

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการปลดปล่อย แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของเตาสนาม

Factors Affecting on Thermal Efficiency and CO Emission of Camping Stove

จิระศักดิ์ ดงแสง¹, สุพรรณ ยั่งยืน², ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์²

Jirasak dongsaeng¹, Supan Yangyuen², Songchai Wiriyaumpaiwong²

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการใช้เตาสนามที่บรรจุแก๊สกระป๋องกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากขนาดกะทัดรัดสามารถพกพาออก
งานภาคสนาม งานวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน และการ
ปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของเตาสนาม ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย ชนิดของเตาสนาม (ชนิดหัวฟู่
และชนิดหัวอินฟราเรด) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะที่ใช้หุงต้ม (18 และ 20 ซม.) และระยะห่าง
ระหว่างหัวเผากับภาชนะ (1.5, 2.5 และ 3.5 ซม.) นอกจากนี้ยังทำการทดสอบภาคสนามของเตาสนามทั้ง
สองชนิด เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จากการเปรียบเทียบระหว่างเตาสนามทั้งสอง
ชนิด พบว่าสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เตาสนามชนิดหัวฟู่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าและ
การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด ในทางตรงกันข้าม เตาสนาม
ชนิดหัวฟู่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด สำหรับการทดสอบภาคสนาม การ
ลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะหุงต้มและการเพิ่มระยะห่างระหว่างหัวเตากับภาชนะสำหรับเตาสนาม
ทั้งสองชนิด ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง

คำสำคัญ: เตาสนาม คาร์บอนมอนอกไซด์ การทดสอบภาคสนาม อินฟราเรด

Abstract

Nowadays, canister camping stove is widely applied due to compactable and portable for field work.
This research had to analyze the factors affecting to thermal efficiency and carbon monoxide (CO)
emission of camping stoves. The three factors consist of types of camping stove (simple mixed air
and gas fired infrared types), diameters of cooker (18 and 20 cm) and distance between burner and
cooker bottom (1.5, 2.5 and 3.5 cm.) In addition, field tests of both types of camping stove are also

¹ นิสิตปริญญาโทคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150 E-mail:
J_dongsaeng2523@yahoo.com

² อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150 E-mail:
yangyuen@yahoo.com songchai.w@msu.ac.th

performed to compare with laboratory test. Comparison between two types of camping stove, it revealed that the simple air mixed type camping stove obtained higher thermal efficiency and lower CO emission than that the gas fired infrared type camping stove for laboratory test. On contrary, the simple air mixed type camping stove obtained lower thermal efficiency than that the gas fired infrared type camping stove for field test. The decrease of cooker diameter and increase of distance between burner and cooker bottom in both types of camping stove led to lower thermal efficiency and CO emission.

Keywords: Camping stove, carbon monoxide, field test, infrared

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาการขาดแคลนพลังงานอย่างรุนแรง เพื่อใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น พลังงานจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Fossil energy) ภายในประเทศไทยเป็นสัดส่วนน้อยมาก เมื่อเทียบกับความต้องการใช้พลังงาน ทำให้ต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศปีละหลายล้านบาท ดังนั้นในอนาคต ปัญหาการขาดแคลนพลังงานจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า และมีประสิทธิภาพเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานได้

การหุงต้มประกอบอาหารในอดีต เตาที่ใช้เป็นเตาพื้นบ้านที่ใช้ก้อนหิน 3 ก้อน มาวางเรียงกันเป็นรูปสามเหลี่ยม และไม่เป็นเชื้อเพลิง จากนั้นได้นำดินเหนียวทำเป็นตัวเรือนเตา แล้วเผาด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเตามีงานวิจัยมากมายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเตาหุงต้มให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาเตาจรวดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตา ตัวเรือนเตาทำจากเหล็กหุ้มฉนวนกันความร้อน¹ การดัดแปลงเตาแบบดั้งเดิมซึ่งก่อด้วยอิฐโดยรอบด้านบนเป็นแผ่นเหล็กเจาะรูสำหรับวางภาชนะหุงต้ม ที่เรียกว่า “เตาพื้นชา” โดยการก่ออิฐเป็นระนาบเอียงภายในห้องเผาไหม้

ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยรวมของเตาสูงขึ้น²

นอกจากนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเตา ได้แก่ ลักษณะของภาชนะระยะห่างระหว่างหัวเผาและกันภาชนะหุงต้มและชนิดของเชื้อเพลิง³ พบว่า เตาที่ใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาที่ใช้ น้ำมันก๊าด และเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด คือ ภาชนะแบบก้นแบนมีแผ่นทองแดงรองก้น (Flat vessel with copper bottom) ที่ระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นของภาชนะ 1.7 ซม.

เตาอีกรูปแบบหนึ่งที่พัฒนาขึ้น โดยการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนคือเตาพลังงานรังสีอาทิตย์แบบรวมแสง (Concentrated solar stove) พบว่าเตาพลังงานรังสีอาทิตย์สามารถรับปริมาณรังสีอาทิตย์ได้สูงสุด 86% และ 70% ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้สูงสุด 43% และ 22% ตามลำดับ⁴

เตาแก๊สหุงต้ม และเตาสนามชนิดแก๊สบรรจุกระป๋อง (LPG stove and gas canister camping stove) ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีอยู่ 2 ชนิด คือ เตาชนิดหัวฟู และเตาชนิดหัวอินฟราเรด จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับเตาสนามส่วนใหญ่เป็นการศึกษาความเป็นพิษของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการใช้เตาสนามภายใน

เด่นที่^{5&6} และอันตรายที่เกิดขึ้นกับมนุษย์จากการใช้เตาสนาม^{7&8} แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและความสิ้นเปลืองพลังงานของเตาสนามยังมีผู้ศึกษาน้อยมาก อาทิการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนและความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาสนามชนิดหัวฟูและเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด⁹

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต่อยอดจากงานวิจัยของจิระศักดิ์ และทรงชัย⁹ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน และการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของเตาสนามชนิดหัวฟูและเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรดนอกจากนี้ ยังมีการทดสอบภาคสนามเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเตาสนามทั้งสองชนิด

วิธีการดำเนินงานวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เตาสนามแบบหัวฟู ยี่ห้อ เมกา
2. เตาสนามแบบหัวอินฟราเรด ยี่ห้อ คาซิวา
3. แก๊สชีวภาพบรรจุกระป๋องขนาด บรรจุ 520 มล. น้ำหนักสุทธิ 318 กรัม
4. เทอร์โมคัปเปิ้ล แบบ เค
5. ภาชนะหุงต้ม ทำจากเหล็กสแตนเลสหนา 2 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 และ 20 ซม.
6. กระจกตวงขนาดบรรจุ 1 ลิตร
7. นาฬิกาจับเวลารุ่น จันโซ - 307
8. ห้องบังลมสำหรับการทดสอบการต้มน้ำในห้องปฏิบัติการ แบบ 200 - L³ ขนาด 100 x 45 x 45 ซม.³.
9. ตาชั่งดิจิตอลยี่ห้อ ไพโอเนีย รุ่น PA4102 ทศนิยม 0.01 กรัม
10. ดาตาล็อกเกอร์ ยี่ห้อ โยโกกาวา รุ่น Dx 220925

11. เครื่องวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (ยี่ห้อ kalibriersiegel รุ่น D- 79853)

การทดสอบการต้มน้ำในห้องปฏิบัติการ

การจัดวางอุปกรณ์และตำแหน่งการติดตั้ง เครื่องมือวัด ทั้ง อุณหภูมิ และ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แสดงดัง Figure 1 อุณหภูมิของน้ำมีตำแหน่งการวัดที่กึ่งกลาง ด้านซ้ายและด้านขวาของภาชนะหุงต้ม และมีการวัดอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับภาชนะหุงต้มอีก 1 จุด ที่บริเวณกึ่งกลางกันภาชนะ อุณหภูมิทั้ง 4 ค่าถูกจัดเก็บด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ส่วนการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ จะมีการเชื่อมต่อท่อออกมาจากห้องทดสอบการต้มน้ำ ให้มาผ่านตำแหน่งที่ติดตั้งหัววัด

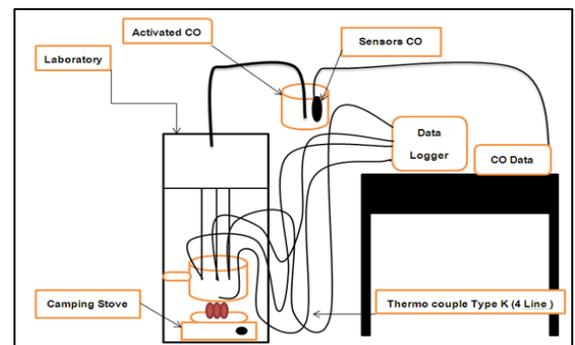


Figure 1 diagram of experimental rig and measurement position installation for water boiling test in laboratory.

ขั้นตอนการทดสอบการต้มน้ำ ประกอบด้วย

1. ชั่งกระป๋องแก๊สก่อนการทดสอบด้วยตาชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง และบันทึกค่ามวลไว้ แล้วจึงนำกระป๋องแก๊สใส่ในห้องบรรจุเชื้อเพลิงของเตาสนามที่วางอยู่ในห้องบังลม
2. วางภาชนะหุงต้มที่บรรจุน้ำปริมาตร 1 ลิตร ลงบนเตาสนาม และวัดอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นทั้ง 3 ตำแหน่งภายในภาชนะหุงต้มดัง Figure 1
3. จุดเตา พร้อมกับเริ่มจับเวลา โดยทำการบันทึกค่าเวลา อุณหภูมิ และปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นจนน้ำเดือด

4. ปิดเตาสนาม แล้วนำกระป๋องแก๊สออก จากเตาสนามและชั่งมวลของแก๊สบิวเทนที่ใช้ในการต้มน้ำ

5. ทำการทดลองซ้ำ ด้วยกระป๋องแก๊สใหม่ ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน เป็นจำนวนซ้ำทั้งสิ้น 3 ซ้ำ

6. แปรค่าปัจจัยที่ศึกษาทั้งสาม 3 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของเตาสนาม (ชนิดหัวฟู่ และชนิดหัว อินฟราเรด) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ ภาชนะ ที่ใช้หุงต้ม (18 และ 20 ซม.) และระยะห่างระหว่าง หัวเผากับก้นภาชนะ (1.5 , 2.5 และ 3.5 ซม.)

7. คำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการต้มน้ำ ความร้อนที่น้ำได้รับ และ ความร้อนสูญเสีย ตามสมการ ดังต่อไปนี้

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/h) = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (g) / เวลาที่ใช้ (H) (1)

ความร้อนที่น้ำได้รับ (kW) = มวลน้ำ(kg) x ความจุความร้อนจำเพาะ(4.1855 kJ/kg K) x ผลต่างของอุณหภูมิ(K) / เวลาที่ใช้(s) (2)

ความร้อนของเชื้อเพลิง(kW)= อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง(kg/s) x ค่าความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิง (HHV of n-Butane = 49,530 kJ/kg) (3)

ความร้อนสูญเสีย(kW)= ความร้อนของเชื้อเพลิง (kW) – ความร้อนที่น้ำได้รับ (kW) (4)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%) = ความร้อนที่น้ำได้รับ / ความร้อนของเชื้อเพลิง x 100(5)

สำหรับระดับปริมาณ CO ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับมนุษย์ คือ 690 ppm¹⁰

การทดสอบการต้มน้ำภาคสนาม

เพื่อให้การทดสอบภาคสนามมีสภาพการใช้งานเหมือนจริงจึงได้ทดสอบการต้มน้ำ ภายนอกอาคารและไม่มีห้องบังลม ดังนั้นการ ตรวจวัดปริมาณแก๊ส CO จึงไม่สามารถทำได้ แผนภาพการจัดวางอุปกรณ์และตำแหน่งการ ติดตั้งเครื่องมือวัด แสดงดัง Figure 2 ในทำนอง

เดียวกัน ขั้นตอนการทดสอบการต้มน้ำ เหมือนกันกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (ขั้นตอนที่ 1 ถึง 5) เพียงแต่ ไม่มีห้องบังลม จึงทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณแก๊ส CO ได้ โดยผู้วิจัย เลือกเงื่อนไขที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการต้มน้ำในห้องปฏิบัติการสูงสุด ของเตาทั้งสองชนิดมาทำการทดสอบภาคสนาม

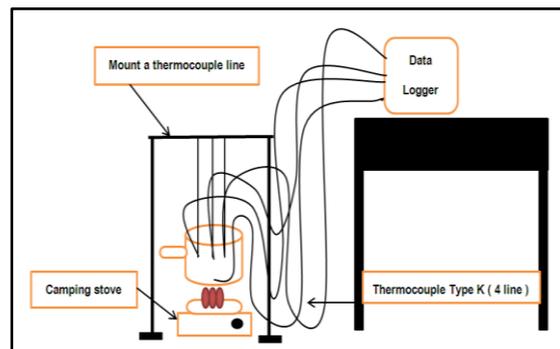


Figure 2 diagram of experimental rig and measurement position installation for water boiling test in field.

ผลการทดลอง

อิทธิพลของชนิดของเตาสนามต่อ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (การทดสอบในห้องปฏิบัติการ)

ตามความเข้าใจของคนส่วนใหญ่ เตาสนามชนิดหัวอินฟราเรดมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าเตาสนามชนิดหัวฟู่ ซึ่งน่าจะส่งผลต่อเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรดมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนมากกว่า และประหยัดพลังงานมากกว่า

อิทธิพลของชนิดของเตาสนามต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ ความร้อนที่น้ำได้รับ ความร้อนสูญเสีย ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการปลดปล่อยแก๊ส CO ใน Figure 3 - 8 พบว่า เตาสนามชนิดหัวฟู่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด ทำให้ความร้อนของ

เชื้อเพลิงสูงกว่า ประกอบกับความร้อนที่น้ำได้รับต่อหนึ่งหน่วยเวลา และความร้อนสูญเสียต่อหนึ่งหน่วยเวลามากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

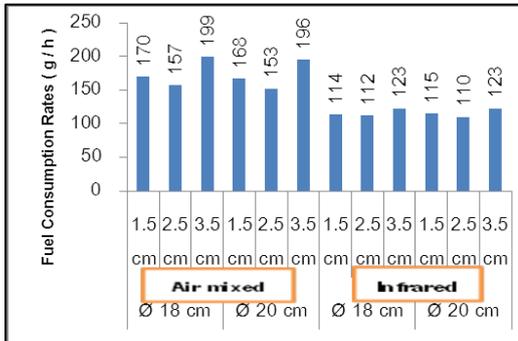


Figure 3 Fuel consumption rates of both camping stoves at 1.5, 2.5 and 3.5 cm pot bottom and burner clearances for 18 and 20 cm pot in diameters.

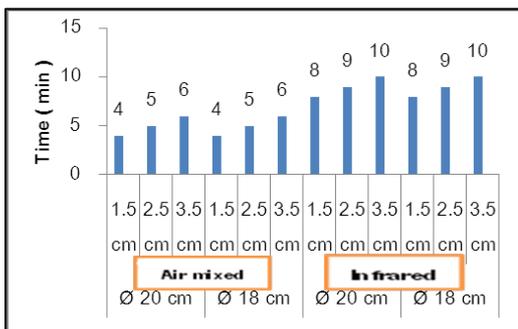


Figure 4 Water boiling times of both camping stoves at 1.5, 2.5 and 3.5 cm pot bottom and burner clearances for 18 and 20 cm pot in diameters.

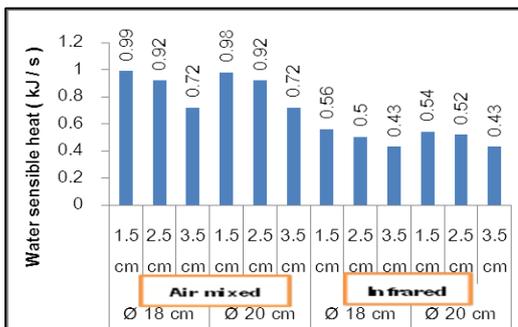


Figure 5 Water sensible heats of both camping stoves at 1.5, 2.5 and 3.5 cm pot bottom and burner clearances for 18 and 20 cm pot in diameters.

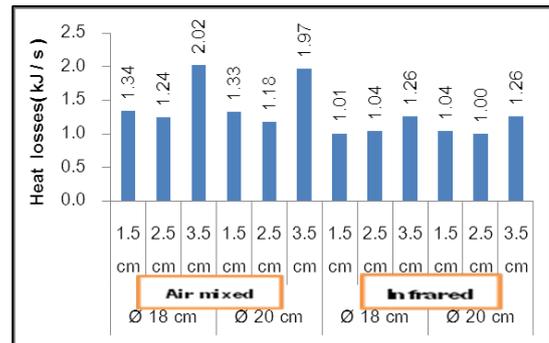


Figure 6 Heat losses of both camping stoves at 1.5, 2.5 and 3.5 cm pot bottom and burner clearances for 18 and 20 cm pot in diameters.

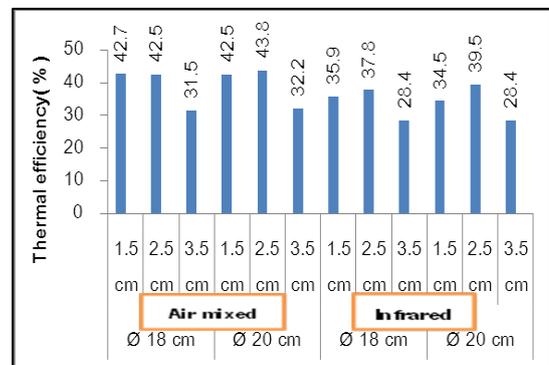


Figure 7 Thermal efficiencies of both camping stoves at 1.5, 2.5 and 3.5 cm pot bottom and burner clearances for 18 and 20 cm pot in diameters.

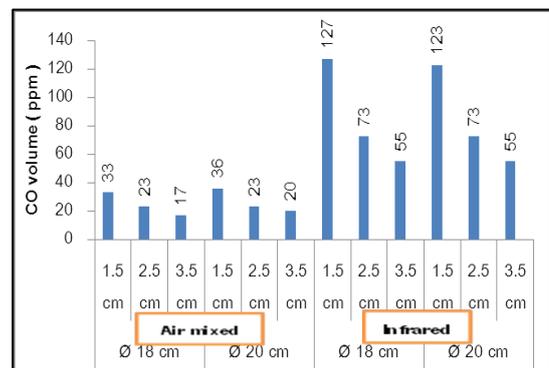


Figure 8 CO emissions of both camping stoves at 1.5, 2.5 and 3.5 cm pot bottom and burner clearances for 18 and 20 cm pot in diameters.

การต้ม้ำของเตาสนามชนิดหัวฟูสูงกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด ซึ่งไม่สอดคล้องกับความเข้าใจของคนทั่วไปที่กล่าวไว้ข้างต้น ตัวการสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน คือ เวลาที่ใช้ในการต้ม้ำให้เดือด จะเห็นได้ว่า ถึงแม้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาสนามชนิดหัวฟูจะสูงกว่า แต่เวลาที่ใช้ในการต้ม้ำน้ำสั้นกว่าประมาณ 2 เท่า ของเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาสนามชนิดหัวฟูสูงกว่าอย่างชัดเจน

สำหรับการปลดปล่อยแก๊ส CO ของเตาสนามทั้งสองชนิด ใน Figure 8 พบว่า เตาสนามชนิดหัวฟูใช้ปลดปล่อยแก๊ส CO น้อยกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด เนื่องจากเตาสนามชนิดหัวฟูมีสัดส่วนอากาศเกินพอมากกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด หัวเตาอินฟราเรดมีลักษณะเป็นรังผึ้งที่ทำจากเซรามิคซึ่งเป็นตัวแผ่รังสีอินฟราเรด ครอบอยู่ทำให้เชื้อเพลิงสัมผัสกับอากาศได้ปริมาณจำกัดกว่าหัวฟู

อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะหุงต้มสนามต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (การทดสอบในห้องปฏิบัติการ)

จากงานวิจัยการปรับปรุงประสิทธิภาพเตาหุงต้ม ภาชนะแบบกันแบนมีแผ่นทองแดงรองกัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้ สำหรับงานวิจัยนี้จึงเลือกภาชนะหุงต้มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันเป็นปัจจัยในการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการปลดปล่อยแก๊ส CO

หากพิจารณาจากเตาชนิดเดียวกันที่มีระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะหุงต้มเท่ากัน ดัง Figure 3 - 8 พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เวลาที่ใช้ในการต้ม้ำ ความร้อนที่น้ำได้รับ และความร้อนสูญเสียของภาชนะทั้งสองขนาดแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนการต้ม้ำและการ

ปลดปล่อยแก๊ส CO ไม่แตกต่างกันมากนัก ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ในการรับความร้อนจากเชื้อเพลิงของภาชนะหุงต้มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 และ 20 ซม. ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนการต้ม้ำและการปลดปล่อยแก๊ส CO น้อยมาก

อิทธิพลของระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะหุงต้มสนามต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน และการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (การทดสอบในห้องปฏิบัติการ)

ระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะหุงต้มมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนอากาศเกินพอในการเผาไหม้เชื้อเพลิงและระยะของเปลวไฟสีฟ้าเหนือหัวเผาในการให้ความร้อน

เมื่อเปรียบเทียบภาชนะหุงต้มขนาดเดียวกันในเตาชนิดเดียวกัน พบว่า ระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เป็น 2.5 ซม. ทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและความร้อนสูญเสียลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เป็น 3.5 ซม. ทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและความร้อนสูญเสียเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนดัง Figure 3 และ 6 เนื่องจากระยะของเปลวไฟสีฟ้าเหนือหัวเผาในการให้ความร้อนจากการสังเกตไม่เกิน 3 ซม. ดังนั้น อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและความร้อนสูญเสียจึงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เป็น 3.5 ซม. นอกจากนี้ ระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะเพิ่มขึ้น ยังทำให้เวลาที่ใช้ต้ม้ำจนเดือดเพิ่มขึ้น (Figure 4) ความร้อนที่น้ำได้รับลดลง (Figure 5)

เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมทั้งหมดสรุปได้ว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น / ลดลงตามระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะ ให้ความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้เพิ่มขึ้น / ลดลงตามระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะ ในขณะที่

ความร้อนที่น้ำได้รับลดลงตามระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะ เนื่องจากความร้อนสูญเสียเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น / ลดลง ตามระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะ แสดงให้เห็นว่า ตัวการสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน เมื่อระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะแตกต่างกัน คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและความร้อนสูญเสีย

สำหรับอิทธิพลของระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะต่อการปลดปล่อยแก๊ส CO (Figure 8) พบว่า ปริมาณแก๊ส CO ที่ปลดปล่อยออกมาลดลง เมื่อระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสัดส่วนอากาศเกินพอที่เพิ่มขึ้นตามระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะ ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์มากขึ้น

การทดสอบการต้มน้ำภาคนาม

ผู้วิจัยเลือกปัจจัย ระยะห่างระหว่างหัวเตากับก้นภาชนะ 2.5 ซม. และภาชนะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. มาทดสอบการต้มน้ำภาคนามด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นสภาวะที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด สำหรับเตาแต่ละชนิดจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Table 1 Boiling test comparison of both camping stoves in laboratory and field at 2.5 cm pot bottom and burner clearances for 20 cm pot in diameter.

The experimental	Type of stove	Water boiling times (min)	Amount of fuel used (g)	Thermal efficiency (%)	Water sensible heat (kJ/s)	Fuel consumption rate (g/h)	Heating of the fuel (kJ/s)	Heat loss (kJ/s)
Field	Air mixed	11	31.88	17.65	0.47	173.891	2.38	1.91
	Infrared	16	23.64	23.79	0.31	88.650	1.24	0.93
Laboratory	Air mixed	5	12.71	43.78	0.92	152.52	2.08	1.16
	Infrared	9	16.57	39.45	0.52	110.47	1.54	1.02

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบการต้มน้ำภาคนาม พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาสนามชนิดหัวฟู่ยังคงมีค่าสูงกว่า ความร้อนเชื้อเพลิงสูงกว่าความร้อนที่น้ำได้รับสูงกว่า และความร้อนสูญเสียมากกว่าเตาสนามชนิดหัว

อินฟราเรดประมาณ 2 เท่า แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการต้มน้ำของเตาสนามชนิดหัวฟู่กลับมีค่าต่ำกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด เนื่องจากการทดสอบภาคนามไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความเร็วของอากาศที่ปะทะหัวเผาของเตาสนาม ทำให้ความร้อนสูญเสียของเตาสนามชนิดหัวฟู่มากกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรดอย่างทวีคูณ ประกอบกับเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรดมีหัวเผาที่เป็นรังผึ้งเซรามิคช่วยป้องกันกระแสอากาศภายนอกที่พัดพาให้ความร้อนสูญเสียไป เตาสนามชนิดหัวอินฟราเรดจึงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่า ดังนั้น ตัวการที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน สำหรับการทดสอบภาคนาม คือ ความร้อนที่น้ำได้รับและความร้อนสูญเสีย

สรุปผล

เตาสนามชนิดหัวฟู่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่า ใช้เวลาในการต้มน้ำสั้นกว่า เตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด ทั้งการทดสอบต้มน้ำในห้องปฏิบัติการและภาคนาม แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาสนามชนิดหัวฟู่สูงกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ในทางตรงกันข้าม ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาสนามชนิดหัวฟู่ต่ำกว่าเตาสนามชนิดหัวอินฟราเรด สำหรับการทดสอบภาคนาม

นอกจากนี้ เตาสนามชนิดหัวอินฟราเรดปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงกว่าเตาสนามชนิดหัวฟู่หลายเท่าตัว แต่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้หากทดสอบในที่ปิดอาจเกิดการสะสมปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เกินกว่าค่ามาตรฐานได้

ภาชนะหุงต้มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 18 และ 20 ซม. มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และใช้เวลาในการต้ม

น้ำใกล้เคียงกันประสิทธิภาพเชิงความร้อนการต้ม
น้ำและการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์
จึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะ
เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนการ
ต้มน้ำและการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนนอก
ไซด์ลดลง เมื่อระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้น
ภาชนะมากกว่า 2.5 ซม. ขึ้นไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม สำหรับสถานที่ทำการทดลองและ
ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Kees, M. and Feldmann, L. (2011). The role of donor organization in promoting energy efficient cook stove, *Energy Policy* vol. 39(12), pp. 7595-7599
2. Boy, E., Bruce, N., Smith, K.R. and Ruben Hernandez, R. (2000). Fuel efficiency of an improved wood – burning stove in rural Guatemala : implication for health, environment and development, *Energy for Sustainable Development*, vol. IV No. 2, pp. 23-31
3. Natarajan, R., Karthikeyan, N.S., Agarwaal, A. and Sathiyarayanan, K. (2008). Use of vegetable oil as fuel to improve the efficiency of cooking stove, *Renewable Energy*, vol. 33(11), pp.2423–2427
4. Kaiyan, H., Hongfei, Z., Tao, T. and Xiaodi, X. (2009). Experimental investigation of high temperature congregating energy solar stove with sun light funnel, *Energy Conversion and Management*, vol.50(12), pp. 3051–3055

5. Smith, S.L. (2004). Carbon monoxide poisoning in tents—A Review, *Wilderness and Environmental Medicine*, vol. 15, pp. 157-163
6. Thomassen, Ø., Brattebø, G. and Rostrup, M. (2004). Carbon monoxide poisoning while using a small cooking stove in a tent, *American Journal of Emergency Medicine*, vol. 22(3), pp. 204-206
7. Desouches, C., Salazard, B., Romain, F., Karra, C., Lavie, A., Della Volpe, C., Manelli, J.C. and Magalon, G. (2006). Analysis of Burns caused by pre-filled gas canisters used for lamps or portable camping stoves, *Burns*, vol. 32, pp. 1028–1031
8. Simon Leigh-Smith, (A&E); Ian Watt; Angus Mc Fadyen, Cmath, MIMA, Stan Grant. Comparison of Carbon Monoxide Levels During Heating of Ice and Water to Boiling Point With a Camping Stove. *Wilderness and Environment Medicine*, 15, 164 – 170 (2004)
9. จิระศักดิ์ ดงแสง และ ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนและความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาสนามแบบหัวฟู และเตาสนามแบบหัวอินฟราเรด การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 ณ โรงแรมตักศิลา มหาสารคาม วันที่ 2 – 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2555
10. พงศ์วุฒิจึงเจริญศรีศิริ. อันตรายต่อมนุษย์จากสภาวะมลพิษทางอากาศโรงงานอุตสาหกรรม. สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน. กรมโรงงานอุตสาหกรรม