป้อน เชื้อเพลิง	✓			✓	
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	13.11	12.40	25.78	45.4	34.6
ความสะดวกต่อการ เคลื่อนย้าย	✓	✓	✓	✓	✓
กำลังไฟ (kW)	✓ 15.89	14.40	7.19	4.5	5.5
เวลาในการต้มน้ำเดือด (mins)	✓ 11.95	14.87	12.86	17	13

4. สรุปผลการวิจัย

การเปรียบเทียบสมรรถนะเตาจรดรูปทรง L และเตาจรดรูปทรง V พบว่า เตาจรดรูปทรง L มีสมรรถนะที่สูงกว่าเตาจรดรูปทรง V โดย เตาจรดรูปทรง L มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ เวลาในการต้มน้ำเดือดที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญซึ่งมีความแตกต่างเท่ากับ 25.13% 22.92% 22.93 และ 17.39% ตามลำดับ แต่ช่องเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ยากกว่าเตาจรดรูปทรง V เมื่อนำเตาจรดรูปทรง L มาทำการพัฒนาโดยการเปิดด้านบนของช่องเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ติดตั้งแผ่นเหล็ก

เพื่อเป็นช่องกันเปลวไฟเป็นระยะ 5 นิ้ว เพื่อป้องกันไม่ให้เปลวไฟออกมาจากห้องเผาไหม้ เพิ่มความสูงช่องป้อนเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มอัตราการเผาไหม้ และสวมห้องเผาไหม้สำหรับเสริมการเผาไหม้ครั้งที่ 2 พบว่าเตาจรดรูปทรง L version 2 มีสมรรถนะที่ดีกว่าแบบดั้งเดิมโดยมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ และเวลาในการต้มน้ำเดือดที่ดีกว่าเตาจรดรูปทรง L ต้นแบบ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 5.42% 8.12% 8.26% และ 19.64% ตามลำดับ โดยเตาจรดรูปทรง L version 2 ที่ทำการพัฒนานี้มีจุดเด่นในเรื่องของกำลังไฟ อัตราการเผาไหม้ ระยะเวลาในการ

ทำงาน ความสะดวกต่อการเตรียมเชื้อเพลิง ความสะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิง และความสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความร้อนสูงและรวดเร็ว เช่น งานอุตสาหกรรมครัวเรือน และผู้ประกอบการที่ต้องการใช้พลังงานความร้อนที่สูง ได้แก่ การฆ่าเชื้อวัสดุเพาะเห็ดด้วยไอน้ำ การต้มสมุนไพรสำหรับอบไอน้ำ การนึ่งข้าวปริมาณมาก การประกอบอาหารปริมาณมากที่ต้องใช้การต้ม การนึ่ง เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2563

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วรณัฐ แจ่มสว่าง. พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553.
- [2] โชคชัย เหมือนมาต และ นิรติชัย รักมาก. การปรับปรุงสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของกะลาปาล์มด้วยกระบวนการทอรีแฟคชันโดยใช้ปฏิกรณ์แบบสกรูลำเลียง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 2567;29(1):245-265.
- [3] นคร ทิพย์วงศ์. เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2553.
- [4] Phusrimuang J and Wongwuttanasatian T. Improvements on thermal efficiency of a biomass stove for a steaming process in Thailand. Applied Thermal Engineering. 2016;98:196-202.
- [5] สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์, พลชัย ขาวนวล และ นิชา ประสงค์จันทร์. เตาประหยัดพลังงานสำหรับการแปรรูปสมุนไพรวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรคุณธรรมวัดคูเต่า จังหวัดสงขลา. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. 2564;13(3):180-192.
- [6] สุปรานี วุ่นศรี, นพดล โพธิ์กาเหิน และ ภาณุณีย์ สามพิมพ์. การพัฒนาเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปขนมซึ่งน้ำตาลของชุมชนตำบลบางเหริย อำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลา. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 2563;12(1):66-76.
- [7] สุปรานี วุ่นศรี, พลชัย ขาวนวล, นพดล โพธิ์กาเหิน และ คณะ. การประยุกต์ใช้เตาชีวมวลชนิด Top-Lit Up-Draft (TLUD) ในการย้อมสีเตยหนามด้วยขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.). วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 2566;14(2):167-178.
- [8] Tesfay AH, Tsegay K, Kahsay MB, Hailu MH and Adaramola. Performance comparison of three prototype biomass stoves with traditional and Mirt Stoves for baking Injera. Energy, Sustainability and Society. 2024;14:1-14.
- [9] Khan S, Hossain T and Rahman MM. Development of portable rocket stove and performance evaluation. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2016;12(3):36-44.
- [10] Aljufri, Putra R, Rahman A and Mardian. Design of a portable solid-fuel rocket stove. Jurnal Teknologi. 2024;16(1):153-160
- [11] Huangfu Y, Li H, Chen X, et al. Effect of moisture content in fuel on thermal performance and emission of biomass semi-gasified cookstove. Energy for Sustainable Development. 2014;21:60-65.
- [12] Berrueta VM, Edwards RD and Masera OR. Energy performance of wood-burning cookstoves in Michoacan, Mexico. Renewable Energy. 2008;33(5):859-870.
- [13] สมมาส แก้วล้วน, ดำรงค์ศักดิ์ จันทสิทธิ์, สุรัชย์ จันทสิทธิ์ และ คณะ. การทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลขนาด 20 kW. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2556;8(1):24-33.
- [14] Oyelaran OA, Bolaji BO, Waheed MA, et al. Performance Evaluation of the Effect of Binder on Groundnut Shell Briquette. KMUTNB Int J Appl Sci Technol. 2015;8(1):11-19.
- [15] กันยาพร ไชยวงศ์, ณัฐพล วิชาญ, อาริยะ แสนทวีสุข และ คณะ. ผลของอากาศป้อนต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 2559;1(1):37-42.
- [16] ธนกร หอมจำปา, คมสันต์ ทองปัญญา, ณัฐพร ธรรมพระอินทร์ และคณะ. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือน. วารสาร มทร. อีสาน. 2557;7(2):103-110.
- [17] พลชัย ขาวนวล, สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์ และ สุณารี บดีพงศ์. การพัฒนาเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือน. วารสารวิจัยราชชมงคลกรุงเทพ. 2563;14(1):52-62.
- [18] สุปรานี วุ่นศรี, พวงทิพย์ แก้วทับทิม และ นุชลี ทิพย์มณฑา. การพัฒนาเตาประหยัดพลังงานสำหรับชุมชน. วารสารวิจัยราชชมงคลกรุงเทพ. 2561;12(2):8-16.

- [19] Setyawan DL, Pertiwi AP, Sutjahjono H and Iminnafik N. The effect of secondary hole variation on the performance of concentric cylinder top-lit up draft gasifier (TLUD) stove. *Technium*. 2024;22:71-86.
- [20] Bentson S, Evitt D, Lieberman D, et al. Retrofitting stoves with forced jets of primary air improves speed, missions, and efficiency: Evidence from six types of biomass cookstoves. *Energy for Sustainable Development*. 2022;71:104-117.
- [21] Rasoulkhani M, Ebrahimi-Nik M, Abbaspour-Fard MH, et al. Comparative evaluation of the performance of an improved biomass cook stove and the traditional stoves of Iran. *Sustainable Environment Research*. 2018;28:438-443.