บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้กับเตาอั้งโล่ที่นิยมใช้กับถ่านไม้ โดยศึกษาการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตา ศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งานเปรียบเทียบกับถ่านไม้ และศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตา ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่ใช้

4.1.1 จากการนำถ่านหินจากเหมืองบ้านปูมาบดด้วยเครื่องบดชนิด Hammer Mill ผ่านตะแกรงขนาด 9.53 มม. และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์แบบประมาณ การวิเคราะห์ค่าความร้อน และการวิเคราะห์กำมะถันในถ่านหิน ได้แสดงผลในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองบ้านปู

รายการที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	
	1	2
การวิเคราะห์แบบประมาณ :		
- ความชื้น (ร้อยละ)	20.89	-
- เถ้า (ร้อยละ)	5.94	7.51
- สารระเหยง่าย (ร้อยละ)	36.72	46.42
- คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	36.45	46.07
ปริมาณกำมะถัน (ร้อยละ)	2.21	2.79
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	4,630	5,853

หมายเหตุ 1. สภาวะที่ทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลานาน (air-dried basis)

2. สภาวะที่ไม่รวมความชื้น (dry basis)

ผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองบ้านปู พบว่ามีค่าความร้อนแบบไม่รวมความชื้นเท่ากับ 5,853 แคลอรี/กรัม จากค่าความร้อนนี้เมื่อนำไปเทียบกับตารางที่ 2.1 การจัดแบ่งถ่านหินตามศักดิ์โดยวิธี ASTM พบว่าถ่านหินจัดอยู่ในประเภทซับบิทูมินัส (Subbituminous) นอกจากนี้มีปริมาณสารระเหยสูงถึงร้อยละ 46.42 และปริมาณกำมะถันร้อยละ 2.79 ซึ่งถ้านำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะเกิดเขม่าและควันมาก รวมทั้งมีกลิ่นเหม็นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ ก่อให้เกิดความรำคาญและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ จึงต้องมีวิธีกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออก-ไซด์ โดยได้เติมปูนขาวลงไปเพื่อจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ (38)

4.1.2 จากการทดลองอัดก้อนถ่านหินโดยใช้เครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll ถ่านหินที่ได้มีลักษณะเป็นรูปไข่ (Ovoid) ตามแบบพิมพ์ ดังรูปที่ 4.1 มีขนาดประมาณ 3 ซม. × 5 ซม. น้ำหนักของถ่านหินอัดก้อนเริ่มแรกประมาณ 20 กรัมต่อก้อน พบว่าถ่านหินอัดก้อนที่อัดได้ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้เนื่องจากมีความชื้นสูงมาก ถ้านำไปใช้งานจะจุดติดไฟยาก และก้อนถ่านแตกได้ง่าย อีกทั้งค่าความร้อนจะมีค่าต่ำ จึงต้องตากถ่านหินอัดก้อนทิ้งไว้ในอากาศประมาณ 4-6 วัน เพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล แล้วจึงนำไปใช้งานได้ จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาร้อยละค่าความชื้น และคำนวณหาค่าความร้อน ซึ่งได้แสดงผลในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและคำนวณค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อน

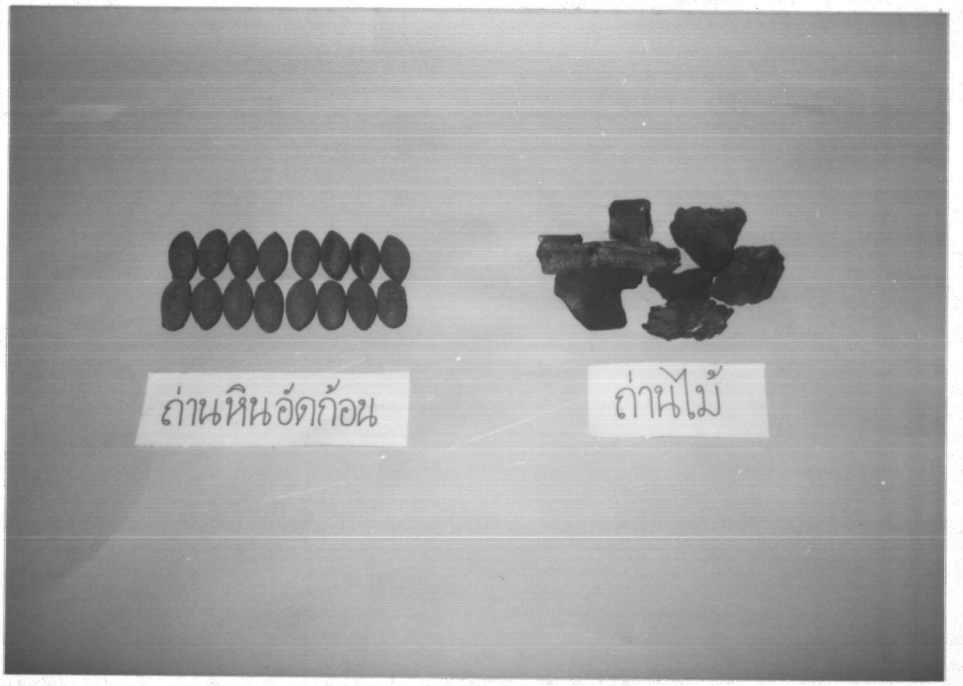
รายการที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
ความชื้น (ร้อยละ)	14.82
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	
- รวมความชื้น (wet basis)	3,435
- ไม่รวมความชื้น (dry basis)	4,033

4.1.3 เนื่องจากน้ำหนักของถ่านไม้ที่ได้มามีน้ำหนักไม่แน่นอน และอาจมีผลต่อการทดลองจึงนำถ่านไม้มาคัดน้ำหนักให้อยู่ในช่วง 10-40 กรัมต่อก้อน โดยประมาณดังรูปที่ 4.1 เมื่อคัดแล้วจึงนำไปใช้งาน ซึ่งต้องวิเคราะห์หาค่าความชื้นและค่าความร้อน ดังแสดงผลในตาราง ที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่าความร้อนของถ่านไม้

รายการที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
ความชื้น (ร้อยละ)	5.50
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	
- รวมความชื้น (wet basis)	7,093.5
- ไม่รวมความชื้น (dry basis)	7,506.3

ผลการวิเคราะห์ความชื้นของถ่านหินอัดก้อนพบว่ามีค่าร้อยละ 14.82 และเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้มีค่าร้อยละ 5.50 จะเห็นว่าถ่านหินอัดก้อนมีความชื้นสูงกว่าถ่านไม้ เนื่องจากโครงสร้างภายในของถ่านหินอัดก้อนมีรูพรุนมากกว่าถ่านไม้ น้ำจึงเข้าไปแทรกอยู่ได้มากกว่า และจากการคำนวณค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อน ดังในภาคผนวก ข. พบว่ามีค่าความร้อนแบบไม่รวมความชื้นเท่ากับ 4,033 แคลอรี/กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าความร้อนแบบไม่รวมความชื้นเท่ากับ 7,506.3 แคลอรี/กรัม จะเห็นว่าค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านไม้มีค่ามากกว่าถ่านหินอัดก้อนประมาณ 2 เท่า ซึ่งทำให้ต้องใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นประมาณ 2 เท่าของถ่านไม้ ถ้าจะให้ปริมาณความร้อนที่เท่ากัน และเมื่อนำไปใส่ในห้องเผาไหม้ในเตาอั้งโล่ พบว่ามีความสูงของเบดใกล้เคียงกัน ดังนั้นเบดของถ่านหินอัดก้อนมีความหนาแน่นประมาณ 2 เท่าของเบดของถ่านไม้



รูปที่ 4.1 ลักษณะของถ่านหินอัดก้อนแบบรูปไข่ (Ovoid) เปรียบเทียบกับถ่านไม้

4.2 ผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม

จากการทดลองวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ซึ่งแสดงตัวอย่างข้อมูลและการคำนวณในภาคผนวก ค. และได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้ม

จากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้แสดงผลในตารางที่ 4.4

การทดสอบหาความร้อนในส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ คือการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาทั้ง 3 ขนาด ดังตารางที่ 4.4 พบว่าเวลาที่รอดวันหมดของถ่านไม้ใช้เวลาประมาณ 3 นาที เมื่อเทียบกับถ่านหินอัดก้อนซึ่งใช้เวลาประมาณ 11-12 นาที เนื่องจากว่าในถ่านหินอัดก้อนมีสารระเหยอยู่มากกว่าถ่านไม้ จึงต้องใช้เวลาในการไล่สารเหล่านี้ออกไป ประกอบกับถ่านหินอัดก้อนมีความชื้นอยู่มากกว่าถ่านไม้ จึงทำให้เวลาที่เริ่มใช้งานได้ (เวลาที่ควันหมด) นานกว่า สำหรับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือดของถ่านไม้ ใช้เวลาน้อยกว่าถ่านหินอัดก้อนเล็กน้อย คือถ่านไม้ใช้เวลาประมาณ 13-15 นาที แต่ถ่านหินอัดก้อนประมาณ 16-17 นาที และช่วงเวลาการใช้งาน (ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มตั้งหม้อจนกระทั่งไฟรา) ของถ่านไม้ จะนานกว่าถ่านหิน-

ตารางที่ 4.4 ผลของการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

ค่าที่วัดและคำนวณ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเตา (ซม.)					
	24		27		30	
	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน
เวลาที่ควันหมดโดยประมาณ (นาที)	3	11	3	12	3	11
เวลาที่ใช้ต้มน้ำให้เดือดโดยประมาณ (นาที)	15	17	13	16	15	17
ช่วงเวลาการใช้งานโดยประมาณ (นาที)	105	90	105	90	105	90
ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)	32.4	33.1	30.0	30.7	32.4	33.0

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัดก้อนประมาณ 15 นาที เนื่องจากถ่านไม้มีคาร์บอนคงตัวมากกว่าถ่านหินอัดก้อน ดังนั้นการเผาไหม้จึงใช้เวลานานกว่า สำหรับถ่านหินอัดก้อนมีสารระเหยมากกว่าทำให้เมื่อเผาไหม้แล้วเกิดรูพรุนที่ผิวถ่านมากออกซิเจนจึงแพร่เข้าไปได้ง่ายขึ้น และอาจจะเป็นที่อากาศไหลเข้ามากกว่าทำให้ออกซิเจนเข้าไปเผาไหม้ได้ดีกว่า การเผาไหม้จึงเร็วกว่า ประสิทธิภาพการใช้งานของเตาทั้ง 3 ขนาด เมื่อเทียบกันระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณร้อยละ 32-33, 30-31 และ 32-33 ในเตาขนาด 24, 27 และ 30 ซม. ตามลำดับ ซึ่งจะอธิบายต่อไปในข้อ 4.2.3 สำหรับเตาขนาด 27 ซม. ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้งานต่ำกว่าเตาขนาดอื่นเป็นเพราะมีเชิงเทินสูง 1.4 ซม. โดยที่อีก 2 ขนาด มีความสูง 1.1 ซม. ซึ่งความสูงของเชิงเทินมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานคือ เมื่อความสูงเชิงเทินเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง ดังผลในข้อ 4.4.1 (ก)

4.2.2 ผลการศึกษาความร้อนที่สูญเสียตามส่วนต่าง ๆ ของเตาหุงต้ม

ก. จากการวิเคราะห์การสูญเสียทางผิวของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้แสดงผลในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของการสูญเสียความร้อนจากผิวของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

ขนาดของเตาหุงต้ม (ซม.)	การสูญเสียความร้อนจากผิวเตาโดยรอบ (ร้อยละของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง)	
	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน
24	4.20	2.83
27	3.73	2.74
30	3.31	2.40

พบว่า การสูญเสียความร้อนเมื่อใช้ถ่านไม้จะมากกว่าเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนเล็กน้อย เนื่องจากถ่านไม้จะให้ความร้อนออกมามากกว่าในช่วงแรก ๆ ทำให้ผิวของเตาร้อนมากกว่าเมื่อเทียบกับถ่านหินอัดก้อน ซึ่งให้ความร้อนสม่ำเสมอกว่า ทำให้อุณหภูมิที่ผิวเตาต่ำกว่าเมื่อใช้ถ่านไม้ และพบว่าปริมาณความร้อนที่สูญเสียในส่วนนี้มีค่าไม่มากนัก คืออยู่ในช่วงประมาณ

ร้อยละ 2 ถึง 4 ของปริมาณความร้อนที่ให้จากเชื้อเพลิง เมื่อเทียบกับปริมาณที่สูญเสียไปทั้งหมด ประมาณเกือบร้อยละ 70 แต่อย่างไรก็ตามควรจะหาวิธีในการลดการสูญเสียลง โดยอาจทำการหุ้มฉนวนรอบ ๆ ผิวเตาเพิ่มขึ้น เพื่อให้อุณหภูมิที่ผิวเตามีค่าลดลงก็จะลดการสูญเสียได้ และอีกวิธีคือ อาจเลือกใช้วัสดุที่ใช้ทำผิวเตาโดยเลือกวัสดุที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ ๆ เพื่อลดการสูญเสียโดยการแผ่รังสี

ข. ผลการวิเคราะห์การสูญเสียทางช่องลมด้านหน้าของเตาหุงต้ม

จากการวิเคราะห์การสูญเสียทางช่องลมด้านหน้าของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้แสดงผลในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของการสูญเสียความร้อนทางช่องลมด้านหน้าของเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

ขนาดของเตาหุงต้ม (ซม.)	การสูญเสียความร้อนทางช่องลมด้านหน้า (ร้อยละของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง)			
	หาโดยวิธีวัดอุณหภูมิแล้วคำนวณ		หาโดยใช้เครื่องมือวัด	
	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน
24	0.61	0.29	1.23	0.65
27	0.78	0.32	1.29	0.66
30	0.32	0.21	0.57	0.39

พบว่า การสูญเสียความร้อนที่ส่วนนี้เมื่อใช้ถ่านไม้จะมากกว่าเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนเนื่องจากอุณหภูมิภายในห้องเถ้าเมื่อใช้ถ่านไม้จะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน และจากการทดลองวิเคราะห์โดยวิธีการคำนวณจากการวัดอุณหภูมิภายในห้องเถ้าและใช้เครื่องมือวัดความร้อนโดยตรง พบว่า ผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียง และมีแนวโน้มเหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความร้อนที่สูญเสียในส่วนนี้มีค่าน้อยมาก คือประมาณร้อยละ 1 ของปริมาณความร้อนที่ให้จากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสูญเสียความร้อนทางช่องลมด้านหน้าเกิดจากการแผ่รังสีอย่างเดียว ไม่มีการพาความร้อนเพราะเป็นทางที่อากาศไหลเข้า อีกทั้งอุณหภูมิในห้องเถ้ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 120-150 องศาเซลเซียส จึงทำให้การสูญเสียความร้อนในส่วนนี้มีค่าน้อย ซึ่งอาจไม่ต้องหาทางลดการสูญเสีย

ทางด้านนี้ลง

ค. ผลการวิเคราะห์การสูญเสียเนื่องจากสะสมอยู่ภายในตัวเตาหุงต้ม

จากการวิเคราะห์การสูญเสียเนื่องจากสะสมอยู่ภายในตัวเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้แสดงผลในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลของการหาการสูญเสียเนื่องจากสะสมอยู่ภายในตัวเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

ขนาดของเตาหุงต้ม (ซม.)	การสูญเสียความร้อนเนื่องจากสะสมไว้ในมวลของเตา (ร้อยละของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง)	
	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน
24	5.41	6.17
27	4.55	5.70
30	4.86	5.61

จากการทดลองหาค่าความจุความร้อนของเตา (c_p) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.23 แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับค่าความจุความร้อนของดินเหนียว (Clay) และคอนกรีต (Concrete) ที่มีค่าเท่ากับ 0.21 แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส (39) จากการวิเคราะห์ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากสะสมอยู่ภายในตัวเตาทั้ง 3 ขนาด พบว่าความร้อนที่สะสมในตัวเตาเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนจะมากกว่าเมื่อใช้ถ่านไม้เล็กน้อย เพราะถ่านหินอัดก้อนเลิกใช้งานก่อนถ่านไม้ จึงทำให้อุณหภูมิตัวเตาร้อนกว่าเมื่อเวลาที่เลิกใช้งานของถ่านไม้เล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามก็มีค่าการสูญเสียในส่วนนี้ไม่มากนัก คืออยู่ในช่วงร้อยละ 4.5 ถึง 6 ของปริมาณความร้อนที่ให้จากเชื้อเพลิง ซึ่งอาจลดการสูญเสียในส่วนนี้ได้โดยพยายามทำเตาให้มีน้ำหนักน้อยลง เพื่อให้ความร้อนสะสมน้อยลงโดยพิจารณาจากสมการที่ (14) $Q = mc_p\Delta T$ จะเห็นว่าปริมาณความร้อนที่สะสมในตัวเตาขึ้นอยู่กับน้ำหนักของเตาและค่าความจุความร้อนของเตา เช่น ถ้าสามารถทำเตาขนาด 30 ซม. ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม ดังตารางที่ 3.1 ให้เหลือเพียง 7 กิโลกรัม ก็จะลดความร้อนที่สะสมในตัวเตาลงได้ และยังสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย แต่จะมีผลในด้านความ-

แข็งแรงของเตา อีกวิธีคือเลือกวัสดุที่ทำเตาให้มีค่าความจุความร้อนต่ำ ๆ ก็จะทำให้ความร้อนที่สะสมน้อยลง

4.2.3 ผลการวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี

จากการวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี เปรียบเทียบระหว่างวิธีวัดอุณหภูมิแล้วคำนวณ และวิธีหาโดยใช้เครื่องมือวัด ในเตาขนาด 30 ซม. ของถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้แสดงผลในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของการวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ในเตาขนาด 30 ซม. เปรียบเทียบระหว่างวิธีวัดอุณหภูมิแล้วคำนวณและวิธีหาโดยใช้เครื่องมือวัด โดยใช้ถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

วิธีทดลอง	ปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี (ร้อยละของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง)	
	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน
วิธีวัดอุณหภูมิแล้วคำนวณ	49.10	42.55
วิธีหาโดยใช้เครื่องมือวัด	51.89	43.92

ปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดคือ ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาหุงต้มซึ่งมีทั้งการแผ่รังสีและการพาความร้อน แล้วเกิดการถ่ายเทไปยังภาชนะหุงต้ม แต่ปริมาณความร้อนส่วนนี้จะมีบางส่วนที่สูญเสียออกไปทางช่องระหว่างขอบเตากับก้นภาชนะโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน และบางส่วนที่ถ่ายเทไปยังภาชนะหุงต้ม ตัวภาชนะหุงต้มเองไม่สามารถรับได้หมด ในการทดลองได้วัดปริมาณความร้อนที่ให้โดยการแผ่รังสี และพบว่าค่าที่คำนวณโดยใช้วิธีวัดอุณหภูมิ (อุณหภูมิในห้องเผาไหม้มีค่าประมาณ 700 องศาเซลเซียส) มีค่าใกล้เคียง และมีแนวโน้มเหมือนกันกับค่าที่วัดโดยใช้เครื่องมือวัดความร้อนโดยตรง ดังตารางที่ 4.8 ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยวิธีใช้เครื่องมือวัดความร้อนและเครื่องบันทึกวัดเทียบกับเวลา เพื่อหาปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสีแล้วคำนวณหาในส่วนของการพาความร้อนกับเตาหุงต้มอีก 2 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้แสดงผลในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลของการวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อนในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

ขนาดของเตาหุงต้ม (ซม.)	ชนิดของเชื้อเพลิง	ปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดย (ร้อยละของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง)		
		การแผ่รังสี	การพาความร้อน	รวมทั้งหมด
24	ถ่านไม้	40.60	48.56	89.16
	ถ่านหินอัดก้อน	37.12	53.23	90.35
27	ถ่านไม้	47.61	42.82	90.43
	ถ่านหินอัดก้อน	42.15	48.75	90.90
30	ถ่านไม้	51.89	39.37	91.26
	ถ่านหินอัดก้อน	43.92	47.68	91.60

พบว่าปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสีของเตาขนาด 30 ซม. จะมีค่ามากที่สุด และขนาด 27, 24 ซม. มีค่าน้อยลงตามลำดับ เพราะว่าพื้นที่ในการให้ความร้อนของเตาขนาด 30 ซม. มีมากที่สุด ทำให้สามารถให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีได้มากกว่าเตาขนาดอื่นซึ่งมีพื้นที่น้อยกว่า จากปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดประมาณร้อยละ 90 จะมีทั้งการแผ่รังสีและการพาความร้อน ซึ่งในส่วนของการพาความร้อนที่หาโดยการคำนวณจากการนำส่วนที่สูญเสียไป เนื่องจากสะสมในมวลของเตา ผิวของเตา ช่องลมด้านหน้า รวมกับส่วนที่ได้รับโดยการแผ่รังสีแล้วนำมาลบกับ 100 พบว่าความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการพาความร้อนของถ่านหินอัดก้อนจะมากกว่าถ่านไม้ เนื่องจากเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนปริมาณอากาศจะไหลเข้าไปในเตามากกว่าเมื่อใช้ถ่านไม้ เพราะถ่านหินอัดก้อนมีรูปร่างที่แน่นอนและเรียบกว่าถ่านไม้ซึ่งมีผิวขรุขระมีรูปร่างไม่แน่นอน ดังนั้นการจัดเรียงตัวบนรังผึ้งจึงมีความเป็นระเบียบมากกว่าถ่านไม้ ทำให้ถ่านไม้มีแรงต้านทานการไหลของอากาศมากกว่าถ่านหินอัดก้อน อากาศจึงไหลเข้าได้น้อยกว่า อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงกว่า เมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน การพาความร้อนจึงน้อยกว่า แต่เมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน อุณภูมิภายในห้องเผาไหม้ต่ำกว่า การแผ่รังสีจึงมีค่าน้อยกว่าถ่านไม้ สำหรับค่าการแผ่รังสีและการพาความร้อนที่คำนวณได้ดังกล่าวข้างต้น เป็นการทดลองในสภาวะที่ไม่ได้ตั้งหม้อต้มน้ำ ซึ่งทำให้การเผาไหม้อาจจะไม่เหมือนกับสภาวะที่ตั้งหม้อ ความร้อนอาจเกิด

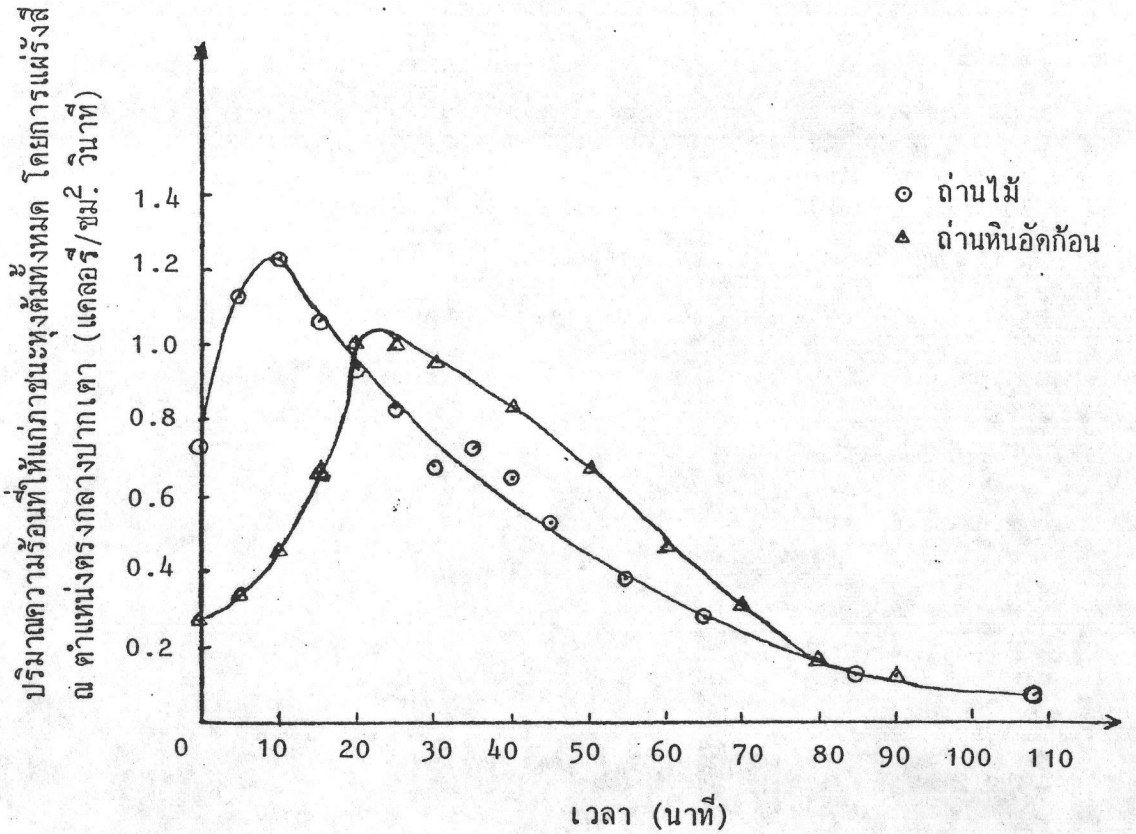
การสูญเสียได้มาก ทำให้ค่าที่ได้น้อยกว่าความเป็นจริงบ้าง

จากการวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งตรงกลางระดับเดียวกับก้นภาชนะหุงต้มที่ปากเตาเทียบกับเวลา และวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ณ ตำแหน่งตรงกลางระดับเดียวกับก้นภาชนะหุงต้มที่ปากเตา เทียบกับเวลา ในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการให้ความร้อนของถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้ผลแสดงในรูปที่ 4.2 ถึง 4.7

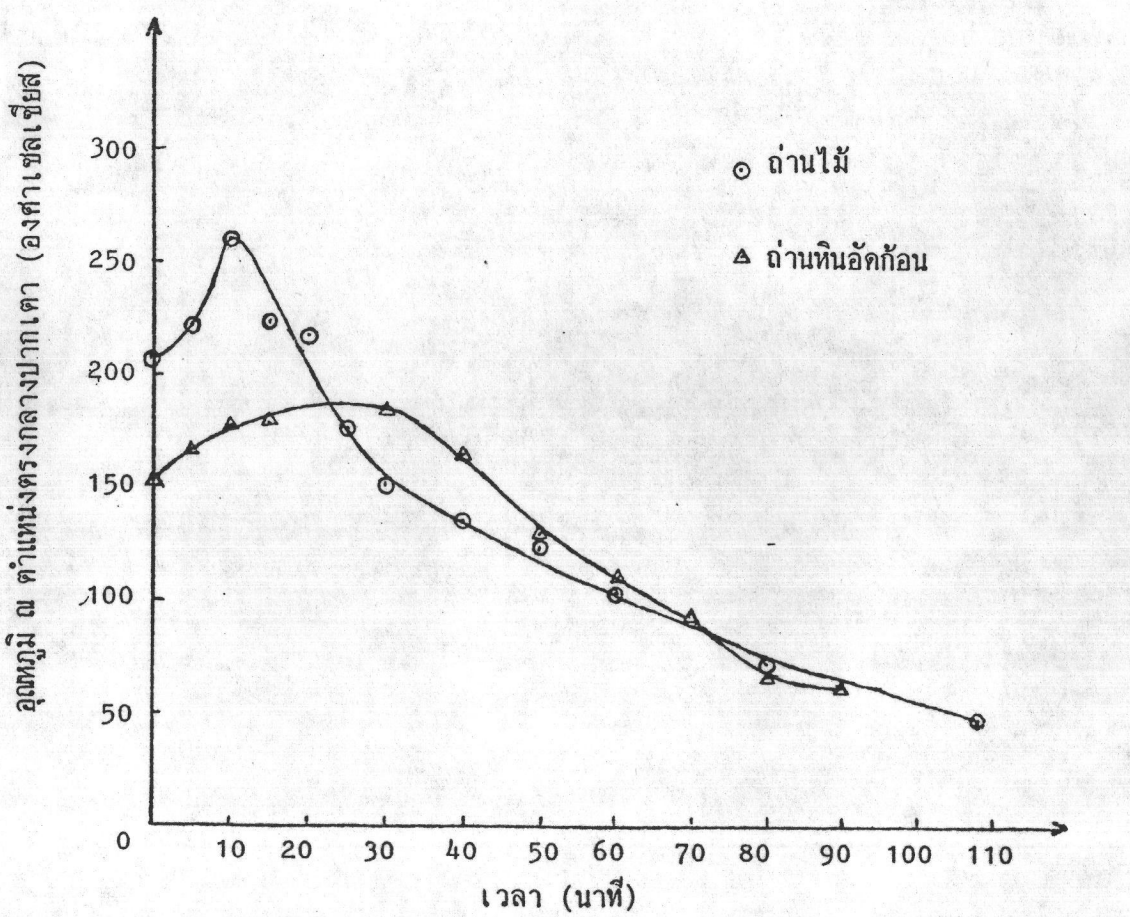
ปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ณ ตำแหน่งปากเตาโดยใช้เครื่องมือวัดความร้อนโดยตรงเทียบกับเวลา ในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด ดังรูปที่ 4.2, 4.4 และ 4.6 พบว่ามีแนวโน้มคล้าย ๆ กันกับการวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาหุงต้มเทียบกับเวลา ในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด ดังรูปที่ 4.3, 4.5 และ 4.7 คือ ถ่านไม้จะให้ความร้อนสูงกว่าถ่านหินอัดก้อนในช่วงแรก ๆ ของการใช้งาน และจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงสุดท้ายจะเผาไหม้ช้ากว่า สำหรับถ่านหินอัดก้อนจะให้ความร้อนออกมาช้ากว่า และค่อย ๆ ให้ความร้อนออกมาในช่วงกลาง ๆ ของการใช้งาน แล้วจะมอดก่อนถ่านไม้ประมาณ 15 นาที และจากรูปที่ 4.3, 4.5 และ 4.7 พบว่าช่วงที่ใช้งานได้คือ ช่วงที่สามารถทำให้น้ำเดือดได้ (อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส) ของถ่านไม้จะพอ ๆ กับถ่านหินอัดก้อนคือ นานประมาณ 60 นาที

จากรูปที่ 4.2, 4.4 และ 4.6 สามารถอธิบายได้ว่าเหตุที่เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือดของถ่านไม้ใช้เวลาน้อยกว่าถ่านหินอัดก้อนเล็กน้อย เพราะถ่านไม้ให้ความร้อนอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ๆ เมื่อเทียบกับถ่านหินอัดก้อน จึงทำให้น้ำเดือดได้เร็วกว่า และพบว่าช่วงเวลาการใช้งานของถ่านไม้จะนานกว่าถ่านหินอัดก้อนประมาณ 15 นาที ซึ่งจะเห็นว่าช่วงการใช้งานของถ่านไม้ที่มากกว่าประมาณ 15 นาที เมื่อเทียบเป็นปริมาณความร้อนออกมาแล้วจะมีค่าน้อยและใช้ประโยชน์ไม่ได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกัน

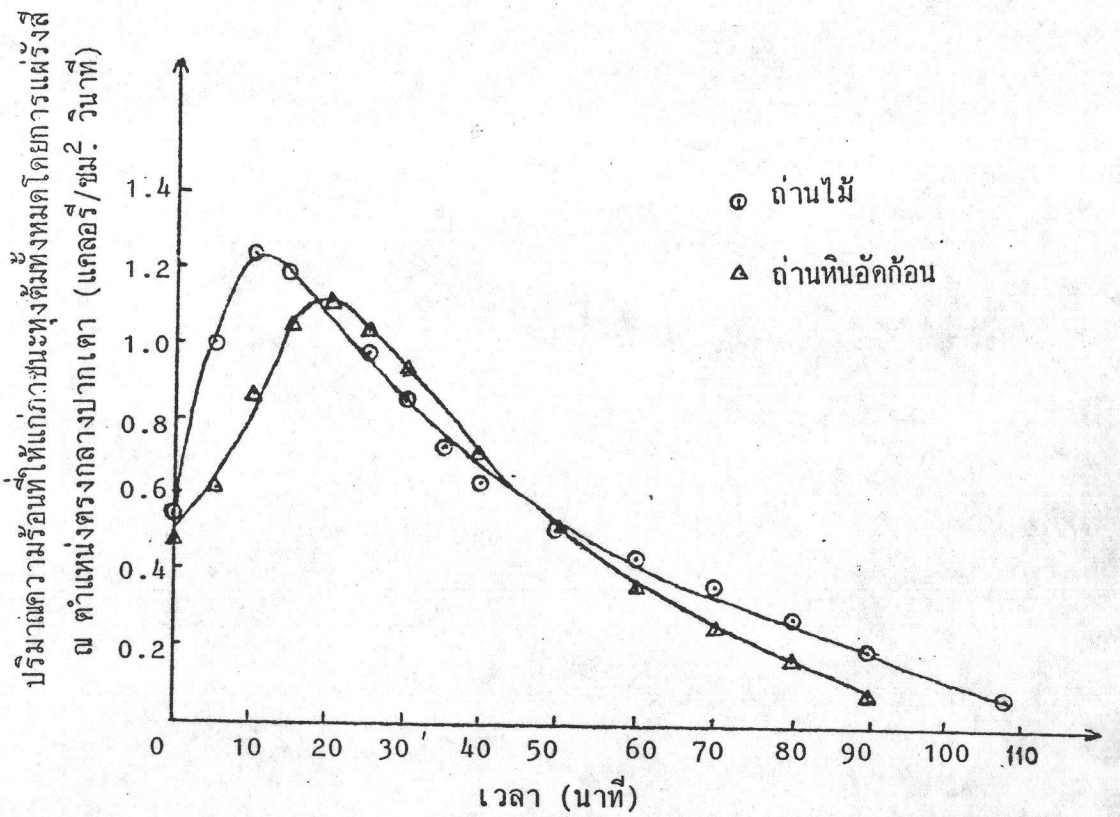
สำหรับค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 สามารถอธิบายโดยใช้ผลในตารางที่ 4.9 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดของถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนจะใกล้เคียงกัน คือประมาณร้อยละ 90 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง โดยที่ถ่านไม้จะให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีมากกว่าถ่านหินอัดก้อน แต่เมื่อรวมส่วนของการแผ่รังสีและการพาความร้อนแล้วทั้งถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนก็มีปริมาณความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นประสิทธิภาพการใช้งานจึงมีค่าใกล้เคียงกัน



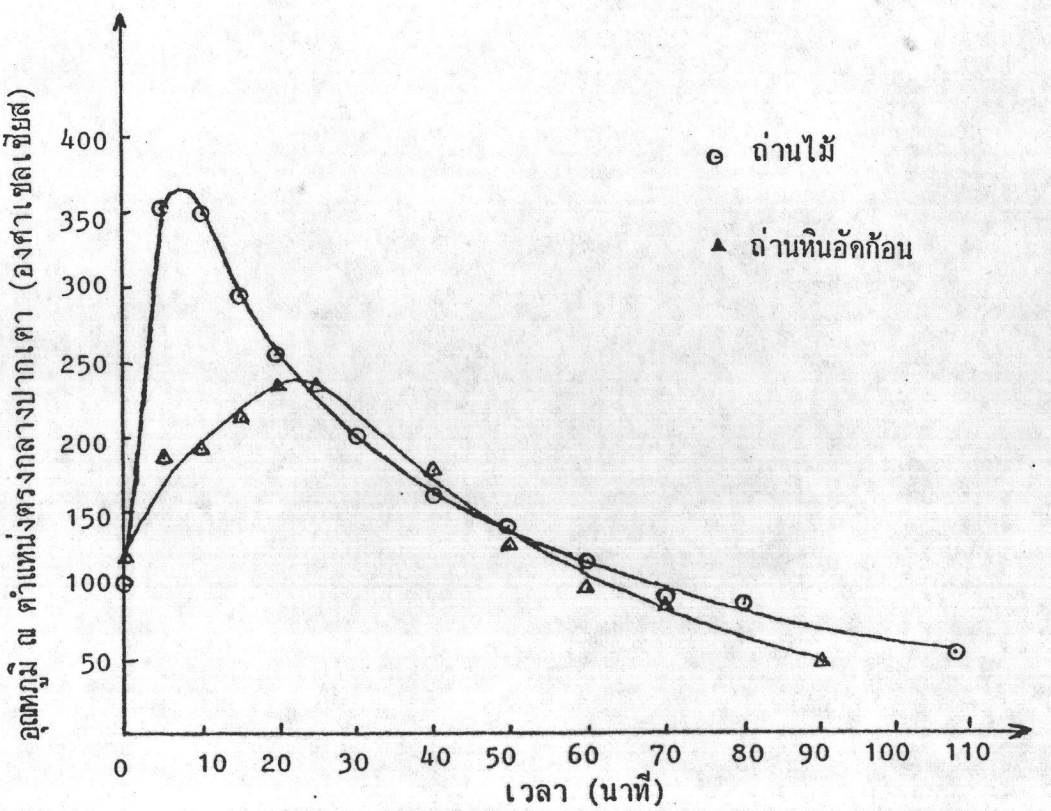
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาหุงต้มขนาด 24 ซม. เทียบกับเวลา



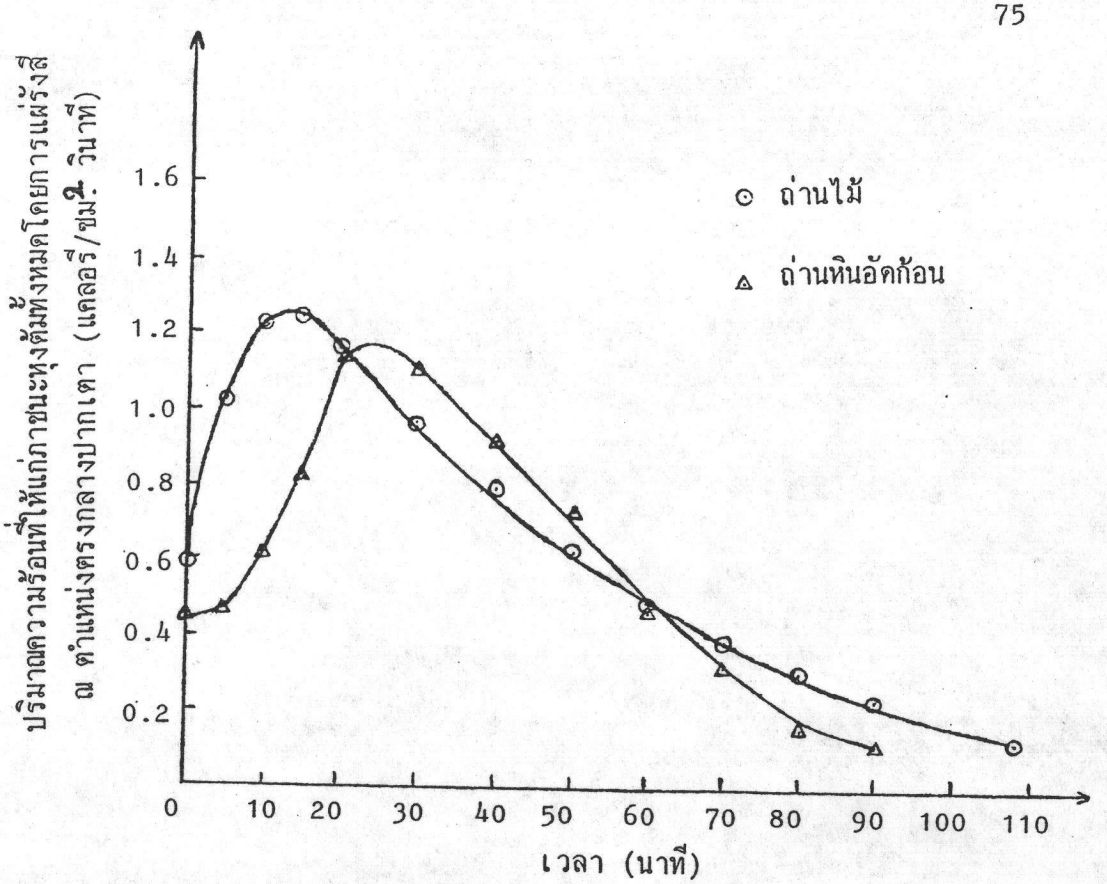
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาหุงต้มขนาด 24 ซม. เทียบกับเวลา



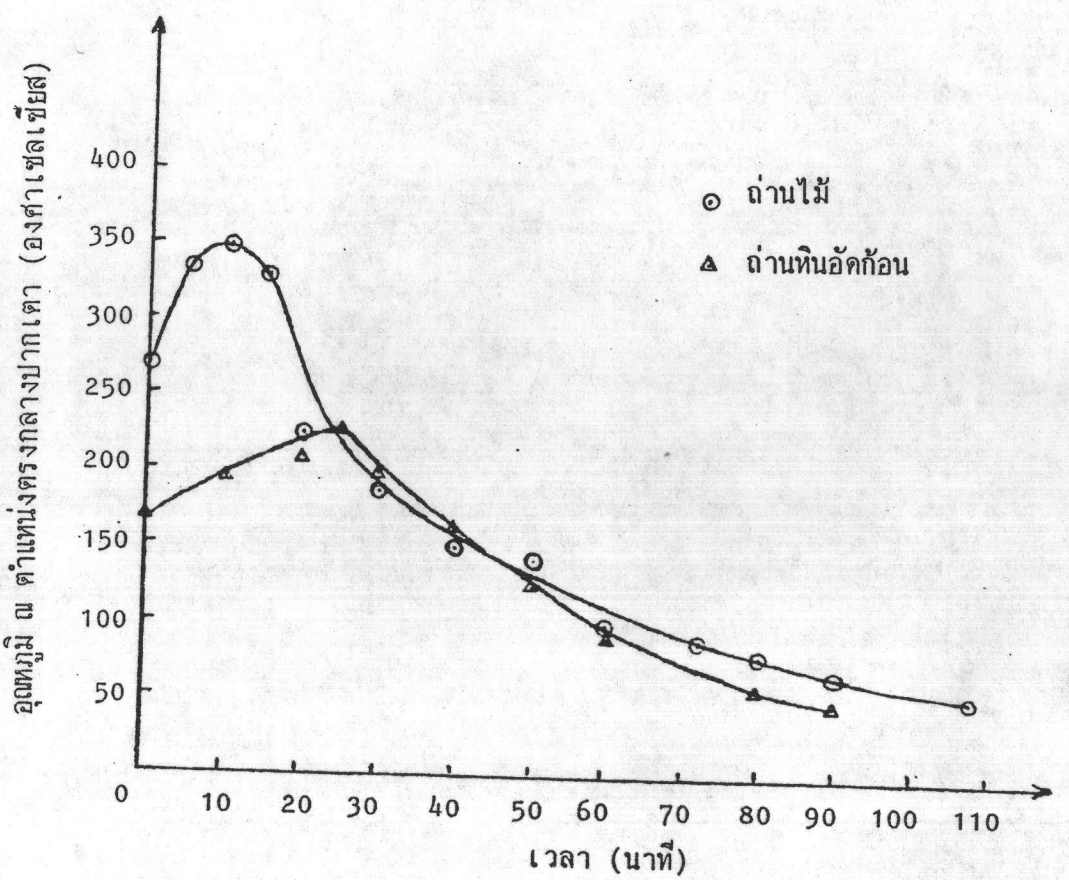
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะทุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาทุงต้มขนาด 27 ซม. เทียบกับเวลา



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาทุงต้มขนาด 27 ซม. เทียบกับเวลา



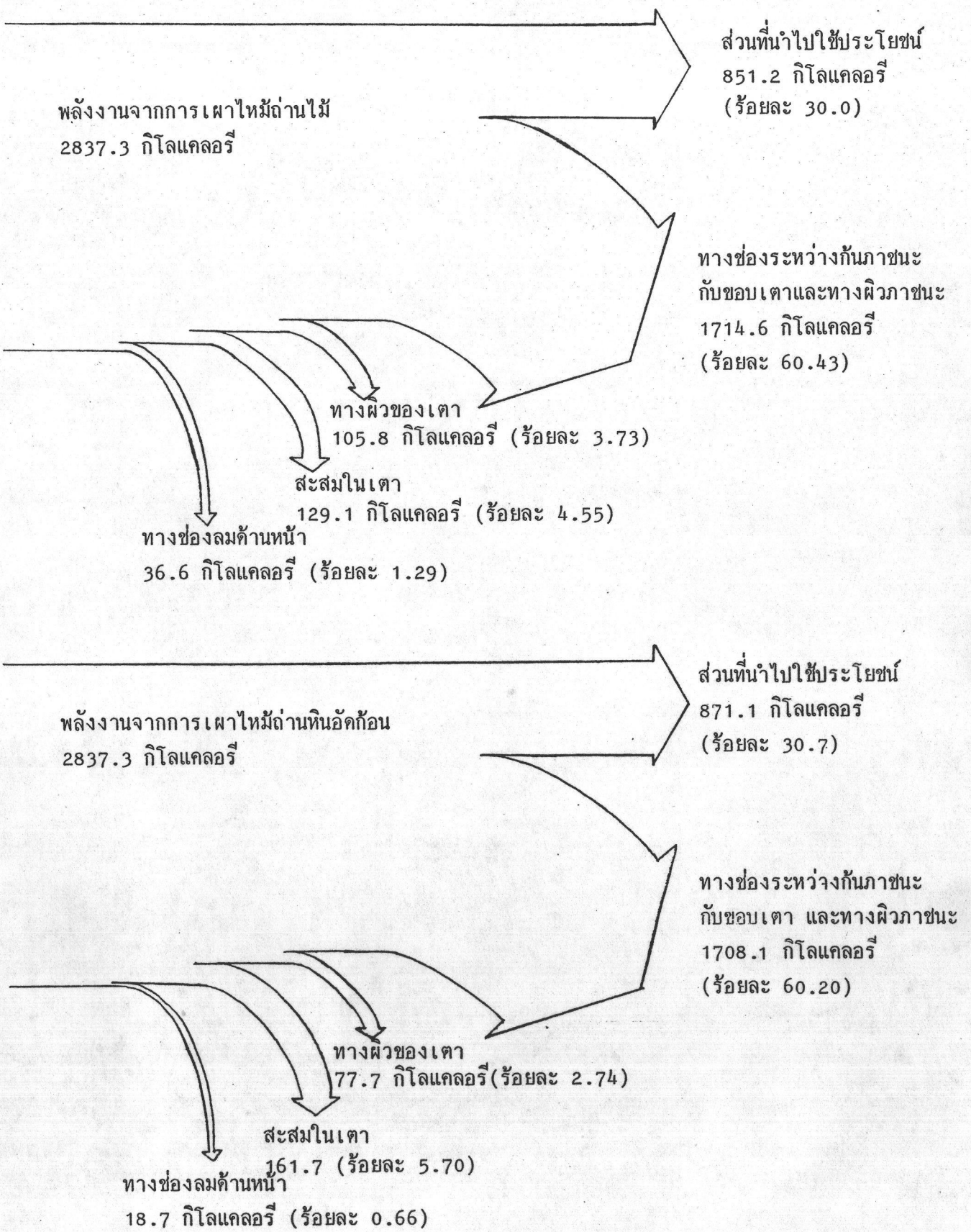
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะทุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาทุงต้มขนาด 30 ซม. เทียบกับเวลา



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตาทุงต้ม ขนาด 30 ซม. เทียบกับเวลา

ตารางที่ 4.10 สรุปผลของการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

ผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้มแต่ละส่วน (ร้อยละของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเตา (ซม.)					
	24		27		30	
	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน
ส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ :						
ประสิทธิภาพการใช้งาน	32.4	33.1	30.0	30.7	32.4	33.0
ส่วนที่สูญเสียไป :	67.6	66.9	70.0	69.3	67.6	67.0
สะสมไว้ในมวลของเตา	5.41	6.17	4.55	5.70	4.86	5.61
ผิวเตาโดยรอบ	4.20	2.83	3.73	2.74	3.31	2.40
ช่องลมด้านหน้า	1.23	0.65	1.29	0.66	0.57	0.39
ช่องระหว่างก้นภาชนะกับขอบเตาและทางผิวภาชนะ	56.76	57.25	60.43	60.20	58.86	58.60
ปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมด :	89.16	90.35	90.43	90.90	91.26	91.60
โดยการแผ่รังสี	40.60	37.12	47.61	42.15	51.89	43.92
โดยการพาความร้อน	48.56	53.23	42.82	48.75	39.37	47.68



รูปที่ 4.8 สมดุลพลังงานของการใช้งานในเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

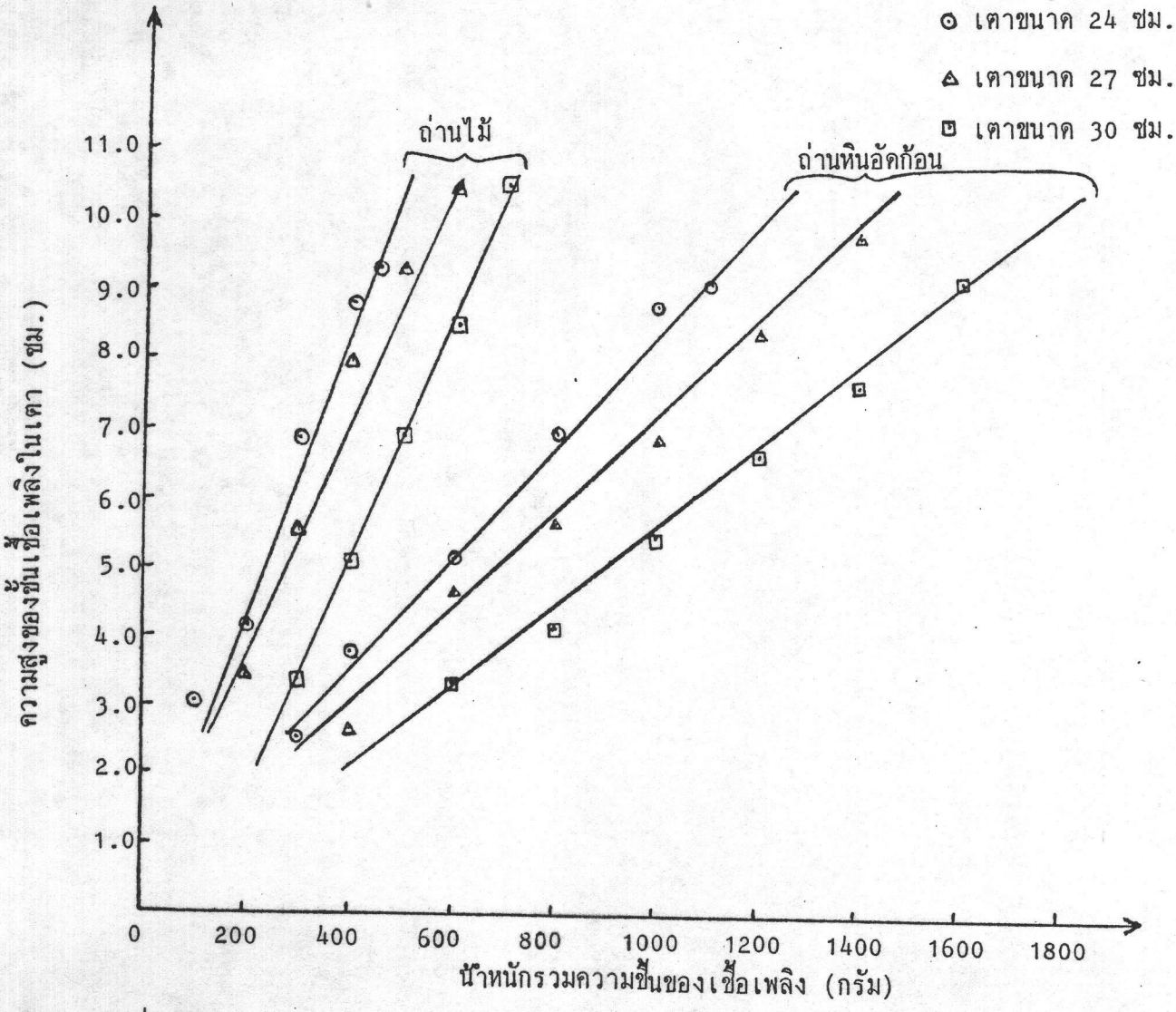
จากการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ได้สรุปให้เห็นรวมกันในตารางที่ 4.10 พบว่ามีประสิทธิภาพการใช้งานและการสูญเสียความร้อนในส่วนต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงสามารถนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้แทนถ่านไม้ในเตาหุงต้ม (เตาอั้งโล่) ได้ แต่อาจจะต้องมีการดัดแปลงและปรับปรุงในบางส่วนของเตา เพื่อให้มีความเหมาะสมและสะดวกต่อการใช้งาน รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเพื่อให้เห็นชัดขึ้นจึงได้แสดงสมดุลพลังงานของการใช้งานในเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ดังรูปที่ 4.8 สำหรับในส่วนที่สูญเสียพบว่าปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปเนื่องจากสะสมอยู่ในมวลของเตา ผิวเตาโดยรอบ และทางช่องลมด้านหน้าเมื่อรวมกันจะประมาณร้อยละ 10 ดังนั้นปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดจะประมาณร้อยละ 90 ซึ่งความร้อนส่วนนี้สามารถแยกได้เป็นการแผ่รังสีและการพาความร้อน และพบว่าปริมาณความร้อนจากเชื้อเพลิงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 30-33 เท่านั้น จึงมีความร้อนที่สูญเสียไปทางส่วนบนของเตา คือช่องระหว่างก้นภาชนะกับขอบเตา และทางผิวภาชนะ จากงานวิจัย (19) พบว่า การสูญเสียทางผิวภาชนะมีค่าประมาณร้อยละ 3 เท่านั้น ดังนั้นความร้อนส่วนใหญ่ที่สูญเสียไปจะสูญเสียไปทางช่องระหว่างก้นภาชนะกับขอบเตา ซึ่งมีค่าสูงประมาณร้อยละ 50 จึงสมควรลดการสูญเสียความร้อนในส่วนนี้ ซึ่งอาจทำโดยการลดความสูงของเชิงเทินลง แต่อาจจะมีปัญหาในด้านการเผาไหม้ภายในเตา เพราะอากาศที่เข้าทางช่องเปิดด้านหน้าอาจไม่เพียงพอทำให้การเผาไหม้ช้าหรือผิดปกติ จากงานวิจัย (19) ก็พบว่า ความสูงของเชิงเทินที่ต่ำลงถึง 0.7 ซม. การเผาไหม้ยังเป็นปกติ และทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานสูงขึ้นได้อีก

4.3 ผลการศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งาน

จากการศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งาน เพื่อเป็นแนวทางในการนำถ่านหินอัดก้อนไปใช้ในเตาหุงต้ม โดยเปรียบเทียบกับถ่านไม้ ได้ผลดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลการศึกษาปริมาตรของห้องเผาไหม้ในเตาหุงต้ม

จากการศึกษาปริมาตรของห้องเผาไหม้ในเตาหุงต้ม เมื่อเทียบให้ปริมาณความร้อนที่เท่ากันของถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ โดยการวัดความสูงของชั้นเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดที่ใส่เทียบกับน้ำหนักที่รวมความชื้น ในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสูงของชั้นเชื้อเพลิงในเตาขนาด 24, 27 และ 30 ซม. เทียบกับน้ำหนักรวมความชื้นของเชื้อเพลิง

พบว่า ในเตาขนาดเดียวกัน เมื่อใส่เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดให้มีความสูงเท่า ๆ กัน จะเห็นว่า จะใส่ถ่านหินอัดก้อนได้คิดเป็นน้ำหนักที่รวมความชื้นแล้วจะมากกว่าถ่านไม้ กว่า 2 เท่า เช่นตัวอย่างในเตาขนาด 27 ซม. ที่ระดับความสูง 8 ซม. พบว่าต้องใช้ถ่านไม้ประมาณ 450 กรัม (รวมความชื้น) และใช้ถ่านหินอัดก้อนประมาณ 1,100 กรัม (รวมความชื้น) ถ่านไม้มีค่าความร้อน (รวมความชื้น) เท่ากับ 7,093.5 แคลอรี/กรัม ถ่านหินอัดก้อนมีค่าความร้อน (รวมความชื้น) เท่ากับ 3,435 แคลอรี/กรัม ดังนั้นเมื่อเทียบให้ปริมาณความร้อนที่เท่ากันกับถ่านไม้จะพบว่าถ่านหินอัดก้อนจะใช้เพียงประมาณ 930 กรัม (รวมความชื้น) ซึ่งคิดเป็นความสูงในห้องเผาไหม้ประมาณ 6.5 ซม. และเมื่อคิดเป็นน้ำหนักจะมากกว่าถ่านไม้ประมาณ 2 เท่า นั่นคือ เมื่อเทียบปริมาณความร้อนให้เท่ากันถ่านไม้จะใช้ปริมาตรของห้องเผาไหม้มากกว่าถ่านหินอัดก้อนเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามยังขึ้นกับค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อนที่มักจะอยู่ในช่วงประมาณ 2,500-4,000 แคลอรี/กรัม (รวมความชื้น) โดยขึ้นกับส่วนผสมในถ่านหินอัดก้อน และคุณภาพของถ่านหินที่นำมาผลิต จึงสรุปได้ว่าเมื่อใส่ถ่านหินอัดก้อนหรือถ่านไม้ให้สูงพอ ๆ กัน ปริมาณความร้อนที่ได้รับจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นขนาดของห้องเผาไหม้เดิมในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด สามารถใช้ได้กับถ่านหินอัดก้อน โดยที่ขนาดของห้องเผาไหม้ในเตาทั้ง 3 ขนาด คิดเป็นร้อยละ 75 โดยเฉลี่ย เมื่อเทียบกับปริมาตรภายในเตาทั้งหมด และพบว่าขนาดของห้องเผาไหม้สามารถใส่ถ่านไม้ได้เต็มที่ประมาณ 450, 570, 700 กรัม (รวมความชื้น) ในเตาขนาด 24, 27, 30 ซม. ตามลำดับ และใส่ถ่านหินอัดก้อนได้เต็มที่ประมาณ 1,130, 1,400, 1,800 กรัม (รวมความชื้น) ในเตาขนาด 24, 27, 30 ซม. ตามลำดับ

4.3.2 ผลการศึกษาความสะดวกในการใช้งาน ในแง่การเติมเชื้อเพลิง การเขี่ยการจุดติด และการเก็บเถ้าออกจากเตาหุงต้ม

จากการศึกษาความสะดวกในการใช้งาน ในแง่การเติมเชื้อเพลิง โดยการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่อง ในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ ซึ่งแสดงตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค. และได้ผลในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลของการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่อง ในเตาหุงต้มทั้ง 3 ขนาด เปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขนาดของเตาหุงต้ม (ซม.)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)	
	ถ่านไม้	ถ่านหินอัดก้อน
24	37.2	37.5
27	35.2	35.5
30	38.4	37.8
27 *	-	25.5

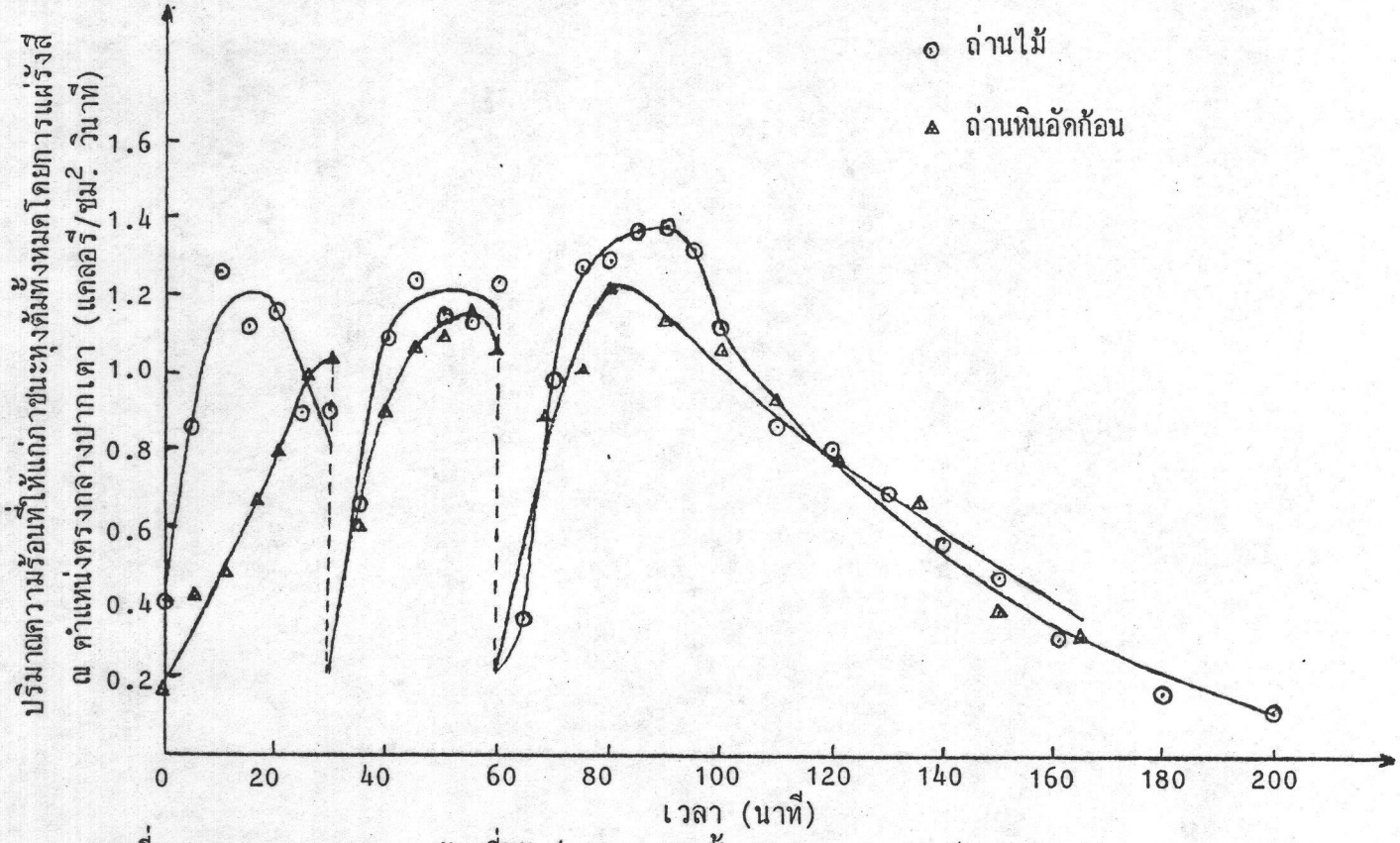
หมายเหตุ * การใช้งานแบบต่อเนื่องของถ่านหินอัดก้อนที่มีการเขี่ยเมื่อเติมเชื้อเพลิงใหม่ โดยเขี่ยจากทางด้านบนของเตา

พบว่าถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนมีประสิทธิภาพการใช้งานแบบต่อเนื่องใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าแบบการใช้งานที่มีการเติมครั้งเดียว เนื่องจากการใช้งานแบบต่อเนื่องมีการเติมเชื้อเพลิงใหม่ลงไป ทำให้ร้อยละความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากสะสมในตัวเตาลดลง เพราะมีความร้อนสะสมอยู่ในตัวเตาก่อนแล้ว

และจากการวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสีเทียบกับเวลา ณ ตำแหน่งตรงปากเตา สำหรับการใช้งานแบบต่อเนื่อง ในเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ ได้แสดงผลในรูปที่ 4.10 พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับการใช้งานแบบที่มีการเติมครั้งเดียวคือ ถ่านไม้จะให้ปริมาณความร้อนโดยการแผ่รังสีมากกว่าถ่านหินอัดก้อน และเมื่อพิจารณาช่วงการใช้งานจะเห็นว่าทั้งถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน จะให้ปริมาณความร้อนประมาณ 120 นาที ซึ่งเป็นเวลาปกติในการทำอาหารของครัวเรือนปกติ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

การศึกษาความสะดวกในการใช้งานในแง่การเขี่ยเมื่อจะเติมเชื้อเพลิงใหม่พบว่า

- ถ่านไม้ เมื่อเผาไหม้แล้วจะค่อย ๆ ยุบตัวลงทำให้สามารถเติมถ่านใหม่ได้เรื่อย ๆ และสามารถเขี่ยได้ทุกครั้งที่จะเติมถ่านใหม่ลงไป โดยใช้คีมคีบถ่านเขี่ยเถ้าจากทางด้านบนของเตาเนื่องจากถ่านไม้ที่กำลังเผาไหม้มีความแข็งแรงไม่แตกขณะเขี่ย ดังนั้นจึงทำให้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี ณ ตำแหน่งตรงกลางปากเตา ขนาด 27 ซม. เทียบกับเวลา สำหรับการใช้งานแบบต่อเนื่องเปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้

ถ่านไม้ที่เติมลงไปใหม่ติดไฟได้ง่ายและเร็วขึ้น การใช้งานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

- ถ่านหินอัดก้อน เมื่อเผาไหม้แล้วจะคงรูปอยู่จนกระทั่งกลายเป็นเถ้า จากการทดลองพบว่าไม่สามารถเขี่ยในลักษณะเดียวกับถ่านไม้ เนื่องจากการเขี่ยโดยใช้คีมคีบถ่านเขี่ยทางด้านบนของเตาจะทำให้เถ้าที่ติดอยู่ และถ่านหินที่กำลังเผาไหม้แตกออกเป็นเศษเล็ก ๆ เพราะมีความเปราะแตกได้ง่าย และพบว่าการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อนที่อยู่ทางชั้นด้านล่างจะมอดก่อนชั้นทางด้านบน จากเหตุผลนี้จึงควรจะนำเถ้าของถ่านหินอัดก้อนทางชั้นล่าง ๆ ออกก่อน ดังนั้นการเติมถ่านหินอัดก้อนจึงควรจะเติมจนกระทั่งเต็มห้องเผาไหม้ก่อน โดยที่ยังไม่เขี่ยเพื่อให้ชั้นที่อยู่ทางด้านล่าง ๆ เผาไหม้จนหมดดีแล้ว จึงทำการเขี่ยโดยใช้เหล็กเส้นแยงจากช่องลมด้านหน้าผ่านห้องเถ้าขึ้นไปเพื่อเขี่ยเอาเถ้าที่อยู่ทางชั้นล่าง ๆ ให้ตกลงมายังห้องเถ้าแล้วชั้นของถ่านหินที่เผาไหม้อยู่จะลงมาแทนที่ แต่การนำเถ้าออกในลักษณะนี้พบว่าการเขี่ยทำได้ลำบากเพราะมีพื้นที่ช่องว่างน้อย ซึ่งควรจะดัดแปลงหรือออกแบบรังผึ้งใหม่ เพื่อให้สะดวก จากตารางที่ 4.11 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่องโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีการเขี่ยจากทางด้านบนของเตาทุกครั้งที่มีการเติมถ่านหินอัดก้อน พบว่ามีค่าร้อยละ 25.5 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการเติมถ่านหินอัดก้อนโดยไม่มีการเขี่ย เนื่องจากการเขี่ยจะทำให้เถ้าและถ่านหินอัดก้อนที่เผาไหม้อยู่แตกเป็นเศษเล็ก ๆ แล้วไปอุดตามช่องว่างที่อากาศจะผ่านขึ้นมา ดังนั้นอากาศที่ช่วยในการเผาไหม้จะน้อย การเผาไหม้จึงไม่ดีทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานมีค่าต่ำ

การศึกษาความสะดวกในแง่การจุดติดของเชื้อเพลิง พบว่า

- ถ่านไม้ จุดติดได้ง่ายและเร็วกว่า คือใช้เวลาประมาณ 1 นาที และเวลาที่รอควันหมดอีกประมาณ 2 นาที

- ถ่านหินอัดก้อน จุดติดได้ยากและช้ากว่า คือใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที และเวลาที่รอควันหมดอีกประมาณ 9-10 นาที

เนื่องจากถ่านหินอัดก้อนมีความชื้นสูงกว่าถ่านไม้ คือร้อยละ 14.82 และถ่านไม้ร้อยละ 5.50 ทำให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ส่วนหนึ่งต้องมาไล่ความชื้นจากตัวถ่านหินอัดก้อนมากกว่า ดังนั้นการจุดติดไฟจึงใช้เวลานานกว่า สำหรับเวลาที่รอควันหมดของถ่านหินอัดก้อนจะใช้เวลานานกว่าเนื่องจากในถ่านหินอัดก้อนมีความชื้นและสารระเหยมากกว่าถ่านไม้ ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จึงก่อให้เกิดควันดังนั้นจึงต้องใช้เวลาในการไล่ความชื้นและสารระเหยออกไป

นานกว่าถ่านไม้

สำหรับลักษณะการเผาไหม้ เปลวไฟ และเถ้า ของถ่านหินอัดก้อนได้เทียบให้เห็นพร้อมกับถ่านไม้ ดังรูปที่ 4.11-4.15 พบว่าลักษณะการเผาไหม้ของถ่านไม้จะเป็นไปอย่างรวดเร็วในระยะเริ่มแรก และความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับถ่านหินอัดก้อนซึ่งในระยะแรกการเผาไหม้จะเป็นไปอย่างช้า ๆ และให้ความร้อนออกมาอย่างสม่ำเสมอในช่วงหลังและจะลดลงอย่างรวดเร็ว สำหรับเถ้าของถ่านไม้จะเบาแตกและปลิวฟุ้งได้ง่ายกว่า แต่เถ้าของถ่านหินอัดก้อนซึ่งหนักกว่าจะคงรูปเป็นก้อนในลักษณะเดิม ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสานมีความหนาแน่นสูงและไม่มีส่วนประกอบของคาร์บอน จึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

การศึกษาความสะดวกในการใช้งานในแง่การเก็บเถ้าออกจากเตาหุงต้มพบว่า ถ่านไม้มีความสะดวกกว่าถ่านหินอัดก้อนเนื่องจากมีปริมาณเถ้าน้อยกว่า คือถ่านหินอัดก้อนมีเถ้าประมาณร้อยละ 32-35 ของน้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใส่ (30) ทำให้เมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนจะต้องตักเถ้าออกบ่อยกว่า

4.3.3 ผลการศึกษาการปรับปรุง ดัดแปลงรังผึ้งให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินอัดก้อน

จากการศึกษาการปรับปรุง ดัดแปลงรังผึ้งให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินอัดก้อน โดยการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่อง ที่มีการเติมถ่านหินอัดก้อน 5 ครั้ง เพื่อให้มีการเขี่ยเกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน โดยใช้รังผึ้งที่ดัดแปลงและออกแบบใหม่ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.12 และ 4.13

ตารางที่ 4.12 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่อง และความยากง่ายในการเขี่ย ของเตาขนาด 27 ซม. ซึ่งใช้ถ่านหินอัดก้อน โดยการใช้รังผึ้งที่ดัดแปลง 3 ชนิด

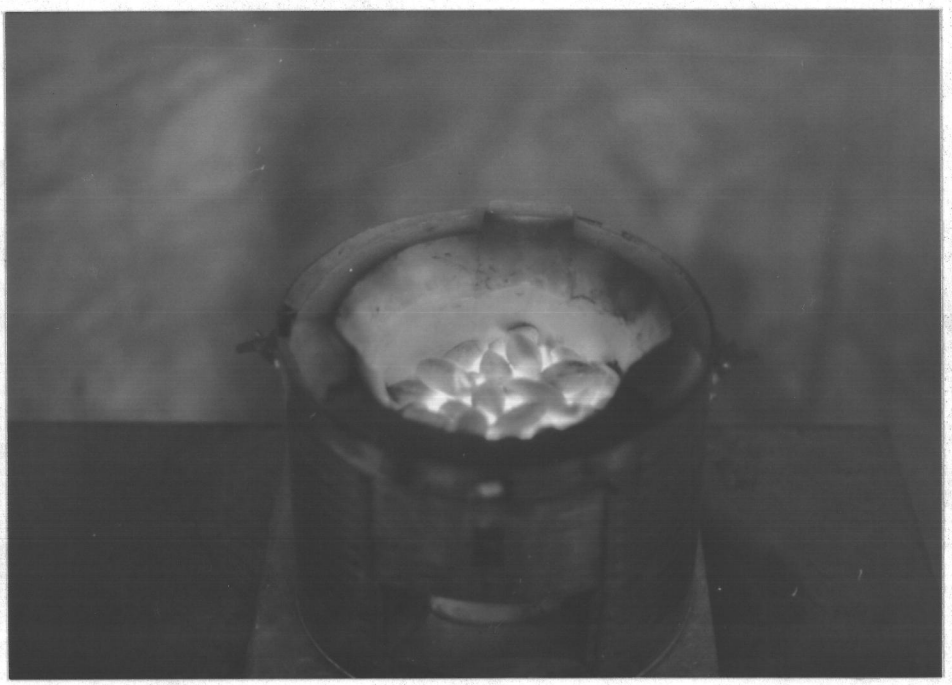
ลักษณะของรังผึ้งที่ดัดแปลง	พื้นที่ช่องว่าง / พื้นที่ทั้งหมด	ลักษณะการเขี่ย	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
เชื่อม 2 รูของรังผึ้งให้ติดกัน	0.37	ลำบาก	37.0
เชื่อม 3 รูของรังผึ้งให้ติดกัน	0.41	ลำบาก	37.4
เชื่อมรูของรังผึ้งให้มีลักษณะเป็นช่องยาว ๆ	0.46	ง่ายพอสมควร	34.2
รังผึ้งแบบเดิม	0.29	ลำบากมาก	25.5

รูปที่ 4.11 ลักษณะการเผาไหม้ของถ่านไม้ในระยะเริ่มแรก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.12 ลักษณะการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อนในระยะเริ่มแรก

รูปที่ 4.13 ลักษณะการเผาไหม้ของถ่านไม้ในระยะลุกแดงเต็มที่



รูปที่ 4.14 ลักษณะการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อนในระยะลุกแดงเต็มที่

รูปที่ 4.15 ลักษณะเถ้าของถ่านไม้เทียบกับถ่านหินอัดก้อน

ตารางที่ 4.13 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่อง และความยากง่ายในการเขี่ยของเตาขนาด 27 ซม. ซึ่งใช้ถ่านหินอัดก้อน โดยการใช้ตะแกรง-เหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง 1.2, 1.6 และ 2.0 ซม.

ระยะห่างของซี่ตะแกรง (ซม.)	พื้นที่ช่องว่าง / พื้นที่ทั้งหมด	ลักษณะการเขี่ย	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
1.2	0.75	ง่าย	36.1
1.6	0.79	ง่าย	35.8
2.0	0.83	ง่าย	33.0

จากการทดลองหาผลของประสิทธิภาพการใช้งานของเตาโดยการเติมถ่านหินอัดก้อนครั้งเดียว และเปลี่ยนแปลงพื้นที่ช่องว่างในรังผึ้ง ซึ่งทำการทดลองในเตาขนาด 27 ซม. ใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ช่องว่างในรังผึ้งต่อประสิทธิภาพการใช้งานในเตาขนาด 27 ซม. โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

ลักษณะของรังผึ้ง	พื้นที่ช่องว่าง / พื้นที่ทั้งหมด	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
แบบเดิม	0.29	30.7
แบบตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง 2 ซม.	0.83	29.7

จากตารางที่ 4.12 และ 4.13 พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานมีค่าสูงถึงประมาณร้อยละ 33-37 ขึ้นอยู่กับลักษณะของรังผึ้งที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเขี่ยเพื่อนำเถ้าออกจากห้องเผาไหม้พบว่ามีความสะดวกกว่ารังผึ้งแบบเดิม เนื่องจากมีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารังผึ้งควรจะเปลี่ยนจากลักษณะเดิมให้มีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้น เพื่อสะดวกต่อการเขี่ยเถ้า และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ช่องว่างในรังผึ้งก็ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งาน ดังตารางที่ 4.14 เนื่องจากการใช้รังผึ้งที่มีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียทางช่องลมด้านหน้ามากขึ้นกว่า

รังผึ้งแบบเดิม เพราะมีอุณหภูมิในห้องเถ้าสูงกว่า และมีส่วนที่ตัวเชื้อเพลิงมองเห็นช่องเปิดได้มาก การสูญเสียจึงมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามการสูญเสียทางด้านนี้จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าน้อยมาก คือประมาณร้อยละ 1 ดังนั้นจึงไม่มีผลไปทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลงอย่างเห็นได้ชัด และการเพิ่มพื้นที่ช่องว่างจะเป็นการเพิ่มปริมาณอากาศในการเผาไหม้ ซึ่งอาจจะไปเพิ่มอัตราการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อน ทำให้อุณหภูมิสูง การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ตัวภาชนะหุงต้มก็รับความร้อนได้จำกัด จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานมีค่าใกล้เคียงกัน

จากการเปรียบเทียบกันระหว่างรังผึ้งที่ดัดแปลงทั้ง 3 ชนิด และตะแกรงเหล็กทั้ง 3 ชนิด พบว่าลักษณะการเขี่ยของตะแกรงเหล็กที่มีลักษณะวางขนานกันเป็นชั้น ๆ ดังรูปที่ 3.12 ทำได้สะดวกและง่ายกว่าแบบรังผึ้งดัดแปลง ดังรูปที่ 3.11 เนื่องจากการเขี่ยสามารถใช้เหล็กเส้นทำเป็นรูปตัว L แล้วแยงจากห้องเถ้าขึ้นไป โดยลากไปมาตามช่องของตะแกรงเหล็ก ส่วนรังผึ้งดัดแปลงนั้นเมื่อเชื่อมเป็นแบบ 2 หรือ 3 รูให้ติดกัน การเขี่ยต้องใช้วิธีแยงทีละช่อง ซึ่งทำได้ลำบากกว่า และเมื่อเปรียบเทียบดูจากพื้นที่ช่องว่างต่อพื้นที่ทั้งหมดของแผ่นรังผึ้งก็พบว่ามีค่าน้อยกว่าแบบตะแกรงเหล็ก ดังนั้นจึงทำให้การนำเถ้าออกเป็นไปอย่างลำบากและช้ากว่า ส่วนรังผึ้งดัดแปลงที่เชื่อมให้มีลักษณะเป็นช่องยาว ๆ นั้นการเขี่ยทำได้ง่ายพอสมควรเมื่อเทียบกับแบบตะแกรงเหล็ก แต่เมื่อเปรียบเทียบทางด้านความคงทนจะเห็นว่า แบบตะแกรงเหล็กมีความคงทนกว่า ไม่แตกร้าวได้ง่าย โดยเฉพาะรังผึ้งที่ดัดแปลงเมื่อทำให้พื้นที่ช่องว่างมากขึ้นย่อมมีโอกาสแตกมากขึ้น สำหรับตะแกรงเหล็ก จากตารางที่ 4.13 พบว่าควรใช้ขนาดที่มีระยะห่างซี่ตะแกรงประมาณ 1.2 ถึง 1.6 ซม. เนื่องจากระยะที่ห่างน้อยกว่า 1.2 ซม. การเขี่ยทำได้ลำบาก และถ้ามากกว่า 1.6 ซม. การเขี่ยจะทำให้เศษถ่านหินที่กำลังเผาไหม้อยู่ร่วงตกลงมาในห้องเถ้ามาก ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลง เพราะถ่านหินที่ร่วงตกลงมาจะให้ความร้อนแก่ภาชนะหุงต้มได้น้อยมาก และก็ยังเกิดการสูญเสียทางช่องลมด้านหน้ามากขึ้น เช่นตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง 2 ซม. พบว่ามีประสิทธิภาพร้อยละ 33 จะเห็นว่ามีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง 1.2 และ 1.6 ซม. ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารังผึ้งควรจะเปลี่ยนจากลักษณะเดิมมาเป็นแบบตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรงในช่วงประมาณ 1.2 ถึง 1.6 ซม. แต่ถ้าการหุงต้มที่ไม่ต้องใช้เวลานานมาก คือประมาณ 1 ถึง 2 ชม. ก็อาจไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนรังผึ้งในเตาอั้งโล่ ถ้าเติมถ่านหินอัดก้อนในปริมาณเพียงพอตอนเริ่มจุดเตา

4.3.4 ผลการศึกษาการเพิ่มความสูงของเตาหุงต้ม

จากการศึกษาการเพิ่มความสูงของเตาหุงต้ม เพื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ โดยทำการทดลองกับเตาขนาด 27 ซม. ได้ผลดังต่อไปนี้

1. จากการวัดร้อยละของออกซิเจน และร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ ของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ในเตาเทียบกับเวลา โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน แล้วคำนวณหาร้อยละของปริมาณอากาศเกินพอ ซึ่งแสดงตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ง. และได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลของการวัดร้อยละของออกซิเจน ร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ และผลการหาร้อยละของปริมาณอากาศเกินพอ เทียบกับเวลา เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ในเตาขนาด 27 ซม.

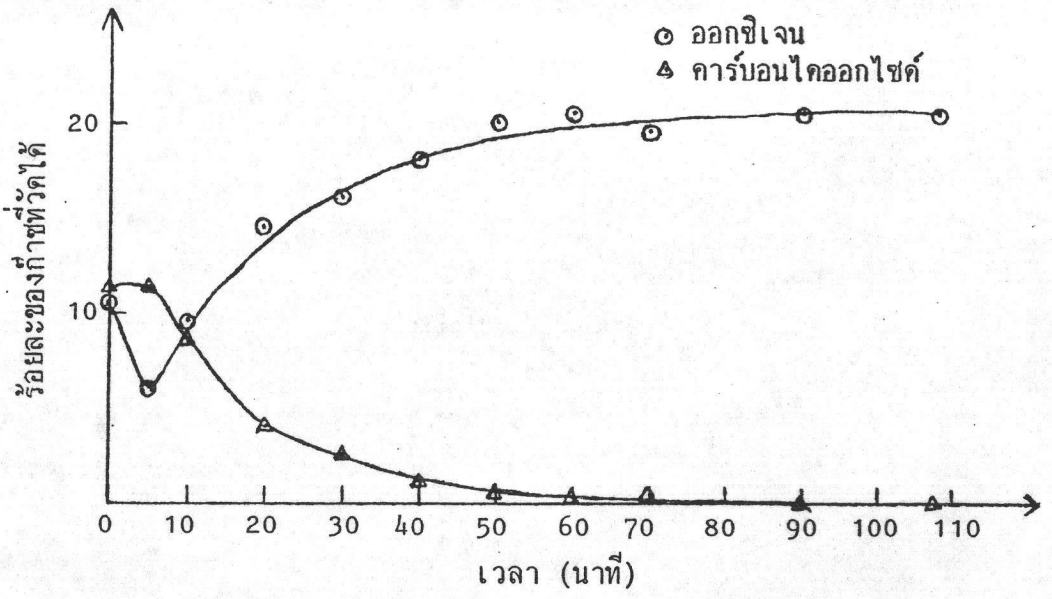
เวลา (นาที)	ถ่านไม้			ถ่านหินอัดก้อน		
	ร้อยละ O_2	ร้อยละ CO_2	ร้อยละปริมาณอากาศเกินพอ	ร้อยละ O_2	ร้อยละ CO_2	ร้อยละปริมาณอากาศเกินพอ
0	10.5	11.5	102.6	17.2	2.5	414.6
5	6.0	11.5	37.7	16.0	4.0	303.6
10	9.5	8.5	77.2	16.5	4.3	362.6
20	14.5	4.0	202.3	16.5	3.5	346.0
30	16.0	2.5	282.3	17.3	2.3	424.5
40	18.0	1.0	509.2	18.2	1.5	578.0
50	20.0	0.5	1760.8	18.5	0.5	609.6
60	20.5	0.25	3600.2	19.5	0.25	1062.5
70	19.5	0.5	1102.4	20.2	0.25	2128.2
90	20.5	0	3223.9	20.7	0	5409.0
108	20.5	0	3223.9	-	-	-

พบว่าร้อยละของปริมาณอากาศเกินพอในการใช้ถ่านหินอัดก้อนมีค่ามากกว่าถ่านไม้ เนื่องจากเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนจะมีอากาศไหลเข้าไปได้มากกว่าเนื่องจากลักษณะรูปร่างของถ่านหินอัดก้อนมีความแน่นอนและผิวเรียบกว่าถ่านไม้ การไหลของอากาศเป็นไปอย่างสะดวกและต่อเนื่อง ทำให้ถ่านหินอัดก้อนเกิดการพาความร้อนได้มากกว่าถ่านไม้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ผ่านมา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณอากาศที่เข้าไปเพียงพอต่อการเผาไหม้ ไม่จำเป็นที่จะต้องเพิ่มความสูงของเตาหรือเปิดช่องลมให้กว้างขึ้น เพื่อให้อากาศไหลเข้าได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามก็จะต้องดูผลในแง่ของประสิทธิภาพการใช้งานด้วย และเมื่อนำร้อยละออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้มาเขียนกราฟเทียบกับเวลา เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ดังรูปที่ 4.16 และ 4.17 พบว่าถ่านไม้จะให้คาร์บอนไดออก-ไซด์ออกมามากกว่าในช่วงแรก ๆ ทำให้ปริมาณของออกซิเจนมีค่าน้อยลง แสดงว่ามีการเผาไหม้เกิดขึ้นมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในหัวข้อ 4.2.3 สำหรับถ่านหินอัดก้อนปริมาณคาร์บอน-ไดออกไซด์จะน้อยกว่า และมีออกซิเจนมาก แสดงว่าการเผาไหม้เกิดขึ้นช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในหัวข้อ 4.2.3 เช่นเดียวกัน

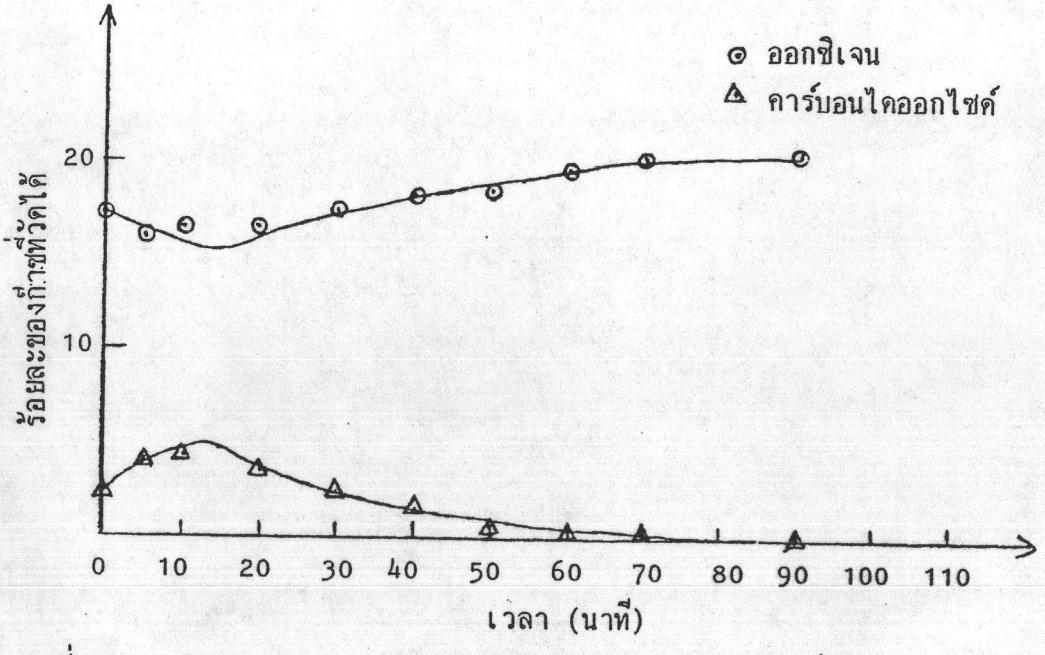
2. จากการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาที่ออกแบบโดยเพิ่มความสูงของห้องเถ้า ซึ่งทำการทดลองกับเตาขนาด 27 ซม. ที่สูง 22 ซม., 27 ซม., 32 ซม. และ 37 ซม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. ที่มีความสูง 22, 27, 32 และ 37 ซม. โดยใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง

ความสูงของเตาทุ่งต้ม (ซม.)	น้ำหนักของเตา (กรัม)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
22 (ขนาดปกติ)	8,200	30.7
27	10,950	29.6
32	13,000	29.7
37	15,700	29.4



รูปที่ 4.16 ร้อยละของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านไม้เทียบกับเวลา ในเตาขนาด 27 ซม.



รูปที่ 4.17 ร้อยละของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินอัดก้อนเทียบกับเวลาในเตาขนาด 27 ซม.

พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานของเตาที่เพิ่มความสูงของห้องเถ้ามีค่าใกล้เคียงกับเตาขนาดและความสูงเดิม (22 ซม.) คือมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 30 เนื่องจากการเพิ่มความสูงของเตาคาดว่าการเผาไหม้เกิดได้ดีขึ้น อุณหภูมิในเตาจะสูง การถ่ายเทความร้อนจะเกิดได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเตาที่มีความสูงมากขึ้นจะมีน้ำหนักมาก ทำให้ความร้อนที่สะสมในเตามีมากขึ้นด้วย นอกจากนี้น้ำหนักที่มากขึ้นนี้จะทำให้การขนย้ายลำบาก ไม่เหมาะกับการใช้งาน จึงสรุปว่าไม่จำเป็นต้องเพิ่มความสูงของเตา เพราะประสิทธิภาพการใช้งานมีค่าใกล้เคียงกัน

4.3.5 ผลการศึกษาการดัดแปลงลักษณะที่วางภาชนะในเตาหุงต้มเทียบกับเตาประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้

จากการศึกษาลักษณะที่วางภาชนะในเตาหุงต้มเทียบกับเตากรมป่าไม้ โดยการทดลองหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. เทียบกับเตากรมป่าไม้ และใช้ถ่านหิน-อัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง โดยทดลองใช้หม้ออลูมิเนียมตั้งแต่ขนาด 22 ซม. ถึง 30 ซม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบกับเตากรมป่าไม้ โดยใช้หม้ออลูมิเนียมหลายขนาด ใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง

ขนาดของหม้ออลูมิเนียม (ซม.)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)	
	เตากรมป่าไม้	เตาขนาด 27 ซม.
22	29.6	27.5
24	31.9	30.8
26	32.5	30.7
28	34.1	33.8
30	32.7	30.7

พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานของเตากรมป่าไม้ โดยใช้หม้ออลูมิเนียมหลายขนาดมีค่าไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าเตากรมป่าไม้ได้ออกแบบที่วางภาชนะให้วางหม้อได้หลายขนาด และเมื่อวางหม้อลงไปแล้วจะมีช่องอากาศร้อนออกเท่ากัน คือประมาณ 1 ซม. ดังรูปที่ 3.23 แต่มีประสิทธิภาพสูงอยู่ที่ขนาดหม้อที่เหมาะสมพอดีหรือใหญ่กว่าขนาดเตาเล็กน้อย เนื่องจากพื้นที่ผิว

ของหม้อที่รับความร้อนถ้ามีน้อยเกินไปจะรับความร้อนได้จำกัด แต่การสูญเสียจะน้อย สำหรับหม้อขนาดใหญ่มีพื้นที่รับความร้อนมากกว่าแต่การสูญเสียก็จะมากเช่นกัน ดังนั้นขนาดหม้อที่ใหญ่หรือเล็กไปก็จะทำให้ประสิทธิภาพมีค่าต่ำ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับเตาอั้งโล่ขนาด 27 ซม. ซึ่งมีลักษณะที่วางภาชนะอย่างที่พบกันอยู่โดยทั่วไป คือเมื่อวางหม้อหลาย ๆ ขนาดจะมีช่องอากาศร้อนออกไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าลักษณะที่วางภาชนะไม่จำเป็นต้องดัดแปลงให้เหมือนกับเตากรมป่าไม้ เพียงแต่เลือกขนาดภาชนะให้เหมาะสมก็จะได้ประสิทธิภาพสูงเช่นกัน

4.4 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. โดยใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง ได้ผลดังนี้

4.4.1 ผลการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวกับตัวเตาหุงต้ม

ก. ความสูงเชิงเทิน

จากการทดลองโดยปรับความสูงของเชิงเทินตั้งแต่ 0.5 ซม. ถึง 3.5 ซม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบกับความสูงเชิงเทิน โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

ความสูงเชิงเทิน (ซม.)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
0.5	34.1
0.7	34.1
1.1	33.5
1.4	30.7
1.7	29.0
1.9	27.9
2.5	22.9
3.5	21.7

พบว่า ประสิทธิภาพจะสูงขึ้นเมื่อความสูงเชิงเทินลดลง เนื่องจากความสูงของเชิงเทินหรือระยะระหว่างก้นหม้อกับขอบเตาด้านบน เป็นทางที่ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ผ่านออกสู่ด้านนอก ส่วนหนึ่งของความร้อนจะถ่ายเทให้แก่ก้นและขอบนอกของหม้อ เมื่อผ่านออกไปก็จะสูญเสียไปยังบรรยากาศ ความร้อนจากถ่านหินอัดก้อนและภายในเตาถ่ายเทให้แก่ก้นหม้ออีกทางหนึ่งโดยการแผ่รังสี ถ้าช่องเปิดกว้างก็จะสูญเสียสู่ภายนอกมากขึ้น จากการทดลองพบว่าความสูงเชิงเทินที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.7 ถึง 1.1 ซม. ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพมีค่าสูงถึงร้อยละ 33-34 และพบว่าเมื่อความสูงเชิงเทินลดลงจนถึง 0.5 ซม. ประสิทธิภาพการใช้งานได้ค่าเท่าเดิม แต่การเผาไหม้จะช้า คือไฟในเตาจะมอดนานกว่าประมาณ 15 นาที เนื่องจากก๊าซร้อนออกได้ลำบาก ดังนั้นจึงควรปรับความสูงเชิงเทินให้ต่ำที่สุดโดยที่การเผาไหม้ยังปกติ เพราะสามารถทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มได้อย่างง่ายและไม่ยุ่งยาก

ข. ขนาดของช่องลมด้านหน้า

จากการทดลองโดยปรับขนาดของช่องลมด้านหน้าตั้งแต่ 4.0×15.5 ตร.ซม. ถึง 9.4×15.5 ตร.ซม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. ที่มีความสูง 32 ซม. เปรียบเทียบกับขนาดของช่องลมด้านหน้า โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

ขนาดของช่องลมด้านหน้า (ซม.×ซม.)	พื้นที่ช่องลมด้านหน้า (ตร.ซม.)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
4.0×15.5	62.0	30.4
6.4×15.5	99.2	29.7
8.0×15.5	124.0	30.4
9.4×15.5	145.7	32.0

การปรับขนาดช่องลมด้านหน้าเป็นการปรับปริมาณอากาศที่เข้าในการเผาไหม้ โดยที่การปรับให้มีขนาดกว้างขึ้น จะทำให้อากาศเข้าไปเผาไหม้ได้ดีขึ้น อุณหภูมิภายในเตาสูงและมีการถ่ายเทความร้อนดี แต่พบว่าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานหรือประสิทธิภาพที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และการปรับขนาดช่องลมด้านหน้าให้กว้างขึ้นจะทำให้เกิดการสูญเสียโดยการ

แผ่รังสีมากขึ้นทางช่องเปิดนี้ แต่อย่างไรก็ตามการสูญเสียในส่วนนี้มีค่าน้อยมาก คือประมาณร้อยละ 1 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง ดังนั้นขนาดของช่องลมด้านหน้าที่เหมาะสมคือ ขนาดใดก็ได้ที่ยังคงทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นปกติ แต่อย่างไรก็ตามขนาดของช่องลมที่ทำจำหน่ายในท้องตลาดก็เหมาะสมแล้ว คือประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่ผิวเตาทั้งหมด และมักจะมีประตูเลื่อนเปิดปิดได้ ซึ่งเป็นตัวควบคุมการเผาไหม้ในเตาให้ช้าหรือเร็ว แต่ถ้าเป็นเตาที่จะใช้กับถ่านหินอัดก้อนก็ควรจะทำให้ช่องลมด้านหน้ามีขนาดกว้างขึ้นเล็กน้อย เพื่อให้สะดวกต่อการเขี่ยเถ้าเนื่องจากการเขี่ยทำจากทางด้านล่างของเตาขึ้นไปโดยผ่านทางห้องเถ้า

ค. ความหนาของรังผึ้ง

จากการทดลองโดยปรับความหนาของรังผึ้งตั้งแต่ 1.8 ซม. ถึง 4.0 ซม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. ที่มีความสูง 27 ซม. เปรียบเทียบกับความหนาของรังผึ้ง โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

ความหนาของรังผึ้ง (ซม.)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
1.8	29.6
2.5	29.3
3.0	29.6
3.5	30.2
4.0	31.0

การปรับความหนาของรังผึ้ง เป็นการทำให้ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านรังผึ้งเร็วขึ้น จึงทำให้อากาศผ่านเข้าไปเผาไหม้มากขึ้น แต่พบว่าประสิทธิภาพที่หาได้มีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นความหนาของรังผึ้งมีความหนาอย่างเดิมที่ผลิตกันอยู่ก็ใช้ได้ (หนาประมาณ 2 ซม.) แต่อย่างไรก็ตามความหนาของรังผึ้งจะมีผลต่อการสูญเสียทางช่องลมด้านหน้า คือทำให้การสูญเสียโดยการแผ่รังสีลดลง เพราะตัวถ่านบนรังผึ้งจะมองเห็นช่องเปิดด้านหน้าได้น้อยลง

4.4.2 ผลการศึกษาตัวแปรที่ไม่เกี่ยวกับตัวเตาหุงต้ม

ก. ขนาดของหม้ออลูมิเนียม

จากการทดลองโดยใช้หม้ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อตั้งแต่ 22 ซม. ถึง 30 ซม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบกับขนาดหม้ออลูมิเนียม

ขนาดของหม้ออลูมิเนียม (ซม.)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
22	27.5
24	30.8
26	30.7
28	33.8
30	30.7

พบว่า ขนาดของหม้ออลูมิเนียมที่เหมาะสมกับการใช้งานโดยทำให้ประสิทธิภาพสูงคือขนาดใหญ่กว่าขนาดของเตาเล็กน้อย เช่นเตาขนาด 27 ซม. ขนาดหม้อที่เหมาะสมคือ 28 ซม. เนื่องจากเมื่อขนาดของหม้อใหญ่ขึ้น การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีจากถ่านหินอัดก้อนในเตาและโดยการพาของก๊าซร้อนผ่านช่องว่างระหว่างขอบเตาด้านบนกับก้นหม้อจะน้อยลง สำหรับหม้อที่มีขนาดเล็กกว่าเมื่อวางลงบนเตาจะมีช่องอากาศร้อนออกกว้างกว่า ทำให้เกิดการสูญเสียมาก และอีกเหตุผลหนึ่งคือ ขนาดหม้อที่เล็กกว่าจะมีพื้นที่ในการรับความร้อนน้อยกว่าซึ่งจะรับความร้อนได้จำกัด แต่ถ้าขนาดของหม้อใหญ่จนเกินไป จะมีการสูญเสียความร้อนจากผิวน้ำในหม้อได้มากขึ้น และผนังหม้อจะมีเนื้อที่ให้เกิดการสูญเสียมากขึ้น

ข. ปริมาณน้ำ

จากการทดลองโดยใช้ปริมาณน้ำตั้งแต่ 1,500 กรัม ถึง 3,500 กรัม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้ โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

ปริมาณน้ำ (กรัม)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
1,500	27.7
2,000	28.4
2,300	29.4
2,500	30.7
3,000	29.9
3,500	(น้ำไม่เดือด)

พบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ทดสอบมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานเล็กน้อย และปริมาณน้ำที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงอยู่ระหว่างประมาณ 2,300-3,000 กรัม ซึ่งเมื่อเทียบกับปริมาตรของหม้ออลูมิเนียมจะประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรของหม้อ ถ้าปริมาณน้ำน้อยไปจะเป็นตัวรับความร้อนที่ไม่ดี แต่จะเกิดการสูญเสียจากน้ำในหม้อและผิวภาชนะได้น้อย แต่ถ้าปริมาณน้ำมากไปจะเป็นตัวรับความร้อนที่ดีกว่า แต่จะเกิดการสูญเสียจากน้ำในหม้อและผิวภาชนะมากขึ้น ดังนั้นการปรุงอาหารควรจะใส่ปริมาณอาหารที่จะหุงต้มประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรของหม้อ

ค. ปริมาณถ่านหินอัดก้อน

จากการทดลองโดยใช้ปริมาณถ่านหินอัดก้อนตั้งแต่ 630 กรัม ถึง 1,400 กรัม (รวมความชื้น) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบกับปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

ปริมาณถ่านหินอัดก้อน (กรัม)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
630	26.4
830	30.7
1,000	33.9
1,200	30.9
1,400	28.0

พบว่าปริมาณของถ่านหินอัดก้อนที่ทำให้ประสิทธิภาพสูง คือ 1,000 กรัม (รวมความชื้น) เมื่อนำไปเปรียบเทียบดูในรูปที่ 4.8 พบว่าปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่เหมาะสมโดยทำให้ประสิทธิภาพสูง จะประมาณ 2 ใน 3 ถึง 3 ใน 4 ของปริมาตรของห้องเผาไหม้ แต่อย่างไรก็ตามยังขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ว่ามีค่าเท่าไร ถ้ามีค่ามากกว่านี้ปริมาณเหมาะสมที่ใช้จะลดลง แต่ถ้ามีค่าความร้อนน้อยกว่านี้ปริมาณเหมาะสมที่ใช้จะมากขึ้น ปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ใส่ในห้องเผาไหม้ถ้าน้อยไปจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงเพราะความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินอัดก้อนต้องเสียความร้อนส่วนหนึ่งให้กับตัวเตา จึงทำให้ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์มีค่าน้อยลง แต่ถ้าปริมาณที่ใส่มากไปก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงเช่นกันเพราะความสามารถในการรับความร้อนของหม้ออลูมิเนียมมีจำกัด ดังนั้นจึงไม่ควรใส่ถ่านหินอัดก้อนทีละมาก ๆ ควรจะแบ่งใส่เพื่อทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานดีขึ้น

ง. ชนิดของภาชนะหุงต้มอื่น ๆ

จากการทดลองโดยใช้หม้อแขก กาต้มน้ำ และกระทะ โดยใช้ความสูงเชิงเทิน 2 ค่า คือ 0.7 ซม. และ 1.4 ซม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลของการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบระหว่างภาชนะหุงต้มที่ต่างกัน ที่ความสูงเชิงเทิน 0.7 ซม. และ 1.4 ซม. โดยใช้ถ่านหินอัดก้อน

ชนิดของภาชนะหุงต้ม	ความสูงเชิงเทิน (ซม.)	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
หม้ออลูมิเนียม	0.7	34.1
(เส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ 26 ซม.)	1.4	30.7
หม้อแขก	0.7	32.2
(เส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ 26 ซม.)	1.4	31.2
กาต้มน้ำ	0.7	24.6
	0.7 (เปิดฝากา)	27.5
(เส้นผ่านศูนย์กลางที่ก้นกา 20 ซม.)	1.4	23.8
กระทะ	0.7	36.3
(เส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากกระทะ 46 ซม.)	1.4	36.8

พบว่า ชนิดของภาชนะหุงต้มมีผลต่อประสิทธิภาพ เมื่อใช้หม้อแขกจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับหม้ออลูมิเนียม แต่อาจแตกต่างเล็กน้อย เนื่องจากมีรูปทรงของหม้อไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะที่ก้นหม้อคือหม้อแขกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 ซม. แต่หม้ออลูมิเนียมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. และความสูงเชิงเทินมีผลต่อประสิทธิภาพเล็กน้อย เมื่อใช้หม้อแขกเนื่องจากก้นของหม้อแขกมีขนาดใหญ่กว่าหม้ออลูมิเนียม ทำให้ความร้อนที่ออกจากช่องระหว่างขอบเตากับก้นภาชนะและการแผ่รังสีของถ่านหินอัดก้อนในเตามีโอกาสถ่ายเทให้กับก้นหม้อได้มากกว่า ทำให้ความสูงของเชิงเทินมีผลเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับกาต้มน้ำจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าเมื่อใช้หม้ออลูมิเนียม เนื่องจากลักษณะการใช้งานต้องปิดฝากาเพื่อไม่ให้ไอน้ำออกได้มาก ทำให้น้ำเดือดตลอดเวลา ดังนั้นน้ำที่ระเหยไปจึงน้อยกว่าที่ควรเป็น เนื่องจากมีการกลั่นตัวของไอน้ำแล้วควบแน่นกลับเป็นน้ำใหม่ และเมื่อทดลองโดยเปิดฝากาพบว่ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประมาณร้อยละ 3 เนื่องจากน้ำในกาสามารถระเหยได้มากขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็มีประสิทธิภาพน้อยกว่าหม้ออลูมิเนียม เนื่องจากช่องเปิดด้านบนของกาต้มน้ำมีขนาดเล็กกว่าหม้ออลูมิเนียม คือมีขนาด 18 ซม. ทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยน้อยกว่าน้ำในหม้ออลูมิเนียม และความสูงเชิงเทินมีผลต่อประสิทธิภาพเล็กน้อย เนื่องจาก

การทดลองปิดฝากาทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยไม่ต่างกันมากเท่าไร สำหรับกระทะ มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าหม้ออลูมิเนียม เนื่องจากความร้อนที่สูญเสียทางช่องระหว่างขอบเตากับก้นภาชนะสามารถถ่ายเทให้กับขอบกระทะได้ เพราะมีรูปทรงที่กว้างทำให้รับความร้อนได้มากขึ้น และความสูงเชิง-เทินไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งาน เนื่องจากความร้อนที่สูญเสียสามารถถ่ายเทให้กับกระทะได้ และจากการทดสอบโดยใช้ความสูงเชิงเทินเท่ากับ 0.7 ซม. กับภาชนะหุงต้มชนิดอื่น ๆ สามารถสรุปได้ว่า ภาชนะหุงต้มที่นิยมใช้ คือ หม้ออลูมิเนียม หม้อแขก กาต้มน้ำ และกระทะ สามารถนำมาใช้กับเตาอั้งโล่ที่ใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิงโดยมีความสูงเชิงเทินเท่ากับ 0.7 ซม. ได้

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ สมชาย โอสุวรรณ และ กัญจนา บุณยเกียรติ (19) ซึ่งได้ศึกษาผลของตัวแปรดังกล่าวที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่โดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง พบว่าผลที่ได้มีแนวโน้มที่คล้ายกัน แต่อย่างไรก็ตามค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเตาที่หาได้นี้เป็นการทดสอบที่สภาวะมาตรฐานเท่านั้น แต่การใช้งานจริง ๆ แล้วมีลักษณะการใช้ความร้อนในการประกอบอาหารจากเตาได้หลายแบบ และขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร เช่น ต้ม ทอด ผัด และอบ เป็นต้น และยังขึ้นอยู่กับภาชนะที่ใช้หุงต้มอีกด้วย

4.5 ผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้มโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน

จากการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาขนาด 27 ซม. โดยใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ผลของการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาขนาด 27 ซม. เปรียบเทียบกับถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน

ผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาแต่ละส่วน (ร้อยละของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิง)	ค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อน (แคลอรี/กรัม) (ไม่รวมความชื้น)				
	A 4,033	B 3,614	C 3,373	D 3,128	E 4,270
ส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ :					
ประสิทธิภาพการใช้งาน	30.7	29.0	30.5	30.8	28.9
ส่วนที่สูญเสียไป :	69.3	71.0	69.5	69.2	71.1
สะสมไว้ในมวลของเตา	5.70	5.33	5.28	4.92	5.65
ผิวเตาโดยรอบ	2.74	2.71	3.10	2.94	2.58
ช่องลมด้านหน้า	0.66	0.51	0.68	0.51	0.58
ช่องระหว่างก้นภาชนะกับขอบเตาและทางผิวภาชนะ	60.20	62.45	60.44	60.83	62.29
ปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะทุงต้มทั้งหมด :	90.90	91.45	90.94	91.63	91.19
โดยการแผ่รังสี	42.15	42.63	42.05	39.06	43.29
โดยการพาความร้อน	48.75	48.82	48.89	52.57	47.90

พบว่า การใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน จะให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการใช้งาน และการสูญเสียความร้อนในด้านต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ถ่านหินอัดก้อนชนิดอื่นก็สามารถนำมาใช้งานได้ แต่อาจจะมีผลต่อปริมาณที่ใช้เนื่องจากมีค่าความร้อนไม่เท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามมักจะมีค่าความร้อนในช่วง 2,500-4,000 แคลอรี/กรัม (รวมความชื้น) ทำให้ปริมาณที่ใช้ไม่แตกต่างกันมากนัก และพบว่าถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน เมื่อวัดปริมาณความร้อนที่ให้แก่ภาชนะทุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสี พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน ทำให้การพาความร้อนก็มีค่าใกล้เคียงกันด้วย