

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

เศษถ่านหินเหลือทิ้งจำนวนมากจากการทำเหมืองถ่านหิน สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านหินอัดก้อนเพื่อนำไปใช้งานบางประเภท ซึ่งอาจมีหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น รูปไข่ รูปรังผึ้ง ทรงกระบอก และสี่เหลี่ยม เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้เลือกเอาการผลิตถ่านหินอัดก้อนรูปไข่ (ovoid) ที่มีขนาดประมาณ 3×5 ซม. เพื่อสะดวกในการนำไปใช้ทดแทนถ่านไม้และฟืนในครัวเรือนเป็นหลัก และอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ด้วย โดยใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานสำหรับเตาหุงต้มที่ใช้กันมีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและแหล่งที่ผลิต แต่โดยทั่วไปมักจะมีรูปแบบหลักที่คล้ายกันคือ ห้องเผาไหม้ และห้องเผา โดยมีการเรียงกันอยู่ตรงกลางระหว่างห้องทั้งสอง ในงานวิจัยนี้เลือกเอาเตาหุงต้มที่มีแบบและลักษณะเป็นเตาที่ดีคือ ขอบเตาเรียบ เชิงเทียนไม่สูงจนเกินไป และมีน้ำหนักเบา (7) โดยเลือกขนาดที่นิยมใช้กันมาก 3 ขนาด สำหรับภาชนะที่ใช้หุงต้มจะเลือกหม้ออลูมิเนียม เนื่องจากการหุงต้มส่วนใหญ่ในครัวเรือนมีการใช้หม้ออลูมิเนียมกันมาก โดยจะเลือกขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของเตา ในการนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้กับเตาหุงต้ม จำเป็นต้องศึกษาถึงการถ่ายเทความร้อนในเตา รวมทั้งลักษณะและความสะดวกในการใช้งาน เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนา ดัดแปลง และปรับปรุงเตาหุงต้มให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิงถ่านมีความจำเป็น และได้ศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้ม เพื่อเป็นการปรับปรุงเตาและเสนอแนะการใช้เตาที่ถูกต้อง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ถ่านหินจากเหมืองบ้านบุ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

3.1.2 ตัวประสานที่ใช้คือ ดินเหนียว

3.1.3 สารประกอบที่ใช้กำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้คือ

ปูนขาว (commercial grade) ที่มีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 64.71

3.1.4 ถ่านไม้ ที่คัดน้ำหนักให้อยู่ในช่วง 10-40 กรัมต่อก้อนโดยประมาณ



3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

3.2.1 เครื่องบดด้านหินชนิด Hammer Mill ที่มีขนาดตะแกรง 9.53 มม. ดังรูปที่ 3.1

3.2.2 เครื่องผสม (Mixer) สำหรับผสมส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากันดี ก่อนนำไปอัดก้อน ดังรูปที่ 3.2

3.2.3 เครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll ใช้ในการอัดก้อนด้านหินโดยการป้อนส่วนผสมของด้านหินทางด้านบน โดยมี screw feeder เป็นตัวควบคุมอัตราการป้อน ภายในเครื่องมือแบบอัดอยู่บนลูกกลิ้ง เป็นลักษณะครึ่งหนึ่งของด้านหินอัดก้อน ซึ่งหมุนเข้าหากัน เพื่อให้ประกอบเป็นก้อน แล้วตกสู่ด้านล่างของเครื่องอัด ดังรูปที่ 3.3

3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพการใช้งาน

- ก. อุปกรณ์ที่ใช้ในการจุดเตา เช่น พัดลมขนาดเล็ก ฟัน ชีโต้ ไม้ขีดไฟ เป็นต้น
- ข. เทอร์โมมิเตอร์
- ค. เครื่องชั่งน้ำหนัก
- ง. เตาอังโล่ 3 ขนาด ที่มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของเตาอังโล่ทั้ง 3 ขนาด ที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะของเตา	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเตา (ซม.)		
	24	27	30
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเตา (ซม.)	18.5	22	24
เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นรังผึ้ง (ซม.)	14.5	16.5	18
ขนาดช่องลมด้านหน้า (ตร.ซม.)	6.5×12	7×14	6.5×15
ความสูงเชิงเทิน (ซม.)	1.1	1.4	1.1
ความสูงทั้งหมดของเตา (ซม.)	20.7	22	24
น้ำหนักเตา (กรัม)	7,250	8,200	10,850
จำนวนช่องรังผึ้ง (ช่อง)	27	27	37

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลักษณะของเตา	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเตา (ซม.)		
	24	27	30
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของช่องรังผึ้ง (ซม.)	1.4	1.7	1.7
ความสูงจากแผ่นรังผึ้งถึงปากเตา (ซม.)	9.5	10	10.5
ความสูงจากฐานถึงช่องลม (ซม.)	3.5	4	5

จ. เตาประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 33 ซม.

ผังรูปที่ 3.5

ฉ. หม้ออลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ 20 ซม. ถึง 30 ซม.

ช. หม้อแซก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ 26 ซม.

ซ. กระทะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากกระทะ 46 ซม.

ญ. กาคัมน์้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ก้นกา 20 ซม.

3.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม

ก. เครื่องมือวัดความร้อนที่รับต่อหน่วยพื้นที่-เวลา (Heat flux meter)

HY-CAL ENGINEERING รุ่น C-1300-A-60-072 ผังรูปที่ 3.6

ข. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ผังรูปที่ 3.7

ค. เครื่องบันทึก (Recorder) Flat-bed recorder, Linseis รุ่น

L6522-2 ผังรูปที่ 3.8

ง. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไฟฟ้า (Digital Thermocouple) RKC รุ่น ST 23

พร้อมหัววัดอุณหภูมิ ผังรูปที่ 3.9

3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองอื่น ๆ เช่น

ก. เครื่องมือวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน (Gas Analysers for Measuring Carbon Dioxide and Oxygen) รุ่น KIT 10-5039 ผังรูปที่ 3.10

ข. รังผึ้งคักแปลง คือ ชนิดเชื่อม 2 รู เชื่อม 3 รู และเชื่อมให้มีลักษณะช่อง

ยาว ๆ ดังรูปที่ 3.11

ค. ตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง 1.2, 1.6 และ 2 ซม. ดังรูปที่ 3.12

ง. รังผึ้งที่มีความหนา 1.8, 2.5, 3.0, 3.5 และ 4.0 ซม. ดังรูปที่ 3.13

จ. เตาอั้งโล่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 27 ซม. ที่มีความสูงของเตา 27, 32 และ 37 ซม. ดังรูปที่ 3.14 (สำหรับลักษณะอื่น ๆ เหมือนกับเตามาตรฐานขนาด 27 ซม. ที่ใช้ในการทดลอง)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างและวิธีการอัดก้อน

1. นำถ่านหินจากเหมืองบ้านปู มาบดด้วยเครื่องบดชนิด Hammer Mill ซึ่งผ่านตะแกรงขนาด 9.53 มม. นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) ซึ่งประกอบด้วยร้อยละความชื้น เถ้า สารระเหยง่าย และคาร์บอนคงตัว การวิเคราะห์หาค่าความร้อน และปริมาณกำมะถันในถ่านหินตามมาตรฐาน ASTM (35, 36, 37)

2. นำดินเหนียวซึ่งใช้เป็นตัวประสาน อบให้แห้งและนำมาบดให้ละเอียด จนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 250 ไมโครเมตร ทั้งหมด

3. การอัดก้อนถ่านหินทำโดยนำตัวอย่างถ่านหินประมาณ 4 กิโลกรัม มาผสมกับส่วนประกอบอื่น ๆ คือ ดินเหนียวร้อยละ 30 ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง ปูนขาวใช้อัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 และน้ำร้อยละ 35 ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก จนส่วนผสมเข้ากันดีประมาณ 30 นาที จึงนำไปอัดก้อนโดยใช้เครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll ในกรณีที่ส่วนผสมแห้งเกินไปอัดก้อนไม่ติด ก็เติมน้ำลงในส่วนผสม แล้วบ้อนเข้าไปอัดก้อนใหม่ เมื่ออัดก้อนดีหมดแล้วนำถ่านหินอัดก้อนที่ได้ไปตากแห้งไว้ในอากาศประมาณ 4-6 วัน หรือจนความชื้นของถ่านหินอัดก้อนลดลงจนสู่สมดุล (30) แล้วนำไปหาร้อยละค่าความชื้น และคำนวณหาค่าความร้อน ดังแสดงในภาคผนวก ข ก่อนที่จะนำไปใช้ทดลอง

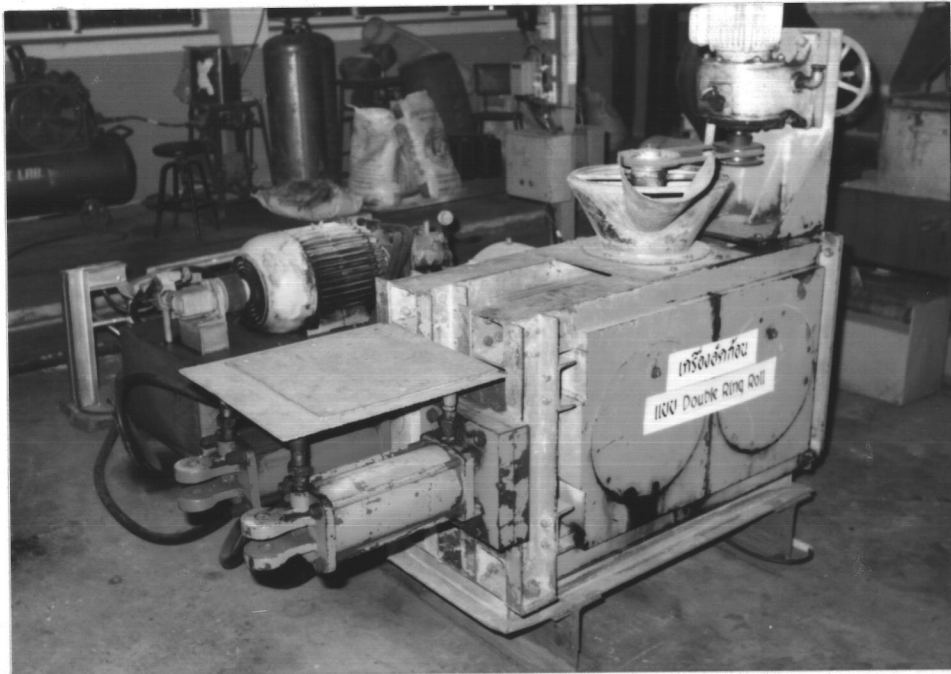
4. นำถ่านไม้มาคัดน้ำหนักให้อยู่ในช่วง 10-40 กรัมต่อก้อนโดยประมาณ และนำมาหาค่าความชื้น และค่าความร้อน



รูปที่ 3.1 เครื่องบดด้านหินชนิด Hammer Mill



รูปที่ 3.2 เครื่องผสม (Mixer)



รูปที่ 3.3 เครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll



รูปที่ 3.4 เตาอังโล่ขนาด 24, 27 และ 30 ซม.



รูปที่ 3.5 เตาอังโล่ (1) เปรียบเทียบกับเตาประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ (2)



รูปที่ 3.6 เครื่องมือวัดความร้อนที่ได้รับต่อหน่วยพื้นที่-เวลา (Heat flux meter)



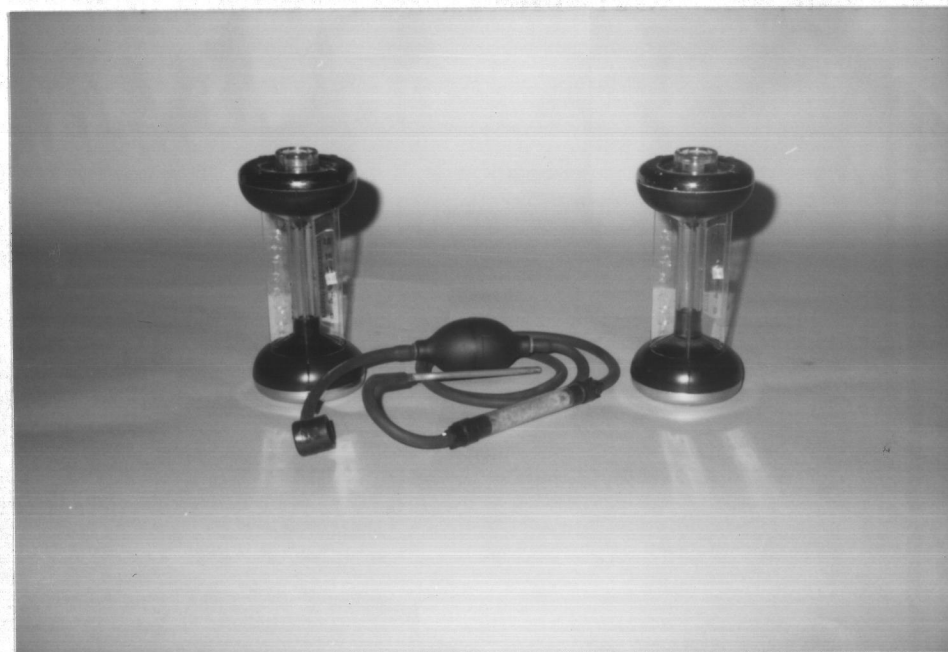
รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple)



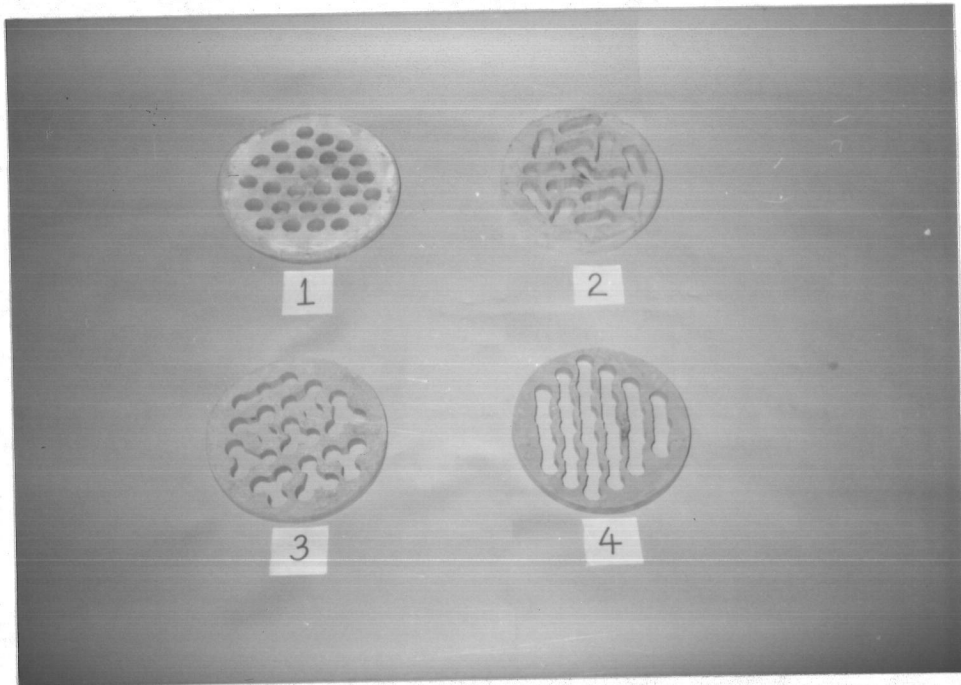
รูปที่ 3.8 เครื่องบันทึก (Recorder)



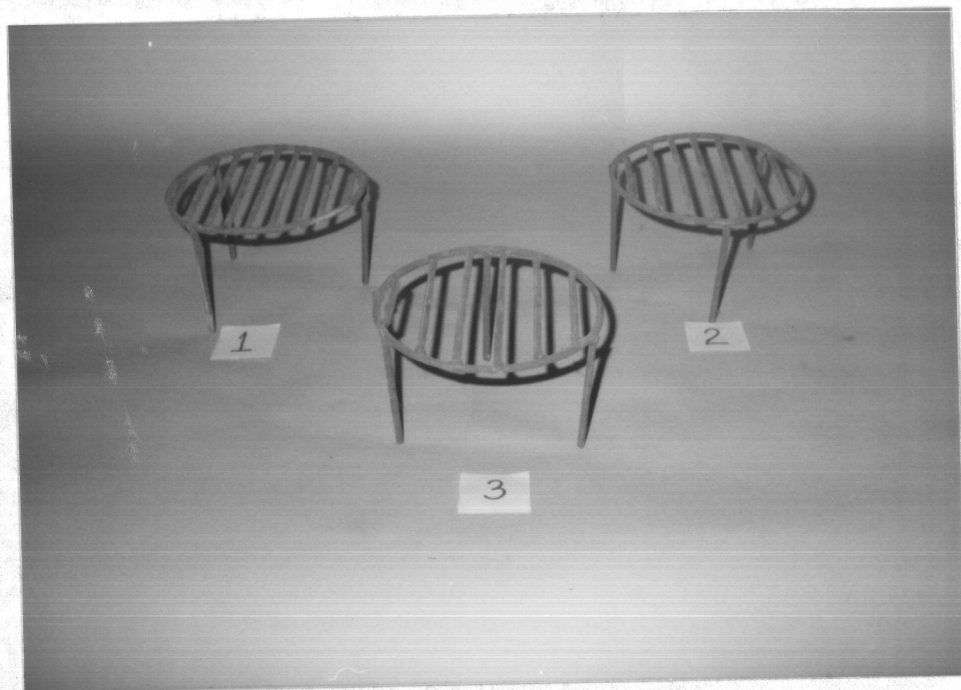
รูปที่ 3.9 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไฟฟ้า (Digital Thermocouple)
และหัววัดอุณหภูมิ



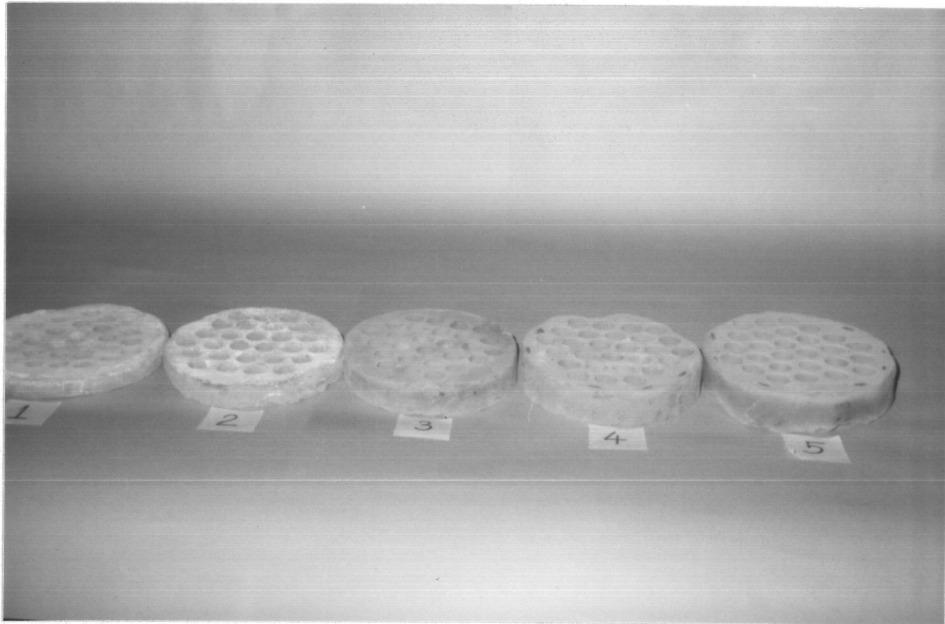
รูปที่ 3.10 เครื่องมือวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน (Gas
Analysers for Measuring Carbon Dioxide and Oxygen)



รูปที่ 3.11 รังผึ้งที่ตัดแปลง (1) ชนิดเดิม (2) ชนิดเชื่อม 2 รูให้ติดกัน
(3) ชนิดเชื่อม 3 รูให้ติดกัน (4) ชนิดเชื่อมให้มีลักษณะเป็นช่องยาว ๆ



รูปที่ 3.12 ตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างซี่ตะแกรง 1.2 ซม. (1), 1.6 ซม. (2)
และ 2.0 ซม. (3)



รูปที่ 3.13 รังผึ้งที่มีขนาดต่างกัน (1) 1.8 ซม., (2) 2.5 ซม.,
(3) 3.0 ซม., (4) 3.5 ซม. และ (5) 4.0 ซม.



รูปที่ 3.14 เตาอั้งโล่ขนาด 27 ซม. ที่มี ความสูง 27 ซม., 32 ซม.
และ 37 ซม.

3.3.2 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม

ทำในเตาหุงต้ม 3 ขนาด โดยทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ซึ่งได้แบ่งการทดลองตามลักษณะความแตกต่างของงานดังต่อไปนี้

3.3.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้ม

ทำการทดลองโดยใช้สภาพการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 หลังจากก่อไฟติดดีแล้ววัดช่วงระยะเวลาที่วันหมด วัสดุอุณหภูมิ น้ำ หม้ออลูมิเนียมใส่ น้ำขึ้นตั้งไฟ รอจนน้ำเดือด จดเวลาที่ใช้ แล้วเปิดฝาหม้อให้น้ำระเหยไปจนกระทั่งไฟรา จดน้ำหนักที่เหลือ และจดเวลาที่เลิกทำการทดลอง ซึ่งประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มหาได้โดยใช้สมการที่ (9) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 3.2 สภาพการทดลองการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด

สภาพการทดลอง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเตาหุงต้ม (ซม.)		
	24	27	30
หม้ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ (ซม.)	24	26	28
ปริมาณน้ำ (กรัม)	2,500	2,500	4,000
ปริมาณถ่านไม้ (กรัม) (รวมความชื้น)	300	400	500

หมายเหตุ : สำหรับปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ในการทดลอง จะใช้ในปริมาณที่เทียบค่าความร้อนเท่ากับถ่านไม้

3.3.2.2 การศึกษาความร้อนที่สูญเสียตามส่วนต่าง ๆ ของเตาหุงต้ม

การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่ใช้เป็นประโยชน์ และส่วนที่สูญเสียไปโดยไร้ประโยชน์ ซึ่งจะมีการสูญเสีย 6 ทางด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดยส่วนที่เกี่ยวกับการสูญเสียที่ผิวภาชนะหุงต้ม จะไม่วิเคราะห์หา เพราะไม่เกี่ยวกับตัวเตาหุงต้ม และส่วนที่สูญเสียโดยการนำจากฐานด้านล่างของเตาหุงต้มลงสู่พื้นที่รองรับเตาจะไม่วิเคราะห์หาเพราะมีปริมาณความร้อนที่สูญเสียน้อยมาก สำหรับส่วนที่สูญเสียหา

โดยใช้สภาพการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ดังนี้

ก. การสูญเสียทางผิวของเตาหุงต้ม

ศึกษาการสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี และการพาจากผิวของเตาหุงต้ม โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไฟฟ้า และหัววัดแบบสัมผัสกับผิว วัดอุณหภูมิที่ผิวของเตาหุงต้มโดยรอบ และเนื่องจากอุณหภูมิที่ผิวมีค่าไม่เท่ากันทั้งเตา จึงแบ่งพื้นที่ในการวัดออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน คือส่วนบนและส่วนล่าง เพื่อให้ค่าที่ได้ถูกต้องมากที่สุด การวัดจะทำการวัดตรงกลางในแต่ละส่วนรอบเตาหลายจุดโดยแต่ละจุดที่วัดมีระยะห่างเท่ากัน แล้ววัดหาค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วน เพื่อนำอุณหภูมิที่เฉลี่ยได้ไปคำนวณ โดยใช้สมการที่ (10), (11) และ (12) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก การทดลองเริ่มทำ ณ เวลาที่เริ่มใช้งานคือ เวลาวันหมดคี่ (ตอนที่ตั้งหม้อ) แล้วจึงวัดอุณหภูมิเทียบกับเวลาตลอดการใช้งาน จนกระทั่งเลิกใช้งาน ดังรูปที่ 3.15

ข. การสูญเสียทางช่องลมด้านหน้าของเตาหุงต้ม

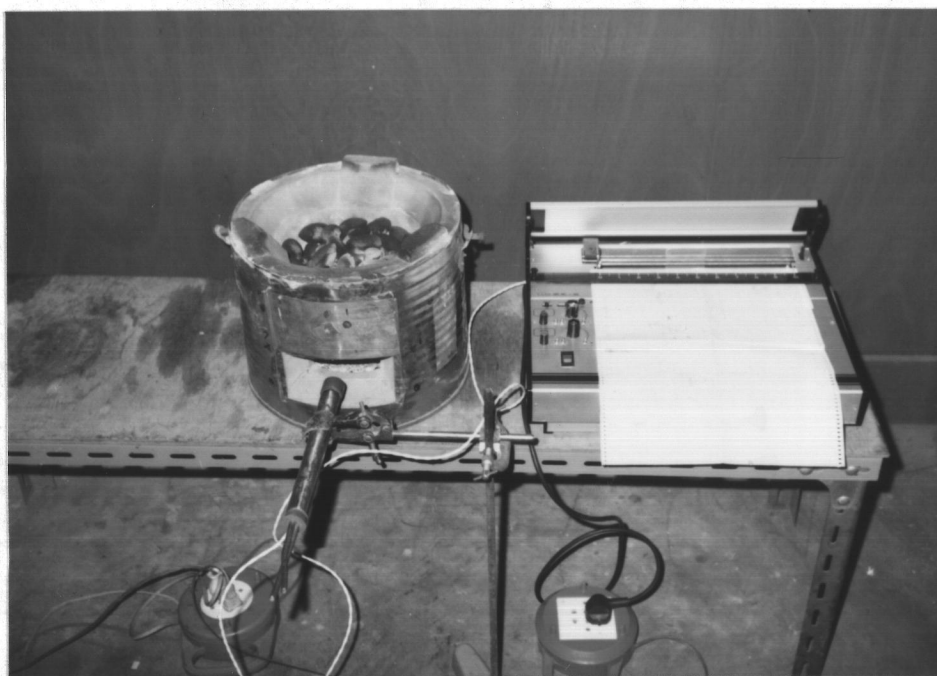
ศึกษาการสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีจากช่องลมด้านหน้าของเตาหุงต้ม โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิและเครื่องบันทึก วัดอุณหภูมิภายในห้องเตาเทียบกับเวลา ซึ่งเริ่มทำการวัด ณ เวลาที่เริ่มใช้งานจนกระทั่งเลิกใช้งาน โดยที่อุณหภูมิภายในห้องเตานี้ต้องเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผนังเตา ก้นเตา และรังผึ้ง เพื่อนำอุณหภูมิที่เฉลี่ยได้ไปคำนวณในสมการที่ (13) สำหรับอีกวิธีหนึ่งในการหาความร้อนที่สูญเสียในส่วนนี้คือ ใช้เครื่องมือวัดความร้อนและเครื่องบันทึกวัดเทียบกับเวลาที่บริเวณช่องเปิดด้านหน้า ซึ่งจะวัดออกมาเป็นหน่วยความร้อนต่อพื้นที่-เวลา ได้เลย ดังรูปที่ 3.16 แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก

ค. การสูญเสียเนื่องจากสะสมอยู่ในตัวเตาหุงต้ม

เนื่องจากความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกสะสมไว้ในมวลของเตา ขณะเลิกใช้งานซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียอย่างหนึ่ง ได้ทดลองหาโดยการวัดอุณหภูมิของเตาหุงต้มขณะเลิกใช้งาน โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไฟฟ้า และหัววัดแบบสัมผัสกับผิว วัดอุณหภูมิที่ผิวเตาและที่ผนังเตาด้านในหลาย ๆ จุด แล้วนำมาเฉลี่ยกัน เพื่อนำอุณหภูมิที่เฉลี่ย ไปคำนวณโดยใช้สมการที่ (14) แต่การหาความร้อนที่สะสมในมวลของเตาในสมการที่ (14) จะต้องทราบค่าความจุความร้อนของเตา (c_p) จึงได้ทำการทดลองโดยการนำเตาหุงต้มขณะเลิกใช้งานมาแช่น้ำเย็นที่รู้ปริมาณและอุณหภูมิเริ่มต้น วัดอุณหภูมิสุดท้าย แล้วมาคำนวณหาค่า c_p โดยใช้สมการที่ (15) ดังแสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 3.15 การวัดอุณหภูมิที่ผิวของเตาโดยรอบ ใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไฟฟ้า
พร้อมหัววัดแบบสัมผัสกับผิว



รูปที่ 3.16 การวัดความร้อนที่สูญเสียทางช่องลมด้านหน้า โดยใช้เครื่องมือวัด
ความร้อน

3.3.2.3 การวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี

ศึกษาลักษณะของการให้ความร้อนและปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี และการพาความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร เมื่อนำไปใช้งานในเตา การทดลองทำโดยใช้สภาพการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 (ไม่ได้ตั้งหม้อ) ใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และเครื่องบันทึกวัดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงในเตาหลาย ๆ จุด เทียบกับเวลา แล้วนำมาเฉลี่ยกัน เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี โดยใช้สมการที่ (8) (ทำเฉพาะกับเตาขนาด 30 ซม.) อีกวิธีหนึ่งคือ ทำการทดลองโดยใช้เครื่องมือวัดความร้อนและเครื่องบันทึกวัดเทียบกับเวลา ที่ระดับความสูงต่าง ๆ ตรงตำแหน่งตรงกลาง ดังรูปที่ 3.17 แล้วจึงคำนวณต่อไปที่ตำแหน่งปากเตา ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก สำหรับการพาความร้อนหาโดยนำส่วนที่สูญเสียไปเนื่องจากสะสมในมวลของเตา ผิวเตา ช่องลม ด้านหน้า รวมกับส่วนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี แล้วนำมาลบกับ 100 ก็จะสามารถหาได้ และได้วัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาหุงต้มเทียบกับเวลา โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และเครื่องบันทึก ดังรูปที่ 3.18 เพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการให้ความร้อนของเชื้อเพลิงที่วัดโดยใช้เครื่องมือวัดความร้อน

3.3.3 การศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งาน

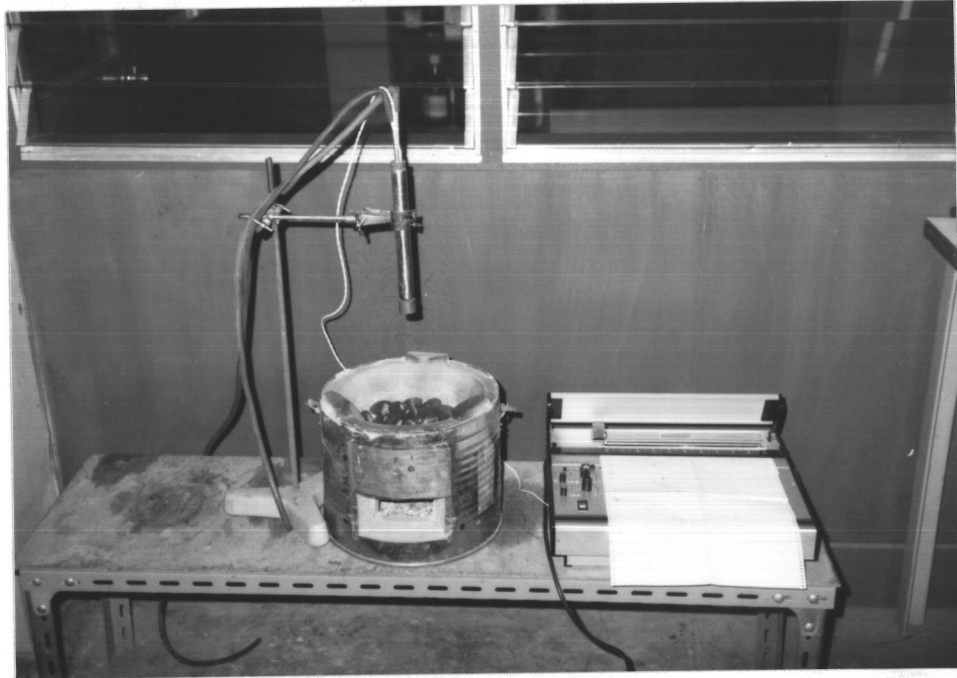
ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการนำด้านหินอัคนีไปใช้ในเตาหุงต้ม โดยเปรียบเทียบกับถ่านไม้ แบ่งออกเป็น

3.3.3.1 การศึกษาปริมาตรของห้องเผาไหม้ในเตาหุงต้ม เมื่อเทียบกับปริมาณความร้อนที่เท่ากันของถ่านหินอัคนีและถ่านไม้

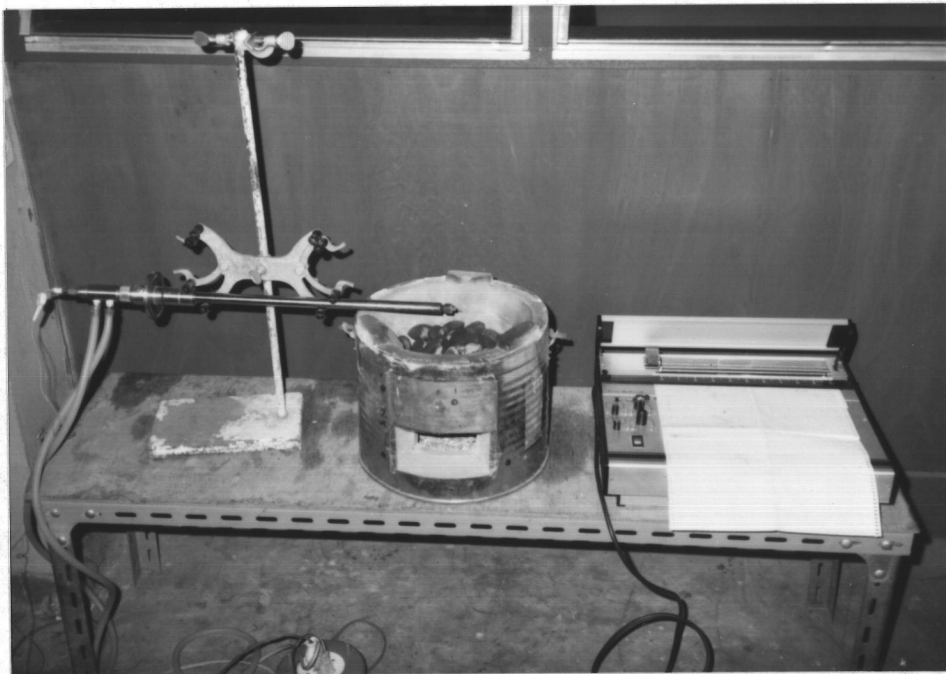
ปริมาตรของห้องเผาไหม้ในเตาหุงต้มเป็นส่วนที่สำคัญ เนื่องจากถ้าห้องเผาไหม้มีขนาดเล็กเกินไปจะใส่เชื้อเพลิงได้น้อย ทำให้ความร้อนในการหุงต้มอาจไม่พอ และถ้าขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เชื้อเพลิงมากจนเกินความจำเป็นในการหุงต้ม ได้ทดลองโดยการวัดความสูงของชั้นเชื้อเพลิงที่ใส่เทียบกับน้ำหนักที่รวมความชื้นของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด ในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด และนำผลที่ได้มาเขียนกราฟ

3.3.3.2 การศึกษาความสะดวกในการใช้งาน ในแง่การเติมเชื้อเพลิง การเชื่อม การจุดติด และการเก็บเตาออกจากเตาหุงต้ม

การใช้งานโดยทั่ว ๆ ไปมักจะมีการเติมเชื้อเพลิง การเชื่อมเมื่อจะเติมเชื้อเพลิงใหม่ เพื่อให้มีปริมาณความร้อนพอเพียงในขณะที่ใช้งานเมื่อความร้อนเริ่มจะลดลง เรียกว่า



รูปที่ 3.17 การวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ณ ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือวัดความร้อน



รูปที่ 3.18 การวัดอุณหภูมิที่ปากเตาหุงต้มโดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การใช้งานแบบต่อเนื่อง การทดลองทำในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อน และถ่านไม้ ซึ่งเป็นการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่อง โดยใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.2.1 และสภาพการทดลองในตารางที่ 3.3 ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก โดยจะเติมเชื้อเพลิงทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งเป็นการเลียนแบบการใช้งานในครัวเรือนโดยทั่วไปสำหรับครอบครัวปกติ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ในการหุงต้ม สำหรับความร้อนที่ใช้ในการหุงต้มปกติมักจะต้องการความร้อนไม่เท่ากันในแต่ละช่วง ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอาหารนั้น แต่ในการทดลองจะพยายามเติมเชื้อเพลิงให้ปริมาณความร้อนที่ได้รับสม่ำเสมอตลอดในแต่ละช่วงการใช้งาน โดยจะเติมเชื้อเพลิงทุก ๆ 30 นาทีเป็นหลัก สำหรับปริมาณน้ำจะเติมทั้งหมด 3 ครั้งเช่นกัน โดยเติมหลังจากเติมเชื้อเพลิงไปแล้วประมาณ 5-10 นาที และในการเติมเชื้อเพลิงลงไปใหม่ในเตาแต่ละครั้งจะมีการใช้พัดลมขนาดเล็กเป่าเพื่อให้จุดติดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นการเลียนแบบการใช้งานจริง ๆ ที่มักจะใช้พัดเพื่อจุดติดได้เร็ว และในการใช้งานแบบต่อเนื่อง ได้ทดลองวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี โดยใช้เครื่องมือวัดความร้อน และเครื่องบันทึกวัดเทียบกับเวลา ซึ่งใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.2.3 ดังสภาพการทดลองในตารางที่ 3.3 (ไม่ได้ตั้งหม้อ) ของเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ สำหรับการเขี่ยเชื้อเพลิงจะศึกษาควบคู่ไปกับการเติมเชื้อเพลิงในเตาหุงต้ม เพราะการเติมเชื้อเพลิงทุกครั้งมักจะมีการเขี่ยก่อนเสมอ เพื่อให้เถ้าที่เกาะอยู่กับเชื้อเพลิงที่เผาไหม้หลุดออก ซึ่งจะช่วยให้เชื้อเพลิงที่เติมเข้าไปใหม่ติดไฟได้เร็วขึ้น

ตารางที่ 3.3 สภาพการทดลองการหาประสิทธิภาพการใช้งานแบบต่อเนื่องของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด

สภาพการทดลอง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเตาหุงต้ม (ซม.)		
	24	27	30
หม้ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ (ซม.)	24	26	28
ปริมาณถ่านไม้ (เติมครั้งที่ 1,2,3) (กรัม) (รวมความชื้น)	300, 150, 150	400, 200, 200	500, 250, 250
ปริมาณน้ำ (เติมครั้งที่ 1,2,3) (กรัม)	2500, 350, 350	2500, 650, 650	4000, 800, 800

หมายเหตุ : สำหรับปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ในการทดสอบ จะใช้ในปริมาณที่เทียบค่าความร้อนเท่ากับถ่านไม้

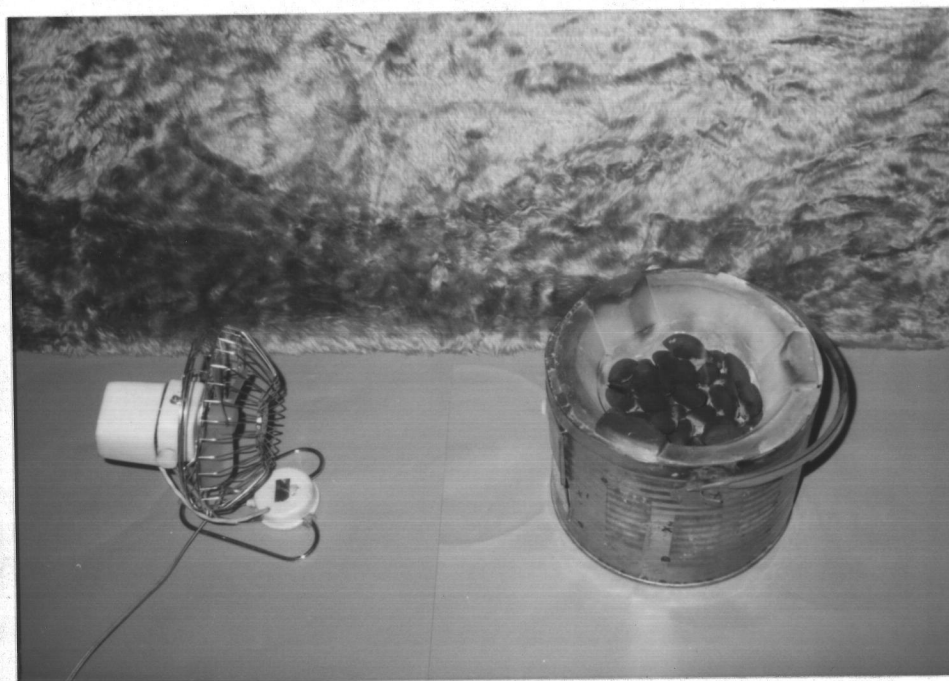
ความสะดวกในแง่การจุดติดของเชื้อเพลิง 2 ชนิด จะสังเกตทุกครั้งที่ทำารจุดเตาทั้ง 3 ขนาด โดยใช้สภาพการทดลองคือ ในเตาหุงต้มขนาด 24 และ 27 ซม. ใช้ปริมาณพื้น 20 กรัม และในเตาหุงต้มขนาด 30 ซม. ใช้ปริมาณพื้น 30 กรัม ทั้งถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ โดยใช้วิธีการจุดเตาที่เหมือนกันคือ วางซีไต้อยู่บนตรงกลางรังผึ้ง แล้ววางพื้นรอบ ๆ ซีไต้ จากนั้นจุดซีไต้ให้ติด เพื่อให้เผาไหม้พื้น เมื่อพื้นติดดีแล้ว ให้วางถ่านหินอัดก้อนหรือถ่านไม้บนกองพื้น แล้วเปิดพัดลม ซึ่งตั้งระยะห่าง 60 ซม. จากช่องลมด้านหน้า ดังรูปที่ 3.19 และ 3.20 จับเวลาในการจุดติดไฟ และเวลาที่รอกวันหมด (เวลาที่เริ่มใช้งานได้) เปรียบเทียบกันระหว่างถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ สำหรับการหาประสิทธิภาพการใช้งานแบบต่อเนื่องที่มีการเติมเชื้อเพลิง ให้จับเวลาช่วงที่เติมถ่านหินอัดก้อนหรือถ่านไม้ลงไปใหม่จนกระทั่งจุดติดไฟดีขึ้น และในแง่ของการเก็บเถ้าออกจากเตาหุงต้ม เปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ จะศึกษาในขณะที่จุดเตาทั้ง 3 ขนาด และมีการเก็บเถ้าออกจากเตาหุงต้ม

3.3.3.3 การศึกษาการปรับปรุง คัดแปลงรังผึ้งให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินอัดก้อน

จากการทดลองในข้อ 3.3.3.2 คาดว่ารังผึ้งแบบเดิมอาจไม่เหมาะสมสำหรับการใช้ถ่านหินอัดก้อนเพราะการเชื่อมต่อได้ลำบากเนื่องจากไม่สามารถเชื่อมต่อด้านบนได้เหมือนถ่านไม้ ซึ่งการเชื่อมต่อให้เข้าของถ่านหินอัดก้อน และถ่านหินอัดก้อนที่กำลังเผาไหม้อยู่แตก และไปอุดตามช่องว่างระหว่างถ่านหินทำให้อากาศไหลผ่านขึ้นมาได้น้อยลง ดังนั้นการเผาไหม้จะไม่ดีทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลง ซึ่งการเชื่อมต่อจะต้องเชื่อมจากด้านล่างของรังผึ้งโดยผ่านทางช่องลมด้านหน้า เพื่อให้ชั้นของถ่านหินอัดก้อนที่เผาไหม้แล้ว ซึ่งอยู่ด้านล่างตกลงมาในช่องเถ้า ส่วนชั้นที่เผาไหม้อยู่ด้านบนก็จะเลื่อนลงมาแทนที่ และเนื่องจากปริมาณเถ้าของถ่านหินมีมากกว่าถ่านไม้ จึงจำเป็นต้องคัดแปลง ปรับปรุง รังผึ้งใหม่ให้มีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้น เพื่อช่วยต่อการเชื่อมต่อทางด้านล่าง และให้เถ้าของถ่านหินอัดก้อนตกลงมายังห้องเถ้าได้ง่ายขึ้น โดยจะทำการทดลองในเตาขนาด 27 ซม. ซึ่งเป็นการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่อง โดยใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.3.2 และสภาพการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.4 การเติมถ่านหินอัดก้อนจะเติมทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อให้มีการเชื่อมเกิดขึ้นในระหว่างการใช้งาน แล้วคุณลักษณะความยากง่ายในการเชื่อมควบคู่กันไป โดยจะเติมทุก ๆ 30 นาที ซึ่งรังผึ้งที่คัดแปลงจะทำ 2 แบบคือ



รูปที่ 3.19 ลักษณะการวางพื้นและชี้ใต้เพื่อการจุดติดของถ่านหินอัดก้อน



รูปที่ 3.20 การใช้พัดลมขนาดเล็กเป่าลมเข้าทางช่องลมด้านหน้าเพื่อให้ควันหมดเร็วขึ้นของถ่านหินอัดก้อน

1. ตัดแปลงจากรังผึ้งที่มีอยู่เดิม โดยการทำให้มีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้น
 - เชื่อม 2 รูของรังผึ้งให้ติดกัน (พื้นที่ช่องว่าง : พื้นที่ทั้งหมด = 0.37)
 - เชื่อม 3 รูของรังผึ้งให้ติดกัน (พื้นที่ช่องว่าง : พื้นที่ทั้งหมด = 0.41)
 - เชื่อมรูของรังผึ้งให้มีลักษณะเป็นช่องยาว ๆ (พื้นที่ช่องว่าง : พื้นที่ทั้งหมด = 0.46)
 (สำหรับรังผึ้งลักษณะเดิมมีพื้นที่ช่องว่าง : พื้นที่ทั้งหมด = 0.29)

2. ออกแบบรังผึ้งใหม่โดยเปลี่ยนเป็นแบบตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง ดังนี้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กที่ใช้ทำตะแกรงเท่ากับ 0.50 ซม.)
 - ระยะห่างของซี่ตะแกรง 1.2 ซม. (พื้นที่ช่องว่าง : พื้นที่ทั้งหมด = 0.75)
 - ระยะห่างของซี่ตะแกรง 1.6 ซม. (พื้นที่ช่องว่าง : พื้นที่ทั้งหมด = 0.79)
 - ระยะห่างของซี่ตะแกรง 2.0 ซม. (พื้นที่ช่องว่าง : พื้นที่ทั้งหมด = 0.83)

ตารางที่ 3.4 สภาพการทดลองการหาประสิทธิภาพการใช้งานแบบต่อเนื่องของเตาขนาด 27 ซม. โดยใช้รังผึ้งที่ตัดแปลงใหม่ 2 แบบ

สภาพการทดลอง	ค่าที่ใช้
หม้ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ (ซม.)	26
ปริมาณถ่านหินอัดก้อน (เติมครั้งที่ 1,2,3,4,5) (กรัม) (รวมความชื้น)	826, 413, 413, 413, 413
ปริมาณน้ำ (เติมครั้งที่ 1,2,3,4,5) (กรัม)	2500, 750, 750, 750, 750

และได้ทดลองหาผลของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ช่องว่างในรังผึ้งว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหรือไม่ โดยทำการทดลองในเตาขนาด 27 ซม. ใช้รังผึ้งแบบเดิม และแบบตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง 2 ซม. ซึ่งใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.2.1 และสภาพการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง

3.3.3.4 การศึกษาการเพิ่มความสูงของห้องเตาในเตาหุงต้ม

การทำรูปทรงของเตาหุงต้มให้สูงขึ้นจะเพิ่มอัตราการไหลของปริมาณอากาศที่เข้ามาทางช่องลมด้านหน้า เนื่องจากเกิดแรงดูดของอากาศ (draught) มากขึ้นซึ่งจะทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น โดยทำการทดลองกับเตาขนาด 27 ซม. ดังนี้

1. จำนวนร้อยละของปริมาณอากาศเกินพอลิในเตาหุงต้ม เปรียบเทียบระหว่างถ่าน-หินอัดก้อนและถ่านไม้ เพื่อดูปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ ต่อเข้ากับ pitot tube เพื่อดูก๊าซมาวิเคราะห์ ซึ่งมีระบบน้ำหล่อเย็นทำให้ก๊าซที่ดูดเข้ามา เย็นลง การดูดก๊าซจะดูด ณ จุดที่ต่ำกว่าปากเตาเพื่อไม่ให้ดูดอากาศที่ไหลมาจากทางด้านบน ของปากเตา ซึ่งวัดเป็นร้อยละของออกซิเจน และร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ ของปริมาณ ก๊าซที่ดูดเข้ามาวิเคราะห์เทียบกับเวลา ดังรูปที่ 3.21 ใช้สภาพการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 (ไม่ได้ตั้งหม้อ) แล้วนำไปคำนวณร้อยละของปริมาณอากาศเกินพอลิ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

2. การหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาที่ออกแบบโดยเพิ่มความสูงของห้องเผา การทดลองจะทำกับเตาสูง 27 ซม., 32 ซม. และ 37 ซม. ใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.2.1 และสภาพการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

3.3.3.5 การศึกษาการคัดแปลงลักษณะที่วางภาชนะในเตาหุงต้มเทียบกับเตา ประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ (ลักษณะและขนาดของเตากรมป่าไม้ ดูในภาคผนวก จ.)

ลักษณะที่วางภาชนะของเตาประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้มีข้อดีคือ สามารถวาง หม้ออลูมิเนียมได้หลายขนาด โดยที่มีช่องอากาศร้อนออกเท่ากันหมดประมาณ 1 ซม. ทำให้เกิด การสูญเสียน้อยกว่า ดังรูปที่ 3.22 การทดลองทำโดยการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตา ขนาด 27 ซม. เทียบกับเตาของกรมป่าไม้ โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน ซึ่งในการทดลองจะใช้หม้อ อลูมิเนียมขนาดตั้งแต่ 22 ซม. ถึง 30 ซม. โดยใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.2.1 และสภาพ การทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 เพื่อเปรียบเทียบคูแวนโน้มของประสิทธิภาพการใช้งานของ เตาทั้ง 2 ชนิด

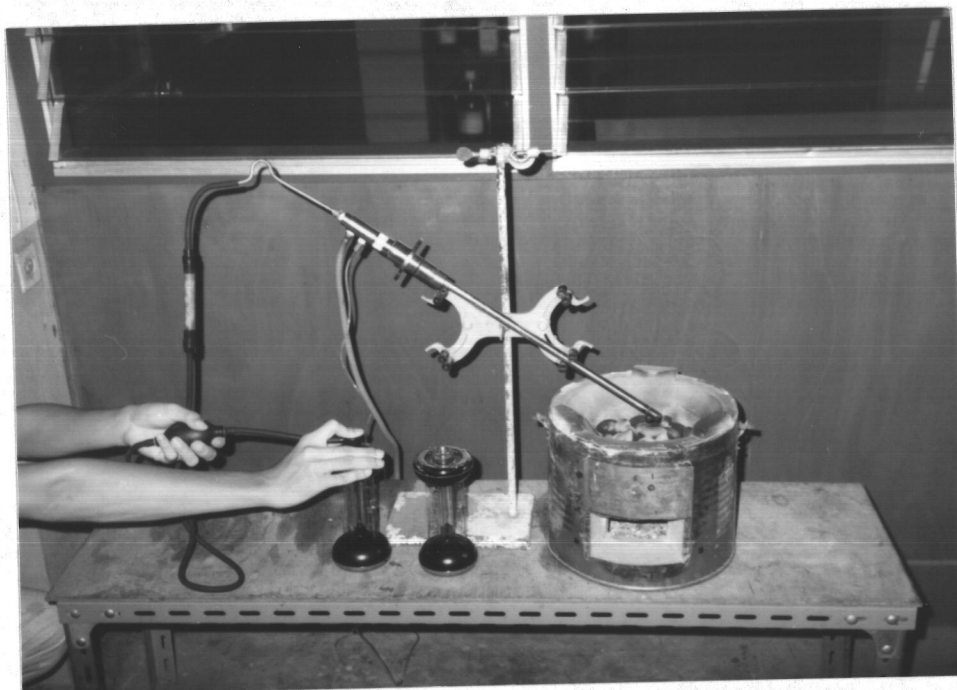
3.3.4 การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มโดยใช้ถ่านหิน อัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง

ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงเตาและเสนอแนะการใช้เตาที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง การทดลองทำในเตาขนาด 27 ซม. โดยการหาประสิทธิภาพ การใช้งานของเตาซึ่งใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.2.1 และสภาพการทดลองดังแสดงในตาราง ที่ 3.2 ตัวแปรที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

3.3.4.1 ตัวแปรที่เกี่ยวกับตัวเตาหุงต้ม

ก. ความสูงเชิงเติน

ทำการทดลองโดยการปรับความสูงของเชิงเตินตั้งแต่ 0.5 ซม. ถึง 3.5 ซม.



รูปที่ 3.21 การวัดร้อยละของออกซิเจนและร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ



รูปที่ 3.22 ลักษณะที่วางภาชนะของเตาอังโล่เทียบกับเตาประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้

ข. ขนาดของช่องลมด้านหน้า

ทำการทดลองกับเตาที่มีความสูง 32 ซม. โดยการปรับขนาดของช่องลมด้านหน้าตั้งแต่ 4.0×15.5 ตร.ซม. ถึง 9.4×15.5 ตร.ซม.

ค. ความหนาของรังผึ้ง

ทำการทดลองกับเตาที่มีความสูง 27 ซม. โดยการปรับความหนาของรังผึ้งตั้งแต่ 1.8 ซม. ถึง 4.0 ซม.

3.3.4.2 ตัวแปรที่ไม่เกี่ยวกับตัวเตาหุงต้ม

ก. ขนาดของหม้ออลูมิเนียม

ทำการทดลองโดยการใช่มื้ออลูมิเนียมขนาดตั้งแต่ 22 ซม. ถึง 30 ซม.

ข. ปริมาณน้ำ

ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณน้ำตั้งแต่ 1,500 กรัม ถึง 3,500 กรัม

ค. ปริมาณถ่านหินอัดก้อน

ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณถ่านหินอัดก้อนตั้งแต่ 630 กรัม ถึง 1,400 กรัม (รวมความชื้น)

ง. ชนิดของภาชนะหุงต้มอื่น ๆ

ทำการทดลองโดยใช้หม้อแซก กาดัมน้ำ และกระทะ โดยใช้ความสูงของเชิงเทียน 2 ค่า คือ 0.7 ซม. และ 1.4 ซม.

3.3.5 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้มโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน

การทดลองทั้งหมดที่ศึกษามาใช้ถ่านหินอัดก้อนชนิดเดียวกันหมด (A) ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3.5 เพื่อนำมาวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม การทดลองทำในเตาขนาด 27 ซม. ใช้หลักการทดลองตามข้อ 3.3.2 และสภาพการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.5 ชนิดของถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน ที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของถ่านหินอัดก้อน	ค่าความร้อน (ไม่รวมความชื้น), แคลอรี/กรัม
A	4,033
B	3,614
C	3,373
D	3,128
E	4,270