

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มระดับครัวเรือน

The Study of Thermal Efficiency of Household Cooking Stove

ชเนศ ไชยชนะ¹ หมะกรือสม อาลี² มัสยา หลงสมัน²Tanate Chaichana¹, Magreasom Ali² Massaya Longsaman²

Received : 15 October 2012 ; Accepted : 10 December 2012

บทคัดย่อ

ครัวเรือนในพื้นที่ชนบทส่วนใหญ่ประกอบอาหารด้วยเตาที่ใช้ฟืนหรือถ่านเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากฟืนและถ่านเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถหาได้ง่ายในพื้นที่ และมีราคาถูก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาดูประสิทธิภาพของเตาหุงต้มที่ใช้สำหรับการประกอบอาหารในครัวเรือน ซึ่งประกอบด้วยเตา 6 ชนิดคือ เตาอั้งโล่ธรรมดา เตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็ก เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง เตาปากยื่น เตาตัวขนาดกลาง และเตาตัวขนาดเล็ก การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการทดสอบโดยการต้มน้ำ (Water Boiling Test) โดยใช้ถ่านไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 30.54% รองลงมาคือ เตาตัวขนาดกลาง เตาอั้งโล่ธรรมดา เตาปากยื่น เตาตัวขนาดเล็ก และเตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็ก ซึ่งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงเท่ากับ 24.29% 21.70% 19.80% 18.46% และ 16.66% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน เตาอั้งโล่ธรรมดา เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง เตาปากยื่น เตาตัว

Abstract

Most household in rural areas frequently use a stove with firewood or charcoal as a fuel for cooking because it is cheap and available. Therefore, this research is designed to study thermal efficiency of a household size cooking stove. There are 6 types of biomass stoves: Standard-sized normal stove (low efficiency), Small-sized normal stove, High efficiency stove, Long-lip stove, Middle-sized black stove and Small-sized black stove. This study was done by using a Water Boiling Test (WBT) To consider the thermal efficiency of a stove. Para wood charcoal was also used as fuel. It was found that the High efficiency stove showed the best thermal efficiency with an average value of 30.54%. Thermal efficiency of the Middle-sized black stove, Standard-sized normal stove, Long-lip stove, Small-sized black stove and Small-sized normal stove were 24.29%, 21.70%, 19.80%, 18.46%, and 16.66% respectively.

Keywords: thermal efficiency, Normal stove, High efficiency stove, Black stove, Long-lip stove

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตเพิ่มขึ้นมาจากปัจจัยสี่ ทั้งนี้ในชีวิตประจำวันของทุกครัวเรือนต้องมีความเกี่ยวข้องหรือมีการใช้พลังงาน ทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานของน้ำมันเชื้อเพลิง จากผลการดำเนินโครงการการจัดทำแผนพลังงานชุมชน ของ

กระทรวงพลังงานตั้งแต่ปี 2549 จำนวน 24 ชุมชน (องค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาล) จนถึงปัจจุบันซึ่งมีชุมชนผ่านโครงการนี้แล้วกว่า 500 ชุมชนพบว่าครัวเรือนมีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานประมาณ 20-30% ของรายได้ และจากรายงานดังกล่าวก็ยังพบว่า ครัวเรือนต่างๆ มีการใช้อุปกรณ์เพื่อประกอบอาหาร (เตาหุงต้ม) หลากหลายชนิด

¹ อาจารย์, ² นิสิตปริญญาตรี, สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์-พลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110

¹ Lecturer, ² Bachelor degree students, Program of Apply Physics – Energy, Faculty of Science, Thaksin University (PhattalungChampus) 222M 2Banpraw sub-district, Phapayomdistrict, Phattalung province, 93110

* Corresponding Author, TanateChaichana, Program of Apply Physics – Energy, Faculty of Science, Thaksin University (PhattalungChampus) 222M 2Banpraw sub-district, Phapayomdistrict, Phattalung province, 93110
E-mail Tanatecha@hotmail.com

ทั้งเตาอั้งโล่ เตาปากยื่น เตาดำ เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง เป็นต้น ด้านประสิทธิภาพของเตาพบว่าเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงโดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 29% ซึ่งจะสูงกว่าเตาชนิดอื่นที่กล่าวมา²ส่วนประสิทธิภาพของเตาชนิดอื่นมีรายงานเพียงว่า ประสิทธิภาพของเตาตามท้องตลาดโดยไม่แยกชนิดเฉลี่ยเท่ากับ 21%³แต่ก็ยังไม่ทราบถึงประสิทธิภาพของเตาชนิดอื่นๆ จนกระทั่งในปี 2554 มีการรายงานผลประสิทธิภาพของเตาชีวมวลครัวเรือนสำหรับเตา 5 ชนิดในพื้นที่ จ.นครปฐม คือ เตาประสิทธิภาพสูง เตาธรรมดา เตาดำ เतालันแฉง และเตาลิ้นปูน ว่ามีประสิทธิภาพสูงถึง 43.14%, 40.20%, 38.65%, 35.27% และ 27.44% ตามลำดับ⁴ ซึ่งจากรายงานดังกล่าวจะเห็นว่าประสิทธิภาพของเตามีค่าสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาเฉพาะช่วงที่เตาทำงานอย่างสมบูรณ์ (High Power (Hot Start)) โดยไม่ได้พิจารณาช่วง High Power ซึ่งเป็นช่วงเริ่มของการจุดเตาเกิดการสูญเสียความร้อนให้กับเตา และช่วง Low power ซึ่งเป็นช่วงเย็นตัวของเตา

ดังนั้นโครงการนี้มีเป้าประสงค์สำคัญเพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลที่มีใช้ในครัวเรือนโดยพิจารณาเตาที่มีใช้ในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ทำการทดสอบแบบ Water Boiling Test (WBT) ครอบคลุมตลอดช่วงการทำงานของเตา (Heating, High Power, และ Low power หรือ Cooling) ดังแสดงใน Figure 1 เพื่อให้ทราบค่าประสิทธิภาพทางความร้อนที่แท้จริงของเตา ตรงตามลักษณะการใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน

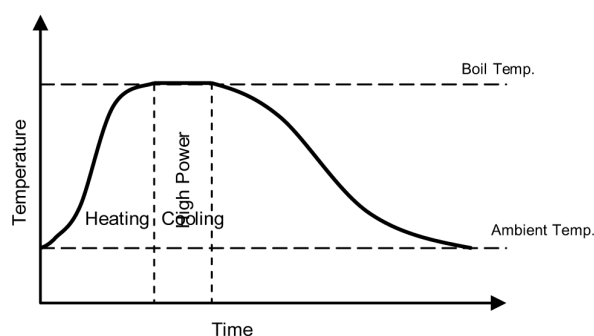


Figure 1 Water Temperature during the WBT⁵

อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

อุปกรณ์

1. เตาชีวมวลเตาที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยเตา 6 ชนิดคือ เตาอั้งโล่ธรรมดา เตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็ก เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง เตาปากยื่น เตาดำขนาดกลาง และเตาดำขนาดเล็ก ดัง Figure 2 ทั้งนี้คุณสมบัติเฉพาะของเตาแต่ละชนิดแสดงดัง Table 1

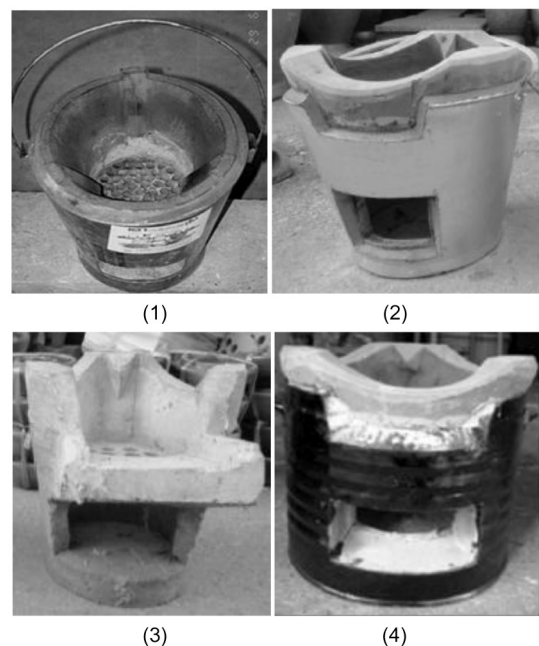
Table 1 Properties of the biomass stove

Properties	Type					
	1	2	3	4	5	6
Total high (cm)	26	20	21	21.5	25	26
Upper Diameter (cm)	34	26	30	25	29	30
BottomDiameter (cm)	21	8	19	25	29	21
high of the grate of an ovenfrom Bottom(cm)	9	9	10	10	11	11
Thicknessof the grate of an oven(cm)	3.3	1.7	1.7	2.2	2.4	2.3
Number ofgrate of an ovenholes	61	19	30	19	19	24
Thicknessof wall(cm)	5.5	3.4	3.7	3	3	3
highof container base(cm)	1	3.7	3	4	5	5
Fuel inlet (X=yes, /= No)	X	/	/	/	/	/
Ash outlet (X=Yes, /= No)	/	/	/	/	/	/

Type; 1-High efficiency stove,2-Small sized normal stove,

3-Standard sized normal stove,4-Small sized black stove,

5-Middle sized black stoveand 6-Long lip stove



(1) High efficiency stove(2)normal stove

(3) Long-lip stove (4)black stove

Figure 2 Stove

2. ถ่านไม้ยางพารา ที่ไม่มีความชื้น โดยผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทั้งนี้ใช้ค่าความร้อนเท่ากับ 32.02MJ/kg จากผลการทดสอบของบริษัทไทยซูมิจำกัด (6)

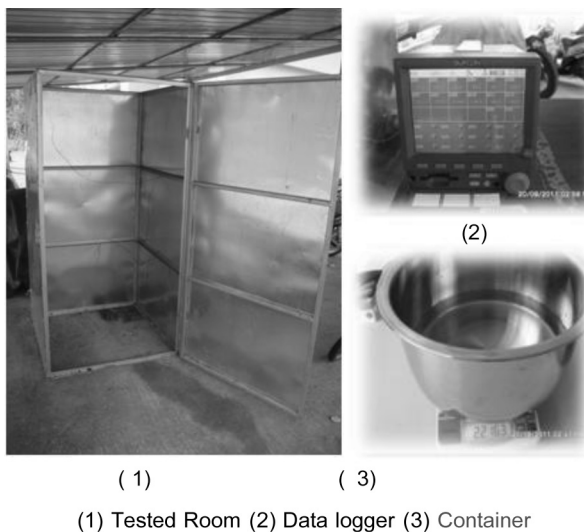


Figure 3 Equipment

3. Type K Thermocouple และ Data logger

4. ภาชนะสำหรับใส่น้ำในการทดสอบ WBT เป็น

ภาชนะ Stainless-steel ขนาดเท่ากันทุกเตาคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว สูง 5.5 นิ้ว (หากมีการพิจารณาขนาดของภาชนะที่เหมาะสมกับขนาดของเตาจะทำให้ผลการศึกษาดีขึ้น)

5. ห้องทดสอบเนื่องจากการทดสอบต้องตัดผลกระทบของกระแสอากาศที่จะเข้ามานำความร้อนออกจากเตา ดังนั้นจึงได้สร้างห้องสำหรับการทดสอบเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมด้านบนเปิดโล่ง ด้านหน้ามีประตูเปิดปิดได้

ขั้นตอนการทดสอบ

ทำการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของเตา ชีวมวลชนิดต่างๆ 3 ครั้ง และใช้วิธีการ WBT โดยพิจารณาผลการศึกษาคอบคลุมตลอดช่วงการทำงานของเตา (High Power, High Power (Hot Start) และ Low power)

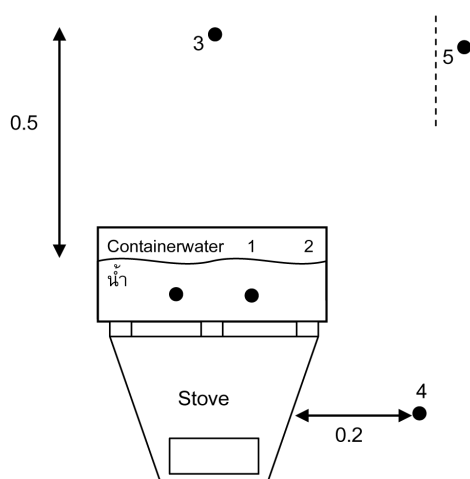


Figure 4 Temperature measurement point

ติดตั้ง Type K Thermocouple จำนวน 5 ตำแหน่ง ดังแสดงใน Figure 4 คือ อุณหภูมิน้ำ 2 ตำแหน่ง (จุดที่ 1 และ 2) เหนือผิวหน้า 0.5 m 1 ตำแหน่ง (จุดที่ 3) ข้างเตาระดับรังผึ้ง ห่างจากผนังเตา 0.2 m 1 ตำแหน่ง (จุดที่ 4) และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (นอกห้องทดสอบ) 1 ตำแหน่ง

พิจารณาอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำ (Heating Rate) อัตราการเย็นตัวของน้ำ (Water Cooling Rate) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption Rate) และค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของเตา (Thermal Efficiency) โดยไม่พิจารณาค่า Thermal Radiation จากผนังของเตาโดยพิจารณาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของเตา (Thermal Efficiency) ได้จากสมการที่ 1

$$n = \frac{m_w C_{p,w} (\Delta T_w) + m_e L}{m_f (HHV)} \quad (1)$$

เมื่อ คีอมวลของน้ำเริ่มต้น (kg) คีอมวลของน้ำที่ระเหย (kg) คีอมวลของเชื้อเพลิง (kg) คีอความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg-K) คีอผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นกับอุณหภูมิเดือด (K) คีอ ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ (MJ/kg) และ คีอความร้อนของเชื้อเพลิง (High Heating Value, kJ/kg)

ผลการวิจัย

ทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ณ เวลาต่างๆ พบว่า อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำ (ความชันของกราฟในช่วง Heating) ที่ใช้เตาแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน และอุณหภูมิน้ำจะคงที่ที่จุดเดือดเมื่อเชื้อเพลิงหมดอุณหภูมิของน้ำจะค่อยลดลงเข้าสู่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ดังแสดงใน Figure 5

Table 1 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกรณีที่ใช้เตาอั้งโล่มีประสิทธิภาพสูงมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2.86 °C/min ส่วนค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิง หรืออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็กมีค่าสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.32 kg/h และค่าอัตราการเย็นตัวของอุณหภูมิหลังจากเชื้อเพลิงหมดพบว่า เตายกยี่นมีค่าน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.32 °C/min แต่เมื่อพิจารณาอัตราการเย็นตัวของอุณหภูมิของเตาชนิดอื่นก็พบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 0.32-0.62 °C/min ดังนั้นจึงไม่อาจจะสรุปได้ว่า กรณีของค่าอัตราการเย็นตัวของอุณหภูมิหลังจากเชื้อเพลิงหมดของเตาชนิดใดดีที่สุด (เย็นตัวช้าที่สุด)

ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (ถ่านไม้ ยางพาราที่ผ่านการอบแห้งก่อนนำมาใช้ ให้ค่าความชื้นของ เชื้อเพลิงเท่ากับ 0% เพื่อลดการสูญเสียความร้อนสำหรับการ ไล่ความชื้นออกจากเชื้อเพลิง) จะถ่ายเทไปยังน้ำ ภาชนะ ตัว เตา และอากาศแวดล้อม ในกรณีของงานวิจัยนี้ไม่พิจารณา ความร้อนที่สูญเสียให้กับตัวเตาซึ่งพิจารณาว่าเป็นระบบที่ กำลังศึกษา และไม่พิจารณาความร้อนที่สูญเสียให้กับอากาศ แวดล้อมในรูปของการแผ่รังสีความร้อน

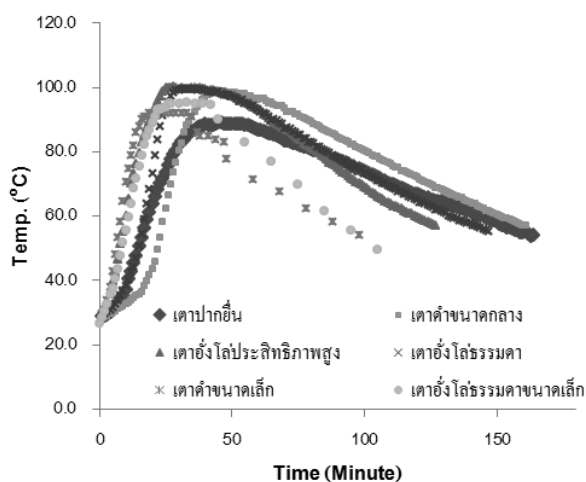


Figure 5 Water temperatures during test

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพ สูงมีค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 30.54% รองลงมาคือเตาดำขนาดกลาง 24.29% เนื่องจากมี ผนังของเตาที่หนากว่าเตาอื่นๆ และค่าประสิทธิภาพทางความ ร้อนเฉลี่ยของเตาปากยื่น เตาดำขนาดเล็ก เตาอั้งโล่ธรรมดา และเตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็กมีค่าเท่ากับ 19.29% 17.69% 16.66% และ 21.70% ตามลำดับ ดังแสดงค่าใน Figure 6 และ Table 2

สรุปผล

จากการวิจัยเพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเตาชีวมวลที่มีใช้ในครัวเรือนโดยพิจารณาเตาที่มีใช้ใน พื้นที่จังหวัดพัทลุง สรุปได้ว่าเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงมีค่า ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 30.54% รอง ลงมาคือเตาดำขนาดกลางเตาอั้งโล่ธรรมดา เตาปากยื่น เตาดำ ขนาดเล็ก และเตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็ก โดยประสิทธิภาพ ทางความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 24.29% 21.70% 19.80% 18.46% และ 16.66% ตามลำดับเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงมีค่าอัตราการ เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2.86 °C/min ส่วนเตาอั้งโล่ธรรมดาขนาดเล็ก เป็นเตาที่มีอัตราการใช้เชื้อ เพลิงสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.32kg/h ส่วนค่าอัตราการเย็นตัว ของอุณหภูมิน้ำหลังจากเชื้อเพลิงหมดของเตาทุกชนิดมีค่าที่ ใกล้เคียงกันคือประมาณ 0.32-0.62 °C/min

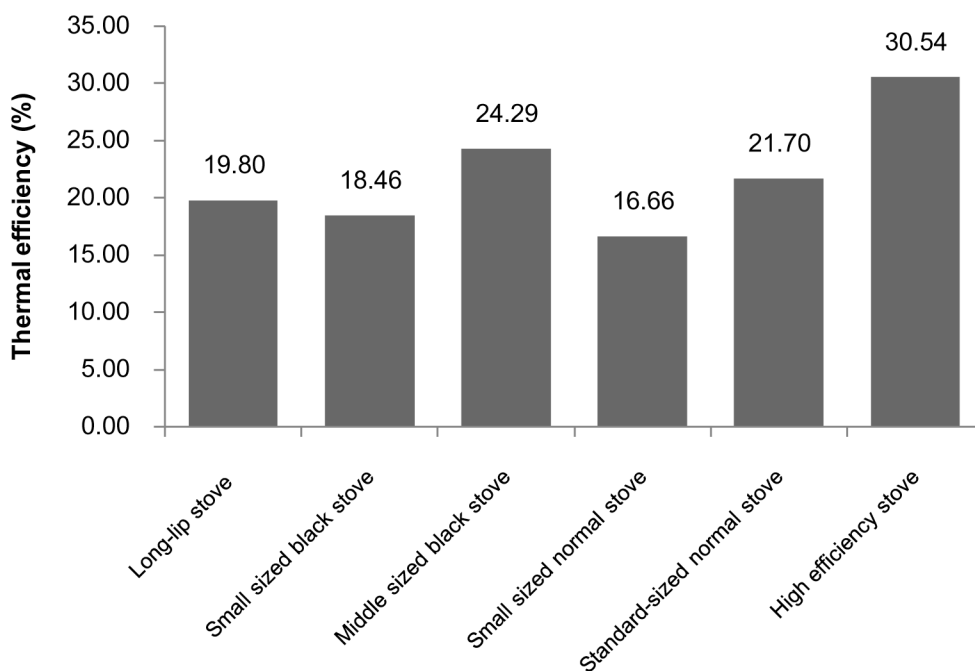


Figure 6 Thermal efficiency of stove

Table 2 Test Data

Data (Average from 3times of test)	Type					
	Long lip stove	black stove	Small sized black stove	Standard sized normal stove	Small sized normal stove	High efficiency stove
AverageTemp. (°C) T_i	29.6	28.3	29.7	29.2	26.5	28.3
T_f	97.5	97.2	98.1	96.8	95.5	98.2
ΔT	61.9	68.9	62.4	67.7	69.0	69.9
Water Weight (kg) T_i	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
T_f	2.057	1.757	2.094	1.849	1.727	1.349
ΔT	0.943	1.243	0.906	1.151	1.273	1.651
Container Weight (kg)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Fuel (kg)	0.474	0.475	0.500	0.500	0.706	0.474
Ash (kg)	0.030	0.021	0.027	0.020	0.022	0.030
Cp of Water (kJ/kg-K)	4.179	4.179	4.179	4.179	4.179	4.179
Cp of Container (kJ/kg-K)	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510
Latent heat (MJ/kg)	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
Energy output (MJ)	3.006	3.697	2.955	3.473	3.767	4.634
Energy input(MJ)	15.190	15.210	16.011	16.011	22.608	15.175
Thermal efficiency (AV %)	19.80	24.29	18.46	21.70	16.66	30.54
Water Heating Rate (AV°C/min)	1.67	1.66	1.55	2.64	2.09	2.86
Water Cooling Rate (AV°C/min)	0.32	0.41	0.49	0.43	0.62	0.57
Fuel Consumption Rate (kg/h)	0.54	0.51	0.64	0.65	1.32	0.49

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย (ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษาประจำปีงบประมาณ 2554) และขอขอบคุณ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์วิจัยพลังงาน, การจัดทำแผนพลังงานชุมชน, รายงานโครงการวิจัย ปี 2550-2552, ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่, 2553
- สำนักวิชาการพลังงานภาค 5, เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง, เอกสารเผยแพร่เทคโนโลยีพลังงาน, กระทรวงพลังงาน, 2554
- สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน, ชูปเปอร์อั้งโล่ ความเหนือชั้นของเตาไทย หัวใจประหยัดพลังงาน, สารคดีข่าว/ชุมชน, การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและเกษตรยั่งยืน ภาคประชาชน, สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน, 2554
- ธิบดินทร์ แสงสว่าง ศุภชัย วาสนานนท์ และกษมา ศิริสมบูรณ์, การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนครั้งที่ 10, 2554, จ.เชียงใหม่
- Cookstove Emission and Efficiency in a Controlled Laboratory Setting, 2009, The Water Boiling Test Version 4.1.2, DARFT-October 1, 2009, Merhods. bioenergylists.org
- บริษัท ไทยซูมิ จำกัด, ถ่านอัดแท่งเมืองไทยการวิเคราะห์ค่าความร้อนค่าคงตัวของถ่าน ค่าของสารระเหย ค่ากำมะถันของวัสดุต่างๆ, <http://charcoal.snmcenter.com> 30/2/55