บทความวิจัย

อิทธิพลของชนิดของถ่านและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำรังผึ้งต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง

มานะ วิชางาม* และ พัฒนพงษ์ แก้วโพธิ์
สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 4263 6546 อีเมล: mana.wi@rmuti.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.09.006
รับเมื่อ 1 ธันวาคม 2565 แก้ไขเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2566 ตอบรับเมื่อ 2 มีนาคม 2566 เผยแพร่ออนไลน์ 4 กันยายน 2567
© 2025 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลชนิดของถ่านไม้และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำรังผึ้งต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง ในการศึกษาวิจัยนี้ทำการหาค่าความร้อนของถ่านไม้จำนวน 10 ชนิด คือ ถ่านไม้มะม่วง ถ่านไม้สะแกนา ถ่านไม้กระบก ถ่านไม้ยางนา ถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้กระถิน ถ่านไม้ประดู่ ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้ไผ่ และถ่านไม้ยางพารา โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ IKA C2000 ในส่วนของรังผึ้งเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่มีการเปลี่ยนแปลงวัสดุ คือ รังผึ้งที่ทำจากดินเหนียว (รังผึ้งดั้งเดิม) และรังผึ้งที่ทำจากเหล็กหล่อ โดยรังผึ้งที่ทำจากเหล็กหล่อที่มีค่าการนำความร้อน 71–80.4 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ซึ่งจำนวนรูรังผึ้งเท่ากับ 44 รู เส้นผ่านศูนย์กลางของรูรังผึ้งด้านบนและด้านล่าง เท่ากับ 13 และ 14 มิลลิเมตร ตามลำดับ และรังผึ้งมีความหนา 30 มิลลิเมตร ทำการทดสอบด้วยวิธีต้มน้ำเดือดที่แวดล้อมเดียวกัน จากการศึกษาพบว่า ถ่านไม้กระถินมีค่าความร้อนสูงสุด เท่ากับ 31.157 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งและใช้ถ่านไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 43.97 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานสูงขึ้น 4.64 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์พบว่า ชนิดของถ่านไม้และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำรังผึ้งมีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง

คำสำคัญ: ถ่านไม้ รังผึ้ง เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง

การอ้างอิงบทความ: มานะ วิชางาม และ พัฒนพงษ์ แก้วโพธิ์, "อิทธิพลของชนิดของถ่านและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำรังผึ้งต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 1, หน้า 1–10, เลขที่บทความ 251-146583, ม.ค.–มี.ค. 2568.

Research Article

Influence of Type of Charcoal and Type of Grate Material on Thermal Efficiency of High Efficiency Cooking Stove

Mana Wichangarm* and Pattanapong Kaewpho
Department of Mechanical Technical Education, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen campus, Khon Kaen, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 09 4263 6546, E–mail: mana.wi@rmuti.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.09.006
Received 1 December 2022; Revised 21 February 2023; Accepted 2 March 2023; Published online: 4 September 2024
© 2025 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of this research is to study influence of the type charcoal and the type of grate material on thermal efficiency of high efficiency cooking stove. This study investigated use 10 types of charcoal were, mangifera indica charcoal, combretum quadrangulare kurz charcoal, irvingia malayana charcoal, dipterocarpus alatus charcoal, tamarind charcoal, leucaena leucocephala charcoal, pterocarpus macrocarpus charcoal, eucalyptus, bambuseae charcoal, and hevea brasiliensis charcoal, all calorific value test using bomb calorimeter model IKA C2000. The grate of high efficiency cooking stove with material change was grate made of clay (original grate) and grate made of cast iron. Grate made of cast iron is thermal conductivity 71-80.4 W/m.K. The grate of 44 holes with the diameter of top and bottom grate holes of 13 millimeter and 14 millimeter respectively and its thick of 30 millimeter. All thermal efficiency test using water boiling test in the same environment. It was found that, the leucaena leucocephala charcoal yield the highest calorific value of 31.157 kJ/kg, high efficiency cooking stove with grate made of cast iron yield the highest thermal efficiency of 43.97% and percent of energy saving higher 4.64%. From the analysis, it was found that type of charcoal and type of grate material affect the thermal efficiency of high efficiency cooking stove.

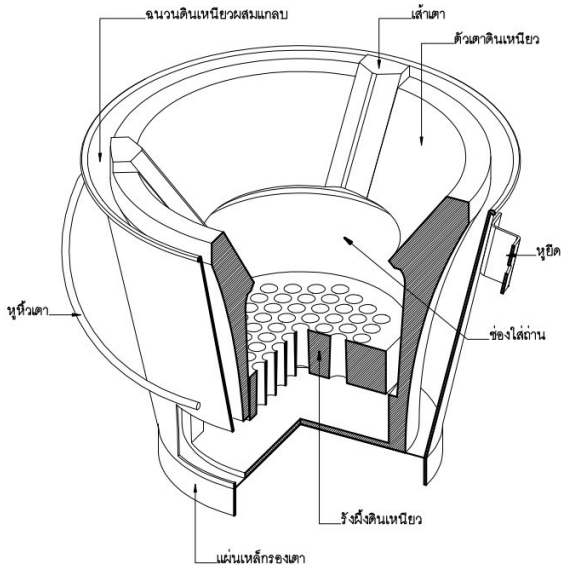
Keywords: Charcoal, Grate, High Efficiency Cooking Stove

Please cite this article as: M. Wichangarm and P. Kaewpho, "Influence of type of charcoal and type of grate material on thermal efficiency of high efficiency cooking stove," *The Journal of KMUTNB*, vol. 35, no. 1, pp. 1–10, ID. 251-146583, Jan.–Mar. 2025 (in Thai).

1. บทนำ

เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นเตาอั้งโล่ที่ใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ออกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ [1], [2] ด้วยลักษณะทางกายภาพของเตาจึงทำให้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาอั้งโล่แบบเดิม [3], [4] ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง ได้แก่ ถ่านไม้เชื้อเพลิง ส่วนประกอบเตา และลักษณะทางกายภาพของเตา เป็นต้น

ถ่านไม้เชื้อเพลิงที่ใช้กับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงเป็นถ่านไม้ที่ได้จากการนำไม้ที่หาได้จากแวดล้อมทั่วไปนำไปเผาจนกลายเป็นถ่านไม้เชื้อเพลิง ไม้ที่นิยมนำมาเผาถ่าน ได้แก่ ไม้มะม่วง ไม้มะขาม ไม้กระถิน ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น ไม้แต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนที่ต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อายุไม้ พื้นที่ในการเพาะปลูก ชนิดของไม้ เป็นต้น ซึ่งค่าความร้อนของถ่านไม้จะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง หรืออาจกล่าวว่าถ้าถ่านไม้เชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูง เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงก็จะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาสูงด้วย ซึ่งเตาที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงช่วยให้อาหารสุกเร็ว ทำให้ประหยัดถ่านไม้เชื้อเพลิง รวมถึงลดมลพิษที่เกิดจากการใช้เตาอีกด้วย ดังนั้นชนิดของไม้ที่นำมาเผาถ่านจึงสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิงที่หาได้ง่ายและนิยมนำมาเผาถ่านในจังหวัดขอนแก่น 10 ชนิด คือ ไม้มะม่วง ไม้สะแกนา ไม้กระบก ไม้ยางนา ไม้มะขาม ไม้กระถิน ไม้ประดู่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไผ่ และไม้ยางพารา ซึ่งมะม่วงเป็นไม้พุ่มยืนต้น เจริญเติบโตได้รวดเร็ว สูงประมาณ 10–15 เมตร ไม้มะม่วงเป็นไม้ที่หาได้ง่าย มีมากและราคาถูก แต่มะม่วงเป็นไม้เนื้ออ่อนส่วนใหญ่นิยมนำมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ แต่ก็มีชาวบ้านบางส่วนนำไปเผาถ่านเพื่อหุงต้มและประกอบอาหารในครัวเรือน สะแกนาจะเป็นไม้ยืนต้นที่มีความสูงประมาณ 5–15 เมตร หาได้ง่าย แก่นของไม้สะแกนามีความแข็ง ชาวบ้านจึงนิยมนำมาทำฟืนกันมากแต่ก็มีบางส่วนนำไปเผาถ่าน กระบกเป็นไม้ยืนต้นพื้นบ้านลักษณะเป็นทรงพุ่ม สูง



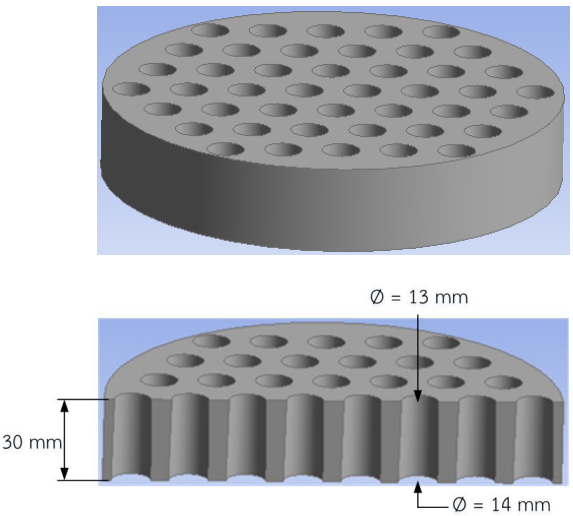
รูปที่ 1 ส่วนประกอบเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง [5]

ได้ถึง 35 เมตร ไม้กระบกเป็นไม้เนื้อแข็งนอกจากจะมีการแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์และอื่น ๆ แล้ว ชาวบ้านนิยมนำมาเป็นฟืนหรือเผาถ่านอีกด้วย ยางนาเป็นไม้ยืนต้นเขตร้อน มีความสูงระหว่าง 40–50 เมตร ลำต้นตรงเนื้อไม้มีสีน้ำตาลแดงหรือน้ำตาลเทา เป็นไม้เนื้อหยาบ แข็งปานกลาง นิยมนำมาใช้งานก่อสร้างอาคารบ้านเรือน และงานก่อสร้างอื่น ๆ แต่ก็มีชาวบ้านบางส่วนนำมาเป็นฟืน และถ่าน สำหรับประกอบอาหารในครัวเรือน มะขามเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ไม้มะขามมีความแข็งแรงและเหนียว นิยมนำไปแปรรูปผลิตภัณฑ์มากมาย เช่น เขียง ครก สาก และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังมีชาวบ้านนำไม้มะขามไปทำฟืนและถ่านสำหรับประกอบอาหารในครัวเรือน กระถินเป็นไม้พื้นบ้านไทยที่ปลูกง่าย โตเร็ว เป็นไม้เนื้อแข็ง ชาวบ้านนิยมนำมาทำเป็นด้ามเครื่องมือเกษตร และนิยมนำไปเป็นฟืนและเผาถ่าน ประดู่ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางไปถึงขนาดใหญ่ ลำต้นมีความสูงประมาณ 22–25 เมตร หรือมากกว่านั้น เป็นไม้เนื้อแข็ง เนื้อไม้มีหลายสี เช่น สีแดงอมเหลือง สีอิฐแก่ เป็นต้น นิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ รวมถึงส่วนประกอบของบ้าน แต่ก็ยังมีชาวบ้านนิยมนำไปทำฟืนและถ่าน ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วมีลำต้นขนาดใหญ่สูงประมาณ 25–50

เมตร นิยมนำมาทำ เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน รั้ว เสา ไม้อัด ทำเยื่อไม้ ทำกระดาษ ทำฟืน เผาถ่าน เป็นต้น ไผ่เป็นไม้ที่มีลำต้นสูงและอยู่รวมกันเป็นกอขนาดใหญ่ ไม้ไผ่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความยืดหยุ่น จึงนิยมนำไปทำนั่งร้าน ก่อสร้าง แคร่ เก้าอี้ บันได และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เป็นต้น แต่ก็ยังมีการนำไปทำฟืน เผาถ่าน เพราะหาง่าย และยางพารา ลำต้นมีลักษณะกลม สูงได้มากกว่า 30 เมตร ไม้ยางพาราเป็นไม้เนื้อแข็งปานกลาง นิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ แต่ก็ยังมีการนำไปทำฟืน เผาถ่านเพื่อหุงต้มในครัวเรือนอีกด้วย

ในส่วนของการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงได้มีนักวิจัยหลายกลุ่มได้ศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและกระบวนการผลิตเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงให้เพิ่มสูงขึ้น อาทิ [6]–[12] จากการศึกษาพบว่า เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาหุงต้มในครัวเรือนที่ใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงทั่วไป และพบว่า ถ่านไม้เชื้อเพลิงมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง นอกจากขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ที่นำมาเผาถ่านแล้ว ยังขึ้นกับส่วนประกอบเตาด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รังผึ้ง ซึ่งรังผึ้งทำหน้าที่รองรับถ่านไม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ รังผึ้งจะทำจากดินเหนียวเจาะรูเพื่อให้อากาศเข้าไปผสมกับถ่านไม้เชื้อเพลิงในกระบวนการเผาไหม้ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ การเจาะรูรังผึ้งจะเจาะคล้ายรูปหกเหลี่ยมกระจายทั่วรังผึ้ง [13] ส่วนจำนวนรูรังผึ้งสามารถเจาะได้หลายจำนวน เช่น จำนวนรู 61, 44 และ 37 รู เป็นต้น แต่ละรูจะมีรูปทรงกรวยคว่ำ ด้านบนเล็กกว่าด้านล่างเล็กน้อย เพื่อรีดและเร่งอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนของความหนาของรังผึ้งก็จะมีหลายความหนา เช่น 36 มิลลิเมตร 34 มิลลิเมตร 30 มิลลิเมตร เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวทำให้นักวิจัยหลายกลุ่มพยายามพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงโดยการพัฒนารังผึ้งเตาเป็นหลัก อาทิ [1], [3], [14]–[16] จากการศึกษาพบว่า จำนวนรูลิ้นเตา ความหนาลิ้นเตา เส้นผ่านศูนย์กลางรูรังผึ้งเตาด้านบน และเส้นผ่านศูนย์กลางรูรังผึ้งด้านล่าง ที่ทำให้แนวโน้มการเผาไหม้ดีที่สุด คือ รูลิ้นเตา



รูปที่ 2 รังผึ้งที่มีจำนวน 44 รู หนา 30 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางรูรังผึ้งด้านบนและด้านล่างเท่ากับ 13 และ14 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จำนวน 44 รู ความหนาลิ้นเตา 30 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางรูรังผึ้งเตาด้านบน และเส้นผ่านศูนย์รูรังผึ้งด้านล่างเท่ากับ 13 และ 14 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2

แม้จะพบว่า รังผึ้งที่ดีจะช่วยให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงเพิ่มขึ้น แต่เป็นที่ทราบดีว่ารังผึ้งเตาทำจากดินเหนียวผสมขี้เถ้าแกลบดำปั้นขึ้นรูป จากนั้นนำไปทิ้งไว้ในที่ร่มให้แห้งพอหมาด แล้วใช้แท่งเจาะรังผึ้งตามรูปแบบที่ต้องการ และนำไปผึ่งลมอีก 3–4 วัน ก่อนนำไปเผาเพื่อให้ดินสุกก่อนนำไปประกอบกับตัวเตาที่เตรียมไว้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้ขนาดและลักษณะทางกายภาพของรังผึ้งเปลี่ยนไปได้ เช่น ขนาดของรูรังผึ้งใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง รูรังผึ้งเอียง เจาะรูรังผึ้งไม่ตรงตำแหน่งที่ต้องการ ความหนาของรังผึ้งเปลี่ยนไป เป็นต้น ซึ่งที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงทั้งสิ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเหล็กหล่อมาทำรังผึ้งเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง เพราะคุณสมบัติของเหล็กหล่อ คือ มีความแข็งแรง ทนความร้อนได้ดี ไม่แตกหักหรือเปลี่ยนรูปง่าย และคงสภาพได้ดี เป็นต้น

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของบทความนี้ คือ ศึกษาค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิงที่หาได้ง่ายและนิยมนำมาเผาถ่านในจังหวัดขอนแก่น 10 ชนิด และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้รังผึ้งที่ทำจากดินเหนียว และรังผึ้งที่ทำจากเหล็กหล่อ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิง

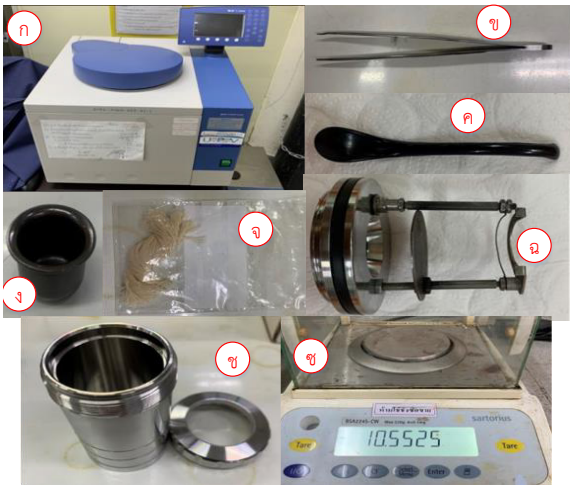
การหาค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิง ของงานวิจัยนี้ทำการศึกษาค่าความร้อนของถ่านไม้ที่หาได้ง่ายในจังหวัดขอนแก่น 10 ชนิด คือ ไม้มะม่วง ไม้สะแกนา ไม้กระบก ไม้ยางนา ไม้มะขาม ไม้กระถิน ไม้ประดู่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไผ่ และ ไม้ยางพารา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดชนิดของไม้ที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดไม้	สัญลักษณ์
1. ไม้มะม่วง (Mangifera Indica)	A
2. ไม้สะแกนา (Combretum Quadrangulare Kurz)	B
3. ไม้กระบก (Irvingia Malayana)	C
4. ไม้ยางนา (Dipterocarpus Alatus)	D
5. ไม้มะขาม (Tamarind)	E
6. ไม้กระถิน (Leucaena Leucocephala)	F
7. ไม้ประดู่ (Pterocarpus Macrocarpus)	G
8. ไม้ยูคาลิปตัส (Eucalyptus)	H
9. ไม้ไผ่ (Bambuseae)	I
10. ไม้ยางพารา (Hevea Brasiliensis)	J

2.1.1 เครื่องมือในการทดลอง

ในการหาค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ IKA C2000 ที่ผลิตจากประเทศเยอรมัน ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) และใช้อุปกรณ์ร่วม คือ แหนบสแตนเลส ดังแสดงในรูปที่ 3 (ข) ช้อนตักสาร ดังแสดงในรูปที่ 3 (ค) ถ้วยตวง ดังแสดงในรูปที่ 3 (ง) ด้ายจุดระเบิด ดังแสดงในรูปที่ 3 (จ) ชุดบอมบ์ ดังแสดงในรูปที่ 3 (ฉ) ชุดถ้วยบอมบ์ ดังแสดงในรูปที่ 3 (ช) และ เครื่องชั่งดิจิตอลที่มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 3 (ซ)



รูปที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (ก) บอมบ์แคลอริมิเตอร์ IKA C2000 (ข) แหนบสเตนเลส (ค) ช้อนตักสาร (ง) ถ้วยตวง (จ) ด้ายจุดระเบิด (ฉ) ชุดบอมบ์ (ช) ชุดถ้วยบอมบ์ และ (ซ) เครื่องชั่งดิจิตอลที่มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.1.2 ขั้นตอนการหาค่าความร้อนของถ่านไม้

1) จัดเตรียมไม้ทั้ง 10 ชนิด โดยตัดเป็นท่อน แต่ละท่อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 20 เซนติเมตร จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง

2) นำไม้ที่เตรียมไปเผาให้เป็นถ่านไม้เชื้อเพลิงโดยวิธีเผาแกลบ

3) นำถ่านไม้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ไปบดให้ละเอียด

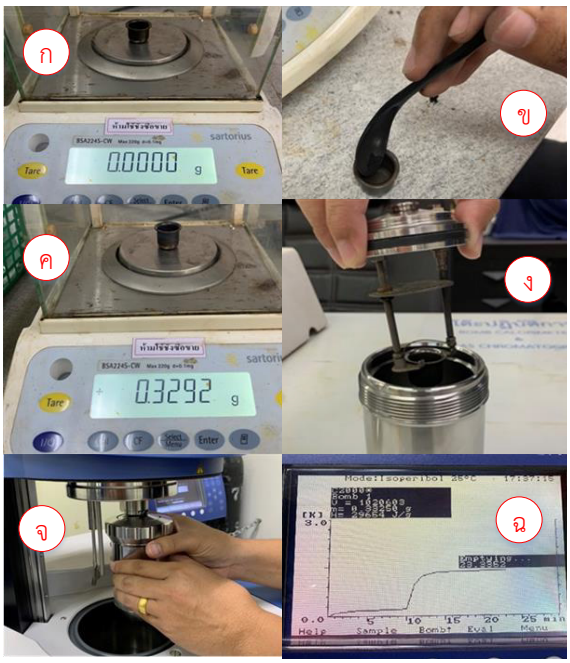
4) รีเซ็ตค่าเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ดังแสดงในรูปที่ 4 (ก)

5) ใช้ช้อนตักสาร ตักถ่านไม้ที่บดละเอียดใส่ลงในถ้วยตวง ดังแสดงในรูปที่ 4 (ข) และนำไปชั่งในเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ดังแสดงในรูปที่ 4 (ค)

6) นำถ้วยตวงใส่ในชุดถ้วยบอมม์ดังแสดงในรูปที่ 4 (ง)

7) นำชุดถ้วยบอมม์ติดตั้งกับเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4 (จ)

8) ในกระบวนการบอมบ์เพื่อให้ได้ค่าความร้อนของถ่านไม้จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที ต่อการบอมบ์ 1 ครั้ง และจะแสดงผลทางหน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ 4 (ฉ)



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทดลอง (ก) การรีเซ็ตค่าเครื่องชั่งดิจิตอล (ข) การบรรจุถ่านลงภาชนะ (ค) การตวงถ่านไม้ (ง) ถ้วยบอมบ์บรรจุในชุดถ้วยบอมบ์ (จ) ชุดถ้วยบอมบ์เข้ากับเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ และ (ฉ) ข้อมูลที่ได้จากเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

เพื่อความแม่นยำของผลค่าความร้อนแต่ละชนิดของถ่านไม้ทำการบอมบ์ชนิดละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่ออธิบายถึงพฤติกรรมของข้อมูลอันประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต $\bar{X}$ ดังสมการที่ (1)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

เมื่อ

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

N คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

นอกจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตแล้วเพื่อให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวมากเพียงใด งานวิจัยในครั้งนี้จึงได้แสดงค่าการกระจายตัวของข้อมูลในรูปแบบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $S.D.$ ดังสมการที่ (2)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (2)$$

2.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้ถ่านไม้เชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ทำรังผึ้งต่างกัน ของงานวิจัยนี้อ้างอิงมาตรฐานวิธีต้มน้ำเดือด WBT (Water Boiling Test) [17] เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้เตาจริงตามลักษณะการใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน การศึกษาวิจัยนี้จะพิจารณาผลการศึกษาครอบคลุมตลอดช่วงการทำงานของเตา (High Power, High Power (Hot Start) และ Low Power หรือ Cooling) งานวิจัยนี้กำหนดเวลาสิ้นสุดการทดลองที่ 100 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ถ่านไม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองถูกเผาไหม้จนหมด

ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง ดังนี้

1) บรรจุน้ำในหม้ออะลูมิเนียมเบอร์ 26 ที่มีปริมาตร 6834.4 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 3.8 กิโลกรัม จากนั้นติดตั้ง Thermocouple Type K ที่ตำแหน่ง T ดังแสดงในรูปที่ 5

2) บรรจุถ่านไม้เชื้อเพลิงลงในห้องเผาไหม้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง จำนวน 0.5 กิโลกรัม

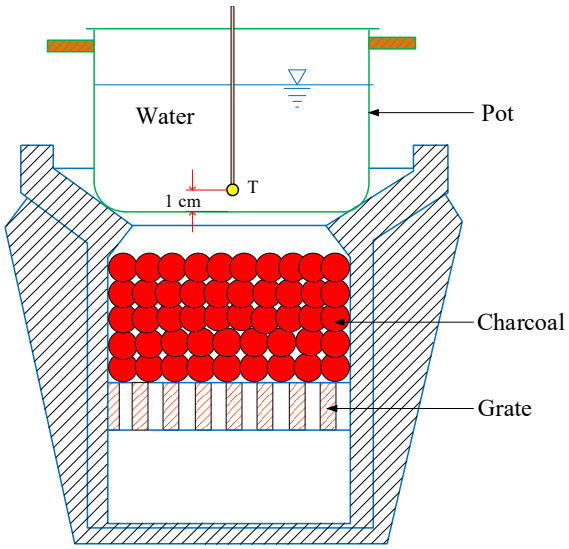
3) จุดไฟที่ถ่านไม้เชื้อเพลิง และนำหม้ออะลูมิเนียมวางบนเตา

4) บันทึกเวลาเริ่มต้น อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น น้ำหนักถ่านไม้เริ่มต้น

5) ปล่อยให้ถ่านไม้เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้จนหมด จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของน้ำในหม้ออะลูมิเนียม

เพื่อความแม่นยำของผลการทดลองในแต่ละกรณีทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวมจำนวนในการทดลองทั้งหมด 60 ครั้ง

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงหาได้จากสมการที่ (3)



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการทดลอง

$$\eta_{th} = \frac{M_{w,i} x C_{p,w} x (T_b - T_i) + M_{w,evap} x H_1}{M_f x H_f} \quad (3)$$

เมื่อ

$M_{w,i}$ คือ มวลของน้ำเริ่มต้น, กิโลกรัม

$C_{p,w}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ กิโลจูลต่อกิโลกรัม เคลวิน

T_b คือ อุณหภูมิน้ำเดือด เคลวิน

T_i คือ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น เคลวิน

$M_{w,evap}$ คือ มวลของน้ำที่ระเหย กิโลกรัม

H_1 คือ ค่าความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ กิโลจูลต่อกิโลกรัม

M_f คือ มวลของเชื้อเพลิง, กิโลกรัม

H_f คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง กิโลจูลต่อกิโลกรัม

เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน (% Energy saving) ของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงหาได้จากสมการที่ (4)

$$\%Energy\ saving = \frac{\eta_{th,2} - \eta_{th,1}}{\eta_{th,2}} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ

$\eta_{th,1}$ คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้ดินเหนียวทำรังผึ้ง

$\eta_{th,2}$ คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้ง

3. ผลการทดลอง

3.1 ค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิง

ตารางที่ 2 แสดงค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิง พบว่า ถ่านไม้กระถินมีค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิงสูงที่สุด เท่ากับ 31.157 กิโลจูลต่อกิโลกรัม รองลงมาเป็นถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้ประดู่ ถ่านไม้ยางนา ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้กระบก ถ่านไม้ไผ่ ถ่านไม้สะแกนา ถ่านไม้ยางพารา และถ่านไม้มะม่วง ที่มีค่าความร้อนของถ่านไม้เท่ากับ 30.772 30.219 30.215 29.639 28.943 28.823 28.227 28.022 และ 27.509 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่า ค่าความร้อนของถ่านไม้จะมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน โดยถ่านไม้ที่ค่าความร้อนสูงสุดและต่ำสุด มีค่าความร้อนต่างกันประมาณ 11.71 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของไม้ ซึ่งค่าความร้อนของถ่านไม้มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงด้วย

จากการสอบถามผู้คุมการใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์เกี่ยวกับสถิติการใช้เครื่องและชนิดของถ่านไม้เชื้อเพลิงและค่าความร้อน ทำให้ทราบว่าในแต่ละเดือนมีผู้นำตัวอย่างเชื้อเพลิงมาทำการทดสอบเพื่อหาค่าความร้อนเป็นจำนวนมาก และทำให้ทราบว่าถ่านไม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าความร้อนที่ต่างกัน

ในกรณีผลการทดสอบของคณะผู้วิจัยพบว่า ไม้กระถินให้ค่าความร้อนสูงที่สุดอาจเป็นเพราะไม้กระถินเป็นไม้เนื้อแข็งเวลานำไม้กระถินไปตากแดดจนแห้งจะมีการหดตัวที่น้อยกว่าไม้ชนิดอื่นที่นำมาทดสอบครั้งนี้ อาจทำให้ถ่านไม้กระถินมีแนวโน้มให้ค่าความร้อนของถ่านไม้สูงกว่าถ่านไม้ชนิดอื่น รองลงมาเป็นถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้ประดู่

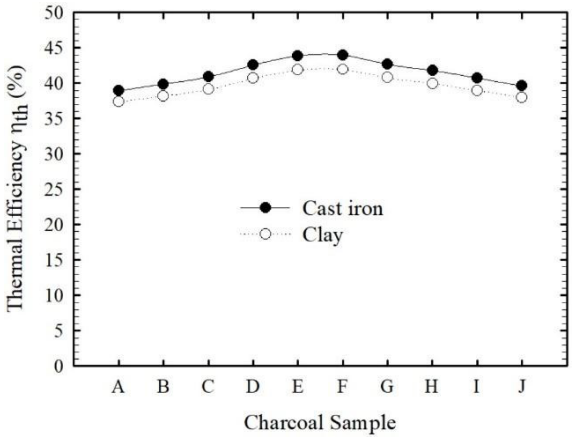
ตารางที่ 2 ค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิง

ชนิดถ่านไม้	ค่าความร้อนของถ่านไม้ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม) การทดลองครั้งที่			$\bar{X}$	S.D.
	1	2	3		
1. มะม่วง	27.880	27.330	27.317	27.509	0.321
2. สะแกนา	28.606	28.520	27.555	28.227	0.583
3. กระบก	28.787	28.898	28.892	28.859	0.062
4. ยางนา	30.233	30.212	30.200	30.215	0.016
5. มะขาม	30.714	30.825	30.777	30.772	0.055
6. กระถิน	31.120	31.112	31.239	31.157	0.071
7. ประดู่	30.227	30.201	30.229	30.219	0.015
8. ยูคาลิปตัส	29.654	29.603	29.651	29.636	0.028
9. ไผ่	28.748	28.868	28.853	28.823	0.065
10. ยางพารา	27.970	28.026	28.070	28.022	0.501

3.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

รูปที่ 6 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนพบว่า เตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งและใช้ถ่านไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 43.97 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็น เตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งที่ใช้ถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้ประดู่ ถ่านไม้ยางนา ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้กระบก ถ่านไม้ไผ่ ถ่านไม้สะแกนา ถ่านไม้ยางพารา และถ่านไม้มะม่วง เป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 43.86 42.68 42.56 41.79 40.89 40.71 39.88 39.60 และ 38.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะเตาที่ใช้ดินเหนียวผสมทำรังผึ้งที่ใช้ถ่านไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 41.93 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็น เตาที่ใช้ดินเหนียวผสมทำรังผึ้งและใช้ถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้ประดู่ ถ่านไม้ยางนา ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้กระบก ถ่านไม้ไผ่ ถ่านไม้สะแกนา ถ่านไม้ยางพารา และ ถ่านไม้มะม่วง เป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 41.85 40.79 40.68 39.96 39.11 38.98 38.19 37.95 และ 37.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

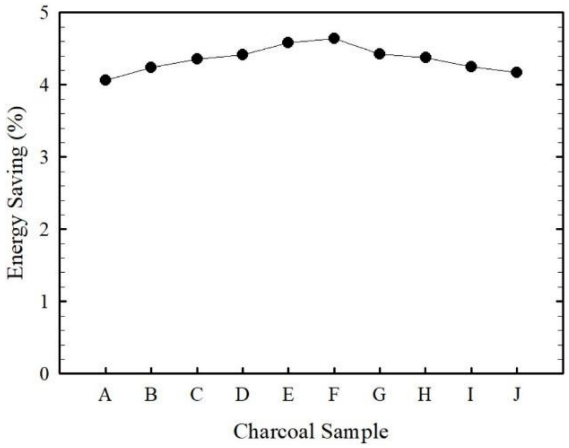
จากข้อมูลข้างต้นพบว่า เตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาที่ใช้ดินเหนียวผสมทำรังผึ้งเมื่อใช้ถ่านไม้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน อาจเพราะคุณสมบัติของเหล็กหล่อที่สามารถแผ่รังสีความร้อนได้ดีกว่าดินเหนียว เมื่อนำเหล็กหล่อมาทำรังผึ้ง ในขณะที่ใช้งานจะเกิดความร้อนสูงภายในห้องเผาไหม้ได้มากกว่าการใช้ดินเหนียวทำรังผึ้ง ซึ่งความร้อนที่สูงบริเวณห้องเผาไหม้จะแตกต่างกับอุณหภูมิแวดล้อมที่ต่ำกว่า ทำให้อากาศที่ร้อนบริเวณห้องเผาไหม้ลอยตัวขึ้นด้านบน เพื่อให้ความร้อนแก่ภาชนะที่วางเหนือปากเตาด้านบน จากนั้นอากาศที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจากแวดล้อมเข้ามาแทนที่โดยผ่านปากเตา และรูรังผึ้ง ซึ่งเหตุผลข้างต้นจึงอาจเป็นเหตุผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่ใช้รังผึ้งที่ทำจากเหล็กหล่อสูงกว่าเตาที่ใช้รังผึ้งที่ทำจากดินเหนียว เมื่อพิจารณาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะพบว่า สอดคล้องกับค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิง คือ ถ่านไม้ที่มีค่าความร้อนสูงจะช่วยให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [14]–[16] ที่พบว่า รังผึ้งมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาถ่าน



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

3.3 เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน

รูปที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งกับเตาที่ใช้ดินเหนียวผสมทำรังผึ้งพบว่า เตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งที่ใช้ถ่านไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 7 เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน

มีเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานสูงขึ้น 4.64 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นเตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งที่ใช้ถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้ประดู่ ถ่านไม้ยางนา ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้กระบก ถ่านไม้ไผ่ ถ่านไม้สะแกนา ถ่านไม้ยางพารา และถ่านไม้มะม่วง เป็นเชื้อเพลิง ที่มีเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานสูงขึ้น 4.58 4.42 4.41 4.37 4.35 4.25 4.23 4.17 และ 4.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความร้อนของถ่านไม้

4. อภิปรายผลและสรุป

จากผลการศึกษาอิทธิพลของชนิดถ่านและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำรังผึ้งต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) จากการศึกษาค่าความร้อนของถ่านไม้เชื้อเพลิงที่หาได้ง่ายและนิยมนำมาเผาถ่านในจังหวัดขอนแก่น 10 ชนิด พบว่า ถ่านไม้แต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนใกล้เคียงกัน โดยถ่านไม้ที่ค่าความร้อนสูงสุดและต่ำสุด มีค่าความร้อนต่างกันประมาณ 11.71 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาครั้งนี้ถ่านไม้กระถินมีค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 31.157 กิโลกรัมจูลต่อกิโลกรัม อาจเพราะไม้กระถินเป็นไม้เนื้อแข็งเมื่อนำมาเผาถ่านจึงทำให้มีค่าความร้อนค่อนข้างสูงกว่าถ่านไม้ชนิดอื่น

2) จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้รังผึ้งที่ทำจากดินเหนียว และรังผึ้งที่ทำจากเหล็กหล่อพบว่า เตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาที่ใช้ดินเหนียวทำรังผึ้งในทุกชนิดของถ่านไม้เชื้อเพลิงเพราะรังผึ้งที่ทำจากเหล็กหล่อมีการแผ่รังสีความร้อนได้ดีกว่าดินเหนียว โดยเตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งและใช้ถ่านไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 43.97 เปอร์เซ็นต์

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งกับเตาที่ใช้ดินเหนียวทำรังผึ้ง พบว่า เตาที่ใช้เหล็กหล่อทำรังผึ้งที่ใช้ถ่านไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิง มีเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานสูงขึ้น 4.64 เปอร์เซ็นต์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Wichangarm and T. Sriveerakul, “Simulation of air flow through a high efficiency cooking stove’s grate using CFD,” *Journal of Science and Technology Ubon Ratchathani University,* vol. 14, no. 2, pp. 24–34, 2012 (in Thai).

[2] Kroobannok (2022), What is High Efficiency Cooking Stove. Bangkok, Thailand. [Online] (in Thai). Available: https://www.kroobannok.com/90330

[3] Research and service on energy center UBU. Thailand, “Final report cooperation between Thailand and neighboring countries to study of high efficiency cooking stove in the Lao,” 2006.

[4] Museum Siam (2022), Museum Pop Culture. Bangkok, Thailand. [Online] (in Thai).

Available: https://www.museumsiam.org/km-detail.php?CID=200&CONID=5764

[5] Office of the Ministry of Energy (2020), High Efficiency Cooking Stove Production Project. Bangkok, Thailand. [Online] (in Thai). Available: https://ppp.energy.go.th/wp-content/uploads/2020/04/แบบเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง.pdf

[6] T. Chaichana, M. Ali, and M. Longsaman, "The study of thermal efficiency of household cooking stove," *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, vol. 32, no. 52, pp. 626–630, 2013 (in Thai).

[7] S. Limsuwan and S. Lee, "Efficiency improvement of the super cooking stove process," *Journal of Academics Ubon Ratchathani University*, vol. 12, no. 2, pp. 17–28, 2010 (in Thai).

[8] A. Koopmans, "Thailand improved charcoal bucket stove technology and dissemination," Regional energy resources information center, Asian institute of technology, 1993, pp. 1–57.

[9] Research and service center on energy mechanical energy, Ubon Ratchathani University, "Development and promotion of high efficiency cooking stove," Manual of manufacturing processes and application for high efficiency cooking stove, 2006.

[10] B. Krittacom, P. Waramitr, and P. Tongbai, "Effect of honeycomb thickness of charcoal cooking stove on thermal efficiency," presented at the 7th International Conference on Mechanical Engineering (ICOME 2016), Chiang Mai, 2016 (in Thai).

[11] T. Sriveerakul, M. Wichangarm, and N. Priyapai, "Prediction of airflow in the high efficiency cooking stove," presented at the 29th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand, Nakhon Ratchasima, 2015 (in Thai).

[12] S. Worrasri, N. Lonkhonthod, B. Chuenjit, and W. Insorn, "The development of clay for a production of high efficiency stove," *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University,* vol. 6, no. 1, pp. 73-81, 2016 (in Thai).

[13] A. Chomcharn, "Improved biomass cooking stove for household use," Report submitted to the National Energy Administration, Ministry of Science, Technology and Energy, Bangkok, 1984.

[14] M. Wichangarm, T. Sriveerakul, and S. Aphornratana, "Numerical simulation of airflow in the high efficiency cooking stove," presented at the 4th International Engineering Conference 2012 (KKU-IENC 2012), Khonkaen, 2012, pp. 24–30 (in Thai).

[15] A. Phromdon and T. Sriveerakul, "Thermal efficiency test of high efficiency cooking stove (HECS) with variations on the number and diameter ratio of the grate's holes," presented at the 26th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand, Chiang Rai, 2012 (in Thai).

[16] W. Lamdoun, N. Onslung, and N. Pipatpiboon, "The configuration of grate affect to the behavior of airflow in the high efficiency cooking stove," *SWU Engineering Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 78–87, 2019 (in Thai).

[17] Merhods.bioenergylists.org. (2009, October). The Water Boiling Test Version 4.1.2 Cookstove Emission and Efficiency in a Controlled Laboratory Setting. DRAFT. [Online]. Available: https://pciaonline.org/files/WBT4.1.2_0_0.pdf