บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่านหินและการอัดก้อนถ่านหิน

2.1.1 ถ่านหิน (Coals)

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติชนิดหนึ่ง เกิดจากการสะสมตัวของซากพืชเป็นเวลานับสิบ ๆ ล้านปี การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของพื้นผิวโลกจะทำให้ซากพืชเหล่านี้เปลี่ยนเป็นถ่านหิน โดยสามารถแบ่งลำดับของถ่านหินตามคุณภาพการให้พลังงานออกเป็น 4 กลุ่ม จากคุณภาพต่ำไปหาคุณภาพสูงคือ พีท (Peat), ลิกไนท์ (Lignite), บิทูมินัส (Bituminous) และแอนทราไซท์ (Anthracite) ในแต่ละกลุ่มจะมีปริมาณธาตุคาร์บอนสูงขึ้นตามลำดับ แอนทราไซท์จะมีคาร์บอนสูงถึงร้อยละ 90 เมื่อเผาจะให้ความร้อนสูงและมีควันน้อยมาก (11, 12)

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งถ่านหินตามศักดิ์ (Rank) โดยใช้วิธีมาตรฐาน ASTM (13) ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นใหญ่ ๆ คือ ลิกไนท์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส และแอนทราไซท์ โดยเรียงจากคุณภาพต่ำถึงสูง ดังตารางที่ 2.1 โดยพิจารณาองค์ประกอบที่สำคัญ คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก เช่น คาร์บอนคงตัว สารระเหยง่าย ความชื้น เถ้า กำมะถัน และค่าความร้อน

ตารางที่ 2.1 การแบ่งถ่านหินตามศักดิ์ โดยวิธี ASTM D388 (14)

TABLE 1 Classification of Coals by Rank[A]

Class	Group	Fixed Carbon Limits, percent (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits, percent (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Calorific Value Limits, Btu per pound (Moist,[B] Mineral-Matter-Free Basis)		Agglomerating Character
		Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
I. Anthracitic	1. Meta-anthracite	98	...	...	2	...	...	nonagglomerating
	2. Anthracite	92	98	2	8	...	...	
	3. Semianthracite[C]	86	92	8	14	...	...	
II. Bituminous	1. Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	...	...	commonly agglomerating[C]
	2. Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	...	...	
	3. High volatile *A* bituminous coal	...	69	31	...	14 000[D]	...	
	4. High volatile *B* bituminous coal	...	...	...	...	13 000[D]	14 000	
	5. High volatile *C* bituminous coal	...	...	...	...	11 500	13 000	agglomerating
						10 500	11 500	
III. Subbituminous	1. Subbituminous *A* coal	...	...	...	...	10 500	11 500	nonagglomerating
	2. Subbituminous *B* coal	...	...	...	...	9 500	10 500	
	3. Subbituminous *C* coal	...	...	...	...	8 300	9 500	
IV. Lignitic	1. Lignite *A*	...	...	...	...	6 300	8 300	
	2. Lignite *B*	...	...	...	...	...	6 300	

[A] This classification does not apply to certain coals, as discussed in Note 1.
[B] Moist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.
[C] If agglomerating, classify in low-volatile group of the bituminous class.
[D] Coals having 69 % or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of calorific value.
[E] It is recognized that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in high volatile *C* bituminous group.

ถ่านหินที่พบในประเทศไทย จัดเป็นถ่านหินในกลุ่มลิกไนท์ และซับบิทูมินัส (Subbitu-minous) มีค่าความร้อนระหว่าง 2,000-6,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับน้ำมันเตาที่มีน้ำหนักเท่ากัน จะให้ความร้อนน้อยเพียงหนึ่งในห้าถึงครึ่งหนึ่ง แหล่งถ่านหินที่พบจะอยู่กระจัด-กระจายทั่วไปในภาคเหนือ ส่วนภาคใต้มีพบบ้างแต่ไม่มากนัก (3)

ถ่านหินประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และกำมะถัน มีสีดำ น้ำตาล หรือแดงอ่อนปนน้ำตาล มีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 30-70 เปราะแตกร่วนง่าย สามารถใช้มีดขีดขูดหรือตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้ คุณสมบัติของถ่านหินจะขึ้นกับชนิดของพันธุ์ไม้ที่เปลี่ยนสภาพเป็นถ่าน (12)

แม้ว่าลิกไนท์จะเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำ แต่ก็สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนแทนฟืนหรือน้ำมันในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การบ่มใบยาตามโรงบ่มต่าง ๆ การผลิตซีเมนต์ ผลิตเยื่อกระดาษ เป็นต้น การทำเหมืองถ่านหินจะมีเศษถ่านหินปนซึ่งเป็นส่วนเหลือใช้เกิดขึ้น ซึ่งสมควรจะหาวิธีใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือใช้นี้ ทางหนึ่งที่สามารถทำได้ก็คือ นำมาอัดเป็นก้อน และใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มแทนถ่านไม้และฟืน เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้กันมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.2 แต่แนวโน้มราคาของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพราะรัฐบาลไม่ส่งเสริมการตัดไม้ เพื่อนำมาทำเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นการหันมาใช้ถ่าน-หินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มในครัวเรือนจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนถ่านไม้และฟืนได้

ตารางที่ 2.2 การสำรวจปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มทั่วประเทศในปี 2523 (7)

เชื้อเพลิง	ปริมาณการใช้ (ร้อยละ)
ถ่านไม้	57.09
ฟืน	36.11
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	4.92
ไฟฟ้า	1.19
แกลบ	0.64
น้ำมันก๊าด	0.05

2.1.2 การอัดก้อนถ่านหิน (Briquetting) (11, 15)

กระบวนการอัดก้อนถ่านหิน เป็นการรวมเอาผงถ่านหรือเศษถ่านมาอัดเป็นก้อนในแบบพิมพ์ (Mold) ด้วยความดัน โดยมีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อนำถ่านหินที่มีขนาดเล็กเกินไปในการนำไปใช้งาน มาทำให้เป็นก้อนที่มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน

2. เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติตามต้องการในระหว่างการเผาไหม้ เช่น ถ่านไร้ควัน หรือถ่านหินที่คงรูปแม้จะเผาไหม้หมด เป็นต้น

3. เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น การขนส่ง การควบคุมปริมาณที่ใช้ เป็นต้น

โดยสรุปแล้วจุดประสงค์ในการอัดก้อนถ่านหินคือ เพื่อนำถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำมาทำให้มีคุณภาพสูงขึ้น ในการอัดก้อนถ่านหินสามารถเปลี่ยนถ่านหินลิกไนท์ที่มีความชื้นสูงให้มีค่าความร้อนสูงขึ้น และสามารถเปลี่ยนถ่านหินบิทูมินัสขนาดเล็กให้มีขนาดตามต้องการ นอกจากนี้ถ่านหินที่อัดเป็นก้อนแล้ว ยังสามารถนำไปคาร์บอไนซ์ให้มีคุณภาพสูงขึ้นอีกได้

กระบวนการอัดก้อนเกี่ยวข้องกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของผงถ่านหิน (Cohesive force) แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวประสานกับผงถ่านหิน (Adhesive force) พฤติกรรมทาง Rheology และการเยิ้มตัว การอัดก้อนที่อุณหภูมิสูงหรือการคาร์บอไนซ์ถ่านหินอัดก้อน จะต้องพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านหินและคุณสมบัติทางเคมีของผิวถ่านเป็นสำคัญ

กระบวนการอัดก้อนถ่านหิน แบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การอบแห้ง (Drying) เพื่อลดความชื้นของถ่านหินให้เหลือน้อย คือประมาณร้อยละ 2-4

2. การบด (Grinding) เพื่อบดให้เป็นผงถ่านหินขนาดเล็กพอสมควร เมื่ออบให้แห้งแล้ว

3. การผสม (Mixing) เป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยทำการผสมตัวประสานที่ใช้รวมกับองค์ประกอบอื่น ๆ ลงในผงถ่านหินในสัดส่วนที่ต้องการ ขั้นตอนนี้จะต้องผสมจนส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากันเป็นอย่างดี

4. การอัดก้อน (Pressing) เป็นขั้นตอนที่นำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วมาอัดก้อนด้วยเครื่องอัด ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ Rotary-table press และ Double-roll press

5. การอบหรือตากแห้ง (Drying or Air Dry) เป็นขั้นตอนที่นำถ่านหินที่อัดก้อนแล้วมาทำการลดความชื้น โดยการอบให้แห้งหรือตากไว้ในอากาศ

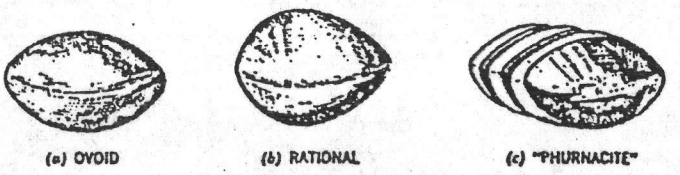
หลักในการอัดก้อนจะต้องใช้แรงกดอัดเม็ดผงถ่านหิน ทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมกันเป็นก้อนตามรูปร่างของแบบพิมพ์ ซึ่งมีหลายลักษณะ เช่น รูปไข่ (Ovoid) รูปหมอน (cushion) หรือรูป boulet ดังรูปที่ 2.1 โดยการใช้เครื่องอัดก้อน เช่นชนิด Double-roll press ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้ง (roll) 2 อัน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน หมุนในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็วเดียวกัน ส่วนผสมที่จะอัดถูกส่งเข้าระหว่างลูกกลิ้ง แล้วกดให้เป็นก้อนออกมา การอัดก้อนจะมี 2 แบบ คือ (16)

1. การอัดก้อนถ่านหินชนิดไม่มีตัวประสาน ใช้กับถ่านหินชนิดบิทูมินัส ลิกไนท์ และพีท อัดด้วยความดันสูง เครื่องอัดก้อนที่เหมาะสมในการอัดก้อนชนิดนี้คือ Plunger-type press ซึ่งทำงานคล้ายกับการอัดแบบเกลียวหมุน (Extrusion press) ถ่านหินอัดก้อนที่ได้มีหลายแบบ เช่น รูปสี่เหลี่ยม (Rectangular) รูปวงกลม (Circular) เป็นต้น และเครื่องอัดก้อนชนิด Ring-roll press ก็ใช้ได้

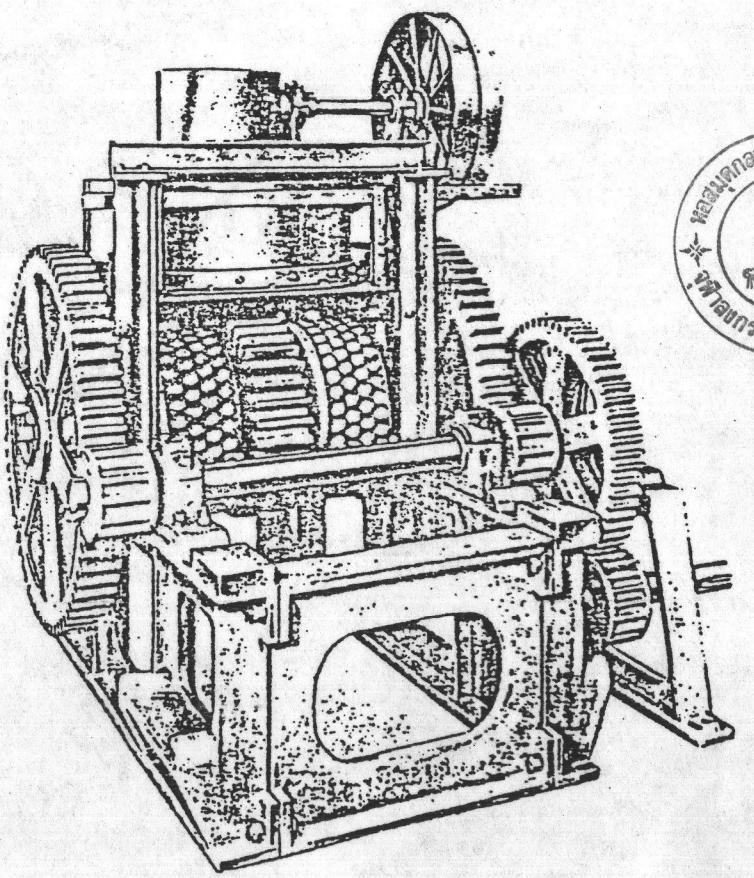
2. การอัดก้อนถ่านหินชนิดมีตัวประสาน จำเป็นสำหรับถ่านหินชนิดบิทูมินัส และแอน-ทราไซท์ โดยการเติมตัวประสาน (Binder) เพื่อช่วยในการอัดติดให้เป็นก้อน โดยทำหน้าที่ในการเกาะตัวหรือเยิ้มตัว (Agglomeration) นิภา เศรษฐไพศาล (17) ได้ศึกษาการนำเศษถ่านหินมาอัดก้อน โดยทดลองใช้กับตัวประสานหลายชนิด คือ แป้งเปียก ยางมะตอย แบลคลิกเคอร์ กากน้ำตาล ขี้ผึ้งจากโรงกลั่นน้ำมัน (Wax from refinery) mixed pitch coconut pitch และดินเหนียว พบว่าดินเหนียวเป็นตัวประสานที่เหมาะสมที่สุด หาง่ายและมีราคาถูก ส่วนผสมที่ดีอยู่ระหว่างร้อยละ 5-20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง

2.2 เตาหุงต้ม (Cooking Stove)

เตาหุงต้มคือ ภาชนะที่ใช้รองรับหรือประกอบเป็นส่วนในการเผาไหม้เชื้อเพลิง และสามารถนำความร้อนที่เกิดขึ้นไปสู่ระบบการอำนวยประโยชน์ได้ทันที เตาหุงต้มจะมีส่วนประกอบที่จำเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่เกิดการเผาไหม้ ส่วนที่อากาศช่วยในการเผาไหม้เข้า และส่วนที่ไอเสียออก (18) ดังแสดงในรูปที่ 2.3

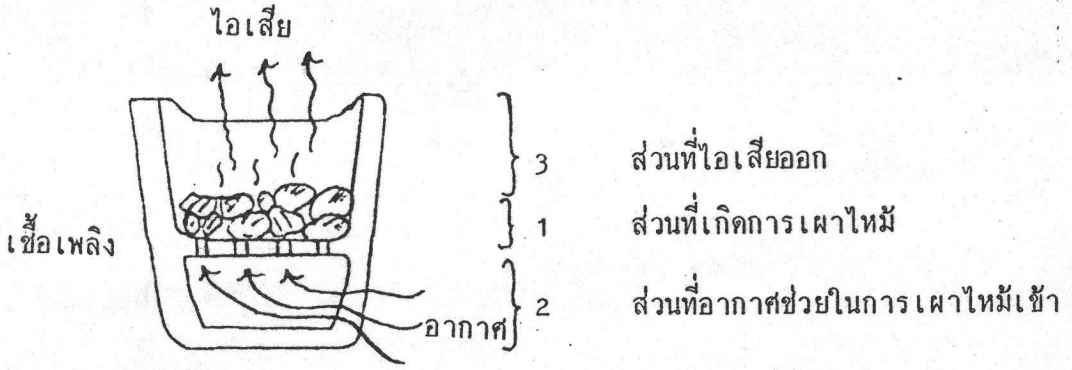


รูปที่ 2.1 รูปร่างของถ่านหินอัดก้อนแบบต่าง ๆ



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 A double-roll press



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบ 3 ส่วนที่จำเป็นของเตาหุงต้ม

จากรูปจะเห็นว่า ถ้าเตามีรูปร่างเช่นนี้ก็สามารถจะแยกส่วนต่าง ๆ ให้เห็นได้ชัดเจน และถ้าส่วนใดส่วนหนึ่งทั้งสามนี้ไม่มีจะไม่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้ แต่ถ้าออกแบบไว้ให้มีสัดส่วนที่เกื้อกูลต่อกันอย่างสมบูรณ์ เตาก็จะมีประสิทธิภาพสูง คือสามารถนำความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด และเกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ในระยะเวลาที่ต้องการ

เตาหุงต้มมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตประจำวัน ตั้งแต่สมัยโบราณจนปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปมากทั้งรูปแบบและเชื้อเพลิงที่จะใช้ จึงมีเตาเกิดขึ้นหลายแบบแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้ ผู้ออกแบบ และวัตถุประสงค์ เตาที่ใช้ในครัวเรือนส่วนมากจะเป็นเตาที่มีขนาดกระทัดรัด มีการเผาไหม้ดี และเคลื่อนย้ายสะดวก สำหรับจุดมุ่งหมายหลักในการออกแบบเตาคือ ให้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะกับสภาพทางเศรษฐกิจ และสะดวกต่อผู้ใช้ พยายามใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นรูปแบบของเตานั้นอาจไม่จำเป็นต้องเหมือนเดิม

2.2.1 ประวัติการใช้เตาหุงต้มในประเทศไทย

การใช้เตาหุงต้มในประเทศไทย จากการศึกษาและสำรวจพบว่ามีเตาหินสามก้อนเป็นเตาหุงต้มโบราณ ซึ่งใช้กันมากในชนบท เช่นเดียวกับประเทศทางตะวันตกในระยะแรก ๆ สำหรับเตาอั้งโล่มีการใช้มากที่สุด ส่วนเตาชีวมวลชนิดอื่น ๆ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด และพวกวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ก็มีผู้ประดิษฐ์เตาหุงต้มที่ใช้กับเชื้อเพลิงเหล่านี้ขึ้นมาเช่นกัน ซึ่งพอจะแบ่งเตาหุงต้มตามลักษณะเชื้อเพลิงที่ใช้ได้ดังนี้ (7)

1. เตาฟืน จะใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถแบ่งตามรูปแบบของเตาออกเป็น

- เตาหินสามก้อน คือ เตาที่เกิดจากการนำดิน หิน ศิลาแลง หรือก้อนปูนซีเมนต์หล่อขนาดสูงพอประมาณจำนวน 3 ก้อน วางเรียงบนพื้นเพื่อให้วางภาชนะได้ วางเชื้อเพลิงไว้

ตรงกลาง แล้วจุดไฟให้ติดก็สามารถใช้ได้ ปัจจุบันยังมีผู้นิยมใช้กันอยู่มากเป็นอันดับสอง คือมีปริมาณร้อยละ 18.4

- เตาเหล็กสามขา ทำจากการนำเหล็กกลมตัดให้สูงพอประมาณ หรือเชื่อมติดกัน มีวิธีใช้เช่นเดียวกับเตาหินสามก้อน

- เตารูปเกือกม้า ทำจากดินเหนียวขึ้นรูปเป็นแผ่นโค้งคล้ายเกือกม้า ติดนมหรือเส้า 3 จุด เพื่อรับภาชนะซึ่งต่อมามีการดัดแปลงโดยทำเชิงหน้าช่องใส่ฟืน เพื่อกันไฟเลียหน้าเตา อาจใส่หรือไม่ใส่รังผึ้ง

- เตาฟืนพัฒนา เป็นเตาที่มีผู้ปรับปรุงให้ดีขึ้น มีลักษณะคล้ายเตาอั้งโล่ถ่าน ปากเตาวางภาชนะได้หลายขนาด มีรังผึ้งเพื่อให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงเกิดได้สมบูรณ์ มี 2 ชนิดคือ ชนิดมีปล่องและไม่มีปล่อง

2. เตาถ่าน จะใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าเตาประเภทอื่น ๆ โดยให้ความร้อนสูง และมีควันน้อย นิยมเรียกว่า เตาอั้งโล่ รูปแบบของเตาจะแตกต่างกันไปตามแบบของแต่ละท้องถิ่น ขึ้นกับฝีมือและความรู้ของผู้ประดิษฐ์ แต่พอจะแบ่งตามประสิทธิภาพการใช้งานได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีประสิทธิภาพการใช้งานในครัวเรือนสูง และต่ำ

3. เตาแกลบและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ใช้แกลบและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย เป็นเชื้อเพลิง แบ่งเป็น 2 ชนิดตามลักษณะรูปร่าง คือ

- เตาแกลบมีปล่อง ทำจากปูนซีเมนต์หล่อ มีปล่องสูง 2.5 เมตร หรือทำด้วยแผ่นเหล็กบางหรือสังกะสีแผ่นเรียบม้วน แล้วต่อปล่อง

- เตาแกลบไม่มีปล่อง ทำด้วยแผ่นเหล็กม้วนเป็นกรวย เจาะรูโดยรอบ มีขา 3 ขา หุ้มฉนวน เตานี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เตามีชัย หรือเตาเขาอีด่าง

4. เตาก๊าซหุงต้ม ใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิง แบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ แบบแยกหัวเตาออกจากถังก๊าซ หรือแบบหัวเตาติดกับถังก๊าซ และหม้อหุงข้าวใช้ก๊าซ

5. เตาก๊าซชีวภาพ ใช้ก๊าซชีวภาพ ซึ่งส่วนใหญ่คือ มีเทน (methane) จากบ่อหมักก๊าซเป็นเชื้อเพลิง

6. เตาไฟฟ้า เตาชนิดนี้ได้ความร้อนโดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ เตาที่ใช้ขดลวดความร้อนเป็นตัวต้านทาน และหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

7. เตาน้ำมันก๊าด ใช้น้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้ไส้เป็นตัวดูดน้ำมันหรืออัดลมให้น้ำมันกระจายเป็นฝอยให้ความร้อนได้

สำหรับประสิทธิภาพการใช้งานของเตาเหล่านี้จะแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของเตา ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ซึ่งจะเห็นว่า เตาก๊าซหุงต้ม (LPG) และเตาน้ำมันก๊าดอัดลม มีประสิทธิภาพการใช้งานสูงกว่าเตาหุงต้มชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีเตาไฟฟ้าและหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้งานสูงถึงร้อยละ 80-90

ตารางที่ 2.3 ประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้มประเภทต่าง ๆ ที่จำหน่ายในท้องตลาด (ประเทศไทย 2525) (7)

ประเภทของเตา	ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)
เตาแกลบมีปล่อง	7
เตาแกลบไม่มีปล่อง	16
เตาฟืนมีปล่อง	14
เตาฟืนไม่มีปล่อง	26
เตาถ่าน	32
เตาน้ำมันก๊าดใช้ไส้	37
เตาน้ำมันก๊าดอัดลม	48
เตาก๊าซหุงต้ม	46

2.2.2 เตาอั้งโล่ (Traditional Thai Bucket Stoves)

เตาหุงต้มที่ใช้กันมากในประเทศไทยคือ เตาอั้งโล่ถ่านไม้และฟืน ซึ่งมีปริมาณการใช้ร้อยละ 71 ของการใช้เตาหุงต้มในครัวเรือนชนบท 50 หมู่บ้านทั่วประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 เชื่อกันว่าเตาชนิดนี้มาจากประเทศจีน เพราะคำว่า "อั้งโล่" มาจากภาษาแต้จิ๋ว แปลว่าเตาสีแดง ลักษณะของเตามีหลายแบบแตกต่างกันไปขึ้นกับผู้ผลิตและแหล่งที่ผลิต รวมทั้งราคาก็แตกต่างกัน (7, 18) ระยะเวลาที่มีการนำเตาอั้งโล่มาใช้ในประเทศไทย ยังไม่ทราบแน่ชัด สันนิษฐานน่าจะนำเข้ามาเมื่อประมาณ 1,000 ปีมาแล้ว เมื่อเริ่มมีการค้าขายระหว่างไทยกับจีน หรืออีกนัยหนึ่ง อาจนำเข้ามาพร้อมกับชาวจีนที่อพยพเข้ามาในไทย เนื่องจากสงครามกลางเมืองเมื่อประมาณ 100 ปีมานี้ (7)

ตารางที่ 2.4 ผลการสำรวจการใช้เตาหุงต้มในครัวเรือนชนบท 50 หมู่บ้านทั่วประเทศปี 2525 (7)

ประเภทของเตา	ครัวเรือน	ร้อยละของครัวเรือนทั้งหมด
เตาก๊าซหุงต้ม	17	0.8
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	108	5
เตาหินสามก้อน	394	18.4
เตาอั้งโล่ (ถ่าน/ฟืน)	1521	71
เตาเศรษฐกิจ	5	0.2
เตาก๊าซชีวภาพ	15	0.7
เตาอื่น ๆ	89	3.9

จะเห็นว่า 1. ชาวบ้านใช้เตาอั้งโล่ ซึ่งใช้ถ่านไม้และฟืนกันมากที่สุด

2. ชาวบ้านใช้เตาหินสามก้อนมากเป็นอันดับสอง รองจากเตาอั้งโล่ถ่านไม้-ฟืน

เตาอั้งโล่โดยทั่วไปจะทำจากดินเหนียวนำมาขึ้นรูปแล้วเผาไฟให้สุก มักมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกด้านบนเปิดด้านล่างปิดดังรูปที่ 2.4 ภาชนะที่ใช้หุงต้มจะวางอยู่ด้านบน ภายในเตาแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยมีรังผึ้งกั้นอยู่ เชื้อเพลิงจะถูกวางบนรังผึ้ง ซึ่งส่วนนี้จะถือเป็นห้องเผาไหม้ รังผึ้งจะมีลักษณะเป็นแผ่น กั้นเตาเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยรูกลมจำนวนมาก เพื่อทำหน้าที่กระจายอากาศจากด้านล่างเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และยังกั้นไม่ให้เชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้อยู่ตกลงด้านล่าง เถ้าที่เกิดขึ้นจะตกผ่านรังผึ้งลงสู่ก้นเตา (19)

ส่วนล่างของเตาถัดจากรังผึ้งลงมาเป็นห้องที่รองรับเถ้าจากการเผาไหม้ ด้านหน้าของห้องเถ้าจะมีช่องลมเพื่อเปิดให้อากาศเข้าไปเผาไหม้โดยไหลผ่านช่องของแผ่นรังผึ้งขึ้นไปยังเชื้อ-เพลิง ขอบด้านบนของเตาจะมีเชิงเทิน 3 อัน เพื่อรองรับภาชนะหุงต้ม ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะไหลผ่านออกไปตามช่องว่างระหว่างก้นภาชนะกับขอบเตาด้านบน เตาชนิดนี้มักจะมีแผ่นโลหะบาง ๆ หุ้มอยู่โดยรอบ เพื่อความแข็งแรงและสวยงาม ซึ่งภายในแผ่นโลหะมีขี้เถ้าแกลบบุอยู่โดยรอบของเตา เพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน ให้เกิดการสูญเสียน้อยลง และมักจะมีแผ่นโลหะเป็นประตูเลื่อนขึ้นลงในแนวตั้งตรงช่องลมด้านหน้า เพื่อปรับขนาดช่องลมให้อากาศที่ไหลเข้ามามีปริมาณที่

ต้องการและเหมาะสม (19) สำหรับเตาอั้งโล่ที่ใช้กันในท้องตลาดมีหลายแบบซึ่งมีทั้งแบบที่ดีและไม่ดี ซึ่งลักษณะของเตาอั้งโล่ที่ดีคือ ขอบเตาเสมอกันในแนวระดับ เชิงเทินไม่สูงจนเกินไป และมีน้ำหนักเบาเพื่อให้เคลื่อนย้ายสะดวก (7)

รูปที่ 2.4 ลักษณะของเตาอั้งโล่โดยทั่ว ๆ ไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3 ลักษณะเตาที่ผู้ใช้ต้องการ

นิยม จันทร์เทพา และ ธีระ มนัสธรรม (7) ได้สรุปลักษณะเตาหุงต้มที่ผู้ใช้ในประเทศไทยต้องการไว้ดังนี้

1. ต้องทนทาน เนื่องจากจะต้องใช้วันละ 2-3 ครั้ง
2. ต้องมีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ซึ่งเตาควรมีน้ำหนักพอประมาณสามารถเคลื่อนย้ายง่าย
3. ต้องมีความสะดวกในการใช้งาน กล่าวคือ จุดติดง่าย ให้ความร้อนเร็ว ไม่ต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อย ๆ
4. ปากเตารับภาชนะได้หลายชนิดและหลายขนาด เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากการหุงต้มในครัวเรือนไทยจะมีภาชนะชนิดและขนาดต่าง ๆ กัน
5. ต้องประหยัดเชื้อเพลิง มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด
6. ด้านราคา ควรจะมีราคาถูก

นอกจากนี้กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (7) ได้เสนอลักษณะเฉพาะของเตาอั้งโล่ถ่านที่ดีครบถ้วน คือ

1. ปากเตาด้านในลาดลึก สามารถวางกระทะและหม้อได้หลายขนาด ตั้งแต่หม้อเบอร์ 16-32

2. ช่องอากาศร้อนออก (ช่องระหว่างก้นภาชนะกับขอบเตา) กว้าง 0.5-1.0 ซม.

3. ขอบเตาสูงกว่าก้นภาชนะที่วางเสมอเพื่อไม่ให้ลมพัดผ่านพาความร้อนออกไปได้

4. เชิงเทิน (เส้า) วางภาชนะลาดรับกับขอบเตา และมีความสูงตั้งฉากไม่เกิน 1.0 ซม. (สำหรับให้อากาศร้อนออก)

5. ห้องเชื้อเพลิง (ห้องเผาไหม้) มีขนาด 1,500-1,700 ลบ.ซม. หรือจุถ่านได้ 400-500 กรัม

6. ความสูงจากรังผึ้งถึงก้นหม้อประมาณ 10-12 ซม.

7. ช่องลมควรมีขนาด 6-7 × 10 ซม. และมีฝาปิดควบคุมปริมาณอากาศเข้าได้

8. น้ำหนักเตาไม่ควรเกิน 10 กิโลกรัม (ยิ่งเบายิ่งดี)

9. รังผึ้งควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15-17 ซม. รูของรังผึ้งมีขนาดเล็กและถี่ พื้นที่รูคิดเป็นร้อยละ 38-45 ของพื้นที่รังผึ้ง (รูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. จำนวน 60 รูขึ้นไป หรือรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. จำนวน 50 รูขึ้นไป) ความหนาของรังผึ้ง 2.5-4.0 ซม.

10. ผนังเตาและฉนวนไม่บางมากจนเกินไป ไม่ควรต่ำกว่า 5 ซม.

จากลักษณะที่ดีของเตาที่ได้กล่าวมานี้ กรมป่าไม้จึงได้พัฒนาแบบเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานกับถ่านไม้โดยใช้การต้มน้ำ (water boiling test) จะมีประสิทธิภาพร้อยละ 34 (7) สำนักงานพลังงานแห่งชาติได้จัดแบ่งกลุ่มของเตาโดยใช้ประสิทธิภาพการใช้งานเป็นเกณฑ์ตัดสินออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่ม "ดีที่สุด", "ดี", "ปานกลาง" และ "ไม่ดี" ซึ่งจะมีประสิทธิภาพการใช้งานร้อยละ 34 ขึ้นไป, ร้อยละ 31-33, ร้อยละ 28-30 และร้อยละ 27 ลงมา ตามลำดับ (20)

2.2.4 คำแนะนำในการใช้เตาถ่านอย่างมีประสิทธิภาพ (7)

1. การเตรียมปรุงอาหาร ก่อนติดไฟในเตา ควรเตรียมเครื่องประกอบให้พร้อมและจัดลำดับการหุงต้มให้เรียบร้อย ไม่ติดไฟรอไว้ก่อนนาน ๆ

2. ภาชนะที่ใช้หุงต้ม เลือกขนาดภาชนะให้เหมาะสมกับเตา และปริมาณอาหารที่ต้องการ กล่าวคือ ควรจุอาหารประมาณ $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ ของปริมาตรทั้งหมด

3. การใช้เตาและการควบคุมความร้อน

- ก้อนถ่านควรทุบให้มีขนาด 2-4 ซม. ไม่ควรให้ถ่านเปียกน้ำและใส่ถ่านมากเกินไปจนด้านก้นหม้อลอยจากเส้า ซึ่งจะทำให้รังผึ้งแตกและถ่านติดไฟได้ช้า

- เตาที่เริ่มใช้ใหม่ ๆ ไม่ควรใส่ถ่านมากไป เพราะฉนวนบุฉนวนทนไฟ และรังผึ้งยังไม่สุกและอยู่ตัวดี อาจเกิดการแตกร้าวได้

- ก่อนเริ่มติดไฟทุกครั้ง ควรเขี่ยเถ้าออกให้หมด เพื่อให้อากาศเข้าไปเผาไหม้สะดวก

- เมื่อต้องการลดความร้อนภายในเตา ควรปิดประตูช่องลม

- ถ่านที่ใช้แล้วเหลือไม่ควรทิ้งให้สูญเปล่า ควรตักเก็บใส่ภาชนะอับอากาศหรือกลบด้วยทรายเก็บไว้ใช้ในคราวต่อไป

4. การดูแลรักษาเตา

- อย่าให้อาหาร หรือน้ำหกรดเตาขณะร้อนจัดเพื่อป้องกันเตาแตก

- เก็บเตาในที่ร่ม ไม่เปียกฝน หรือไม่เก็บในที่ที่มีความชื้นสูง

- หมั่นทำความสะอาดเปลือกเตา และทาน้ำมันเพื่อกันสนิม

- เมื่อเคลื่อนย้ายเตา อย่าวางกระแทก

- การเปลี่ยนรังผึ้งและฉนวนทนไฟใช้ดินผสมเถ้าแกลบ 1:5 โดยประมาณ

- เมื่อดินยาปากถังแตกร้าวมาก ใช้ดินผสมเถ้าแกลบ 1:3 หรือใช้ปูนซีเมนต์ยาให้สนิท เพื่อป้องกันปากเตาแตกร้าว และป้องกันไม่ให้ความชื้นเข้าไปภายใน

2.2.5 วิธีการผลิตเตาอั้งโล่ถ่านไม้และฟืน

วิธีการผลิตเตาอั้งโล่ถ่านไม้และฟืนนี้เป็นของโรงงานเถ้าเจียหลี (21) จังหวัดราชบุรี ได้สรุปขั้นตอนการผลิตง่าย ๆ ดังนี้

1. หมักดิน ดินที่ใช้ในการทำเตาไม่ต้องใช้ดินเหนียว ขนาดดินที่ทำเครื่องปั้นดินเผา เป็นดินเหนียวตามสวนหรือโคลนในแม่น้ำ นำดินมาผสมกับน้ำในหลุมหมักดิน เป็นเวลา 1 วัน

2. เข้าเครื่องโม่ นำดินที่หมักแล้วเข้าเครื่องโม่ผสมกับขี้เถ้าแกลบ เครื่องโม่จะผสมดินและขี้เถ้าแกลบให้เข้ากันทั่วถึง ขี้เถ้าแกลบที่ผสมจะทำไม่ให้ดินเหนียวจนเกินไปซึ่งจะ

012363

ทำให้ปั้นยาก

3. ใส่พิมพ์ปั้น นำดินผสมขี้เถ้าแกลบใส่ลงในพิมพ์รูปทรงเรียว ปั้นให้เป็นรูปทรงเดียวกับพิมพ์ เสร็จแล้วนำออกจากพิมพ์ โดยคว่ำเรียงไว้บนลานในที่ร่ม ใช้ไม้ยาวเสียบก้นเตาไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ดินยุบลงไป ผึ่งไว้ประมาณ 1-2 วัน พอให้ดินหมาด

4. ต่อหู หงายเตาขึ้น นำดินผสมขี้เถ้าแกลบมาต่อเติมบนขอบเตาให้เป็นหูเตา ผึ่งไว้ให้ดินหมาด

5. แต่งขอบ, เจาะช่องเตา นำเตามาตัดแต่งขอบให้เรียบร้อย รวมทั้งเจาะช่องเตาสำหรับเป็นช่องตักขี้เถ้าออกเมื่อใช้งาน เครื่องมือที่ใช้แต่งขอบและเจาะช่องเป็นแผ่นโลหะบางและคม เสร็จแล้วผึ่งให้แห้งเพื่อรอเข้าเตาเผาต่อไป

6. การทำรังผึ้ง นำดินผสมขี้เถ้าแกลบ วางลงบนแผ่นไม้ใช้มือตีให้ก้อนดินแผ่ออกเป็นแผ่นกลมนำไปผึ่งให้หมาด แล้วจึงแต่งขอบให้เรียบร้อย จากนั้นจึงนำมาเจาะรูแล้วผึ่งให้แห้งเพื่อรอเข้าเตาเผาต่อไป

7. เข้าเตาเผา เตาเผาก่อด้วยอิฐ ลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้า หลังคามน ผนังด้านข้างเจาะเป็นประตู 1 ประตู ผนังด้านหน้ามีช่องสำหรับใส่ฟืน และผนังด้านหลังมีปล่องควัน เมื่อนำเตาและรังผึ้งเข้าเตาเผาจนเต็มแล้วจึงก่ออิฐปิดประตู ใส่ฟืนที่ช่องหน้าเตาก่อไฟ แล้วจึงก่ออิฐปิดช่องหน้าเตา การเผาใช้เวลาประมาณ 6 ชม. จากนั้นก็ปิดเตาทิ้งไว้อีก 12 ชม. เพื่อมิให้อุณหภูมิในเตาเปลี่ยนแปลงรวดเร็วเกินไป จะทำให้แตกเสียหายได้ ปกติเตาเผาจะใช้ต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง

8. บรรจุถัง, อัดขี้เลื่อย นำเตาที่เผา และทิ้งไว้จนเย็นแล้วมาบรรจุลงในถังสังกะสี ซึ่งมี 2 รูปทรงคือ รูปทรงเรียว และรูปทรงกระบอก จากนั้นจึงใช้ขี้เลื่อยผสมดิน หรือขี้เถ้าแกลบอัดลงในช่องว่างระหว่างเตากับถังสังกะสี ใช้ไม้กระทุ้งให้แน่น แล้วจึงใช้ปูนซีเมนต์โบกทับก้นถัง และขอบถังอีกทีหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้ขี้เลื่อยร่วงหล่น

9. ทาสีถัง เตาที่บรรจุถังสังกะสีรูปทรงกระบอก จะต้องนำมาทาสีตัวถังเพื่อป้องกันสนิม ส่วนเตาที่บรรจุถังทรงเรียวไม่ต้องทาสี เพราะตัวถังทำด้วยสังกะสีแผ่นจากต่างประเทศซึ่งเคลือบมาเรียบร้อยแล้ว

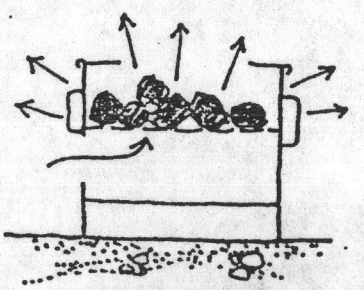
เตาที่ผลิตขึ้นนี้มีหลายขนาดจากเล็กมากจนถึงขนาดใหญ่ ขนาดเล็กราคาประมาณ 10 บาท ขนาดใหญ่ราคาประมาณ 300-400 บาท (22)

2.2.6 เตาหุงต้มของประเทศอื่นที่น่าสนใจ

เตาหุงต้มในต่างประเทศมีหลายชนิด โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งก็มีการพัฒนาเตา ปรับปรุงเตา เพื่อให้เตาหุงต้มมีประสิทธิภาพดี และประหยัดเชื้อเพลิง ดังจะยกตัวอย่างเตาหุงต้มที่น่าสนใจ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเตาหุงต้มในประเทศ โดยแบ่งตามลักษณะความสามารถในการเคลื่อนย้ายของเตา เป็น 2 ประเภท คือ

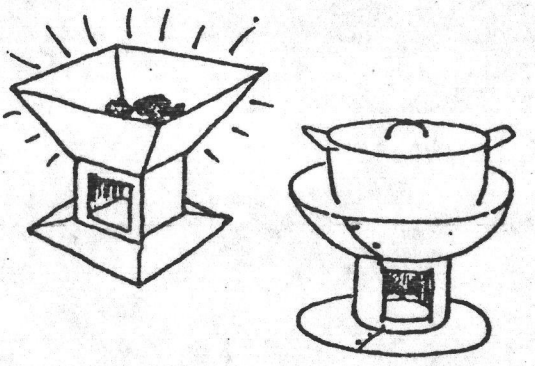
1. เตาที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Portable Stoves)

ในเคนยาและประเทศในทวีปแอฟริกาตะวันออกจะใช้เตาหุงต้มทำด้วยโลหะเรียกว่า Jiko (9) เตาชนิดนี้ใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง สร้างโดยนำแผ่นโลหะมาขดเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 ซม. สูง 15 ซม. มีตะแกรงรังผึ้ง (โลหะ) กั้นที่กึ่งกลางความสูง มีเชิงเหินติดอยู่ส่วนบน 3 อัน ด้านล่างของเตามีช่องสำหรับเขี่ยเถ้าออก และเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการไหลของอากาศที่ผ่านตะแกรงเหล็ก (2, 9) ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งพิจารณาดูจะเห็นว่าเตาชนิดนี้มีลักษณะคล้ายเตาอั้งโล่ของเรามาก แต่จะทนทานกว่าเพราะทำด้วยโลหะ แต่ข้อเสียคือจะเกิดการสูญเสียความร้อนมากกว่า ซึ่ง Keith Openshew และคณะ (2) ชาวแทนซาเนียได้ทำการปรับปรุงโดยการเคลือบภายในตัวเตาด้วยดินเหนียวให้หนา 3 ซม. เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนให้เกิดการสูญเสียน้อย ทำให้การใช้ถ่านไม้ลดลงจากเดิม



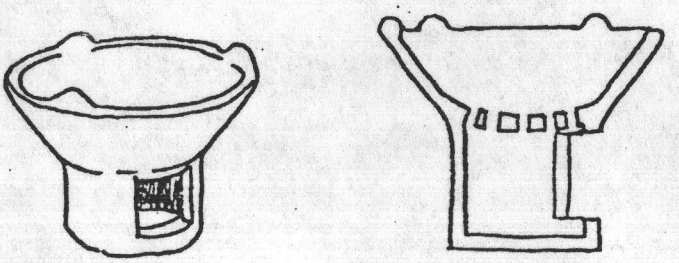
รูปที่ 2.5 ลักษณะรูปร่างของเตา Jiko ในเคนยา

ในแอฟริกาตะวันตกก็มีเตาในลักษณะที่คล้าย ๆ กัน เรียกว่า Feu Malgache (2) ซึ่งใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงเช่นกัน แต่ลักษณะของปากเตาจะแตกต่างจากเตา Jiko คือสามารถวางภาชนะได้หลายชนิดและหลายขนาด ดังรูปที่ 2.6 เตาชนิดนี้มีข้อดีคือ ทนทาน แต่มีข้อเสียคือมีฐานที่เล็ก ทำให้อาจเกิดอันตรายได้ในการปรุงอาหารที่มีการกวนแรง ๆ



รูปที่ 2.6 ลักษณะรูปร่างของเตา Feu Malgache ในแอฟริกาตะวันตก

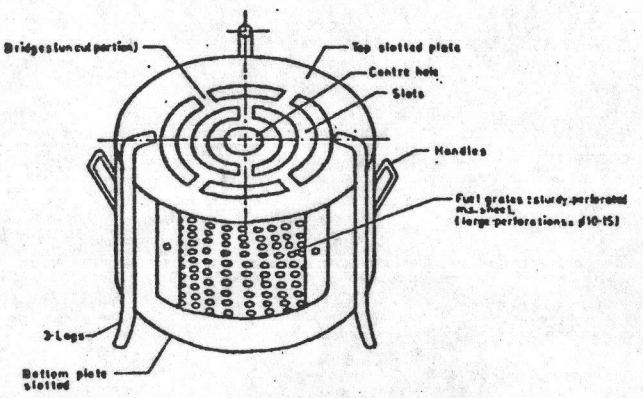
ส่วนประเทศในกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นิยมใช้เตาหุงต้มที่ทำจากดินเผา (Terra Cotta) มากกว่าเตาที่ทำจากโลหะ ซึ่งประหยัดเชื้อเพลิงได้มากกว่า เนื่องจากเกิดการสูญเสียความร้อนน้อยกว่า เช่น ในอินโดนีเซีย นิยมใช้เตาดินเผาที่ไม่มีโลหะหุ้ม แต่มีข้อเสียคือบอบบางแตกหักง่าย ดังรูปที่ 2.7 เตาชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับเตาอั้งโล่ เพียงแต่แตกต่างกันเล็กน้อยคือ เตาอั้งโล่มีโลหะหุ้มและมีพวกฉนวนบุรอบเตาเพื่อความคงทนและป้องกันความร้อนที่เกิดการสูญเสีย (2) สำหรับเตาอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้บนเกาะชวาเรียกว่า Keren เป็นเตาที่ใช้สำหรับต้มน้ำและทอดอาหาร ทำด้วยดินทนไฟ มีเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องเผาไหม้ 24 ซม. สูง 16 ซม. ช่องเปิดของห้องเผาไหม้กว้าง 18 ซม. สูง 7 ซม. น้ำหนัก 3 กิโลกรัม เตาชนิดนี้มีลักษณะพิเศษคือ รอบ ๆ ห้องเผาไหม้จะเจาะรู 7 รู เว้นระยะเท่า ๆ กัน แต่ละรูมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. สามารถใช้ฟืนหรือถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง แต่ถ้าจะใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง จะต้องเพิ่มส่วนของรังผึ้งเข้าไปในเตา (9, 22)



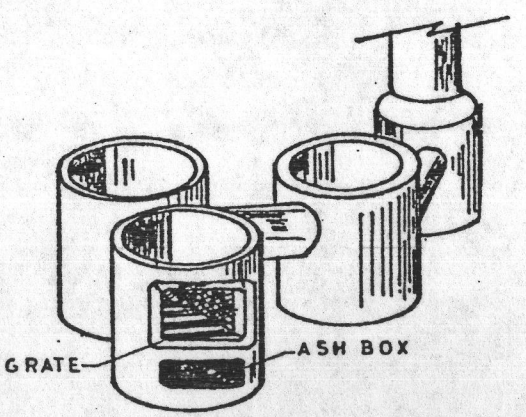
รูปที่ 2.7 ลักษณะรูปร่างของเตาในอินโดนีเซีย

ในประเทศอินเดียได้พัฒนาออกแบบเตาสำหรับฟืนขึ้น เรียกว่า Priyagni ดังรูปที่ 2.8 ตัวเตาทำด้วยโลหะมีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีขาตั้ง ภายในมีตะแกรงโลหะ นอกจากนั้นผนังด้านในของเตาจะมีแผ่นอลูมิเนียมฉาบอยู่เพื่อสะท้อนความร้อนและลดการสูญเสียความร้อนทางผนังเตา เตา

ชนิดนี้จะทำขึ้น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก (9) และพบว่าเตาชนิดนี้มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์และสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 25 โดยมีประสิทธิภาพการใช้งานสูงถึงร้อยละ 30 (23) เตาอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจคือ Portable Magan Chulha ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งพัฒนาโดย Gandhiniketan Ashram ตัวเตาเคลื่อนย้ายได้สะดวก ทำจากเซรามิกส์ ใช้ถ่านไม้หรือฟืนเป็นเชื้อเพลิง มีลักษณะพิเศษคือ เป็นเตาเดี่ยว ๆ หลายลูกรวมกันซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยท่อเชื่อม (linkpipe) และมีปล่องไฟต่อกับเตาตัวสุดท้าย (22, 23)

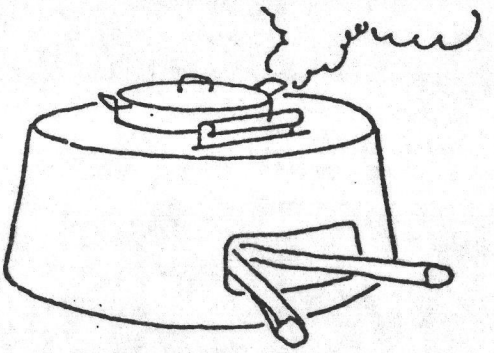


รูปที่ 2.8 ลักษณะรูปร่างของเตา Priyagni ในอินเดีย



รูปที่ 2.9 ลักษณะรูปร่างของเตา Portable Magan Chulha ในอินเดีย

ในซีนีกัลเหนือ ประชาชนนิยมปรุงอาหารภายนอกอาคาร เตาที่ใช้เรียกว่า Louga ซึ่งมีห้องเผาไหม้อย่างน้อย 1 ห้อง (อาจมี 2-3 ห้องก็ได้) ไม่มีปล่องไฟ แต่จะมีช่องว่างรอบ ๆ ภาชนะหุงต้มเพื่อให้ควันออกแทน เมื่อวางภาชนะหุงต้มลงไปในเตาจะจมลึกลงไปดังรูปที่ 2.10 อากาศร้อนภายในเตาจะลอยขึ้นทางด้านข้างภาชนะหุงต้ม และถ่ายเทความร้อนให้ เนื่องจากเตาชนิดนี้ถูกออกแบบให้ใช้นอกอาคาร จึงควรเคลือบสารกันน้ำ เพื่อป้องกันความชื้นเมื่อฝนตก (2)



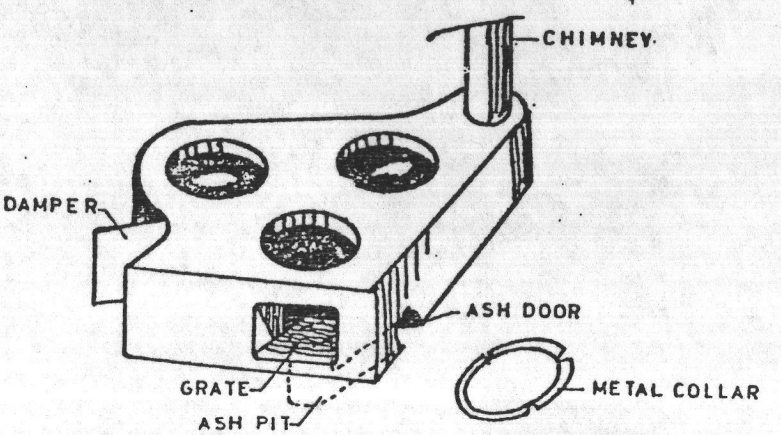
รูปที่ 2.10 ลักษณะรูปร่างของเตา Louga ในซีนีกัลเหนือ

และเมื่อไม่นานมานี้ บริษัทหนึ่งในสหรัฐอเมริกาได้ออกแบบและสร้างเตาขึ้นเรียกว่า เตา Z (Z Stove) ตัวเตาทำจากเหล็กวิลาส (เหล็กเคลือบสังกะสี) เป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 7 × 7 นิ้ว สูง 10 นิ้ว หนัก 4 ปอนด์ ห้องเผาไหม้ภายในจะทำเป็นทรงกระบอก มีแผ่นรังผึ้งทำด้วยเหล็กวิลาส มีช่องเปิดสำหรับใส่เชื้อเพลิง ด้านล่างของรังผึ้งมีช่องสำหรับควบคุมอากาศ สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดจากฟืนถึงมูลสัตว์ บริษัทผู้ผลิตอ้างว่าเตานี้มีประสิทธิภาพสูง เมื่อนำมาทดสอบโดย ITDG พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานอยู่ในช่วงร้อยละ 25.4-29.7 (9)

2. เตาที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Fixed Stoves)

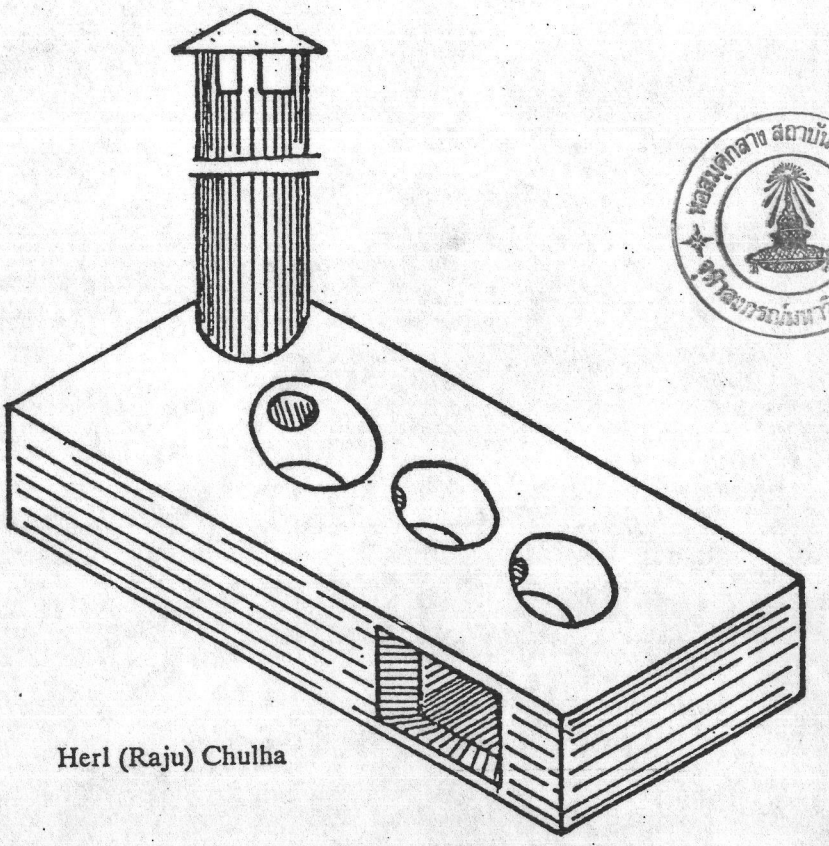
เตาชนิดนี้มักทำจากดิน ดินและอิฐ หรือดินและทรายผสมกัน แต่จะเรียกรวม ๆ กันว่า "เตาดิน" (mud stoves) บางครั้งอาจใช้มูลโค (cow dung) ฉาบภายนอกเพื่อป้องกันการแตกร้าว มีช่องสำหรับวางภาชนะ 1 ช่องหรือมากกว่า มักจะมีปล่องควันด้วย (9) ตัวอย่างเช่น

เตา Magan (Magan Chulha) (9, 23) ในอินเดีย ทำจากดินเหนียวโดยใช้ฟางกับมูลสัตว์เป็นตัวประสาน มีช่องสำหรับวางภาชนะ 3 ช่อง ซึ่งช่องเหล่านี้จะวางเป็นรูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 2.11 และมีท่อต่อถึงกัน อากาศร้อนจะผ่านจากภาชนะหุงต้มแรกไปภาชนะที่สองและสามตามลำดับ ท่อที่เชื่อมต่อระหว่างช่องวางภาชนะช่องที่หนึ่งและสองจะมีแผ่นกั้นเพื่อควบคุมอัตราการเผาไหม้ มีปล่องเพื่อให้ควันออก



รูปที่ 2.11 ลักษณะรูปร่างของเตา Magan ในอินเดีย

เตา HERL (HERL Chulha) (9, 23) ดังรูปที่ 2.12 พัฒนาขึ้นในอินเดีย ทำจากดินเหนียว อิฐและโคลน การวางท่อภายในเป็นรูปตัว L มีแผ่นกั้น (damper) เพื่อควบคุมอัตราการเผาไหม้อยู่ระหว่างที่วางภาชนะอันสุดท้ายกับปล่องไฟ ภาชนะที่วางบนที่วางภาชนะอันแรกเท่านั้น จะได้รับความร้อนเต็มที่ และเมื่อไม่ใช้ช่องภาชนะใดก็สามารถปิดได้ สามารถประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับเตาหินสามก้อน



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

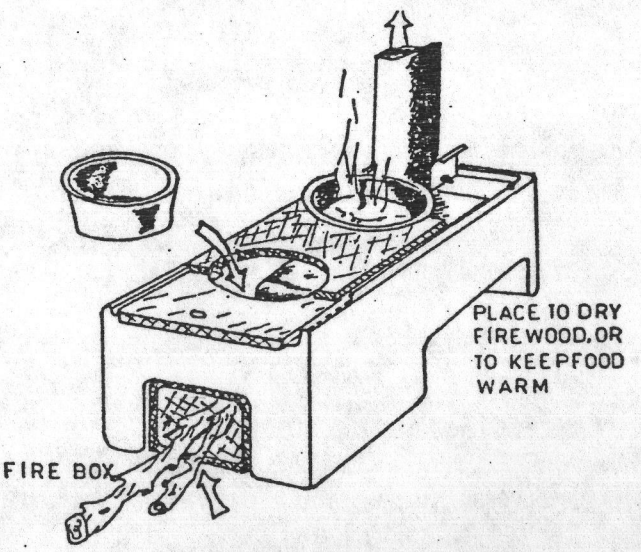
รูปที่ 2.12 ลักษณะรูปร่างของเตา HERL ในอินเดีย

เตา Lorena (Lorena Stove) (2) พัฒนาขึ้นในกัวเตมาลา โดยการยึดหลักต่าง ๆ คือ

- ให้ห้องเผาไหม้เล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้
- ใช้ damper เพื่อควบคุมอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้
- ใช้แผ่นกั้น (baffle) เพื่อทำให้อากาศที่ไหลเข้าเป็นแบบ turbulence ซึ่งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น
- ทำที่วางภาชนะให้จมลึกลงในตัวเตามากที่สุด

เตาชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับเตา HERL คือ ใช้อากาศร้อนจากการเผาไหม้ถ่ายเทความร้อนให้ภาชนะหุงต้มที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ จนกระทั่งไหลออกจากเตาทางปล่อง วิธีนี้จะทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากความร้อนที่เกิดได้มากขึ้น

เตาหุงต้มแบบใหม่ของปากีสถาน (Pakistan Cooking Stove) ที่เรียกว่า New PDI Family Cooker (24) ดังรูปที่ 2.13 เป็นเตาที่พัฒนาจาก Pakistan Design Institute (PDI) เตานี้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึงร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับเตาหินสามก้อน ลักษณะที่สำคัญคือ ภาชนะหุงต้มจะจมลงในเตาทำให้พื้นที่ผิวในการรับความร้อนมีมากกว่าพื้นที่ที่สัมผัสกับอากาศทำให้เกิดการสูญเสียน้อยลง ประสิทธิภาพการใช้งานมีค่าร้อยละ 29 และถ้าหากหุ้มฉนวนด้วยใยแก้ว (glass wool) ประสิทธิภาพการใช้งานจะเพิ่มถึงร้อยละ 36 ข้อดีของเตาคือ สามารถใช้ไม้ชิ้นใหญ่ ๆ ได้ สามารถเห็นเปลวไฟและควบคุมไฟได้ ที่วางภาชนะมีอยู่ 3 อัน ทำให้สามารถใช้กับหม้อขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กันได้ และเตานี้มีน้ำหนักเบากว่าเตาชนิดอื่น ๆ จึงสามารถเคลื่อนย้ายได้



รูปที่ 2.13 ลักษณะรูปร่างของเตา New PDI Family Cooker ในปากีสถาน

จากลักษณะเตาแบบต่าง ๆ ที่เสนอมาเหล่านี้เป็นเตาที่มีการปรับปรุง และยังมีเตาหุงต้มอีกมากมายที่ไม่ได้กล่าวถึง จะเห็นว่าประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา รวมทั้งประเทศไทย ได้มีความสนใจผลงานทางด้านปรับปรุงเตาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เพื่อให้เป็นการประหยัดเชื้อเพลิงภายในประเทศ อันจะส่งผลถึงความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

2.3 การถ่ายเทความร้อนในเตาทุงต้ม

2.3.1 การส่งผ่านความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสู่ภาชนะทุงต้ม

เชื้อเพลิงในเตาเกิดการเผาไหม้กับอากาศที่ไหลเข้ามาทางช่องลมด้านหน้าผ่านรังผึ้งขึ้นมา การไหลของอากาศนี้เกิดขึ้นตามธรรมชาติเนื่องจากก๊าซร้อนจากการเผาไหม้เบากว่าลอยขึ้นสู่ด้านบนตลอดเวลา อากาศที่หนักกว่าจึงไหลเข้าแทนที่ (natural draught) ดังนั้นปริมาณอากาศที่ไหลเข้ามาจึงขึ้นกับความดันต่าง และพื้นที่ช่องลมด้านหน้า ความร้อนที่ได้จะถ่ายเทไปยังภาชนะที่อยู่ส่วนบนของเตาทุงต้ม ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใส่ และปริมาณอากาศที่ไหลเข้าไปในเตา ซึ่งถ้าใส่เชื้อเพลิงมากจนเกินไปอากาศที่เข้าไม่พอการเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ (Incomplete Combustion) ทำให้ความร้อนที่ได้น้อย แต่ถ้าปริมาณอากาศที่เข้าเผาไหม้มากจนเกินไป จะทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ลดลง ถึงแม้การเผาไหม้จะสมบูรณ์ (complete combustion) สำหรับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทออกจากตัวเตาทุงต้มได้ 3 แบบ (2, 9) คือ

1. การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนคือ การเคลื่อนที่ของความร้อนผ่านของแข็ง ความเร็วในการถ่ายเทจะขึ้นกับคุณสมบัติของการเป็นตัวนำความร้อน โลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี วัสดุที่นำความร้อนได้ไม่ดี เช่น ไม้, ซีเมนต์ เป็นต้น ซึ่งเรียกพวกนี้ว่า ฉนวน และวัสดุที่มีลักษณะโปร่ง มีอากาศแทรกอยู่ภายในมากจะเป็นฉนวนที่ดี การนำความร้อนในเตาเกิดขึ้นโดยผ่านผนังของเตาและผนังของภาชนะทุงต้ม ซึ่งในระยะแรก ๆ ของการใช้งานความร้อนจะค่อย ๆ สะสมอยู่ในเตาซึ่งทำให้อุณหภูมิในตัวเตาสูงขึ้น ความร้อนที่สะสมขึ้นอยู่กับมวลของเตา และอุณหภูมิต่างของเตาระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดที่อุณหภูมิในตัวเตาคงที่ เมื่อถึงสภาวะที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Steady state) ความร้อนที่ถูกนำผ่านผนังของเตาจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของผนังเตา และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิต่างระหว่างผนังเตาด้านในกับผิวเตาด้านนอก ตามกฎของ Fourier

2. การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่และพาความร้อนของอากาศหรือของเหลวอื่น ๆ ในเตาทุงต้มเมื่ออากาศได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะลอยตัวสูงขึ้นสัมผัสกับภาชนะทุงต้ม แล้วออกไปนอกเตาทางช่องระหว่างขอบเตากับก้นภาชนะ ซึ่งเป็นส่วนที่สูญเสีย อากาศเย็นที่อยู่รอบ ๆ จะไหลเข้าไปแทนที่ทางช่องลมด้านหน้าของเตา การเคลื่อนที่ของอากาศเช่นนี้จะทำให้เกิดการพาความร้อนขึ้น เรียกว่า การพาความร้อนตามธรรมชาติ

(natural convection) อัตราการไหลของอากาศที่ออกทางช่องว่างระหว่างขอบเตากับก้นภาชนะขึ้นกับพื้นที่ของช่องว่างนี้ และความดันต่าง

3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน พลังงานที่ถูกส่งออกมาจะอยู่ในรูปพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic energy) เช่นเดียวกับพลังงานแสง การแผ่รังสีความร้อนจะเกิดขึ้นทุกทิศทุกทางจากแหล่งกำเนิดความร้อน โดยที่พลังงานความร้อนที่ได้รับ ณ จุดใดจุดหนึ่งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนและจุดนั้น และเป็นสัดส่วนกับผลต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับจุดนั้นยกกำลังสี่ ทำให้การแผ่รังสีความร้อนเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม

สรุปการถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม ความร้อนส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปยังก้นภาชนะหุงต้มโดยการแผ่รังสี และการพาความร้อน สำหรับการนำความร้อนเกิดเป็นส่วนน้อยโดยผ่านทางก้นภาชนะที่สัมผัสกับเชิงเทิน

2.3.2 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (2)

เชื้อเพลิงจะเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้กับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง สำหรับเชื้อเพลิงบางชนิด เช่น ก๊าซธรรมชาติ หรือก๊าซมีเทน . ความร้อนที่ได้จะเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นโดยคาร์บอนและไฮโดรเจนในมีเทนจะรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน

การเผาไหม้ของไม้และถ่านหินก็เกิดจากการรวมตัวของคาร์บอนและไฮโดรเจนกับออกซิเจน แต่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะซับซ้อนกว่าการเผาไหม้ของมีเทน ไม้ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน รวมตัวกันอยู่ในรูปของเซลลูโลส (cellulose), ลิกนิน (lignin), กัม (gum) และยางไม้ (resins) สำหรับถ่านหินโครงสร้างยังไม่ทราบแน่นอน แต่นักวิทยาศาสตร์ (25) คิดว่าโครงสร้างทางเคมีของถ่านหินประกอบด้วยกลุ่มโมเลกุลวงแหวนอะโรมาติก (aromatic) และไฮโดรอะโรมาติก (hydroaromatic) เกาะอยู่เป็นกลุ่ม ๆ แต่ละกลุ่มอาจเชื่อมกันอยู่ด้วยแขนของโมเลกุลอะลิฟาติก (Aliphatic) ที่อ่อนแอ ภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มยังมีวงแหวนที่มีอะตอมของออกซิเจน หรือกำมะถัน หรือไนโตรเจน ประกอบอยู่กับคาร์บอน รวมทั้งกลุ่มที่ทำหน้าที่ความเป็นกรด, ด่าง, อีเทอร์ หรืออื่น ๆ (functional group) ซึ่งแทนที่ไฮโดรเจนในวงแหวนอีกด้วย

การเผาไหม้ของไม้จะแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกสารระเหย (volatile matter) จะออกมาจากไม้ แล้วไม้นั้นจะเปลี่ยนสภาพเป็นถ่าน สารระเหยเหล่านี้จะถูกเผาไหม้ก่อน จากนั้นถ่านจึงถูกเผาไหม้ เมื่อไม้เริ่มติดไฟ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่อยู่ภายในจะถูกไล่ออกมาก่อน และเมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น ก๊าซที่ติดไฟได้ (combustible gas) และน้ำมันทาร์ (tars) จะถูกไล่ออกมา เรียกว่า ปฏิกิริยาไพโรไลซิส (pyrolysis) เมื่ออุณหภูมิประมาณ 280 องศาเซลเซียส สัดส่วนของก๊าซที่ติดไฟได้จะมากพอที่จะเกิดการเผาไหม้ได้ และการเผาไหม้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีออกซิเจนและอุณหภูมิของระบบสูงกว่าอุณหภูมิที่จุดติดไฟของเชื้อเพลิง (จุดติดไฟของก๊าซที่ได้จากไม้มีค่าประมาณ 600 องศาเซลเซียส) ก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาไพโรไลซิสจะถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ความร้อนที่ได้รับนี้จะช่วยเร่งปฏิกิริยาไพโรไลซิสให้เกิดขึ้นต่อไป เปลวไฟที่เห็นเมื่อไม้ถูกเผาไหม้คือ การเผาไหม้ของก๊าซเหล่านี้ เมื่อก๊าซเหล่านี้ถูกเผาไหม้หมด ถ่านจะเริ่มเผาไหม้ต่อไป ซึ่งจะให้เปลวสีฟ้าอ่อน ๆ และการเผาไหม้ของถ่านนี้ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนมาก โดยถ่านจะถูกเผาไหม้จากผิวด้านนอกเข้าไปภายใน สำหรับการเผาไหม้ของถ่านไม้นั้นเนื่องจากว่ามีพวกสารระเหยอยู่น้อย เพราะถ่านไม้เกิดจากการนำไม้ฟืนมาเผาไหม้อย่างช้า ๆ ในที่ที่ไม่มีอากาศ เพื่อไล่พวกสารระเหยเหล่านี้ ดังนั้นส่วนประกอบส่วนใหญ่จะเป็นคาร์บอน มีไฮโดรเจนเล็กน้อย ดังนั้นการเผาไหม้จึงไม่ค่อยมีเปลวไฟมากเท่ากับไม้ฟืน ส่วนการเผาไหม้ของถ่านหินมีลักษณะคล้ายกับการเผาไหม้ของไม้ คือช่วงแรกสารระเหยจะถูกเผาไหม้ก่อน แล้วคาร์บอนคงตัวจึงเริ่มถูกเผาไหม้

เมื่อเกิดการเผาไหม้ปริมาณอากาศเป็นส่วนที่สำคัญมาก ถ้าปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอเนื่องจากการถ่ายเทของอากาศไม่ดี ก๊าซที่ติดไฟได้บางส่วนจะไม่ถูกเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้ในสภาวะเช่นนี้มีควันเกิดขึ้นมาก และการเพิ่มการไหลผ่านของอากาศจะเพิ่มอัตราการเผาไหม้และประสิทธิภาพในการเผาไหม้ แต่ถ้าอัตราการไหลของอากาศมากเกินไป อากาศจะพาความร้อนออกจากแหล่งเผาไหม้มาก ทำให้อุณหภูมิของระบบลดลงมากจนกระทั่งต่ำกว่าจุดติดไฟ ทำให้ไฟดับ

นอกจากนี้อัตราการเผาไม้จะขึ้นกับขนาดของเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงที่ขนาดเล็กกว่าจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าในปริมาตรที่เท่ากัน ดังนั้นอากาศจึงเข้าไปทำปฏิกิริยาได้ดีกว่า ทำให้อัตราการเผาไหม้เร็วกว่าการใช้เชื้อเพลิงขนาดใหญ่ ซึ่งจะถูกเผาไหม้อย่างช้า ๆ แต่สม่ำเสมอ เชื้อเพลิงขนาดเล็กกว่าจะให้เปลวไฟมากและมีปริมาณถ่านที่เกิดขึ้นน้อย เป็นเพราะการเกิดไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วทำให้ก๊าซที่ติดไฟได้ออกมามาก ถ้าเชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่เกินไปจะไม่ติดไฟเพราะความร้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งผ่านโดยการนำสู่ภายในชิ้นของเชื้อเพลิง ทำให้ความร้อนที่จุดเผาไหม้

ไม่เพียงพอที่จะเกิดการติดไฟ และการเรียงเชื้อเพลิงแน่นเกินไปจะทำให้อากาศไหลผ่านเข้าไปได้ยาก ก๊าซที่ติดไฟได้จะไม่มีอากาศเพียงพอที่จะเกิดการเผาไหม้ ความชื้นของเชื้อเพลิงก็มีผลต่อการเผาไหม้ คือจะทำให้ความร้อนที่ได้ลดลง เพราะจะต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งในการทำให้น้ำระเหย และน้ำจะไปทำให้ส่วนผสมของก๊าซที่ติดไฟได้เจือจางลง ทำให้อัตราการเผาไหม้ช้าลง และประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงด้วย

2.3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม (Mathematical model for heat transfer in cooking stove) (9, 26)

ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาหุงต้มจะถ่ายเทได้ 3 แบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี การนำความร้อนในเตาเกิดขึ้นโดยผ่านผนังเตาออกมาที่ผิวเตาซึ่งสามารถคำนวณการนำความร้อนในส่วนนี้ได้โดยใช้กฎของ Fourier (26) ที่สภาวะที่ไม่ขึ้นกับเวลา ดังสมการ

$$q_{cond} = \frac{2\pi kL\ (T_1-T_2)}{\ln(r_2/r_1)} \qquad \text{---------- (1)}$$

q_{cond} = การนำความร้อนในเตาโดยผ่านผนังเตาต่อเวลา (แคลอรี/ชม.)

k = ค่าการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำเตา (แคลอรี/ชม.-ซม.-องศาเซลเซียส)

r_2/r_1 = อัตราส่วนระหว่างรัศมีภายนอกและภายในของเตาหุงต้ม

(T_1-T_2) = อุณหภูมิต่างระหว่างผนังเตาด้านในกับผิวเตาด้านนอก (องศาเซลเซียส)

L = ความสูงของเตา (ซม.)

การพาความร้อนในเตาเป็นแบบตามธรรมชาติ (natural convection) ซึ่งเกิดจากก๊าซที่เผาไหม้ลอยตัวสูงขึ้น แล้วอากาศเย็นที่อยู่รอบ จะไหลเข้ามาแทนที่โดยเข้าทางช่องลมด้านหน้าของเตา สามารถคำนวณได้โดยใช้กฎของ Newton law of cooling (26) ดังสมการ

$$q_{conv} = hA(T_1-T_2) \qquad \text{---------- (2)}$$

โดย q_{conv} = การพาความร้อนในเตาต่อเวลา (แคลอรี/ชม.)

A = พื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงในเตา (ซม.^{2})

(T_1-T_2) = อุณหภูมิต่างระหว่างอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้กับอุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)

h = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (แคลอรี/ซม.-ซม.^{2}-องศาเซลเซียส)

สำหรับลักษณะท่อที่เป็นแนวตั้ง

$$h = c\left(\frac{T_1 - T_2}{L}\right)^n \qquad \text{---------- (3)}$$

โดย n = 1/3

c = ค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับลักษณะรูปร่างของเชื้อเพลิง

L = 30.48 ซม. (significant length)

และ $$A = \frac{6m}{\rho D_p} \qquad \text{---------- (4)}$$

โดย m = น้ำหนักของเชื้อเพลิงในเตา (กรัม)

ρ = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (กรัม/ซม.^{3})

D_p = เส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของเชื้อเพลิง (ซม.)

สำหรับการพาความร้อนตามธรรมชาติ จะขึ้นอยู่กับค่า Grashof number (Gr) ซึ่งเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิต่างภายในเตากับอุณหภูมิภายนอกเตา โดย Grashof number จะแสดงถึงอิทธิพลของแรงลอยตัว (Buoyancy effect) ซึ่งสามารถเรียกว่า ความเร็วการลอยตัวของอากาศ (v_{conv}) ดังนั้น

$$v_{conv} = fn\ (Gr) \qquad \text{---------- (5)}$$

$$v_{conv} = (constant)_1 (Gr) \qquad \text{---------- (6)}$$

หรือ $$v_{conv} = (constant)_2 (T_1 - T_2) \qquad \text{---------- (7)}$$

จากสมการที่ (7) จะเห็นว่า ความเร็วการลอยตัวของอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในเตา ซึ่งไม่คงที่ ดังนั้นความเร็วการลอยตัวของอากาศก็จะไม่คงที่เช่นกัน

ความเร็วการลอยตัวของอากาศมีผลโดยตรงต่อการพาความร้อนในเตา ซึ่งถ้ามีค่ามาก ก็จะทำให้การพาความร้อนมีค่ามากเช่นกัน (9)

สำหรับลักษณะรูปร่างของเชื้อเพลิงก็มีผลต่อความเร็วในการลอยตัวของอากาศซึ่งถ้าเป็นรูปทรงที่มีรูปร่างที่แน่นอน และการวางตัวเป็นระเบียบ การลอยตัวของอากาศจะเกิดได้ดีกว่ารูปร่างที่ไม่แน่นอน

การแผ่รังสีในเตาสามารถคำนวณได้โดยใช้กฎของ Stefan Boltzmann law of thermal radiation (26)

$$q_{rad} = \varepsilon \delta A (T_2^4 - T_1^4) \quad \text{---------- (8)}$$

q_{rad} = การแผ่รังสีความร้อนในเตาต่อเวลา (แคลอรี/ชม.)

ε = ค่าสภาพการแผ่รังสีของเชื้อเพลิง

δ = ค่าคงที่ของสเตฟานต์ โบล์สมานต์ (Stefan Boltzmann Constant) 0.4881×10^{-8} (แคลอรี/ชม.-ชม.^{2}-องศาเคลวิน^4)

A = พื้นที่ปากเตา (ชม.^{2})

T_2 = อุณหภูมิเฉลี่ยในห้องเผาไหม้ (องศาเคลวิน)

T_1 = อุณหภูมิห้อง (องศาเคลวิน)

จะเห็นว่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตา ส่วนที่ถ่ายเทให้กับภาชนะหุงต้มที่อยู่ส่วนบนทั้งหมดจะเป็นเฉพาะการแผ่รังสีและการพาความร้อนเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการนำความร้อนนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากมีการสัมผัสกันระหว่างก้นภาชนะหุงต้มกับเชิงเทินเท่านั้น

2.4 <u>ประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้ม</u> (Heat utilization efficiency) (2, 9, 19)

ประสิทธิภาพการใช้งานของเตา คือประสิทธิภาพในการแปรรูปเชื้อเพลิงเป็นพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเป็นวิธีในการเปรียบเทียบการใช้งานของเตาแต่ละชนิด วิธีมาตรฐานที่ได้กำหนดเพื่อใช้ในการทดสอบมีหลายอย่างต่าง ๆ กัน แต่ลักษณะที่สำคัญของวิธีเหล่านี้คือ ควรเป็นวิธีที่ทำง่ายและสะดวก ทำซ้ำได้ สามารถปรับให้ใช้ทดสอบกับเตาที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดใดก็ได้ และสามารถเทียบเคียงกับการหุงต้มจริง ๆ ได้ (2, 9) นอกจากนั้นวิธีทดสอบควรจะสามารถคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้ปรุงอาหารหรือต้มน้ำ และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ได้ เพราะการคำนวณดังกล่าวจะสามารถคำนวณประสิทธิภาพการใช้งาน (heat utilization or cooking efficiency) และประสิทธิภาพในการเผาไหม้ได้ (combustion efficiency) (9)

ประสิทธิภาพการใช้งานของเตามักจะแสดงในรูปของการใช้ความร้อนให้เป็นประโยชน์ สามารถคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนที่นำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ลักษณะการใช้ความร้อนในการประกอบอาหารจากเตามีได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร เช่น ต้ม นึ่ง ทอด ผัด และอบ เป็นต้น และขึ้นอยู่กับชนิดของภาชนะที่นิยมใช้ ซึ่งอาจได้แก่ หม้อ กระทะ และกาต้มน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้

ระยะเวลาที่ใช้เตาก็เป็นตัวแปรอีกอันหนึ่งเหมือนกัน ดังนั้นการที่จะทดลองหาประสิทธิภาพของเตาจึงมีปัญหาพอสมควร (19)

จุดประสงค์ในการทดสอบประสิทธิภาพของเตาคือ เพื่อศึกษาปัจจัย 3 อย่าง ที่มีผลต่อการใช้งานของเตาคือ ลักษณะการออกแบบของเตา ลักษณะการใช้งานของเตา และชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

2.4.1 วิธีทดสอบประสิทธิภาพของเตา

วิธีในการทดสอบประสิทธิภาพของเตาจะมีวิธีทดสอบต่าง ๆ กันคือ

2.4.1.1 วิธีทดสอบโดยการต้มน้ำ (Water boiling tests) มีการทดลองซึ่งใช้เป็นมาตรฐานอยู่ 4 แบบ (9) คือ

ก. กำหนดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ทำการต้มน้ำให้เดือด โดยใช้กาหรือภาชนะอื่น ๆ ที่ใส่น้ำไว้เท่า ๆ กัน บันทึกจำนวนภาชนะของน้ำที่ต้มได้ถึงเดือด

ข. กำหนดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ และปริมาณน้ำที่จะต้ม โดยใช้ภาชนะใบเดียว บันทึกปริมาณน้ำที่ระเหยไปและเวลาที่ใช้

ค. กำหนดปริมาณน้ำที่ระเหย บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้และเวลาที่ทดสอบ

ง. กำหนดระยะเวลาการทดสอบ บันทึกปริมาณน้ำที่ระเหยในระยะเวลา 30 นาที และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

วิธีการทดสอบโดยการต้มน้ำมีข้อดีคือ คุณสมบัติด้านความร้อน (Thermal properties) ของน้ำจะคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (9) สามารถคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ไปได้ง่าย ทำการทดลองได้ง่าย และสามารถทำซ้ำได้ นอกจากนั้นผลของตัวแปรที่ศึกษาสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ (2) จึงทำให้มีผู้นิยมใช้กันมาก และภาชนะที่ใช้มีการใช้หม้ออลูมิเนียมกันมาก จึงใช้เป็นภาชนะในการทดสอบ

สำหรับวิธีที่ใช้กันส่วนใหญ่ได้แก่วิธี ข เนื่องจากทำการทดลองได้สะดวก ซึ่งสามารถหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{ms(T_2-T_1) + (m-m_1)\lambda}{wq} \times 100 \qquad \text{---------- (9)}$$

โดย w = น้ำหนักของเชื้อเพลิง (กรัม)

s = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส)

q = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (แคลอรี/กรัม)

m = น้ำหนักน้ำในหม้อ (กรัม)

m_1 = ปริมาณน้ำที่เหลือ (กรัม)

λ = ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (แคลอรี/กรัม)

T_1 = อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มแรก (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

η = ประสิทธิภาพการใช้งานของเตา (ร้อยละ)

อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการใช้งานของเตาที่หาโดยวิธีต้มน้ำนี้อาจไม่เท่ากับประสิทธิภาพการใช้งานจริงด้วยเหตุผลหลายอย่างคือ

1. การเพิ่มอัตราการให้ความร้อนมากเกินไปไม่ได้ทำให้อาหารสุกเร็วขึ้น แต่จะใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น

2. ในการใช้งานจริง ๆ บางครั้งมีการปิดฝาหม้อจะทำให้ไอน้ำที่ระเหยไปควบแน่นกลับลงมาอีก ทำให้ประสิทธิภาพที่หาได้ต่ำกว่าในการทดสอบ

3. คุณสมบัติในด้านความร้อนของน้ำและอาหารหลายอย่างไม่เหมือนกัน ในการประกอบอาหารความร้อนส่วนหนึ่งจะใช้ไปในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหาร ซึ่งความร้อนส่วนนี้จะวัดได้ลำบาก

2.4.1.2 การทดสอบโดยการหุงข้าวและปรุงอาหาร (Cooking test)

วิธีนี้ต้องกำหนดชนิดของอาหารที่จะหุงต้ม และปริมาณของอาหารที่จะหุงต้มตลอดจนลำดับของการหุงต้มแต่ละอย่าง บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงและเวลาที่ใช้ในการหุงต้มทั้งหมด รวมทั้งเวลาที่ทำให้อาหารที่หุงต้มอันดับแรกเดือด

ในทางปฏิบัติลักษณะการหุงต้มประกอบด้วย การต้ม ตุ๋น นึ่ง ทอด อบ ย่าง ปิ้ง และอุ่น ซึ่งนอกจากปัจจัยเกี่ยวกับเตาแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับศิลปะการประกอบอาหารด้วย ดังนั้นการทดสอบในแต่ละครั้งหรือใช้ผู้ทดสอบหลายคนอาจได้ผลไม่เหมือนกัน จึงยากต่อการเปรียบเทียบผลซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพเตาอย่างเดียว (9)

2.4.1.3 การทดสอบการเผาไหม้ (Combustion test)

วิธีนี้จะทำโดยวัดอุณหภูมิและองค์ประกอบของก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณการสูญเสียความร้อนจากการเผาไหม้ โดยจะถือว่าการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพดีก็ต่อเมื่อมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เกิดขึ้นน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณออกซิเจน (O_2) เฉลี่ยในก๊าซร้อนน้อยกว่าร้อยละ 11 และปริมาณคาร์บอนไดออก-ไซด์ (CO_2) เฉลี่ยในก๊าซร้อนประมาณร้อยละ 6-8 (9)

Bhatt M. S. (27) ได้จำแนกวิธีวัดประสิทธิภาพของเตา และสรุปความเหมาะสมในการใช้งานของวิธีต่าง ๆ กล่าวคือ

- ในการหาประสิทธิภาพของเตา เมื่อศึกษาในด้านการออกแบบเตา โดยยังไม่คำนึงถึงด้านการใช้งาน อาจใช้วิธีทดสอบโดยการต้มน้ำ

- ในการหาประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงการออกแบบเตา ประกอบกับลักษณะการใช้งาน ควรใช้วิธีทดสอบโดยการปรุงอาหาร

- ในการศึกษาประสิทธิภาพโดยพิจารณาถึงความสามารถในการใช้ความร้อนที่เกิดขึ้นโดยไม่คำนึงถึงลักษณะการใช้งานของเตา ทำได้โดยศึกษา "อัตราส่วนของประสิทธิภาพ" (efficiency ratio) ซึ่งกำหนดว่าคือ อัตราส่วนระหว่างประสิทธิภาพที่หาได้โดยวิธีทดสอบโดยการปรุงอาหารต่อประสิทธิภาพที่หาได้โดยการต้มน้ำ

ในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเตา จะต้องศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุง และพัฒนารูปร่างลักษณะของเตาให้การใช้งานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นการเสนอแนะการใช้เตาที่ถูกต้อง และอาจจะนำไปดัดแปลงใช้กับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ตัวแปรที่ศึกษาแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ลักษณะของเตาและลักษณะการนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถแยกโดยละเอียดได้ดังนี้ (9)

1. ตัวแปรที่เกี่ยวกับลักษณะของเตา

ก. ความสูงเชิงเทิน (ช่องอากาศร้อนออก) มีผลต่ออัตราการไหลของอากาศร้อนที่ออกจากห้องเผาไหม้ เนื่องจากความร้อนที่สูญเสียผ่าน ช่องนี้เป็นการพาความร้อนตามธรรมชาติ ดังนั้นความสูงของเชิงเทินมีผลโดยตรงต่อความร้อนที่สูญเสียตรงส่วนนี้

ข. พื้นที่รวมของช่องว่างในรังผึ้ง มีผลต่อปริมาณอากาศที่ไหลเข้ามาในเตา โดยถ้ามีพื้นที่รวมของช่องว่างมากปริมาณอากาศจะไหลเข้ามาได้มากขึ้น

ค. ระยะทางจากแผ่นรังผึ้งถึงก้นภาชนะ มีผลโดยตรงต่อลักษณะการใช้งานของเตา (stove performance) ซึ่งถ้าระยะนี้มีค่าน้อย ก้นภาชนะจะใกล้กับเปลวไฟทำให้ลักษณะการใช้งานของเตาดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากว่ามีค่าน้อยเกินไปจะทำให้ใส่เชื้อเพลิงได้น้อย

ง. ขนาดของเตา (น้ำหนักของเตา) มีผลต่อปริมาณความร้อนที่สะสมในตัวเตาระหว่างการใช้งาน โดยถ้ามีน้ำหนักมากปริมาณความร้อนที่สะสมจะมากขึ้น (ขนาดของเตาอาจจะมองในแง่ขนาดของห้องเผาไหม้ก็ได้)

จ. พื้นที่ช่องลมด้านหน้า มีผลต่อปริมาณอากาศที่ไหลเข้ามาในเตาโดยถ้ามีพื้นที่มากปริมาณอากาศจะไหลเข้ามาได้มากขึ้น

ฉ. ความหนาของรังผึ้ง มีผลต่อความเร็วการไหลของอากาศ ซึ่งถ้ามีความหนามากความเร็วของการไหลจะมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

2. ตัวแปรที่เกี่ยวกับลักษณะการนำไปใช้งาน

ก. ปริมาณของเชื้อเพลิง

ข. ปริมาณของน้ำ

ค. ขนาดของภาชนะหุ้งต้ม

ง. ขนาดหรือน้ำหนักของเชื้อเพลิง

จ. อิทธิพลของลม (wind effect)

ฉ. อิทธิพลของความชื้น (humidity effect)

สมชาย โอสุวรรณ และ กัญจนา บุณยเกียรติ (19) ได้ศึกษาผลของตัวแปร 8 ตัว ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่โดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง พบว่า

1. เมื่อทำการทดลองกับเตาขนาด 25, 28 และ 30 ซม. พบว่า ขนาดเตาเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง

2. ถ้าขนาดช่องลมด้านหน้าลดลง ประสิทธิภาพจะลดลง

3. ถ้าความสูงของเชิงเทินลดลง ประสิทธิภาพจะเพิ่ม

4. พื้นที่รวมของช่องว่างในรังผึ้งไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ

5. ขนาดของหม้ออลูมิเนียมที่ใช้ควรจะใหญ่กว่าเตาเล็กน้อย เช่น เตาขนาด 28 ซม. ขนาดของหม้อที่เหมาะสมคือ 30 ซม. ถ้าเล็กหรือใหญ่เกินไปประสิทธิภาพจะลดลง

6. จากข้อ 5. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการใช้งานคือ 4 ลิตร ถ้าเพิ่มหรือลดลงประสิทธิภาพจะลดลง

7. จากข้อ 5. เมื่อลดปริมาณถ่านไม้จาก 500 กรัม เหลือ 400 กรัม ประสิทธิภาพจะลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านไม้เป็น 600 กรัม ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น

8. น้ำหนักของถ่านไม้ที่ใช้เมื่อลดลงจากน้ำหนัก 50 กรัมต่อก้อน เป็น 25 กรัมต่อก้อน ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น

จุลละพงศ์ จุลละโพธิ และ เกรียงศักดิ์ กุนทีกาญจน์ (28) พบว่าเตาถ่านแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไปมีการสูญเสียความร้อนมาก ทำให้ประสิทธิภาพที่ได้ค่อนข้างต่ำ (ประมาณร้อยละ 15.9 โดยเฉลี่ย) จึงได้ทำการพัฒนารูปแบบของเตาถ่านเพื่อลดการสูญเสีย โดยสร้างเตา 2 แบบ ซึ่งยึดถือโครงสร้างเตาแบบเดิมไว้ แบบแรกมีลักษณะคล้ายเตาถ่านทั่วไป แต่ช่องว่างส่วนบนที่เป็นทางออกของเปลวไฟและควันถูกทำให้มีขนาดเล็กลง พบว่ามีประสิทธิภาพสูงขึ้นถึงร้อยละ 24.95 โดยเฉลี่ย ซึ่งเมื่อเทียบกับเตาแบบเดิมจะให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.9 เตาแบบที่สองมีลักษณะเป็นเตาคู่ โดยมีที่ใส่ถ่านเตาเดียวเหมือนเดิม แต่ให้มีช่องทางออกของเปลวไฟและควันทางเดียว และนำไปอุ่นน้ำในอีกเตาหนึ่ง ก่อนที่จะปล่อยสู่บรรยากาศ ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

2.5 <u>ความร้อนที่สูญเสียตามส่วนต่าง ๆ ของเตาหุงต้ม</u> (19)

ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาหุงต้ม สามารถแยกได้เป็นส่วนที่ใช้เป็นประโยชน์ และส่วนที่สูญเสียไป จากลักษณะของเตาหุงต้มจะเห็นว่าที่ก้นภาชนะที่มีการสัมผัสกับเชิงเทิน จะมีช่องว่างให้อากาศร้อนออกซึ่งเป็นการสูญเสียทางหนึ่ง ดังนั้นถ้าจะให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปโดยสูญเสียทางด้านบนนี้น้อยลง ก็จะต้องพยายามลดช่องว่างระหว่างภาชนะกับขอบเตาให้มีน้อยที่สุด เพราะมีการสูญเสียความร้อน 2 แบบคือ การแผ่รังสีและการพาความร้อน แต่ถ้าช่องนี้แคบเกินไปอากาศร้อนจะไหลไม่สะดวก ทำให้การเผาไหม้ผิดปกติได้

ช่องลมด้านหน้าถ้าเปิดไว้กว้างอากาศที่เข้าไปเผาไหม้จะเข้าได้มากขึ้น แต่ถ้ามากเกินไปก็จะเป็นการสูญเสีย เพราะจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้และอุณหภูมิอากาศร้อนลดลง แต่ถ้าเปิดไว้แคบไป อากาศที่เข้าอาจจะไม่พอในการเผาไหม้ได้ การสูญเสียความร้อนจากช่องลมด้านหน้าเกิดจากการแผ่รังสีเท่านั้น การสูญเสียโดยการพาจะไม่มีเพราะเป็นทางที่อากาศไหลเข้า

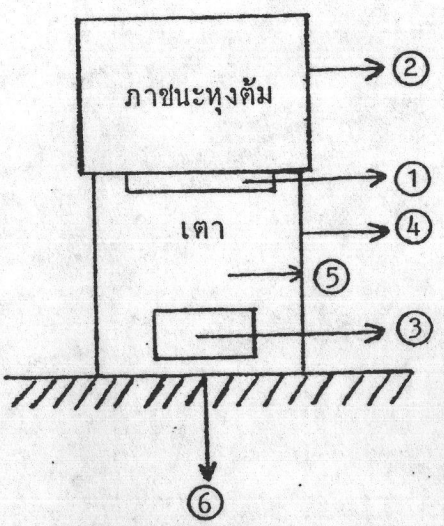
ขนาดและความหนาของเตาถ้ามากเกินไปก็จะเกิดการสูญเสียความร้อนส่วนหนึ่งในการทำให้เตาร้อนขึ้น ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้มากกว่าเตาที่มีขนาดเล็ก

การสูญเสียความร้อนจากเตาอีก 2 ทางคือ เกิดการแผ่รังสีและการพาความร้อนจากรอบ ๆ ผิวเตา และภาชนะที่ใช้หุงต้ม รวมทั้งส่วนเปิดด้านบนของภาชนะด้วย

ที่กล่าวมาทั้งหมดในส่วนที่สูญเสียความร้อนตามส่วนต่าง ๆ ของเตาหุงต้ม สามารถแยกออกได้เป็นส่วนย่อย ๆ คือ

1. โดยการแผ่รังสีและการพาของก๊าซร้อนผ่านช่องระหว่างขอบเตาด้านบนและก้นภาชนะ
2. โดยการแผ่รังสีและการพาจากผิวภาชนะที่ใช้หุงต้ม
3. โดยการแผ่รังสีออกทางช่องลมด้านหน้า
4. โดยการแผ่รังสีและการพาจากผิวเตาโดยรอบ
5. โดยการสะสมไว้ในมวลของเตาเนื่องจากความจุความร้อนของเตา
6. โดยการนำจากฐานด้านล่างลงสู่พื้นที่รองรับเตา

ดังภาพประกอบในรูปที่ 2.14



① โดยการแผ่รังสีและการพาของก๊าซร้อนผ่านช่องว่างระหว่างขอบเตาด้านบนและก้นภาชนะ
② โดยการแผ่รังสีและการพาจากผิวภาชนะที่ใช้หุงต้ม
③ โดยการแผ่รังสีออกทางช่องลมด้านหน้า
④ โดยการแผ่รังสีและการพาจากผนังเตาโดยรอบ
⑤ โดยการสะสมไว้ในมวลของเตาเอง
⑥ โดยการนำจากฐานด้านล่างของเตาลงสู่พื้นที่รองรับเตา

รูปที่ 2.14 การสูญเสียความร้อนตามส่วนต่าง ๆ ของเตาหุงต้มและภาชนะ

2.5.1 การคำนวณความร้อนที่สูญเสียจากส่วนต่าง ๆ ของเตาหุงต้ม (26)

2.5.1.1 การคำนวณความร้อนที่สูญเสียจากผิวเตาและผิวภาชนะหุงต้มโดยรอบ

การคำนวณความร้อนที่สูญเสียส่วนนี้จะต้องทราบอุณหภูมิที่ผิวของเตาหุงต้มหรือภาชนะหุงต้ม และหาค่าสภาพการแผ่รังสี (ε, emissivity) ของวัสดุที่ใช้ทำเป็นผิวของเตา

หุงต้มหรือภาชนะหุงต้ม (29) แล้วคำนวณหาค่าความร้อนที่สูญเสียไปดังนี้

$$q_r = \sigma\varepsilon A(T_2^4-T_1^4) \quad \text{---------- (10)}$$

$$q_c = hA(T_2-T_1) \quad \text{---------- (11)}$$

โดย σ = ค่าคงที่ของสเตฟานต์ โบลส์มานต์ (Stefan Boltzmann Constant)
0.4881×10^{-8} (แคลอรี/ชม.-ซม.^{2}-องศาเคลวิน^4)

ε = ค่าสภาพการแผ่รังสีของวัสดุที่ใช้ทำผิวเตาหรือผิวภาชนะหุงต้ม

A = พื้นที่ผิวของเตาหรือภาชนะหุงต้ม (ซม.^{2})

T_2 = อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของเตาหรือภาชนะหุงต้ม (องศาเคลวิน)

T_1 = อุณหภูมิห้อง (องศาเคลวิน)

q_r = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (แคลอรี/ชม.)

q_c = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน (แคลอรี/ชม.)

h = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (แคลอรี/ชม.-ซม.^{2}-องศาเซลเซียส)

โดย $h = c\left(\frac{T_2-T_1}{L}\right)^n$ ---------- (12)

สำหรับลักษณะที่เป็นแบบท่อในแนวตั้ง

โดย n = 0.25

c = 0.38

L = ความสูงของเตาหรือภาชนะหุงต้ม (ซม.)

2.5.1.2 การคำนวณความร้อนที่สูญเสียทางช่องลมด้านหน้า

การคำนวณความร้อนที่สูญเสียทางนี้ จะต้องทราบอุณหภูมิภายในห้องเถ้าแล้วคำนวณหาได้ดังนี้

$$q_r = \varepsilon\sigma A(T_2^4-T_1^4) \quad \text{---------- (13)}$$

โดย ε = ค่าสภาพการแผ่รังสีของดินทนไฟ

A = พื้นที่ช่องเปิดของช่องลมด้านหน้า (ซม.^{2})

T_2 = อุณหภูมิเฉลี่ยในห้องเถ้า (องศาเคลวิน)

T_1 = อุณหภูมิห้อง (องศาเคลวิน)

2.5.1.3 การคำนวณความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากสะสมอยู่ในตัวเตาหุงต้ม

การคำนวณความร้อนที่สูญเสียทางนี้ จะต้องทราบอุณหภูมิของเตาหุงต้มขณะที่เลิกใช้งาน แล้วคำนวณหาได้ดังนี้

$$Q = mC_p\Delta T \qquad \text{---------- (14)}$$

โดย m = น้ำหนักของเตาหุงต้ม (กรัม)

C_p = ความจุความร้อนของเตาหุงต้ม (แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส)

ΔT = อุณหภูมิต่างระหว่างอุณหภูมิของเตาขณะเริ่มต้นและเลิกใช้งาน (องศาเซลเซียส)

ซึ่งค่า C_p หาได้โดยการนำเตาหุงต้มขณะเลิกใช้งานมาแช่ในน้ำเย็นที่รู้ปริมาณและอุณหภูมิเริ่มต้น แล้ววัดอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำ และนำมาคำนวณโดยให้

$$m_1 S\Delta T_1 = mC_p\Delta T_2$$

$$C_p = \frac{m_1 S\Delta T_1}{m\Delta T_2} \qquad \text{---------- (15)}$$

โดย m_1 = น้ำหนักของน้ำ (กรัม)

ΔT_1 = อุณหภูมิต่างระหว่างน้ำเริ่มต้นและหลังจากแช่เตา (องศาเซลเซียส)

ΔT_2 = อุณหภูมิต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหลังจากแช่เตาและอุณหภูมิของเตาขณะเลิกใช้งาน (องศาเซลเซียส)

S = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและทดสอบการใช้งานของเตาหุงต้ม หรือปรับปรุงเตาหุงต้มให้มีประสิทธิภาพที่ดี ควรที่จะทราบถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

งานวิจัย Senior project ของสุชาติ การีรุ่งเรือง และเอกพล พงศ์สถาพร (30) ได้นำเอาถ่านหินลิกไนท์ที่อัดก้อนแล้ว มาบดและศึกษาวิธีการอัดก้อน แล้วนำมาใช้ทดสอบกับเตาอั้งโล่โดยเปรียบเทียบกับถ่านไม้ พบว่ามีประสิทธิภาพการใช้งานของเตาระหว่างร้อยละ 30-34 ทั้งถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ส่วนด้านการติดไฟถ่านไม้จะติดได้ง่ายกว่าถ่านหินอัดก้อน และถ่านหินอัดก้อนมีควันมากกว่า เปลวไฟค่อนข้างยาวกว่าถ่านไม้ แต่ลักษณะเถ้าของถ่านหินจะยังคงรูป

เดิม ไม่มีการแตกปลิวกระจายเหมือนถ่านไม้

งานวิจัยวิทยานิพนธ์ของ นิภา เศรษฐไพศาล (17) ได้ศึกษาโดยนำเศษถ่านหินมาอัดก้อนเพื่อใช้ในครัวเรือน โดยอัดก้อนเป็นรูปทรงกระบอกมี 3 ขนาด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10, 11,และ 12 ซม. สูง 5, 7, 7 ซม. ตามลำดับ หน้าตัดเป็นรูปรังผึ้ง โดยมีช่องเจาะทะลุตามแนวแกน 12, 14, 16 ช่อง ตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. แล้วนำมาทดสอบกับเตาที่สร้างขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของถ่านหินอัดก้อนที่ได้ แล้วทำการเปรียบเทียบกับถ่านไม้ที่จุดโดยใช้เตาอั้งโล่ พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 25-35 ขึ้นกับลักษณะการใช้งาน

Sherman M., Stewart W. และ Srisom B. (31) ได้ทดสอบลักษณะการใช้งานและประสิทธิภาพของเตาหุงต้มแบบต่าง ๆ กันถึง 26 ชนิด โดยใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 16 ชนิด ที่ศูนย์อพยพเขาอีด่าง พบว่าพวกถ่านไม้, ฟืน และซังข้าวโพด เหมาะสมที่จะใช้กับเตาอั้งโล่ และสรุปว่าเตาอั้งโล่เป็นเตาหุงต้มที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการหุงข้าว แต่ควรปรับปรุงบางอย่างเช่น ขนาดของช่องลมเพื่อให้ปริมาณอากาศที่เข้าเหมาะสม ซึ่งเป็นการควบคุมปริมาณความร้อนของเตา

Claus J. และ Sulilatu W. F. (32) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบเตาฟืน 3 ชนิด ที่สร้างด้วยวัสดุต่างกันคือ ดินเหนียว, อิฐ และโลหะ พบว่าในสภาวะการทดสอบที่เหมือนกัน เตาที่ทดสอบจะมีประสิทธิภาพต่างกันคือ เตาที่ทำจากดินเหนียวมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 18-22 ใกล้เคียงกับเตาที่ทำจากอิฐคือ ร้อยละ 15-23 ส่วนเตาโลหะนั้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าคืออยู่ในช่วงร้อยละ 25-30 แต่เมื่อพิจารณาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงพบว่าการเผาไหม้ของเตาอิฐจะสมบูรณ์ที่สุด รองลงมาคือ เตาโลหะ เตาจากดินเหนียวจะมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนั้นยังเสนอว่า ถ้ามีการหุ้มฉนวนรอบเตาโลหะจะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

Dunn P. D., Samootsakorn P. และ Joyce N. (33) ได้ศึกษาผลของตัวแปร 3 ตัว คือ พื้นที่ช่องลมด้านหน้า ระยะห่างระหว่างชั้นของถ่านบนรังผึ้งกับก้นภาชนะหุงต้ม และจำนวนช่องของรังผึ้ง ในเตาอั้งโล่พบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ มีพื้นที่ช่องลมด้านหน้า 25 ซม.^{2} มีระยะห่างจากชั้นของถ่านกับก้นภาชนะ 10 ซม. และมีช่องของรังผึ้ง 16 ช่อง นอกจากนั้นพบว่าในการใช้งานจะมีการสูญเสียความร้อนได้ 2 ทางคือ ทางหนึ่งสูญเสียไปกับไอน้ำขณะปรุงอาหาร และอีกทางหนึ่งคือ ความร้อนที่สะสมในตัวเตา การป้องกันการสูญเสียความร้อนที่ไปกับไอน้ำทำโดยควบคุมปริมาณอากาศเข้า เพื่อลดความร้อนที่ให้กับภาชนะหุงต้ม ภายหลังที่น้ำเดือดแล้ว

ส่วนการป้องกันการสูญเสียที่เกิดจากการสะสมในตัวเตาทำโดยสร้างเตาให้มีขนาดเล็กลง การใช้เตาอย่างมีประสิทธิภาพสูงควรมีการควบคุมปริมาณอากาศเข้าให้เหมาะสม ซึ่งจะช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้อย่างน้อยร้อยละ 30 นอกจากนั้นยังพบว่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ในช่วง 30 นาทีแรกมากกว่าร้อยละ 50 จะถูกสะสมในตัวเตา และเมื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนในเตาอั้งโล่ พบว่าการถ่ายเทความร้อนให้แก่ภาชนะหุงต้มส่วนใหญ่โดยการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งจะมากกว่าการพาความร้อนประมาณ 5-7 เท่า ความร้อนในก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะเป็นความร้อนที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์

Geller H. S. (34) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเตาใน 13 ครอบครัว พบว่าประสิทธิภาพของการใช้หม้ออลูมิเนียมมีค่าต่างจากหม้อดินอย่างมีนัยสำคัญ และศึกษาการสูญเสียความร้อนจากเตาหุงต้ม พบว่าการสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากการพาของอากาศเกินพอในการเผาไหม้ การสะสมของความร้อนโดยมวลของเตา การพาของไอน้ำที่ระเหยไปขณะใช้งาน ความร้อนที่เหลือในเถ้า และความร้อนที่ถูกพาไปกับผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ (combustion products) การลดปริมาณความร้อนที่สูญเสียโดยการพาของอากาศเกินพอทำโดยควบคุมปริมาณอากาศที่เข้าในการเผาไหม้ การปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนให้ภาชนะหุงต้ม ทำโดยพยายามให้ก๊าซร้อนสัมผัสกับผิวภาชนะนานที่สุด ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการสูญเสียความร้อนที่ติดไปกับสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ และอากาศเกินพอ การลดความร้อนที่สูญเสียจากเตาทำโดยลดพื้นที่ผิวภายในของเตาหรือหุ้มฉนวนเตา การลดการพาความร้อนของไอน้ำทำโดยปิดฝาภาชนะหุงต้มให้สนิท หรือควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ให้เหมาะสม

จากงานวิจัยอื่นที่ค้นคว้าพบว่าไม่มีการศึกษาและกล่าวถึงเตาหุงต้มที่ใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง แต่พบว่าในประเทศจีนตอนบนและเกาหลี มีการผลิตถ่านหินอัดก้อนขึ้นมาใช้โดยมีลักษณะเป็นก้อนและหน้าตัดเป็นรูปรังผึ้ง แล้วมีการสร้างเตาขึ้นมาใช้กับถ่านหินอัดก้อน นิภา เศรษฐไพศาล (17) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับถ่านหินอัดก้อนลักษณะดังกล่าวนี้ และได้ประดิษฐ์เตาแบบง่าย ๆ ที่ใช้กับถ่านหินอัดก้อน แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีปัญหา คือจุดติดยาก และไม่อาจใช้งานอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จึงต้องการผลิตถ่านหินอัดก้อนให้มีลักษณะและขนาดใกล้เคียงกับถ่านไม้เพื่อความสะดวกในการใช้งานและขนส่ง โดยพยายามทดลองใช้และศึกษากับเตาอั้งโล่แบบที่ใช้กันมากในประเทศเรา เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์เศษถ่านหินที่มีอยู่มาก และทดแทนการใช้ถ่านไม้และฟืนอีกทางหนึ่งด้วย