

การพัฒนาสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือน Performance development of household biomass TLUD cookstove

พลชัย ขาวนวล^{1*}, สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์¹, สุนารี บดีพงศ์²
Palachai Khaonuan^{1*}, Somboon Prasongchan¹, Sunaree Bordeepong²

¹หลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

²แผนกวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

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

²Physics Section, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani
Campus, Thailand

*Corresponding author. Tel.: 08 9653 5235, E-mail.: kpalachai@gmail.com

บทคัดย่อ

เตาชีวมวลชนิด Top-Lit Up-Draft (TLUD) ที่มีอยู่แบบเดิมมีสมรรถนะเชิงความร้อนค่อนข้างต่ำ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือน โดยดำเนินการวิจัย 2 ส่วนคือ ออกแบบและพัฒนาเตาชีวมวลชนิด TLUD จากเดิม และทำการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนเตาที่ปรับปรุงแล้วกับเตาชีวมวลชนิด TLUD แบบเดิม เตาชีวมวลชนิด TLUD มาตรฐาน และเตาชีวมวลท้องถิ่น (เตาปากยี่น) ในการทดสอบสมรรถนะใช้วิธีต้มน้ำเดือด (WBT) โดยผลการวิจัยพบว่าค่าสมรรถนะของเตาได้แก่ ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) และค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ (SCC) ของเตาชีวมวลชนิด TLUD ที่พัฒนาแล้วมีสมรรถนะที่เทียบเท่ากับเตาชีวมวลชนิด TLUD มาตรฐาน แต่เวลาในการเดือดของน้ำ (BT) มีค่าดีกว่าเตา TLUD มาตรฐาน และเตาชีวมวลชนิด TLUD ที่พัฒนาแล้วมีค่าสมรรถนะดีกว่าเตาปากยี่นและเตาชีวมวลชนิด TLUD แบบเดิม ในขณะที่อัตราการเผาไหม้ (BR) และกำลังไฟ (P) ของเตาชีวมวลชนิด TLUD ที่พัฒนาแล้วมีค่าต่ำกว่าเตาชีวมวลชนิด TLUD แบบเดิม สำหรับการเปรียบเทียบกับเตาชีวมวลชนิด TLUD แบบเดิมนั้นพบว่าค่าสมรรถนะ (η , SEC, SCC, BR, P และ BT) มีแนวโน้มที่ดีขึ้นคิดเป็น 36.26, 28.41, 29.27, 16.07, 16.10 และ 22.95% ตามลำดับ โดยสามารถสรุปได้ว่าการลดความสูงของที่ตั้งภาชนะ และการลดการกระจายของเปลวไฟทำให้สมรรถนะเชิงความร้อนของเตาชีวมวลชนิด TLUD สูงขึ้น

คำสำคัญ: พัฒนา สมรรถนะ เตาชีวมวลชนิด TLUD ครัวเรือน

Abstract

The ex- Top-Lit Up-Draft (TLUD) biomass cookstove has relatively low performance there causing energy loss. The objective of this research is to develop the performance of TLUD biomass cookstove at household level. The conducting two steps were designing and developing TLUD biomass cookstove from the ex-TLUD biomass cookstove and comparing the improved TLUD biomass cookstove with the ex-TLUD biomass cookstove, standard TLUD biomass cookstove and local biomass cookstove (long-lip stove). Water boiling test (WBT) method was used in the performance test.. The results showed that the thermal efficiency (η), specific energy consumption (SEC) and specific cost consumption (SCC) were the similar performance as standard TLUD cookstove except boiling time (BT) that the improved TLUD biomass cookstove was better than the others. While the burning rate (BR) and firepower (P) of improved TLUD biomass cookstove were lower than ex-TLUD stove. The performance comparison between improved and ex-TLUD stove found that the performance of improved TLUD cookstove (η , SEC, SCC and BT) was better than ex-TLUD stove was 36.26, 28.41, 29.27, 16.07, 16.10 and 22.95%, respectively. It can be concluded that reducing the height of the stand and the reduction of flame distribution, resulting in higher performance of TLUD biomass cookstove.

Keywords: development, performance, TLUD biomass cookstove, household

1. บทนำ

ในบรรดาแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่าง ๆ นั้น ชีวมวลมีอัตราการผลิตที่สูงในแต่ละปีและมีการกระจายของชีวมวลอย่างกว้างขวางทั่วโลก โดยที่ประชากรมากกว่า 2.5 พันล้านคนได้ใช้พลังงานชีวมวลในรูปของฟืนและถ่านในการทำกิจกรรมสำหรับการประกอบอาหาร [1] ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญโดยพลังงานที่มาจากชีวมวลนี้มีมากกว่าร้อยละ 11 ของความต้องการพลังงานทั้งหมดของโลก [2] ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาพลังงานทดแทนในลักษณะที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานทดแทน โดยในปี 2557 ประเทศไทย

มีการใช้พลังงานทดแทน 9,025 ktoe (พินตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ) เป็นลักษณะพลังงานความร้อน 5,775 ktoe โดยที่พลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานความร้อนนี้มาจากพลังงานชีวมวล 5,144 ktoe คิดเป็นร้อยละ 89 ของพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานความร้อน ในส่วนของอุตสาหกรรมหลักที่มีการใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนเพื่อผลิตความร้อนนั้นจะเป็นอุตสาหกรรมเกษตรทั้งสิ้น ได้แก่ อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ โรงสีข้าว เป็นต้น ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีเศษวัสดุเหลือทิ้งและของเสียจากกระบวนการผลิตที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานในรูปของเชื้อเพลิงชีวมวลและแก๊สชีวภาพจากน้ำเสีย เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายจาก

การจัดซื้อเชื้อเพลิงจากภายนอกมาใช้ ทำให้วัสดุเหลือทิ้งประเภทเชื้อเพลิงชีวมวลได้รับความนิยมในการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมเกษตรสำหรับพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานความร้อนนั้นมีการขับเคลื่อนการพัฒนาพลังงานทดแทนตามยุทธศาสตร์ของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 ได้แก่การผลิตความร้อนโดยการพัฒนาเทคโนโลยีผลิตพลังงานประสิทธิภาพสูงหรือเทคโนโลยีขั้นสูงส่งเสริมการใช้วัสดุ อุปกรณ์ผลิตความร้อนประสิทธิภาพสูงในครัวเรือน เช่น เตาถ่านและเตาแก๊สหุงต้มประสิทธิภาพสูง เตาวิสาหกิจชุมชน เป็นต้น [3]

ต้นยางพาราถือว่าเป็นพืชที่มีประโยชน์ค่อนข้างมาก โดยสามารถนำมาแปรรูปเป็น ยางรถยนต์ สายพานต่าง ๆ ยางรองพื้นกันลื่นเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เป็นต้น ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของไทย โดยที่ไทยเป็นผู้ส่งออกยางพาราสูงเป็นอันดับ 1 ของโลก ในปี 2561 ส่งออกยางพารามูลค่ากว่า 4.6 พันล้านเหรียญสหรัฐ [4] ไม้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจของภาคใต้ที่มีการปลูกเป็นจำนวนมาก ในปี 2559 จังหวัดสงขลามีพื้นที่ปลูกเป็นอันดับ 2 คือ 2,17,141 ไร่ จากพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 24,721,076 ไร่ [5] โดยไม้ยางพาราที่ปลูกมานี้จะมีส่วนที่เหลือใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ จากข้อมูลของปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2556 ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งต้น ไม่ว่าจะเป็นปลาย ปีก ขี้เลื่อย และเศษไม้ยางพารายกเว้นดอก ราก และกิ่งก้านไม้ยางพาราเท่านั้นที่ยังไม่มีการนำมาใช้ได้ทั้งหมด ซึ่งปริมาณดอก ราก และกิ่งก้านไม้ยางพาราส่วนที่ยังไม่ได้นำมาใช้คิดเป็นร้อยละ 80 [6]

เตาชีวมวล (Biomass stove) คือ เตาที่ให้พลังงานความร้อนโดยใช้ชีวมวลเป็นวัสดุเชื้อเพลิง โดยที่เตาชีวมวลสามารถแบ่งได้ออกเป็นหลายประเภทได้แก่ เตาสามเส้า เตาอั้งโล่ เตาปากยื่น เตาชีวมวลชนิดใช้กลบเป็นเชื้อเพลิง เตาจรวด เตาชีวมวล TLUD เป็นต้น สำหรับเตาชีวมวลชนิด Top-Lit Up-Draft (TLUD) นั้นเป็นเตาที่ให้พลังงานความร้อนโดยใช้เศษชีวมวล ได้แก่ เศษไม้ เป็นเชื้อเพลิง โดยมีหลักการทำงานแบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล (Gasifier) แบบอากาศไหลขึ้น (Updraft gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วนแล้วไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื้ออื่น ๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่สามารถติดไฟได้ เตาชีวมวลชนิด TLUD มีลักษณะโครงสร้างเป็นเตาผนัง 2 ชั้น ซึ่งชั้นที่ 1 จะเป็นส่วนของห้องเผาไหม้ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเผาไหม้ของชีวมวล และชั้นที่ 2 เป็นช่องสำหรับให้อากาศผ่านและมีช่องสำหรับอากาศไหลออกอยู่ด้านบนของเตาโดยแก๊สชีวมวลที่ผลิตได้นั้นจะลอยขึ้น สู่ด้านบนและเกิดการลุกไหม้บริเวณด้านบนของเตา โดยอาศัยอากาศร้อนที่ถูกบังคับให้ไหลจากด้านล่างของเตาเข้าสู่ชั้นที่ 2 โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากห้องเผาไหม้และไหลออกจากช่องทางออกด้านบนของเตา [7] โดยเตาชีวมวลชนิด TLUD นี้ยังเป็นที่นิยมใช้และนำมาวิจัย เช่น สมมาส แก้วล้วน และคณะ [8] ศึกษาสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ขนาด 20 kW โดยมีฉนวนกันความร้อน และใช้ไม้อยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิงพบว่าเตาดังกล่าวมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ เท่ากับ 30.6%, 9.2 MJ/kg และ 0.8 บาท/kg ตามลำดับ Rasoulkhani et al. [1]

ศึกษาเตาชีวมวลชนิด TLUD โดยใช้ไม้แปปเปิ้ลเป็นเชื้อเพลิงพบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน กำลังไฟ อัตราการเผาไหม้ เวลาในการเดือดของน้ำเท่ากับ 34.6%, 5.5 kW, 18.7 g/min และ 13 นาทีตามลำดับ และมีสมรรถนะสูงกว่าเตาที่ใช้ในท้องถิ่น (เตาสามเส้า) Suresh et al. [2] ได้ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะเตาชีวมวลท้องถิ่น เตาชีวมวลที่พัฒนาแล้วโดยใช้การไหลของอากาศแบบธรรมชาติ และเตาชีวมวล TLUD ที่พัฒนาแล้วที่ใช้พัดลมช่วยในการไหลของอากาศโดยใช้การประกอบอาหารปริมาณ 1 กิโลกรัม พบว่า เตาชีวมวล TLUD ที่พัฒนาแล้วที่ใช้พัดลมช่วยในการไหลของอากาศ มีค่าการบริโภคเชื้อเพลิง ระยะเวลาในการประกอบอาหาร และประสิทธิภาพเชิงความร้อนในลักษณะแนวโน้มที่ดีกว่าเตาอีก 2 ประเภทที่ได้กล่าวมานอกจากนี้ความชื้นของเชื้อเพลิงจะส่งผลต่อค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน เวลาในการเดือดของน้ำ อัตราการเผาไหม้ และกำลังไฟ ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีความชื้นต่างกันจะทำให้สมรรถนะทางความร้อนดังกล่าวมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [9]

ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมานี้คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเตาชีวมวลชนิด TLUD และพบว่าค่าสมรรถนะยังไม่ค่อยดีเท่าไรนัก ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือน และเปรียบเทียบสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือนที่พัฒนาขึ้นมากับเตาชีวมวลชนิด TLUD แบบเดิม เตาชีวมวล TLUD มาตรฐาน และเตาชีวมวลท้องถิ่น (เตาปากยื่น) โดยใช้ก๊วยฟาราที่ร่วงหล่นตามสวนยางเหลือทิ้งนำมาใช้ประโยชน์มาเป็นเชื้อเพลิง

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การพัฒนาสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือน

2.1.1 ทำการวิเคราะห์จุดที่ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนของเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือนแบบดั้งเดิม

2.1.2 ทำการพัฒนาเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือนแบบดั้งเดิม

2.2 ทำการทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือนที่ทำการพัฒนาแล้วเทียบกับเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือนแบบดั้งเดิม เตาชีวมวลชนิด TLUD แบบมาตรฐาน และเตาชีวมวลท้องถิ่น (เตาปากยื่น) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ใช้วิธีทดสอบการเดือดของน้ำ (Water boiling test, WBT) โดยใช้ น้ำปริมาตร 5 ลิตร เชื้อเพลิงคือกิ่งไม้ยางพาราที่อบไล่ความชื้น 108 °C เวลา 16 ชั่วโมง เพื่อลดผลกระทบจากความชื้นของชีวมวลเนื่องจากความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวลจะทำให้ค่าสมรรถนะทางความร้อนเกิดความแปรปรวน [9] ใช้เทอร์โมมิเตอร์ Fluke 54-2B และโพรบชนิด k Fluke 80pk-22 ในการตรวจสอบอุณหภูมิ โดยค่าที่นำมาทดสอบได้แก่

2.2.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η) [10] เป็นการคำนวณค่าร้อยละของพลังงานที่เตาชีวมวลสามารถนำมาใช้ได้ โดยคำนวณได้จาก

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

โดย η คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน มีหน่วยเป็น ร้อยละ (%) m_w คือ มวลของน้ำ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg) T_i คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) T_f คือ อุณหภูมิสูงสุดของน้ำ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) m_v คือ มวลของ ไอน้ำที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg) f_d คือ มวล ของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg) LHV คือ พลังงานทางต่ำของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น กิโลจูล/ กิโลกรัม (kJ/kg)

2.2.2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption; SEC) [8] เป็นการคำนวณค่าพลังงานของชีวมวลในการผลิตไอน้ำ 1 กิโลกรัม โดยคำนวณได้จาก

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

โดย SEC คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ มีหน่วยเป็น เมกะจูล/กิโลกรัม (MJ/kg) E_v คือ พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ มีหน่วยเป็น เมกะจูล (MJ)

2.2.3 ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ (Specific cost consumption, SCC) [8] เป็นการคำนวณ ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่ใช้ระเหยไอน้ำมวล 1 กิโลกรัม โดยคำนวณได้จาก

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

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

2.2.4 อัตราการเผาไหม้ (Burning Rate, BR) [11] เป็นการวัดอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เทียบกับเวลา คำนวณโดย

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

โดย R_b คือ อัตราการเผาไหม้ มีหน่วยเป็น กรัม/นาที (g/min) Δt_m คือ ช่วงเวลาของการเผาไหม้ในหน่วย นาที มีหน่วยเป็น นาที (min)

2.2.5 กำลังไฟ (Firepower; P) [9] เป็น อัตราการใช้พลังงานต่อเวลา คำนวณโดย

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

โดย P คือ กำลังไฟของเตาชีวมวล มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) E คือ พลังงานที่ใช้ มีหน่วยเป็น กิโลจูล (kJ) Δt_s คือ ช่วงเวลาของการเผาไหม้ในหน่วยวินาที มีหน่วยเป็น วินาที (s)

2.2.6 เวลาในการเดือดของน้ำ (Boiling Time, BT) เป็นเวลาที่ใช้นกรทำให้น้ำปริมาตร 5 ลิตร เดือด มีหน่วยเป็น นาที (min)

2.3 นำค่าสมรรถนะของเตาทั้ง 5 มา เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และ ทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

3.1 การพัฒนาเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับ ครึ่งเรือน

ในการพัฒนาเตาชีวมวลระดับครึ่งเรือน ครั้งนี้ต้องการให้ได้เตาที่มีสมรรถนะสูงขึ้น และเตา

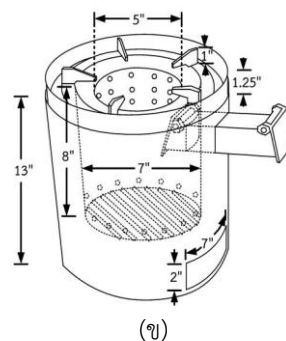
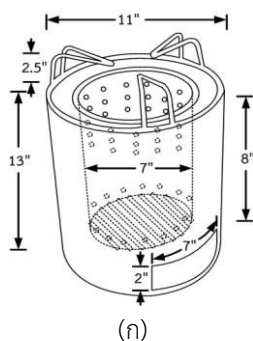
มีน้ำหนักร้อยไม่สูงมาก สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย และใช้ต้นทุนในการประกอบต่ำ ซึ่งจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าจุดที่อาจทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนคือบริเวณด้านบนของเตา ดังภาพที่ 1



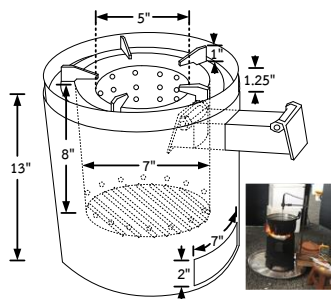
ภาพที่ 1 การสูญเสียพลังงานความร้อนของเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือนแบบเดิม

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าบริเวณด้านบนของเตาจะมีการสูญเสียพลังงานความร้อน 2 ส่วนคือระยะห่างระหว่างปากเตาและกันภาชนะสูงเกินไป และเปลวไฟที่ออกจากห้องเผาไหม้สู่กันภาชนะมีการกระจายกระจายมากจนเกินไป ดังนั้นจึงทำการแก้ปัญหาโดยลดระยะห่างระหว่างปากเตาและกันภาชนะ และใส่ choke ring เพื่อลดการกระจายกระจายของเปลวไฟ ดังภาพที่ 1

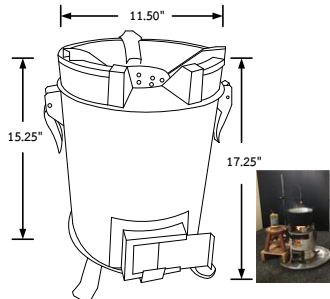
ซึ่ง choke ring ดังกล่าวนี้นำมาที่รับกวนการไหลของอากาศและสร้างตำแหน่งการผสมกันของแก๊ส [12] ในขณะที่ส่วนอื่น ๆ ของเตายังคงรูปแบบเดิมไว้



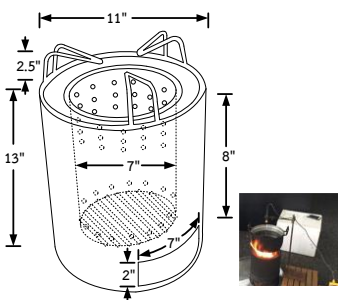
ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือน (ก) ก่อนพัฒนา (ข) หลังพัฒนา



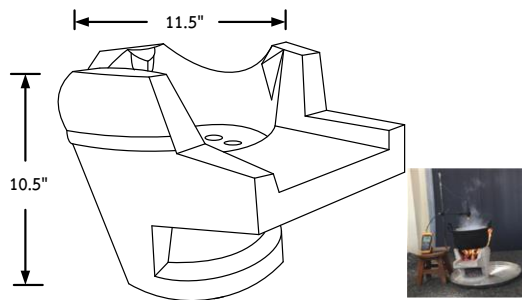
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 3 ลักษณะเตาชีวมวล

(ก) เตา TLUD พัฒนา (ข) เตา TLUD มาตรฐาน (ค) เตา TLUD แบบเดิม (ง) เตาปากยื่นเบอร์ 1

3.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะเตาชีวมวล

เมื่อนำเตาไปทดสอบการต้มน้ำเดือด ปรากฏดังภาพที่ 3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเทียบกับเวลา ผลปรากฏดัง Error! Reference source not found. ซึ่งจะเห็นได้ว่าเตาชีวมวล TLUD ที่ได้รับการพัฒนาแล้วมีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเทียบกับเวลาสูงสุด นั่นคือสามารถต้มน้ำ 5 ลิตร ได้ถึงจุดเดือดเร็วที่สุด

เมื่อนำค่าสมรรถนะเตามาเปรียบเทียบผล ปรากฏดัง Error! Reference source not found. โดยพบว่า

- มวล (Mass) เตาที่มีมวลต่ำสุดคือ เตา TLUD แบบเดิม เนื่องจากการใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น และมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ในขณะที่เตาที่มี

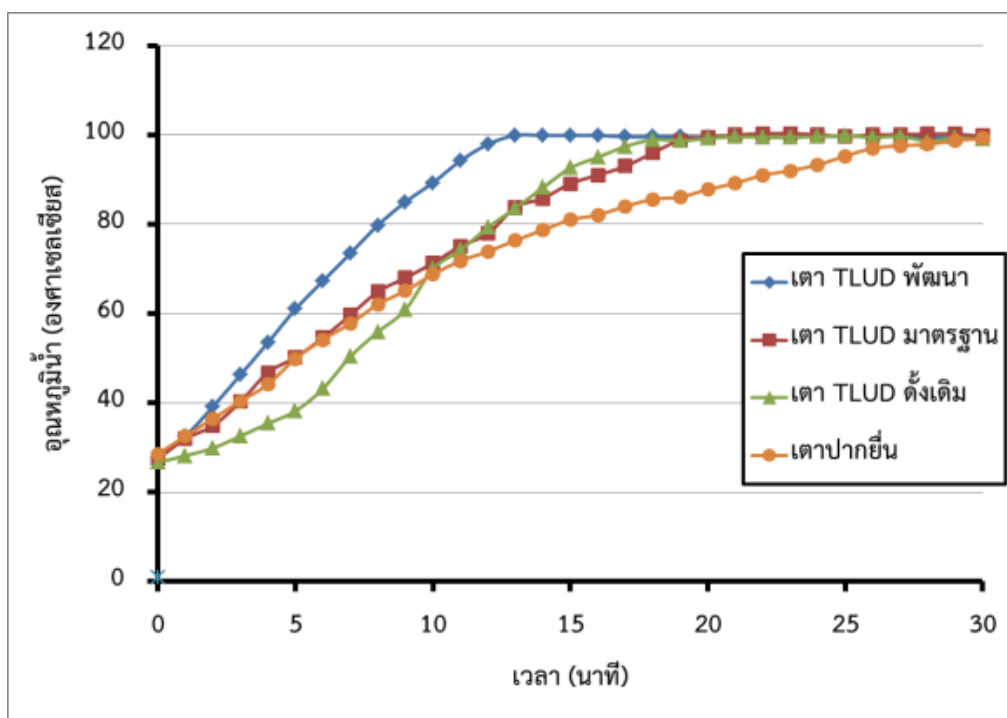
มวลสูงสุดคือ เตา TLUD มาตรฐาน เนื่องจากเตาประเภทนี้มีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อน ใช้เหล็กหนา ทำให้มวลมาก

- ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) และ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ (SCC) เตา TLUD พัฒนา มีค่าดีที่สุด (η สูงสุด, SEC และ SCC ต่ำสุด) และมีค่าเทียบเท่ากับเตา TLUD มาตรฐาน เนื่องจากการลดความสูงของที่รองก้นภาชนะและการลดการกระจายของเปลวไฟบริเวณปากเตา รองลงมาได้แก่เตาท้องถื่นหรือเตาปากยื่น ในขณะที่เตา TLUD แบบเดิมมีค่าที่ต่ำที่สุด (η ต่ำสุด, SEC และ SCC สูงสุด) เนื่องจากเตากระถางมีความลึก 8 นิ้ว และไม่ใส่ฉนวนความร้อน โครงสร้างของเตา

ทำจากโลหะซึ่งมีการนำความร้อนที่ค่อนข้างสูง ทำให้สูญเสียพลังงานมากที่สุด ซึ่งผลงานวิจัยของ Rasoulkhani et al. [1] ทำการเปรียบเทียบระหว่างเตาท่อถิน (เตาสามเสา) และเตาที่พัฒนาแล้ว (เตา TLUD) พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่พัฒนาแล้วมีค่าสูงกว่าเตาท่อถิน คือ 34.6 และ 12.6% ตามลำดับ และ Suresh et al. [2] พบว่าเตาชีวมวลชนิด TLUD จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาท่อถินด้วยเช่นกัน

- อัตราการเผาไหม้ (BR) และกำลังไฟ (P) พบว่า เตา TLUD แบบเดิมมีค่าสูงสุด เนื่องจากมีขนาดห้องเผาไหม้ที่สูงที่สุด และบริเวณปากเตามีพื้นที่เปิดรอบอากาศค่อนข้างมาก ในขณะที่เตาปากยี่นมีค่าต่ำสุด เนื่องจาก มีขนาดห้องเผาไหม้ที่ต่ำที่สุด
- เวลาในการเดือดของน้ำ (BT) พบว่าเตา TLUD ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาน้อยที่สุดเนื่องจากเตา

TLUD พัฒนามีอัตราการเผาไหม้และกำลังไฟค่อนข้างสูง โดยเป็นรองเพียงเตา TLUD แบบเดิม และมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะที่ดีที่สุดเทียบกับเตา TLUD มาตรฐาน ในขณะที่เตาท่อถินหรือเตาปากยี่นใช้เวลามากที่สุดเนื่องจากมีค่าอัตราการเผาไหม้และกำลังไฟต่ำสุด และมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะที่ค่อนข้างไม่ดี ซึ่งเป็นรองเพียงเตา TLUD แบบเดิม ซึ่งสอดคล้องกับ Rasoulkhani et al. [1] ที่พบว่าเวลาในการเดือดของน้ำโดยใช้เตาที่พัฒนาแล้ว (เตา TLUD) มีค่าต่ำกว่าการใช้เตาท่อถิน (เตาสามเสา) โดยมีค่าเท่ากับ 13 และ 20 นาที ตามลำดับ



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำที่เวลาต่าง ๆ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบสมรรถนะเตาชีวมวลแบบต่าง ๆ

เตาชีวมวล	Mas						
	s (kg)	η (%)	SEC (MJ/kg)	SCC (Baht/kg)	BR (g/min)	P (kW)	BT (min)
เตา TLUD พัฒนา	4.4	$25.78^a \pm 1.28$	$11.29^c \pm 0.59$	$0.58^c \pm 0.03$	$27.89^b \pm 0.48$	$7.19^b \pm 0.13$	$12.86^d \pm 0.74$
เตา TLUD มาตรฐาน	21.1	$24.87^a \pm 0.66$	$11.68^c \pm 0.64$	$0.61^c \pm 0.04$	$25.76^c \pm 0.59$	$6.64^c \pm 0.16$	$20.64^b \pm 1.58$
เตา TLUD ตั้งเดิม	3.1	$18.92^c \pm 0.32$	$15.77^a \pm 0.50$	$0.82^a \pm 0.02$	$33.23^a \pm 1.46$	$8.57^a \pm 0.38$	$16.69^c \pm 1.61$
เตาปากยื่น	13.8	$21.96^b \pm 0.56$	$13.66^b \pm 0.04$	$0.71^b \pm 0.01$	$21.41^d \pm 0.17$	$5.52^d \pm 0.04$	$34.16^a \pm 6.94$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวสมมุติฐาน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Mass คือ มวลของเตา, η คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, SEC คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, SCC คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ, BR คือ อัตราการเผาไหม้, P คือ กำลังไฟ, BT คือ เวลาในการเดือดของน้ำ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือนก่อนพัฒนาและหลังพัฒนา

สมรรถนะ	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ส่วนต่าง (%)	คำอธิบาย
Mass (kg)	✓		41.93	ด้อยลง
η (%)	✓		36.26	ดีขึ้น
SEC (MJ/kg)		✓	28.41	ดีขึ้น
SCC (Baht/kg)		✓	29.27	ดีขึ้น
BR (g/min)		✓	16.07	ดีขึ้น
P (kW)		✓	16.10	ดีขึ้น
BT (min)		✓	22.95	ดีขึ้น

Mass คือ มวลของเตา, η คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, SEC คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, SCC คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ, BR คือ อัตราการเผาไหม้, P คือ กำลังไฟ, BT คือ เวลาในการเดือดของน้ำ

จาก Error! Reference source not found. จะเห็นว่าเตา TLUD ที่มีการพัฒนาขึ้นมาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเตา TLUD แบบเดิมพบว่า มวลมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากทำการเพิ่มช่องป้อนเชื้อเพลิง และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ อัตราการเผาไหม้ กำลังไฟ และเวลาในการเดือดของน้ำดีขึ้น เนื่องจากการลดความสูงของทรงก้นภาชนะและการควบคุมเปลวไฟที่สัมพันธ์กับ

ภาชนะให้ลดการกระจายกระจาย ส่งผลให้ลดการสูญเสียพลังงานความร้อน และค่าสมรรถนะความร้อนมีค่าเทียบเท่ากับเตา TLUD มาตรฐาน

4. บทสรุป

จากผลการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าพลังงานความร้อนจากเตา TLUD แบบเดิมมีการสูญเสียเนื่องจากความสูงของก้นภาชนะจาก

ปากเตา และการกระจายของเปลวไฟบริเวณปากเตา เมื่อทำการแก้ปัญหาลดความสูงของกันภาชนะลงครึ่งหนึ่ง และลดการกระจายของเปลวไฟบริเวณปากเตาโดยการใส่ช่องป้อนเชื้อเพลิงเพิ่มเติม ทำให้สมรรถนะเชิงความร้อนของเตาชีวมวลชนิด TLUD มีค่าที่สูงขึ้นและเทียบเท่ากับเตา TLUD มาตรฐาน โดยใช้เวลาในการเดือดของน้ำน้อยกว่า ในขณะที่มวลของเตายังมีค่าไม่สูงมาก มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะศิลปศาสตรมหาวิทยาลัทยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2560 และขอขอบคุณเทศบาลเมืองเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการพัฒนาต่อยอดผลงานวิจัย

6. อ้างอิง

- [1] Rasoulkhani M, Ebrahimi-Nik M, Abbaspour-Fard MH, et al. Comparative evaluation of the performance of an improved biomass cook stove and traditional stoves of Iran. Sustainable Environment Research. 2018; 28:438–43.
- [2] Suresh R, Singh VK, Malik JK, et al. Evaluation of the performance of improve biomass cooking stoves with different solid biomass fuel types. Biomass and Bioenergy. 2016; 95:27–34.
- [3] แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 [อินเทอร์เน็ต]. กระทรวงพลังงาน; 2558 [เข้าถึงเมื่อ 5 เมษายน 2562]. จาก: http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf
- [4] อรมน ทรัพย์ทวีธรรม; กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. อนาคตยางพาราไทยในตลาดจีนยังสดใสได้ด้วย FTA [อินเทอร์เน็ต]. 11 มีนาคม 2562 [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2562]; คอลัมน์: แดกประเด็น. จาก: <https://www.prachachat.net/columns/news-299731>
- [5] ไม้นันตัน ยางพารา [อินเทอร์เน็ต]. กรมส่งเสริมการเกษตร; 2559 [เข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2562]. จาก: <http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/perennial/rubber.pdf>
- [6] ฐานข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย ประจำปีเพาะปลูก พ.ศ. 2556 [อินเทอร์เน็ต]. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน; 2556 [เข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2562]. จาก: <http://webkcdede.go.th/testmax/node/2450>
- [7] พิสิษฐ์ มณีโชติ, ประพิธาร์ ธนารักษ์, วิกานต์ วันสูงเนิน และคณะ. การพัฒนาห้องเผาไหม้เตาชีวมวลจากเซรามิก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2557; 33(5):480–4.
- [8] สมมาส แก้วล้วน, ดำรงค์ดี จันทอสี่, สุรัชย์ จันทศรี และคณะ. การทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลขนาด 20 kW. วารสาร

- วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ
โรฒ. 2556; 8(1):24-33.
- [9] 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; 21:60–5.
- [10] Berrueta VM, Edwards RD, Masera OR.
Energy performance of wood-burning
cookstoves in Michoacan, Mexico
Renewable Energy. 2008;33 (5):859–70.
- [11] 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.
- [12] Global alliance for clean cookstove and
the MIT D-Lab. Handbook for Biomass
Cookstove [Internet]. 2017 [cite 2018
Nov 15]. Available from:
[https://www.cleancookingalliance.org/r
esources/517.html](https://www.cleancookingalliance.org/resources/517.html)