29 พ.ค. 2545



การสร้างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบและศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน

อภินันทนาการ
จาก
ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

เรืองชัย สงสำเภา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2541

ISBN 974-661-108-9

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

๒๘
ร๘๕๓ก
๒๕๔๑
ค.๑

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การสร้างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบและศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2541

.....

เรืองชัย สงสำเภา

ผู้วิจัย

.....

มันตรี จุลสมัย

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

รุ่งจรัส หุตะเจริญ ,วท.ม.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

อดิศักดิ์ วรรณะวัลย์, วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

สมพงษ์ ธงไชย ,วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

สมศักดิ์ อินทรกำแหง ณ ราชสีมา, วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

ชุมนุม ปุญวัฒโท, วศบ.,วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

พิมพ์พันธุ์ เลียงพิบูลย์ พ.บ., Dip.Bact.

รองคณบดี รักษาราชการแทน

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....

รุงจรัส หุตะเจริญ ,วท.ม.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright© by Mahidol University

เรื่อง

การสร้างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ และศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน

.....

เรืองชัย สงสำเภา

ผู้วิจัย

.....

สมพงษ์ ธงไชย, วท.ม.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

อดิศักดิ์ วรรณะวัลย์, วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

สมศักดิ์ อินทรกำแหง ณ ราชสีมา, วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

ชุมนุม ปุญวัฒโท, วศบ.,วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

พิมพ์พันธุ์ เลียงพิบูลย์ พ.บ., Dip.Bact.

รองคณบดี รักษาราชการแทน

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

.....

ปิยะกาญจน์ เที้ยธิทรัพย์ ,วท.ม.

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสม

เพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

Copyright by Mahidol University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์สมพงษ์ ธงไชย ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.มันตรี จุลสมัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ สมศักดิ์ อินทรกำแหง ณ ราชสีมา จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดขอนแก่น ผศ.อดิศักดิ์ วรรณะวัลย์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทเวศร์ และอาจารย์ชุมนุม ปุญวัฒโท จากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ซึ่งเป็นทั้งกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำการทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักนโยบายและแผนพลังงานแห่งชาติ ที่ได้อนุมัติทุนในการศึกษาและทำวิจัยในครั้งนี้ มา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ประกอบการค้าปิ้ง - ย่างในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลกที่ได้ให้ข้อมูลและให้ความร่วมมือในการจัดเก็บข้อมูลในภาคสนาม เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณพิสมัย เสถียรยานนท์ และเจ้าหน้าที่ห้องทดลองกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ที่ได้อนุเคราะห์ในการหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ ขอบคุณ คุณบุญรอด สัจจกุลนุกิจ ที่ได้ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลในการทดสอบจนทำให้การทดสอบสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว สงสำเภา ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจในการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จการศึกษา

เรืองชัย สงสำเภา

Copyright by Mahidol University

3736553 ENAT/M :สาขาวิชา :เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร;วท.ม.
(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)
ศัพท์สำคัญ : การสร้าง/ เตาปิ้ง -ย่าง / ต้นแบบ / ประสิทธิภาพ

เรืองชัย สงสำเภา : การสร้างเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบและศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน
(MAKING PROTOTYPE GRILL STOVE AND STUDY OF THERMAL EFFICIENCY)
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ :สมพงษ์ ธงไชย วท.ม., สมศักดิ์ อินทรกำแหง ณ ราชสีมา วท.ม., อดิศักดิ์ วรรณวัลย์ วท.ม., ชุมนุม ปุญวัฒโท วท.ม. 96 หน้า. ISBN 974- 661-108 - 9

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อสร้างเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ และทำการศึกษาด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตาปิ้ง-ย่าง ที่มีการใช้งานในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก จากการสำรวจเบื้องต้นเดือนเมษายน 2540 พบว่า มีจำนวน 215 รายซึ่งมีประสิทธิภาพ ระหว่างร้อยละ 9-17 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรภายใน สองค่าคือ ระยะห่างของรังผึ้งถึงขอบปากเตาที่ 4 5 6 7 8 เซนติเมตรและ ขนาดของช่องอากาศเข้าที่ขนาด 135 180 220 270 315 ตารางเซนติเมตร และได้ทำการทดลองสร้างเตาปิ้งย่างจากวัสดุ 3 ประเภท ได้แก่ เหล็กแผ่นเชื่อมประกอบ ซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมเถ้าแกลบดำผสมทราย และดินเหนียว ผสมเถ้าแกลบดำตามลำดับ เพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมในการสร้างตัวเตา

สรุปผลจากการวิจัยพบว่าขนาดระยะห่างของชั้นรังผึ้งถึงขอบปากเตาที่เหมาะสมคือระยะ 4 เซนติเมตรและขนาดช่องอากาศเข้าที่เหมาะสมคือ 180 ตารางเซนติเมตร(4X45)ซึ่งจะให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด สำหรับวัสดุที่ใช้สร้างตัวเตาพบว่าวัสดุประเภทที่ทำจากซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมทรายละเอียดและเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1ต่อ 1ต่อ 0.75 โดยน้ำหนัก สามารถนำมาใช้สร้างต้นแบบได้ ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่ามีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 30.34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับเตาตัวอย่างที่คัดเลือกจากท้องตลาดซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 19.25 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงการประหยัดต้นทุนการผลิตและประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบที่สร้าง จะมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากก่อสร้างง่าย ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเผาให้สุกเพื่อเพิ่มความแข็งแรง นอกจากนี้วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น การสร้างประกอบไม่ซับซ้อน จึงเป็นต้นแบบที่เหมาะสมที่สุด

Copyright by Mahidol University

3736553 ENAT/M : MAJOR : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT ; M.Sc.(APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT)

KEY WORD : MAKING / PROTOTYPE / GRILL STOVE / EFFICIENCY

RUANGCHAI SONGSAMBHAO : MAKING PROTOTYPE GRILL STOVE AND STUDY OF THERMAL EFFICIENCY.THESIS ADVISOR : SOMPONG THONGCHAI M.Sc.,SOMSAK INTRARAKHOMHANG M.Sc., ADESAK WANNAWAN M.Sc.,CHUMNUM PUNYAWATTOE BSME., M.Sc. 96p. ISBN 974 -661-108-9

The study on making a prototype grill stove and evaluating its thermal efficiency has the objective of increasing the efficiency of grill stoves in Phitsanuloke municipal district .The primary data from the suervey found 215 grill stoves . They were of low efficiency, between 9 - 17 percent.

The study examined two internal valuables . The distance between the charcoal gate to top the grill was varied at 4, 5, 6, 7and 8 centimeters . The air supply was also varied at 135, 180, 220, 270 and 315 square centimeters.Three different prototype of stoves were compared for both the construction materials and effectiveness in saving energy. The results of study show that the stove composed of cement, sand and black rice husk with proportion 1:1:0.75 by weight has more efficiency than the other two types of stoves and is also locally available.

In conclusion, the appropriate prototype stove has a grate to grill distance of 4 centimeters a and 180 grid centimeter air supply. The mixture of cement, sand and black rice husk is recommended because these are locally available materials, Which do not need to be fired before use, are low in cost, and the resulting composition is more energy efficient .

Copyright by Mahidol University

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฎ
สารบัญแผนภาพ	ฒ
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 แนวคิดของการศึกษา	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	5
1.4 สมมติฐานการวิจัย	5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.6 นิยามศัพท์	5
1.7 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย	6
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2	
ทบทวนวรรณกรรม	8
2.1 รูปแบบและลักษณะของเตาที่ใช้ฟืนหรือถ่านเป็นเชื้อเพลิงแบบต่างๆ	8
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเตา	17
2.3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเตา	19
2.4 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	20
2.5 เกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสม	23
บทที่ 3	
ระเบียบและการดำเนินการวิจัย	27
3.1 ขั้นเตรียมการ	29
3.2 ทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาตัวอย่างโดยวิธีต้มน้ำเดือด	30
3.3 การหาตัวแปรของเตาต้นแบบ	32

Copyright by Mahidol University

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	
3.4 ออกแบบเตาปิ้งย่าง	62
3.5 สร้างต้นแบบเตาปิ้งย่าง	63
3.6 การทดลองเปรียบเทียบ	63
3.7 วิเคราะห์และสรุปผล	63
บทที่ 4	
ผลการทดลอง	64
4.1 สรุปผลขั้นเตรียมการ	64
4.2 การปรับปรุงตัวแปร	65
4.3 สรุปผลการออกแบบเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ	66
4.4 สรุปผลการสร้างเตาปิ้งย่างต้นแบบ	65
4.5 สรุปผลการทดสอบเปรียบเทียบเชิงความร้อนโดยวิธีต้มน้ำเดือด	68
4.6 การวิเคราะห์และสรุปผล	69
บทที่ 5	
วิจารณ์ผลการวิจัย	73
5.1 วิจารณ์ผลการวิจัย	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	74
บทที่ 6	
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	75
6.1 สรุปผลการวิจัย	75
6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไป	76
เอกสารอ้างอิง	77
ภาคผนวก ก	78
ภาคผนวก ข	90
ประวัติผู้วิจัย	96

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงขนาดของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง 9

ตารางที่ 2 แสดงขนาดของเตาปิ้ง-ย่างถังผ่าซีก 11

ตารางที่ 3 แสดงขนาดของเตาปิ้ง-ย่างเหล็กแผ่นประกอบ 13

ตารางที่ 4 แสดงขนาดของเตาปิ้ง-ย่างสแตนเลส 15

ตารางที่ 5 แสดงค่าการนำความร้อนและค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ 3 ชนิด 20

ตารางที่ 6 สรุปเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาปิ้ง-ย่าง 24

ตารางที่ 7 สรุปเกณฑ์ในการพิจารณาตัวแปรภายนอกเพื่อออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาปิ้ง-ย่าง 26

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนเตาปิ้ง ย่างที่มีใช้ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก 29

ตารางที่ 9 แสดงขนาดของเตาปิ้ง ย่างโดยเฉลี่ย 29

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาปิ้ง-ย่างที่มีใช้อยู่ทั่วไปในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เพื่อคัดเลือกปรับปรุงประสิทธิภาพ 32

ตารางที่ 11 แสดงแผนการทดสอบเบื้องต้น เตาปิ้ง ย่าง 33

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตร.ซ.ม. 34

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตร.ซ.ม. 34

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตร.ซ.ม. 35

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตร.ซ.ม. 35

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตร.ซ.ม 36

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตร.ซ.ม. 36

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตร.ซ.ม. 37

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตร.ซ.ม. 37

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตร.ซ.ม. 38

ตารางที่ 21 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตร.ซ.ม 38

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตร.ซ.ม. 39

ตารางที่ 23 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตร.ซ.ม. 39

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตร.ซ.ม. 40

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตร.ซ.ม. 40

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตร.ซ.ม 41

ตารางที่ 27 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตร.ซ.ม. 41

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตร.ซ.ม. 42

ตารางที่ 29 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตร.ซ.ม. 42

ตารางที่ 30 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตร.ซ.ม. 43

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 31 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตร.ซ.ม 43

ตารางที่ 32 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตร.ซ.ม. 44

ตารางที่ 33 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตร.ซ.ม. 44

ตารางที่ 34 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตร.ซ.ม. 45

ตารางที่ 35 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตร.ซ.ม. 45

ตารางที่ 36 ผลการทดสอบเตาปิ้ง ย่างขนาดกว้าง15 ซ.ม.ยาว50 ซ.ม.สูง 20 ซ.ม.ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตร ขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตร.ซ.ม 46

ตารางที่ 37 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 12 46

ตารางที่ 38-40 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 13,14,15 47

ตารางที่ 41-43 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 16,17,18 48

ตารางที่ 44-46 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 19,20,21 49

ตารางที่ 47-49 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 22,23,24 50

ตารางที่ 50-52 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 25,26,27 51

ตารางที่ 53-55 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 28,29,30 52

ตารางที่ 56-58 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 31,32,33 53

ตารางที่ 59-61 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 34,35,36 54

ตารางที่ 62-64 ผลการคัดเลือกตัวแปรภายในที่ระยะห่างตะแกรง 4,5,6 ซ.ม. 55

ตารางที่ 65-66 ผลการคัดเลือกตัวแปรภายในที่ระยะห่างตะแกรง 7,8 ซ.ม. 56

ตารางที่ 67 แสดงตารางวิเคราะห์ตัวแปรภายใน 56

ตารางที่ 68 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้สร้างตัวเตาปิ้งย่างต้นแบบ 61

ตารางที่ 69 แสดงขนาดตัวแปรภายในที่ได้จากการทดสอบตามขั้นตอนที่ 3 62

ตารางที่ 70 แสดงขนาดตัวแปรภายนอกที่ได้จากการทดสอบ 63

ตารางที่ 71-72 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเตาปิ้งย่างต้นแบบกับเตาตัวอย่างที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด 68

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 73 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้งย่างต้นแบบกับเตาตัวอย่าง	69
ตารางที่ 74 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเตาปิ้งย่างต้นแบบกับเตาที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด	70
ตารางที่ 75 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีจากการใช้เตาปิ้งย่างที่วิจัย	71
ตารางที่ 76 แสดงผลการทดลองใช้เตาปิ้งย่างต้นแบบที่ปรับปรุงเทียบกับเตาแบบเดิม	71

Copyright by Mahidol University

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเตาอั้งโล่ถ่านประสิทธิภาพสูง	9
รูปที่ 2 แสดงตัวเตาประสิทธิภาพที่ทำจากคอนกรีต	10
รูปที่ 3 แสดงขนาดเตาถังผ่าซีก	12
รูปที่ 4 แสดงภาพเตาถังผ่าซีก	12
รูปที่ 5 แสดงขนาดเตาเหล็กแผ่นประกอบ	14
รูปที่ 6 แสดงภาพเตาที่ทำจากเหล็กแผ่นประกอบ	14
รูปที่ 7 แสดงขนาดของเตาสแตนเลส	16
รูปที่ 8 แสดงภาพเตาปิ้ง-ย่างที่ทำจากสแตนเลส	16
รูปที่ 9 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิผนังเตาและภายในเตา	78
รูปที่ 10 แสดงการเตรียมเชื้อเพลิงให้มีขนาดใกล้เคียงกันก่อนการทดสอบ	78
รูปที่ 11 ทำการชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง 500 กรัม	79
รูปที่ 12 ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้จุดไฟทดสอบ หนัก 50 กรัม	79
รูปที่ 13 แสดงเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิน้ำและผนังเตาภายใน	80
รูปที่ 14 ชั่งน้ำหนักน้ำที่ใช้ในการทดสอบ หนัก 4000 กรัม	80
รูปที่ 15 ทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำและปรับปรุงอุณหภูมิให้เท่ากันที่ 28 องศาเซลเซียส	81
รูปที่ 16 เตรียมเตาตัวอย่างที่จะทำการทดสอบเพื่อหาตัวแปรภายใน	81
รูปที่ 17 แสดงพื้นที่เผ้าไหม้ที่มีรูตะแกรง 45 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตะแกรง	82
รูปที่ 18 แสดงการวางภาชนะทดสอบหลังจากเชื้อเพลิงติดไฟดีแล้ว	82
รูปที่ 19 แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตา	83
รูปที่ 20 แสดงการต้มน้ำหลังจากน้ำเดือดแล้วอีก 30 นาที	83
รูปที่ 21 ทำการเก็บเชื้อเพลิงที่เหลือหลังจากต้มน้ำแล้ว เพื่อนำไปคำนวณหาเชื้อเพลิงที่ใช้งาน	84
รูปที่ 22 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่สร้างจากวัสดุ 3 ประเภท	84
รูปที่ 23 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบ	85
รูปที่ 24 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำและทราย อัตราส่วน 1:0.75:1 โดยน้ำหนัก	85

Copyright by Mahidol University

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 25 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 2:3 โดยปริมาตร 86

รูปที่ 26 แสดงการทดสอบเตาต้นแบบที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบเพื่อคัดเลือกตัวแปรภายนอก 86

รูปที่ 27 แสดงการทดสอบเตาต้นแบบที่ทำจากส่วนผสมซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบดำและทรายเพื่อคัดเลือกตัวแปรภายนอก 87

รูปที่ 28 แสดงการทดสอบเตาต้นแบบที่ทำจากส่วนผสมดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำเพื่อคัดเลือกตัวแปรภายนอก 87

รูปที่ 29 แปลนเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ 88

Copyright by Mahidol University

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
1	แนวคิดการศึกษา	4
2	แสดงขั้นตอนการทดสอบเพื่อสร้างเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ	28
3	แสดงการสร้างเตาปิ้งย่างโดยใช้วัสดุซีเมนต์แกลบดำและทรายเป็นส่วนผสม	58
4	แสดงการสร้างเตาปิ้งย่างโดยใช้วัสดุดินเหนียวและเถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสม	59
5	แสดงการสร้างเตาปิ้งย่างโดยใช้เหล็กแผ่นเชื่อมประกอบทำตัวเตา	61
6	แสดงสัดส่วนของเตาปิ้ง-ย่างที่มีการใช้งานในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือนเมษายน 2540	64

Copyright by Mahidol University

บทที่ 1
บทนำ

1.1ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้ประกอบอาชีพค้าขายอาหารปิ้งหรือย่าง เป็นอาชีพหนึ่ง ซึ่งมีผู้ดำเนินกิจการมาก โดยเฉพาะในเขตเมือง เนื่องจากการลงทุนจะต่ำกว่าการประกอบอาชีพค้าขายอื่นๆ อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการปิ้งหรือย่างจะประกอบด้วย รถเข็น เตา ตะแกรงสำหรับปิ้งหรือย่าง คีมคีบเป็นต้นวัตถุดิบที่ใช้ปิ้งหรือย่าง ได้แก่ ไก่ ปลา เนื้อหมู หมึกสด ไส้กรอก ลูกชิ้นและฮอดดอกท์ เป็นต้น สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ยังคงเป็นถ่านไม้ ซึ่งแต่เดิมการปิ้ง-ย่างจะใช้เตาอั้งโล่ถ่านธรรมดา แต่เนื่องจากไม่เพียงพอและทันต่อความต้องการของผู้ซื้อ จึงได้มีการพัฒนารูปแบบของเตาปิ้งให้ได้ครั้งละมากๆ ซึ่งถ้าหากใช้เตาอั้งโล่ถ่านแล้วจะต้องใช้เตาปิ้งหลายใบ ซึ่งอาจไม่สะดวกสำหรับการประกอบกิจการค้าได้ ดังนั้นจึงได้เป็นที่มาของการพัฒนารูปแบบของเตาปิ้ง-ย่างเพื่อใช้ในกิจการค้ารายย่อยขึ้นนั่นเอง

1.1.1 เตาปิ้งขนาดเล็กสำหรับการค้ารายย่อย

เตาปิ้งสำหรับการค้ารายย่อยเป็นอุปการณ์ที่จำเป็นสำหรับการประกอบกิจการค้า ปิ้ง-ย่างโดยใช้ถ่าน เป็นเชื้อเพลิง การพัฒนาของเตาปิ้งนั้นก็เพื่อความเหมาะสมกับการใช้งานกับขนาด และจำนวนของอาหารที่จะนำมาปิ้ง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสะดวกในการเคลื่อนย้ายอีกด้วย การพัฒนาเตาปิ้งแต่เดิมมีการนำถังน้ำมันผ่าซีกมาใช้เป็นเตาปิ้ง โดยเจาะรูระบายอากาศทางด้านล่างของเตาและใช้เหล็กแผ่นเจาะรูเป็นชั้นรองรับเชื้อเพลิง ด้านบนจะใช้เป็นที่วางตะแกรงสำหรับปิ้งหรือย่าง ต่อมาได้มีการเปลี่ยนแปลงมาใช้เหล็กแผ่นประกอบเป็นเตาปิ้งแทน ซึ่งจะทำให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับการใช้งานและจำหน่ายอย่างแพร่หลายเพราะทำง่ายโดยใช้วัสดุที่พอหาได้ในท้องถิ่น แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะได้มีการพัฒนารูปแบบของเตาให้เหมาะสมต่อความต้องการของผู้ใช้แล้วก็ตาม แต่ในด้านของประสิทธิภาพของตัวเตาแล้วในปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนาแต่อย่างใด

1.1.2 ปัญหาการสูญเสียเชื้อเพลิงถ่านไม้

การใช้เชื้อเพลิงในส่วนของบริการ ชวลิต อุรพีพัฒนพงศ์(2525) ได้ศึกษาเศรษฐกิจการผลิตการจำหน่ายและการบริโภคถ่าน พบว่าปริมาณการใช้ถ่านทั้งหมดทั่วประเทศ มีประมาณ 3,507,215.45ตัน/ปี และในส่วนของปริมาณการใช้ถ่านในส่วนบริการสังคม ร้านอาหาร มีจำนวน 290,089.57 ตัน/ปี จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีเตาปิ้ง-ย่างในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลกมีจำนวน 215 ราย ใช้งานเฉลี่ยวันละ8 ชั่วโมง เตามีประสิทธิภาพเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ จะใช้เชื้อเพลิง

Copyright by Mahidol University

วันละ 6-7 ก.ก หรือ 1,410.50 ก.ก ต่อวัน คิดเป็นไม้ฟืน 7,052.5 ก.ก.ต่อวัน (จากรายงานสถานการณ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน 1994 ถ่านไม้ 1 กก.ผลิตจากไม้ฟืน 5 กก.) ดังนั้นหากพัฒนาประสิทธิภาพของเตาปิ้ง เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถประหยัดไม้ฟืนได้วันละ 4,701.66 กก.(จากเตาจำนวน 215 เตา) ดังนั้น หากพิจารณาด้านประสิทธิภาพของเตาปิ้งหรือย่างในปัจจุบันจะพบว่ามีการสูญเสียความร้อนได้ มากกว่า 3 ทางคือ ทางที่หนึ่งความร้อนถูกพาออกไปพร้อมๆกับไอร้อนที่ไหลผ่านจากด้านล่างสู่ด้านบน ทางที่สองจากการพาความร้อนของลมที่พัดผ่านตัวเตาและปากเตา ความร้อนที่สูญเสียออกทางผนังเตาด้านข้าง ทางที่สามจากการแผ่รังสีความร้อน โดยเฉพาะเตาที่ใช้เป็นโลหะจะมีการสูญเสียออกสู่ภายนอกได้ง่ายกว่าเตาที่มีฉนวนห่อหุ้มนอกจากนี้ยังพบว่าการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนที่จะสามารถนำไปใช้การได้ จะเห็นได้ว่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากสาเหตุต่างๆจะมีผลต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและระยะเวลาในการปิ้งหรือย่างอีกด้วย และควันที่เกิดจากเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ยังเป็นที่รบกวนต่อและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ประกอบการและผู้ที่ผ่านไปมาอีกด้วย

1.1.3รูปแบบของเตาที่เหมาะสม

เตาปิ้งหรือย่างในปัจจุบันนั้นมีการพัฒนามาจากเตาอั้งโล่ถ่าน ซึ่งแต่เดิมการปิ้งหรือย่างเพื่อบริโภคมักจะนิยมเตาอั้งโล่ถ่านเป็นหลัก เนื่องจากมีควันน้อยไม่ทำให้รสของอาหารเปลี่ยนไปเช่น การปิ้งปลา การย่างเนื้อเป็นต้น แต่เมื่อเศษฐกิจและสังคมเปลี่ยนแปลงไป ในปัจจุบันได้มีการบริการด้านอาหารเพิ่มมากขึ้นการปิ้งหรือย่างเพื่อการค้าจึงได้มีการเปลี่ยนรูปแบบจากการปิ้งเพื่อบริโภคในครัวเรือนมาเป็นการปิ้งหรือย่างเพื่อการค้า เช่น ไก่ย่าง ลูกชิ้นปิ้ง ไส้กรอกเป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ากิจกรรมต่างๆเหล่านี้เป็นค่านิยมของการบริโภคอาหาร เนื่องจากรสนิยมของผู้บริโภคเป็นตัวกำหนดกิจกรรมต่างๆเหล่านี้ทั้งสิ้น ดังนั้นธุรกิจการปิ้งหรือย่างเพื่อการค้าซึ่งแต่เดิมใช้เตาอั้งโล่ถ่านธรรมดาไม่เพียงพอและทันต่อการบริการลูกค้า จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการปิ้งหรือย่างเพื่อให้ได้ครั้งละมากๆ การพัฒนาใช้ถังน้ำมันผ่าซีก ผู้ประกอบกิจการจะดำเนินการโดยใช้ถังน้ำมันขนาด200 ลิตรผ่าซีก และเจาะรูระบายอากาศด้านล่าง จากนั้นนำตะแกรงปิ้งหรือย่างวางไว้ด้านบน จุดไฟและใส่ถ่านลงในถังก็สามารถปิ้งหรือย่างได้แล้ว

จะเห็นได้ว่าเตาถังน้ำมันผ่าซีกนั้นอาจเหมาะสมกันการปิ้งหรือย่างอาหารที่มีขนาดใหญ่และไม่เหมาะสมกับอาหารที่มีขนาดเล็ก เช่นลูกชิ้น,ไส้กรอกหรือหมูสะเตะเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการเคลื่อนย้ายขณะใช้งานอีกด้วย

Copyright by Mahidol University

เตาเหล็กดัดแปลง เป็นเตาที่ได้พัฒนาขึ้นโดยอาศัยรูปแบบเตาถังน้ำมันผ่าซีกเป็นหลักแต่มีการปรับปรุงขนาดของเตาให้เหมาะสมกับการปิ้งหรือย่าง ลักษณะตัวเตาจะทำจากเหล็กแผ่นตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดด้านยาวเป็นสองเท่าของด้านกว้างนอกจากนี้ยังพบว่ามีการพัฒนาโดยการใส่ชั้นรังผึ้งโดยใช้เหล็กแผ่นเจาะรูเป็นตะแกรงชั้นรังผึ้งแทนซึ่งเตาถังน้ำมันผ่าซีกเดิมไม่มีชั้นรังผึ้ง มีการเจาะช่องอากาศเข้าด้านล่างเพื่อให้อากาศเข้าเผาไหม้กับเชื้อเพลิงได้ ด้านบนของตัวเตาจะวางตะแกรงสำหรับปิ้งหรือย่าง สำหรับเตาเหล็กดัดแปลงนี้ในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในกลุ่มผู้ประกอบกิจการค้าปิ้งหรือย่าง เนื่องจากใช้วัสดุที่หาง่ายคือเหล็กแผ่นมาประกอบเป็นตัวเตาก็สามารถนำมาใช้งานได้แล้ว อย่างไรก็ตามการพัฒนาการของเตาปิ้งหรือย่างในปัจจุบันพบว่าแม้จะได้มีการพัฒนารูปแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานและผู้ใช้แล้วก็ตามแต่ยังไม่มีการพัฒนาด้านประสิทธิภาพของตัวเตา

รูปแบบของเตาปิ้งหรือย่างที่เหมาะสม จะขึ้นอยู่กับอาหารที่จะทำการปิ้งหรือย่าง เช่นเตาที่ใช้สำหรับการย่างไก่ จะมีขนาดใหญ่กว่าเตาปิ้งหมูย่างหรือลูกชิ้นปิ้ง เพื่อให้สามารถทำงานสะดวกรูปแบบของเตาปิ้งที่ใช้และมีจำหน่ายในปัจจุบัน เป็นลักษณะกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า นอกจากนี้ความร้อนที่ใช้ในการปิ้งหรือย่างก็ยังแตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งเป็นไปตามลักษณะของอาหารที่ปิ้งหรือย่าง เช่น ไก่ ไส้กรอก จะใช้ความร้อนที่ผิวตะแกรงปิ้งระหว่าง 350-400 องศาเซลเซียส ขณะที่ปลาหมึกสด หมูปิ้งและลูกชิ้นจะใช้ความร้อนที่ผิวตะแกรงปิ้งระหว่าง 500-600 องศาเซลเซียส (ข้อมูลจากการตรวจวัดในสนาม) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าขนาดของเตาปิ้งหรือย่างที่ใช้ในปัจจุบันยังมีขนาดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับผู้ประกอบการค้ารายย่อย หรือแหล่งจำหน่าย

1.1.4 ปัญหาด้านประสิทธิผล(Effectiveness) สมรรถนะ(Performance) และประสิทธิภาพ (Efficiency)

ปัญหาด้านประสิทธิภาพของเตาปิ้งหรือย่างจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่จะสูญเสียออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งเตาปิ้งหรือย่างในปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะทั้งนี้เนื่องจากผู้ประกอบการค้ายังสามารถผลักภาระค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิงรวมไว้ในราคาอาหารที่จำหน่ายได้ แม้ว่าประสิทธิผลที่ได้จากเตาอาจไม่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงที่สูญเสียไป

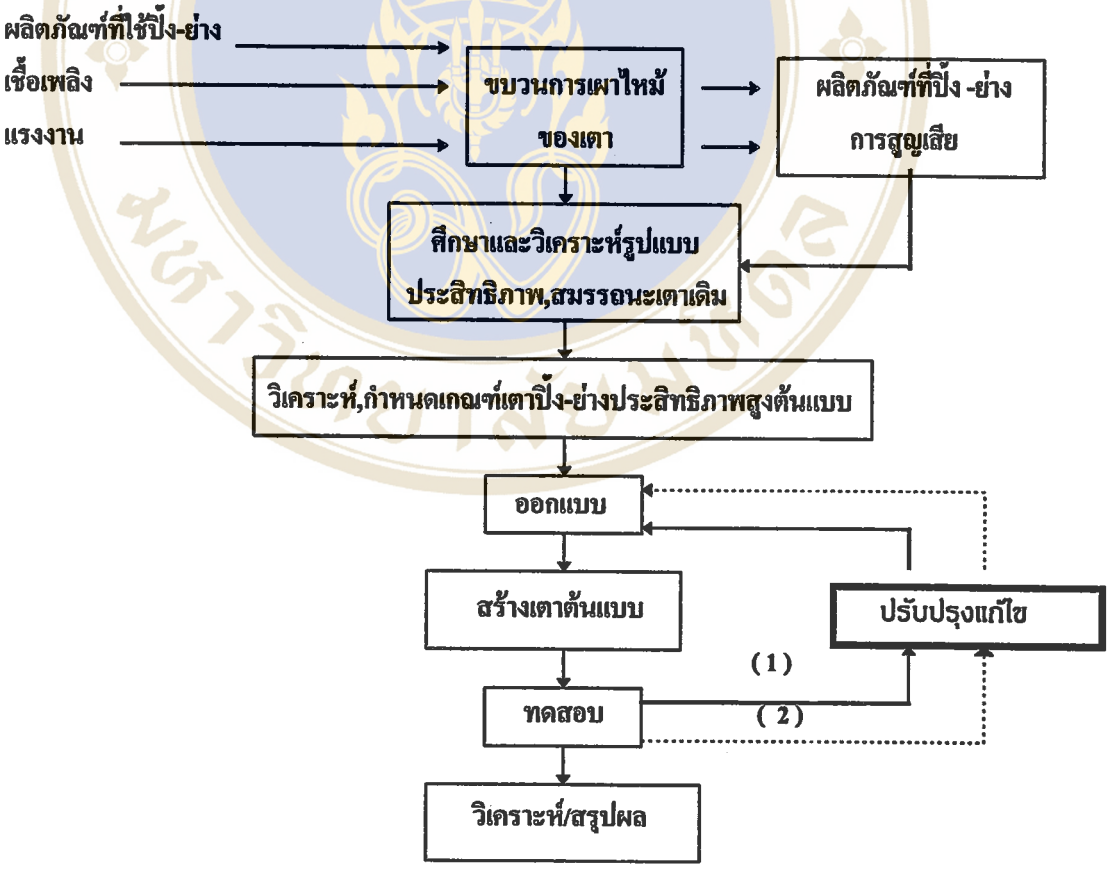
ดังนั้นจากเหตุผลข้างต้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยและปรับปรุงแบบเตาปิ้งหรือย่างให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเชื่อว่าจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายของผู้ประกอบการลง

Copyright by Mahidol University

อีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน อันจะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรเพื่อเพิ่มผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพอีกทางหนึ่งด้วย

1.2 แนวคิดของการศึกษา

เตาปิ้งหรือย่าง(Grill stove) เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับผู้ค้ารายย่อยในการประกอบอาชีพปิ้งหรือย่างเพื่อจำหน่าย โดยใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในปัจจุบันถ่านมีราคาแพง และการใช้งานของเตาปิ้งก็มีระยะเวลาใช้งานนานกว่าเตาหุงต้มทั่วไป ทำให้ผู้ค้ารายย่อยต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงมากขึ้นเนื่องจากเตาปิ้งมีประสิทธิภาพต่ำ แต่แนวโน้มของผู้ประกอบอาชีพปิ้งหรือย่างกลับมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ดังนั้นการพัฒนาประสิทธิภาพ (Efficiency) ของเตาปิ้งหรือย่างจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน อีกทั้งยังเป็นการลดจำนวนการใช้ทรัพยากรและต้นทุนการผลิตให้แก่ผู้ประกอบการค้ารายย่อยโดยตรงและเป็นการประหยัดทรัพยากรให้แก่ประเทศชาติทางอ้อมอีกด้วย



แผนภาพที่ 1 แนวคิดการศึกษา

Copyright by Mahidol University

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

3. 1 เพื่อศึกษาสำรวจรูปแบบ และลักษณะของ เตาปิ้ง-ย่าง ที่มีการใช้งานในปัจจุบัน

3.2 เป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรม ออกแบบสร้างและทดลอง

3.3 เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อน เปรียบเทียบระหว่างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ กับเตาปิ้ง-ย่างเดิม

1.4 สมมติฐานการวิจัย

4.1 เตาต้นแบบปิ้ง - ย่างต้นแบบ จะประหยัดเชื้อเพลิงถ่านได้มากกว่าเตาแบบเดิม ที่ใช้งานภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

4.2 เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ จะให้ความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงสูงกว่า เตาแบบเดิม และมีการสูญเสียความร้อนน้อยกว่า

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

เนื่องจากเตาปิ้งหรือย่างที่ใช้ในปัจจุบันยังไม่มีรูปแบบมาตรฐาน ดังนั้นเพื่อให้การศึกษาวิจัยมีความชัดเจนและได้ผล จึงกำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

5.1 เพื่อศึกษาสำรวจเตาปิ้ง-ย่าง ที่มีการใช้งานในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก

5.2 เป็นการศึกษาเพื่อศึกษาประสิทธิภาพและ ออกแบบสร้างและทดลองเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ

5.3 เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเปรียบเทียบระหว่างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบกับเตาปิ้ง-ย่างแบบเดิม

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1เตาถังผ่าซีก หมายถึงเตาที่ทำจากถังทรงกระบอก นำมาผ่าซีก และเชื่อมปิดหัวท้ายด้วยเหล็กแผ่นหรือฝาถัง ภายในใช้เหล็กแผ่นขนาดความหนา 3 มิลลิเมตรม.เจาะรูทำชั้นรังผึ้งรองรับ เชื้อเพลิงด้านบนปากเตาวางตะแกรงสำหรับปิ้ง -ย่าง โดยเฉพาะ

1.6.2 เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า หมายถึงเตาที่ทำจากเหล็กแผ่น หรือสแตนเลส เชื่อมประกอบเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางนอนตามยาว ด้านบนเปิด รูปด้านหน้าเจาะช่องอากาศเข้าตามความยาวตัวเตาภายในวางชั้นรังผึ้ง ทำจากเหล็กเส้นกลมเพื่อรองรับเชื้อเพลิง(ถ่านไม้) ด้านบนสุดวางตะแกรงสำหรับปิ้งหรือย่างโดยเฉพาะ

1.6.3เตากลม หรือเตาอั้งโล่ถ่าน หมายถึงเตาที่มีรูปทรงปากเตาเป็นรูปวงกลม โดยที่ตัวเตาดูจากภายนอกคล้ายทรงกระบอกตั้ง ด้านล่างเจาะช่องอากาศเข้าบริเวณกลางเตาจะวางชั้นรังผึ้ง

Copyright by Mahidol University

เพื่อรองรับเชื้อเพลิง ด้านบนใช้วางภาชนะประกอบอาหาร หรือวางตะแกรงปิ้ง-ย่าง เตากลม หรือเตาอั้งโล่จะมีหลายขนาด ขึ้นอยู่กับขนาดของภาชนะที่จะใช้

1.6.4ปากเตา หมายถึงส่วนที่อยู่ด้านบนสุดของเตาที่วางใช้งาน ซึ่งจะมีลักษณะ ตามขนาดของภาชนะที่ใช้งาน เช่นเตาปากกลม ใช้กับภาชนะที่มีลักษณะกลม เตาปากเหลี่ยมใช้กับภาชนะที่วางมีลักษณะทรงเหลี่ยม

1.6.5รังผึ้งหรือตะกรับเตา(Grate) หมายถึงส่วนที่รองรับเชื้อเพลิงขณะเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ อาจทำด้วยวัสดุอื่นๆเช่น ดินเผา เหล็ก สแตนเลส เป็นต้น

1.6.6ตัวเตา (Stove Body) หมายถึงส่วนของตัวเตาที่ทำด้วยโลหะหรือ ดินเผาทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักกดทับที่จะลงมายังเตาและ ป้องกันความร้อนที่จะสูญเสียออกทางด้านข้างเนื่องจากลมที่พัดด้านข้าง

1.6.7สมรรถนะ (Performance) หมายถึงความสามารถทำงานได้ของเตาปิ้งต่อหน่วยเวลา

1.6.8ประสิทธิภาพ(Efficiency)หมายถึงร้อยละของการทำงานที่ได้ออกมาต่อเชื้อเพลิงที่ใช้

1.6.9ประสิทธิผล (Effectiveness) หมายถึงผลที่ได้จากการใช้งานต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละช่วงเวลา

1.6.10ประสิทธิภาพใช้งาน(Heat Utilization Efficiency) หมายถึงประสิทธิภาพของการ ใช้เชื้อเพลิงในการต้มน้ำทดสอบเพื่อหาปริมาณน้ำที่ระเหยสูงสุด(Water boiling tests)

1.7 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

1.7.1 ขั้นเตรียมการ

โดยการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นในด้านต่างๆรวมทั้งข้อจำกัด เกณฑ์กำหนดในการผลิต รูปทรงและกระบวนการใช้งานทั่วๆไปของเตาปิ้ง และการใช้งานในอนาคต ทำการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นประกอบเกณฑ์กำหนดของเตาปิ้งโดยใช้การสำรวจเบื้องต้นจากจำนวนของเตาปิ้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเป็นเกณฑ์ในการกำหนดขนาดรูปทรงของเตาปิ้งโดยจะพิจารณาจากจำนวนผู้ใช้เป็นหลักสำหรับวัสดุที่จะใช้สร้างส่วนประกอบของตัวเตาปิ้งจะใช้วัสดุชนิดเดียวกับที่ใช้สร้างเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง ได้แก่ตัวเตา ชั้นรังผึ้ง ฉนวนภายใน และฉนวนภายนอก เป็นต้น

1.7.2 ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย

โดยกำหนดขนาดของเตาปิ้งต้นแบบและรูปทรงจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และทำการสร้างโดยใช้เกณฑ์การออกแบบเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงเป็นเกณฑ์ในการออกแบบความหนาของผนังเตา พื้นที่รูชั้นรังผึ้ง ความหนาของชั้นรังผึ้ง ระยะระหว่างชั้นรังผึ้งกับภาชนะ ตลอดจนช่องอากาศเข้า

Copyright by Mahidol University

เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเตาปิ้งที่มีใช้และจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อใช้เป็นคุณสมบัติในการกำหนดคุณลักษณะของการใช้งานเตาปิ้งต้นแบบ

1.7.3 ขั้นตอนการทดลอง

ทำการสร้างประกอบต้นแบบเตาปิ้ง-ย่าง โดยใช้วัสดุชนิดเดียวกับที่ใช้สร้างเตาอั้งโล่ โดยใช้เกณฑ์ข้อกำหนดของเตาอั้งโล่ แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ตามขอบเขตของการวิจัยด้วยวิธีการตามมาตรฐานต้มน้ำเดือด(Water Boiling Test)

1.7.4 ขั้นตอนการรวบรวมผล วิเคราะห์และประมวลผลการวิจัย

นำผลการทดลองที่ได้แต่ละด้านจากการทดสอบ และนำเสนอในลักษณะตารางบันทึกผลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อนำไปสู่การสรุปผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.7.5 สรุปผลและข้อเสนอแนะในการวิจัย

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ผลการศึกษา แล้วทำการสรุปผลการศึกษาตามหัวข้อที่ได้อ้างไว้ในวัตถุประสงค์ของการศึกษาทั้งหมด โดยจะทำการแยกสรุปประเด็นต่างๆตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตของการวิจัย

1.8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบเตาปิ้งหรือย่างเพื่อการค้าที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสม
2. ลดค่าใช้จ่ายและเวลาสำหรับผู้ประกอบกิจการค้าอาหารประเภทปิ้งหรือย่างได้
3. สามารถลดเขม่าหรือสิ่งปนเปื้อนอาหารได้

Copyright by Mahidol University

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

มนุษย์รู้จักใช้เตาเพื่อการหุงต้มและประกอบอาหารมาเป็นเวลานานแล้ว และได้มีการพัฒนาและปรับปรุงเตาให้มีความเหมาะสมกับสถานภาพการใช้งาน โดยมีเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นตัวกำหนดรูปแบบของเตาที่ใช้ไม้ฟืนที่ยังไม่มีการเผาเป็นถ่าน ผู้ใช้จะนำเอากิ่งไม้หรือต้นไม้มาผ่าให้มีขนาดพอเหมาะแล้วตากแห้งเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม และใช้ในการเรียกชื่อเตาเช่น เตาอั้งโล่ถ่าน เตาฟืน เตาแกลบ เตาแก๊สเป็นต้น จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยในการกำหนดรูปแบบของเตา ดังนั้นการศึกษาเรื่องประสิทธิภาพของเตาปิ้ง-ย่าง จึงเป็นรูปแบบของการใช้งานเตาซึ่งใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง โดยใช้ข้อกำหนดของเตาประสิทธิภาพสูงที่ได้มีการพัฒนาแล้วในปัจจุบัน เป็นเกณฑ์ของการพัฒนา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างและการออกแบบเตา ตลอดจนข้อปฏิบัติในการทดสอบล้วนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพของเตา

2.1 รูปแบบและลักษณะของเตาที่ใช้ฟืนหรือถ่านเป็นเชื้อเพลิงแบบต่างๆ

2.1.1 เตาประสิทธิภาพสูง(Stove hight Efficiency)

เตาอั้งโล่ถ่านประสิทธิภาพสูง คือเตาที่ได้มีการพัฒนารูปแบบและความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงถ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัด โดยแยกเป็น เตาฟืน เตาถ่านและเตาเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะได้กล่าวถึงเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง ที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง

เตาอั้งโล่ถ่านถ่านประสิทธิภาพสูง เป็นเตาที่ทำจากดินเหนียวผสมขี้เถ้าแกลบสีดำ ปั้นเป็นตัวเตา เมื่อนำไปเผาไฟแล้วจะมีสีแดง(นิยม,ธีระ ; 2527) คำว่า อั้งโล่มาจากภาษาจีนแต้จิ๋ว แปลว่าเตาสีแดง ซึ่งเป็นสีของดินเผา สันนิฐานว่านำเข้ามาโดยชาวจีนอพยพ การพัฒนาประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ในประเทศไทย ก่อนปี พ.ศ 2527 พบว่าการผลิตไม่มีการพัฒนาด้านคุณภาพและประสิทธิภาพในการประหยัดเชื้อเพลิง ส่วนใหญ่จะทำการผลิตตามความเคยชิน และทำให้ได้จำนวนมากๆ แต่หลังจากที่สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ได้ว่าจ้างกองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ถ่านให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเดิม คือ 24 - 27 % เป็น 29 - 34 % ทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงถ่านได้ประมาณ 35-50 % โดยที่ยังคงวัสดุที่ใช้ในการผลิตในท้องถิ่น แต่ปรับปรุงคุณภาพของวัสดุและรูปทรงและส่วนประกอบภายในของเตาอั้งโล่ เช่น ขนาดรูปทรงปากเตา ขนาดของห้องเชื้อเพลิง พื้นที่รูรังผึ้ง ระยะห่างของชั้นรังผึ้ง ถึงปากเตา และ

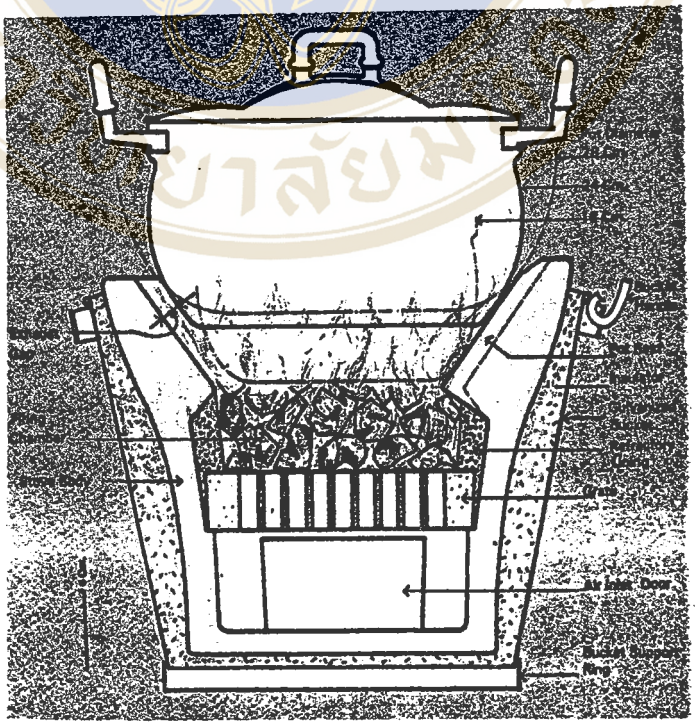
Copyright by Mahidol University

ขนาดของช่องอากาศเข้า(Air supply) และนอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงองค์ประกอบภายนอกเช่น ถังเปลือกเตา (Bucket) ขนาดความหนาของตัวเตา และน้ำหนักของเตาเพื่อให้เกิดความแข็งแรง ทนทานต่อการใช้งาน

ตารางที่ 1 แสดงขนาดของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง

องค์ประกอบของเตาประสิทธิภาพสูง	ขนาดของเตา
ขนาดของปากเตา	เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ตารางเซนติเมตร
ระยะห่างตะแกรงถึงปากเตา	9 เซนติเมตร
ความหนาชั้นตะแกรง	4 เซนติเมตร
พื้นที่รูรังผึ้ง	45 %ของพื้นที่
ขนาดช่องอากาศเข้า	60 ตารางเซนติเมตร
ความหนาของตัวเตา	2 เซนติเมตร
ประสิทธิภาพใช้งานสูงสุด(HU)	34 %

ที่มา จากเอกสารคู่มือการผลิตและใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเตาอั้งโล่ถ่านประสิทธิภาพสูงในประเทศไทย

Copyright by Mahidol University

2.1.2 เตาคอนกรีต (Concrete stove)

เตาคอนกรีต เป็นการพัฒนาตัวเตาโดยใช้คอนกรีต เพื่อผลิตเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงโดยศูนย์พัฒนาและเผยแพร่พลังงาน จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตตัวเตาที่ทนต่อแรงกดและอุณหภูมิ สูงโดยไม่ต้องมีถังเปลือกเตาหุ้มภายนอก และลดต้นทุนในการผลิตเตาประสิทธิภาพสูง ซึ่งแบ่งการศึกษาและพัฒนาวัสดุผลิตตัวเตาออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) ศึกษาและพัฒนาวัสดุผลิตตัวเตา

การศึกษาและพัฒนาวัสดุผลิตตัวเตา โดยทำการศึกษาทดลองเปรียบเทียบอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ อัตราส่วนผสม ซีเมนต์ ต่อทรายละเอียดต่อเถ้าแกลบดำ เท่ากับ 1:1:0.75 และได้ทำการทดสอบทางความร้อน(Thermal Shocked) ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ตามวิธีการทดสอบมาตราฐานดินทนไฟของกรมวิทยาศาสตร์บริการ พบว่าไม่มีการแตกร้าว สามารถนำมาใช้หล่อลงในแบบสร้างตัวเตาอั้งโล่ถ่านแทนดินเหนียวได้

2) การศึกษาและพัฒนารูปแบบเตา

การศึกษาและพัฒนารูปแบบเตา พบว่าความหนาของตัวเตาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหล่อเตาคอนกรีตคือที่ความหนา 2 เซนติเมตร การผลิตสามารถใช้วิธีการหล่อขึ้นรูปโดยใช้แบบหล่อ(Cashing) และไม่ต้องเผาไฟ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเสริมลวดตาข่ายบริเวณปากเตา พบว่าลวดตาข่ายหกเหลี่ยมขนาดตา 1 นิ้ว สามารถลดปัญหาการแตกร้าวบริเวณปากเตาขณะใช้งานได้อีกด้วย



ภาพที่ 2 แสดงตัวเตาประสิทธิภาพที่ทำจากคอนกรีต

Copyright by Mahidol University

2.1.3 เตาปิ้ง-ย่าง

เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของเตาปิ้ง - ย่าง ดังนั้นการตรวจเอกสารในครั้งนี้จึงนำเสนอในเรื่องของขนาดและรูปแบบของเตาปิ้ง - ย่าง ที่ใช้ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก

1) เตาถังน้ำมันผ่าซีก

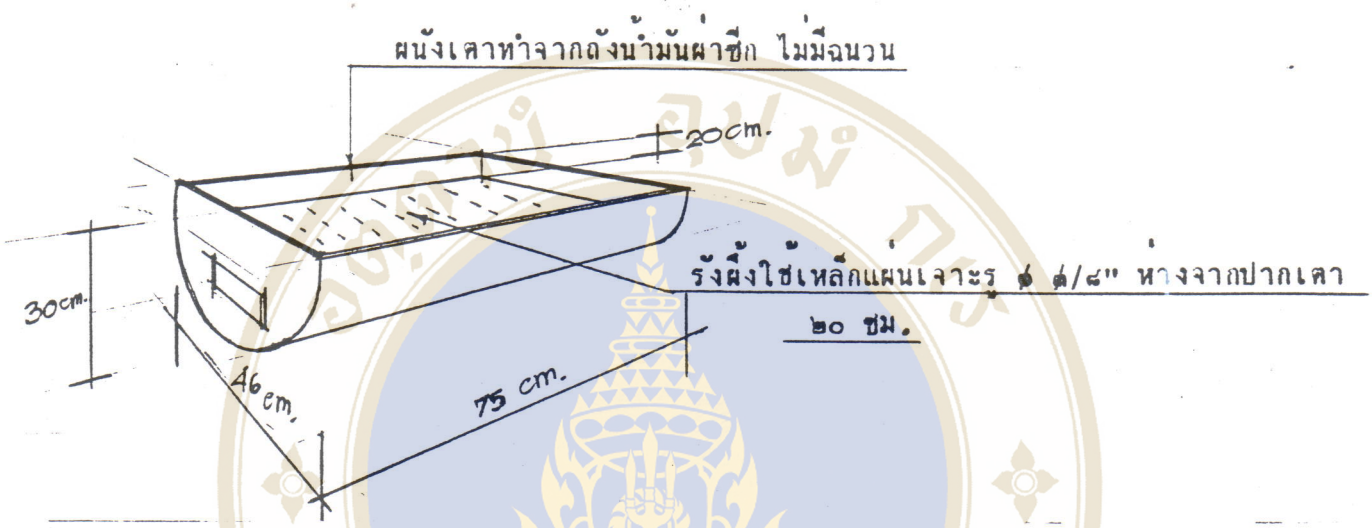
ลักษณะเตาเป็นเตาที่มีขนาดใหญ่ตัวเตาทำจากถังน้ำมัน 200 ลิตร นำมาผ่าซีก และตัดความยาวที่ 75 เซนติเมตร ใช้แผ่นเหล็กปิดด้านที่ตัด เจาะรูระบายอากาศด้านล่างขนาด ∅0.90 เซนติเมตร ไม่มีรังผึ้งรองรับเชื้อเพลิง วิธีใช้งานนำเหล็กขนาด ∅0.60 เซนติเมตรเชื่อมเป็นตะแกรงรองรับวัสดุที่จะปิ้ง-ย่าง วางด้านบน จะใช้ในการปิ้ง-ย่างไก่ ปลา ที่มีขนาดใหญ่ แต่มีปัญหาเนื่องจากไม่มีรังผึ้งทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่ดี เกิดควันและเขม่ามาก เถ้าที่ใช้แล้วจะล่วงหล่นลงสู่พื้นทำให้สกปรกและเคลื่อนย้ายไม่สะดวก

ตารางที่ 2 แสดงขนาดของเตาปิ้ง-ย่างถังผ่าซีก

องค์ประกอบของเตาปิ้ง-ย่างถังผ่าซีก	ขนาดของเตา
ขนาดของปากเตา(กว้าง X ยาว)	46 X 75 ตารางเซนติเมตร
ระยะห่างตะแกรงถึงปากเตา	20 เซนติเมตร
ความหนาชั้นตะแกรง(ทำจากเหล็กแผ่นเจาะรู)	3 ม.ม.
พื้นที่รูรังผึ้ง	50 %ของพื้นที่
ขนาดช่องอากาศเข้า	1725 ตารางเซนติเมตร
ความหนาของตัวเตา	3 มิลลิเมตร

ที่มา จากการสำรวจข้อมูลสนามเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือน เมษายน 2540

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 3 แสดงขนาดของเตาถังผ่าซีก



รูปที่ 4 แสดงภาพเตาถังผ่าซีก

Copyright by Mahidol University

2) เตาเหล็กแผ่นประกอบ

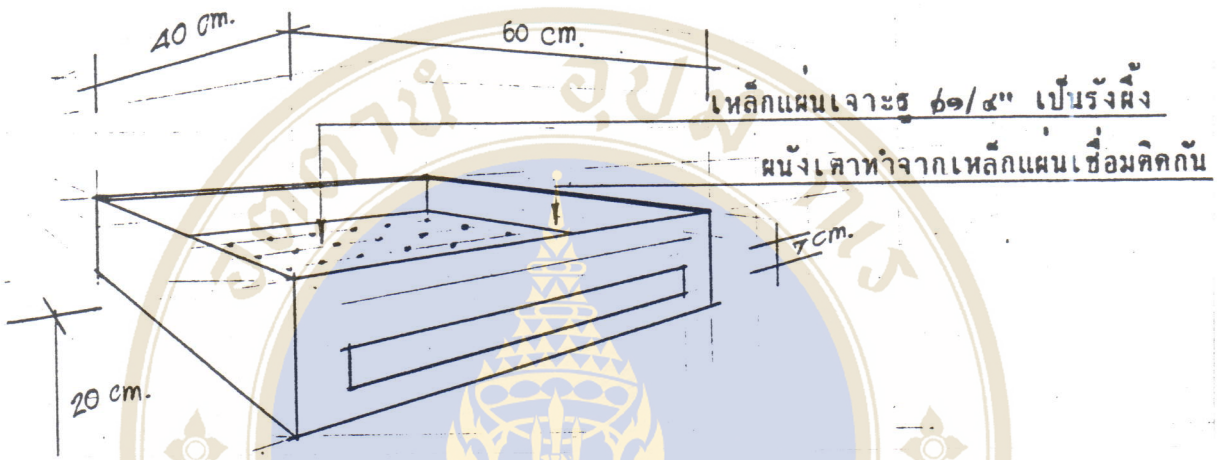
ตัวเตาทำจากเหล็กแผ่นหนา 0.45 เซนติเมตร ประกอบเป็นผนังทั้งสี่ด้าน ขนาดของตัวเตาไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ปิ้ง- ย่างเอง ด้านล่างเจาะช่องอากาศเข้ามีรังผึ้งทำจากเหล็กแผ่นหนา 0.45 เซนติเมตร เจาะรูขนาด ∅ 0.90 เซนติเมตร ระยะห่าง 2.50 เซนติเมตร เพื่อรองรับเชื้อเพลิง การใช้งานใช้ปิ้งวัสดุที่มีขนาดใหญ่เช่นไก่ ปลา หมู เป็นต้น ข้อเสียคือมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากเคลื่อนย้ายไม่สะดวก ห้องเผาไหม้ใหญ่ ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก

ตารางที่ 3 แสดงขนาดของเตาปิ้ง-ย่างเหล็กแผ่นประกอบ

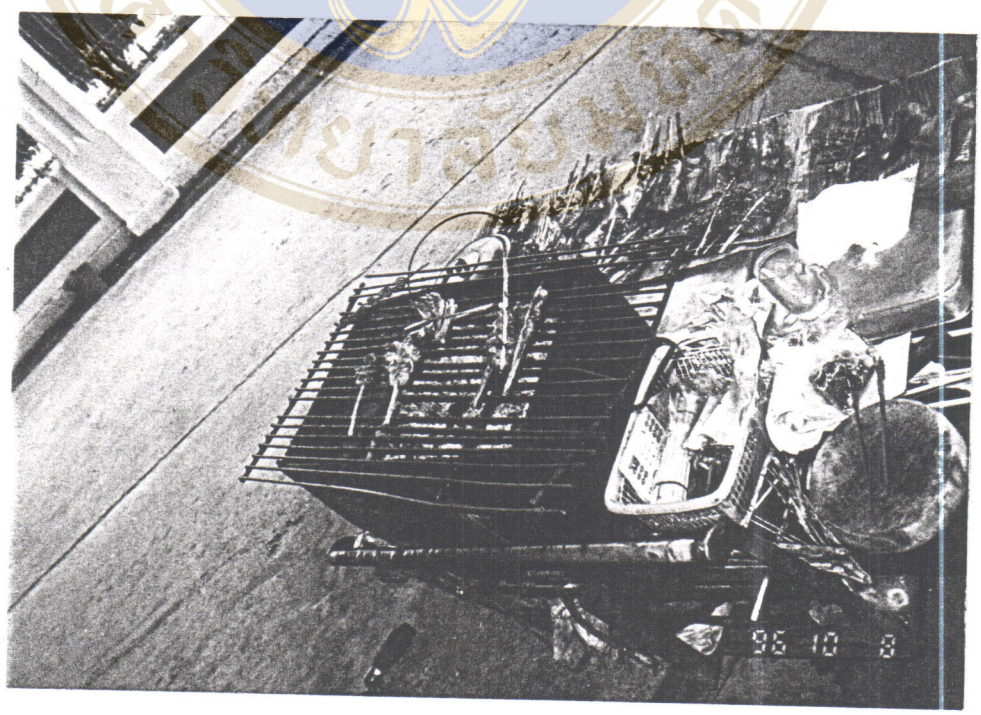
องค์ประกอบของเตาปิ้ง-ย่างเหล็กแผ่นประกอบ	ขนาดของเตา
ขนาดของปากเตา(กว้าง X ยาว)	40 X 60 ตารางเซนติเมตร
ระยะห่างตะแกรงถึงปากเตา	10 เซนติเมตร
ความหนาชั้นตะแกรง(ทำจากเหล็กแผ่นเจาะรู)	เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร
พื้นที่รูรังผึ้ง	10 %ของพื้นที่
ขนาดช่องอากาศเข้า	1725 ตารางเซนติเมตร
ความหนาของตัวเตา	3 มิลลิเมตร
ประสิทธิภาพใช้งานสูงสุด(HU)	14.40 %

ที่มา จากการสำรวจข้อมูลสนามเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือน เมษายน 2540

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 5 แสดงขนาดเตาเหล็กแผ่นประกอบ



รูปที่ 6 แสดงภาพเตาที่ทำจากเหล็กแผ่นประกอบ

Copyright by Mahidol University

3)เตาปิ้ง-ย่างโลหะสแตนเลส

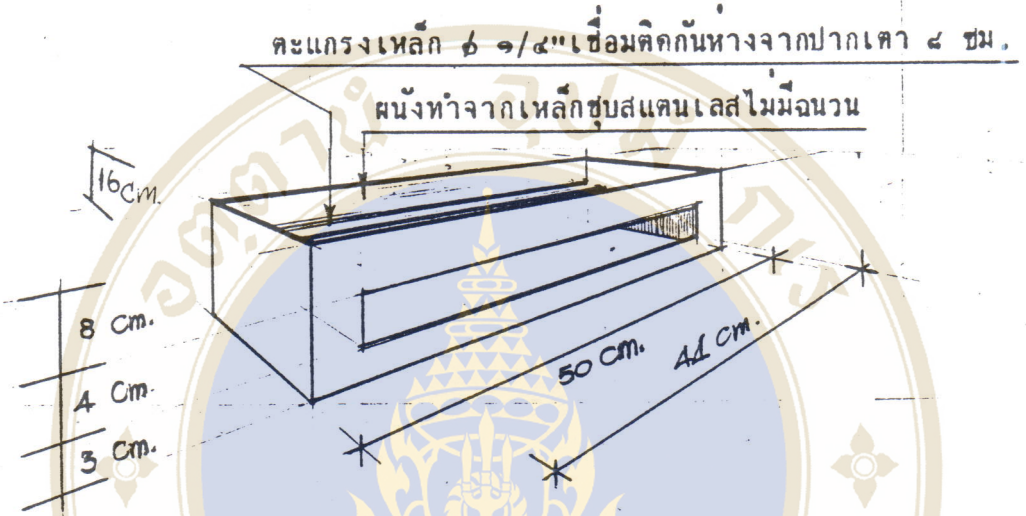
ตัวเตาทำจาก สแตนเลส ความหนา 4 มิลลิเมตร ตัวเตามีขนาดกว้าง 160มิลลิเมตร ยาว 500มิลลิเมตร สูง 150 มิลลิเมตร ภายในไม่มีฉนวน รังผึ้งทำจากเหล็กเส้น ∅ 6 มิลลิเมตร เชื่อมติดกันรองรับเชื้อเพลิง ด้านหน้าเจาะช่องอากาศเข้าขนาด 40X490 ตารางมิลลิเมตร เป็นเตาที่นิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากมีจำหน่ายมากที่สุด เพราะมีขนาดเล็กเคลื่อนย้ายสะดวก การใช้งานใช้ปิ้งลูกชิ้น ปลาหมึกสด หมูสะเต๊ะ ไส้กรอก เป็นต้น

ตารางที่ 4 แสดงขนาดของเตาปิ้ง-ย่างสแตนเลส

องค์ประกอบของเตาปิ้ง-ย่างสแตนเลส	ขนาดของเตา
ขนาดของปากเตา(กว้าง X ยาว)	15 X 50 ตารางเซนติเมตร
ระยะห่างตะแกรงถึงปากเตา	8 เซนติเมตร
ความหนาชั้นตะแกรง(ทำจากเหล็กแผ่นเจาะรู)	เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร
พื้นที่รูรังผึ้ง	50 %ของพื้นที่
ขนาดช่องอากาศเข้า	176 ตารางเซนติเมตร
ความหนาของตัวเตา	3 มิลลิเมตร
ประสิทธิภาพใช้งานสูงสุด(HU)	17.10 %

ที่มา จากการสำรวจข้อมูลสนามเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือน เมษายน 2540

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 7 แสดงขนาดของเตาสแตนเลส



รูปที่ 8 แสดงภาพเตาปิ้ง-ย่างที่ทำจากสแตนเลส

Copyright by Mahidol University

4) เตาหินสามก้อน(เส้า)

คือการนำเอาก้อนหินหรือหล่อด้วยปูนจำนวน 3 ก้อนเมื่อวางกับพื้นจะมีขนาดสูงจากพื้นดินพอใส่เชื้อเพลิงได้ ปัจจุบันยังมีใช้อยู่เป็นจำนวนมากในเขตภาคเหนือบนพื้นที่ภูเขา

5) เตาเหล็กสามขา

คือการนำเหล็กมาดัดให้สูงพอที่จะใส่เชื้อเพลิงได้แล้วเชื่อมติดกันให้แข็งแรงวิธีใช้เช่นเดียวกับเตาหินสามก้อน

6) เตารูปเกือกม้า

เป็นเตาที่ทำจากดินเหนียว ปั้นเป็นแผ่นโค้งคล้ายกับเกือกม้า มีเส้ารองรับภาชนะ และช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิงที่ทำจากไม้ฟืน วิธีการใช้เช่นเดียวกับเตาหินสามก้อน

7) เตาอั้งโล่ฟืน

เป็นเตาที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดด้านหน้าจะมีการเจาะช่องและที่รองรับไม้ฟืน ภายในตัวเตาจะมีชั้นรังผึ้งรองรับเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพเฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์

8)เตาอั้งโล่ฟืนพัฒนา

เป็นเตาที่ดัดแปลงมาจากเตาอั้งโล่ฟืน โดยมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เผาไหม้ของชั้นรังผึ้งและเปลี่ยน ขนาดช่องใส่เชื้อเพลิง ปัจจุบันมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 27 เปอร์เซ็นต์

9) เตาเศรษฐกิจ

คือเตาที่ดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่นไม้ฟื้น เศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรจำพวกแกลบ ชานอ้อย เป็นต้น แต่มักมีปัญหาเรื่องของควัน จึงได้มีการพัฒนาเป็นเตาแบบมีปล่อง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งทีให้เตามีประสิทธิภาพลดลง สำหรับเตาที่ได้มีการพัฒนาแล้วจะมีประสิทธิภาพเฉลี่ยประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเตา(Factors affecting stove performance)

ประสิทธิภาพของเตา จะสูงหรือต่ำก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยตัวแปรทั้งภายนอกและภายในของตัวเตาและสภาพแวดล้อม ตัวแปรภายใน (Internal variable) จากการศึกษาเบื้องต้น (สมานและบัญญัติ, 1983)พบว่าตัวแปรภายในของเตาอั้งโล่ถ่านเช่นน้ำหนักเตา พื้นที่รูรังผึ้งเตา ช่องระบายอากาศร้อน ช่องอากาศเข้า และความลาดเอียงผนังเตาภายในจะมีผลต่อสมรรถนะของเตาสูงมากซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.2.1.การสูญเสียความร้อนโดยการพา (Convective heat loss)

การพาความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของก๊าซเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันภายในเตา การพาความร้อนที่พบจะผ่านทาง

Copyright by Mahidol University

ช่องว่างของเตาและภาชนะ เมื่อก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงออกจากเตา พลังงานความร้อนจะถูกพาออกไปด้วย และนี้คือพลังงานความร้อนที่จะต้องสูญเสียไป ลมเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน ตัวอย่างเช่นเตาหินสามก้อน(Open fire stoves) ประสิทธิภาพของเตาจะลดลงเนื่องจากไม่มีสิ่งปกปิดลมที่จะพัดผ่าน การปรับปรุงประสิทธิภาพทำโดยการสร้างเครื่องกำบังลม ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเตาเพิ่มขึ้นประมาณ 17 % (วีต้านิวส์, 1984) ในเตาอั้งโล่พบว่าประสิทธิภาพของเตาเพิ่มขึ้นโดยการลดขนาดของพื้นที่ช่องว่างระหว่างก้นภาชนะและขอบปากเตา (สมชายและกาญจนา,1983)การปรับปรุงวิธีนี้เป็นการลดการพาความร้อนที่ผ่านช่องว่างของปากเตา และในเตาที่สามารถวางภาชนะได้ครั้งละหลายใบในเวลาเดียวกัน เช่นเตาโคราช การสูญเสียความร้อนโดยการพาจะลดลง โดยการปิดที่วางภาชนะอันที่ไม่มีการใช้งาน(วีต้า,1979) และเมื่อที่วางภาชนะทุกที่ถูกใช้งานการสูญเสียโดยการพาจะลดลงแม้ว่าก๊าซร้อนจะไหลผ่านที่วางภาชนะ เนื่องเพราะว่าความร้อนจะถูกดูดซับขณะใช้งาน

2.2.2.การสูญเสียโดยการนำความร้อน(Conductive heat loss)

การสูญเสียความร้อนโดยการนำความร้อนจะพบได้เมื่อเตาไม่มีฉนวนกันความร้อนที่ดี เช่นการสูญเสียความร้อนในเตาที่ทำจากโลหะ การลดการสูญเสียโดยใช้เตาที่มีฉนวนกันความร้อน อย่างไรก็ตามความหนาของฉนวนกันความร้อนแม้ว่าจะช่วยลดระยะเวลาในการหุงต้ม แต่มวลของผนังเตาจะดูดซับความร้อนไว้ มากกว่าผนังเตาที่เปลือยซึ่งมีการสูญเสียความร้อนออกภายนอก(วีต้านิวส์ ,1984)

2.2.3.การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน(Radiative heat loss)

การสูญเสียเริ่มตั้งแต่ความร้อนถูกส่งผ่านไปยังภาชนะ โดยตรงคือการแผ่รังสี การสูญเสียโดยการแผ่รังสีจะมีผลต่อ
ประสิทธิภาพของเตา ทำให้เชื่อได้ว่าการสูญเสียความร้อนจะปรากฏให้เห็น โดยผ่านช่องความร้อนระหว่างภาชนะกับเตา(สมชายและกาญจนา,1983) การลดช่องว่างจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสี ด้วยเหตุนี้จึงยังเป็นแนวปฏิบัติในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเตา และในกรณีที่ภาชนะไม่พอดีกับเตา การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีจะยิ่งสูงเพิ่มขึ้น

2.2.4.ขนาดของเชื้อเพลิง(Size of fuel)

ขนาดของเชื้อเพลิงเป็นปัญหาหนึ่งที่มีต่อการเปรียบเทียบเตาในทางปฏิบัติ ขนาดของเชื้อเพลิงที่ใช้จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของเชื้อเพลิงเล็กลง (สมชายและกาญจนา,1983)

2.2.5.ประเภทของเชื้อเพลิง(Types of biomass)

Copyright by Mahidol University

ชีวมวลหลายชนิดสามารถนำมาใช้กับเตาได้ ส่วนมากได้แก่ ไม้ฟืน ถ่าน วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเช่นแกลบ ชานอ้อยเป็นต้น เชื้อเพลิงเหล่านี้เมื่อเผาไหม้จะให้ความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอ (อรุณ,1981)ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงโดยการ ทดสอบต้มน้ำเดือดโดยใช้เตาอั้งโล่กับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น ถ่าน ไม้ฟืนหลายชนิด ขี้เลื่อยแกลบและลิกไนท์อัดก้อน พบว่าประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่แปรผันไปตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งมีประสิทธิภาพระหว่าง 18.15 - 33.10 % สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ กำหนดเงื่อนไขของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบเป็นถ่านไม้สะเดา อายุ 4 ปี ทำการทดสอบค่าความร้อนโดยห้องทดลองและวิเคราะห์ ส่วนค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พบว่าถ่านไม้ที่ใช้ทดสอบมีค่าความชื้น 7.8 % , Ash 4.23 %,Volatile Matter 9.84 % ,Fixed Carbon 78.14 %และ Calorific Carbon 7,511.10 % สาเหตุที่ใช้เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถรวบรวมได้ก่อนการทดสอบ ซึ่งหากใช้ถ่านไม้ชนิดอื่นปะปน จะทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณคลาดเคลื่อนได้

2.2.6.ช่องอากาศเข้า (Air supply)

พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในเตาคือ พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ เปอร์เซ็นต์ของการเผาไหม้สูงสุดจะเป็นตัวกำหนดสมรรถนะของเตา เชื้อเพลิงที่ให้ค่าความร้อนสูงจะคายความร้อนภายใต้เงื่อนไขที่ได้รับอากาศอย่างเพียงพอ และเหมาะสม ในทางตรงกันข้ามถ้าอากาศมากเกินไปความร้อนจะถูกใช้ทำให้อุณหภูมิอากาศส่วนเกินสูงขึ้น และอากาศส่วนนี้จะออกจากเตาไปทางช่องระบายไอร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้สมรรถนะของเตาลดลง

2.3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเตา

ในการสร้างประกอบเตาจะประกอบด้วยวัสดุตัวเตาและฉนวน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญของเตาดังนั้นวัสดุที่จะนำมาใช้จึงจะต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายอย่างเช่นเป็นวัสดุที่ทนต่อความร้อน ราคาถูก หาง่าย และมีน้ำหนักเบาเป็นต้น

2.3.1 ตัวเตา

เป็นวัสดุที่เป็นโครงสร้างหลักของเตาซึ่งจะต้องสัมผัสกับความร้อนจากห้องเผาไหม้ตลอดเวลาการใช้งาน และยังเป็นตัวป้องกันความร้อนไม่ให้เกิดการสูญเสียในขณะเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จากการศึกษาของ เค กฤษณะ ปราสาทและพี บัสแมน,1982 พบว่าเมื่อนำก๊าซร้อนขนาด 1000 องศาเคลวิน ที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อม 300 องศาเคลวิน สัมประสิทธิ์การพาความร้อน 30 วัตต์/ตารางเมตร องศาเคลวิน และผ่านผนังเตาที่ทำจากวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่โลหะ เซรามิค และดินตากแห้งที่ความหนาต่างกันพบว่าที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง เซรามิคยอมให้ความร้อนผ่านน้อยที่สุด 41.2 เมกกะจูล/ตารางเมตร และดินตากแห้ง 54.7 เมกกะจูล/ตารางเมตร โลหะมากที่สุด 57.6 เมกกะ

Copyright by Mahidol University

จูล/ตารางเมตร และจากการศึกษาของศูนย์พัฒนาและเผยแพร่พลังงานจังวัดเชียงใหม่,2533 ได้ทำการศึกษาและพัฒนาวัสดุผลิตตัวเตาหุงต้ม โดยใช้ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ และทรายในอัตราส่วนผสมต่างๆ พบว่าอัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ปอทแลนด์ต่อแกลบดำต่อทราย 1:0.75:1มีความเหมาะสมในการทำตัวเตาที่สุด และ(Ozisik ,1988) ได้กำหนดคุณสมบัติค่าการนำความร้อนสำหรับวัสดุ ที่จะทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไว้ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงค่าการนำความร้อน และค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ 3 ชนิดไว้ดังนี้

ชนิดของวัสดุ	Cp kj/kg °C	k W/(m °C)
เหล็กแผ่น	0.46	59
สแตนเลส	0.46	19
ซีเมนต์ปอทแลนด์	0.88	0.29

ที่มา จาก Elements of heat transfer M. Necati Ozisik หน้า 420

2.3.2. ฉนวนกันความร้อน

ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนจากเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไม่ให้เกิดการสูญเสียความร้อนในขณะใช้งานสามารถแบ่งได้2 ประเภท

1) ฉนวนภายใน จากการพัฒนาเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้พบว่า ฉนวนภายในที่ใช้จะประกอบด้วยเถ้าแกลบบดละเอียด 5 ส่วนและ ดินเหนียวละลายน้ำ1 ส่วนโดยปริมาตรเป็นฉนวนทาภายในป้องกันความร้อน สัมผัสกับตัวเตาโดยตรง

2) ฉนวนภายนอก ที่ใช้กับเตาประสิทธิภาพสูงพบว่าใช้อัตราส่วนของเถ้าแกลบบดละเอียด 10 ส่วนผสมกับดินเหนียวละลายน้ำ 1 ส่วนโดยปริมาตร เพื่อป้องกันความร้อนจากตัวเตาออกสู่ภายนอกโดยจะมีเปลือกถังเตาห่อหุ้มฉนวนไว้อีกชั้นหนึ่ง

2.4 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความร้อนเข้าจากเชื้อเพลิง = ความร้อนใช้ประโยชน์ + ความร้อนสูญเสียจากการพา + ความร้อนสูญเสียเนื่องจาก การสะสมในผนังเตา + ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสี

2. 4.1 <u>ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพา (Heat Convection ,Qc)</u>

จากสมการ $Q_c = \bar{h} A(T_1-T_2)$ ---------- (2.1)

Copyright by Mahidol University

Q_c = ปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพา

$\bar{h}$ = สัมประสิทธิ์ของการพาความร้อน ($W/m^2 k$)*

A = พื้นที่ผิวของเตา m^2

T_1= อุณหภูมิผิวของเตาเผา °k

T_2= อุณหภูมิของอากาศ °k

2.4.2 <u>ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสี (Heat Radiation , Qr)</u>

$$Q_r = \delta (T_1^4 - T_2^4) / [(1-E_1)/E_1 A_1] + (1/A_1 F_{1,2}) + (1-E_2)/E_2 A_2 \quad \text{---------- (2.2)}$$

Q_r = ปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสี

δ = ค่าคงที่ของ Stefan - Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} W/m^2 k^4$)

E_1= ค่า Emissivities ของผนังเตาเผา

E_2= ค่า Emissivities ของอากาศ

A_1= พื้นที่ผิวของผนังเตาเผา m^2

A_2= พื้นที่ผิวของอากาศ (α) และ $F_{1,2}$ = View factor (1)

2.4.3 <u>ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการสะสมในผนังเตาเผา (Heat Stored in Stove , Qs)</u>

$$Q_s = MCp \Delta T \quad \text{---------- (2.3)}$$

Q_s = ปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการสะสมในผนังเตา

M = มวลของผนังเตา kg

Cp = ความจุความร้อนจำเพาะ J/kg.k

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังเตาเผาก่อน และหลังการติดไฟ

2.4.4 <u>ความร้อนใช้ประโยชน์ (Heat Utilization Efficiency ,Qu)</u>

$$Q_u = M_1 C_p (T_b - T_i) + M_2 L \quad \text{---------- (2.4)}$$

Q_u = ความร้อนใช้ประโยชน์ J

M_1= มวลวัสดุ kg

M_2= มวลของน้ำที่ระเหยไป kg

Cp= ความจุความร้อนของวัสดุ 4.18 kj /kg°C

T_b= อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C

T_i= อุณหภูมิเริ่มต้น °C

Copyright by Mahidol University

L= ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ 2257 kj / kg

2.4.5 การคำนวณหาประสิทธิภาพของเตา

การคำนวณหาประสิทธิภาพของเตาสามารถหาได้โดยวิธีต้มน้ำเดือด (Water Boling Test)ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพใช้งานของเตาถ่านโดยวิธีต้มน้ำเดือด(Water Boling Test)

การหาประสิทธิภาพของเตาที่ใช้เพื่อการประกอบอาหาร โดยทั่วไปจะใช้วิธีการทดสอบการต้มน้ำเพื่อหาอัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ระเหย กับจำนวนเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไป ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1.) ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1.1 ตาชั่งละเอียดสามารถอ่านทศนิยม 2 ตำแหน่ง

1.2 ภาชนะที่มีขนาดเหมาะสมกับเตา สำหรับใส่น้ำพร้อมฝาปิด

1.3 เชื้อเพลิงที่จะใช้ทดสอบ ตัวอย่างละ 500 กรัม

1.4 น้ำสะอาดตัวอย่างละ 4000 กรัม

1.5 เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำและเชื้อเพลิงขณะเผาไหม้

1.6 อุปกรณ์เก็บถ่านหลังจากใช้งาน เช่นคีมคีบ ถาดเก็บถ่าน

1.7 ตารางบันทึกผลการทดสอบ

2.) ขั้นตอนการทดสอบ

2.1 ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำที่ใช้ และปรับให้ได้ที่ 28 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิห้อง ทำการจดบันทึก

2.2 จัดวางตำแหน่งเตาตัวอย่างในห้องทดสอบเพื่อความสะดวกในการทดสอบและตรวจวัดข้อมูล

2.3 จุดเชื้อเพลิงในเตาตัวอย่างพร้อมๆกัน สังเกตุดูลักษณะการติดเชื้อเพลิง จนหมดควัน

2.4 นำภาชนะที่จะใช้ทดสอบ ใส่น้ำตามจำนวนที่ใช้ทดสอบพร้อมฝาปิดวางบนเตาทดลองพร้อมๆกัน แล้วจดบันทึกเวลาเริ่มต้น

2.5 ตรวจวัดอุณหภูมิเมื่อน้ำเดือด ได้แก่อุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิผิวภายนอก ก๊าซร้อน และอุณหภูมิน้ำในภาชนะ ทำการจดบันทึกและเปิดฝาต้มน้ำต่อไปอีก 30 นาที และให้สังเกตุตัวเตาด้วยว่ามีลอยแตกร้าวหรือไม่ แล้วจดบันทึก

2.6 หลังจากที่เดือดน้ำ 30 นาทีแล้ว ยกภาชนะลงชั่ง หาน้ำหนักที่เหลืออยู่ จดบันทึก และเก็บถ่านที่เหลือในเตาไฟ ทำการชั่งหาน้ำหนักที่เหลืออยู่ จดบันทึกข้อมูลไว้

Copyright by Mahidol University

3.) การคำนวณหาประสิทธิภาพความร้อนใช้ประโยชน์ (Heat Utilization efficiency, % HU)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาประสิทธิภาพความร้อนใช้งานจากสูตร

ประสิทธิภาพความร้อนใช้ประโยชน์(% HU) = {[M1*Cp(Tb - Ti) + M2*L]/Fw*Hc}*100%

Hu = ความร้อนใช้ประโยชน์ %

M1 = น้ำหนักน้ำก่อนทดสอบ Kg

M2 = ปริมาณน้ำที่ระเหยไปหลังการทดสอบ Kg

Cp = ความจุความร้อนของน้ำ 1 kcal/kg $^{\circ}$C

L = ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ 540 kcal / Kg

Tb = อุณหภูมิน้ำเดือด 100 C

Ti = อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28 C

Fw = น้ำหนักของเชื้อเพลิง Kg

Hc = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง 7511 kcal /Kg

2.5.เกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสม

จากการศึกษาค้นคว้าเบื้องต้น ทำให้ทราบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเตาจะประกอบด้วยกัน 2 ตัวแปร คือ

2.5.1 ตัวแปรภายใน ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเตาได้แก่

1)ระยะห่างของชั้นรองรับเชื้อเพลิงและตะแกรงปิ้ง

ซึ่งหากห่างมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพการได้รับความร้อนลดน้อยลงแต่ถ้าใกล้เกินไปอาจทำให้ช่องว่างสำหรับใส่เชื้อเพลิงไม่เพียงพอและ ชิ้นงานอาจเกิดความเสียหายขณะใช้งานได้เนื่องจากสัมผัสความร้อนมากเกินไป

2) ขนาดช่องอากาศเข้า

จะต้องเหมาะสมและสามารถปรับลดได้ตามความจำเป็นถ้าหากอากาศเข้ามากเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปกับแก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้แต่ถ้าน้อยเกินไป จะทำให้การลุกไหม้ไม่เพียงพอและเสียเวลาในการใช้งาน

3) ความหนาของชั้นรังผึ้ง

จากการศึกษาต้นแบบเตาประสิทธิภาพสูง อรุณ และคณะ ,2527 ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ถ่าน โดยการทดสอบต้มน้ำเดือด ที่เงื่อนไข ภาชนะหม้อเบอร์ 24 ต้มน้ำ น้ำหนัก 3700 กรัมโดย

Copyright by Mahidol University

ใช้เชื้อเพลิงหนัก 400 กรัม พบว่าที่ความหนาของชั้นเตา 3.6 เซนติเมตร จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด 34.1 เปอร์เซ็นต์

4) พื้นที่รูรังผึ้งหรือตะแกรงเผาไหม้

ซึ่งจะต้องรองรับเชื้อเพลิงและมีช่องว่างเพียงพอเพื่อให้อากาศเข้าได้เพียงพอและทั่วถึงขณะที่เกิดการลุกไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งหากช่องว่างที่อากาศเข้าไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ได้ อรุณและคณะ ,2527 ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ถ่าน โดยการทดสอบต้มน้ำเดือดที่เงื่อนไขภาชนะหม้อเบอร์ 24 ต้มน้ำหนัก 3700 กรัม โดยใช้เชื้อเพลิงหนัก 400 กรัม พบว่าที่พื้นที่รูตะแกรงเผาไหม้ 45.3 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่รูตะแกรงทั้งหมด ให้ประสิทธิภาพสูงสุด 34.5 เปอร์เซ็นต์

5) ระยะห่างขอบปากเตา กับก้นภาชนะ

ระยะห่างขอบปากเตากับก้นภาชนะ จากการตรวจเอกสารพบว่า ที่ระยะห่างระหว่าง 0.5-1 เซนติเมตร จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด 34.5 เปอร์เซ็นต์ ในเตาประสิทธิภาพสูงซึ่งทดสอบโดยวิธีต้มน้ำเดือด

6) ฉนวนภายใน

จากการตรวจเอกสาร พบว่าฉนวนภายใน ที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1 ต่อ 5 โดยปริมาตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันสามารถช่วยลดการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกได้ และทำให้ตัวเตาคงทน ที่ความหนา 1 เซนติเมตร

7) ขนาดห้องเผาไหม้

ขนาดห้องเผาไหม้จะต้องเหมาะสมและสะดวกในการเพิ่มหรือลดเชื้อเพลิงขณะใช้งานซึ่งจะแปรผันตามระยะห่างของชั้นรังผึ้ง

6) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำตัวเตา

จะต้องเป็นวัสดุที่คงทน หาง่ายและราคาถูกและยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนด้วย

ตารางที่ 6 สรุปเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาปิ้ง -ย่าง

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการสร้างต้นแบบ เตา ปิ้ง-ย่าง	ขนาดของตัวแปร	เงื่อนไข
1.ระยะห่างชั้นรังผึ้งถึงปากเตา (เซนติเมตร))	4,5,6,7และ 8	พิจารณาจากค่า % HU (Water Boling Test)
2.ขนาดช่องอากาศเข้า (ตารางเซนติเมตร)	135 ,180 , 225 270 ,315	พิจารณาจากค่า % HU (Water Boling Test)

Copyright by Mahidol University

3.ความหนาชั้นรังผึ้ง (มิลลิเมตร)	40	กำหนดให้คงที่
4.พื้นที่รูรังผึ้ง	45 %	กำหนดให้คงที่
5.ระยะห่างช่องว่างระหว่างขอบปากเตากับก้นภาชนะทดสอบ (มิลลิเมตร)	10	กำหนดให้คงที่
6. ฉนวนภายใน	ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ 1:5 โดยปริมาตร	กำหนดให้คงที่
7.ขนาดห้องเผาไหม้ (ลูกบาศก์เซนติเมตร))	3000,3750,4500,5250, 6000	ตัวแปรตามระยะห่างชั้นรังผึ้งถึงปากเตา

จากตาราง จะพบได้ว่าตัวแปรภายในต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาที่จะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาปรับปรุงเตาปิ้ง-ย่าง ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จำนวน 7 ตัวแปร ซึ่งแต่ละตัวแปรก็จะมีความสัมพันธ์กับขนาดและรูปทรงของเตา ดังนั้นจากการตรวจเอกสารแล้วจึงกำหนดให้ ตัวแปรที่ 3,4,5และ6 คงที่ เป็นเงื่อนไขในการทดลอง ซึ่งจากผลการทดลองสามารถให้ค่าสูงสุดสำหรับผลการทดลองในเตาอั้งโล่ถ่าน สำหรับตัวแปรที่จะทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะทำการศึกษาในตัวแปรที่ 1และ 2 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยที่ตัวแปรที่ 7 จะเป็นตัวแปรผันตามตัวแปรที่ 1 ซึ่งจะได้จากผลการทดลอง

2.5.2 ตัวแปรภายนอก ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานได้แก่

1.) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำตัวเตา

จะต้องเป็นวัสดุที่คงทน หาง่ายและราคาถูกและยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนด้วย เตาอั้งโล่ในประเทศไทย นิยมใช้ดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ นำมาผลิตเป็นตัวเตา เนื่องจากหาง่ายและราคาถูก แต่มีข้อจำกัดคือ ก่อนการนำไปใช้งานจะต้องผ่านการเผาให้สุกเพื่อให้เกิดความทนทานและเมื่อมีการใช้งานมักแตกร้าวเมื่อมีการใช้งาน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ จะใช้วัสดุทำตัวเตา 3 ประเภทคือ ดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 2 : 3 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตเตาอั้งโล่ถ่าน วัสดุประเภทที่ 2 ทำจากซีเมนต์ปอทแลนด์ ผสมเถ้าแกลบดำและทรายอัตราส่วน 1:0.75:1 โดยน้ำหนัก และวัสดุประเภทที่ 3 คือตัวเตาที่ทำจากเหล็กแผ่น ขนาดความหนา 3 มิลลิเมตรเชื่อมประกอบ

2.) ขนาดของตัวเตา

จะต้องเหมาะสมกับการใช้งานและวัสดุที่ใช้ทำจะต้องทนทาน หาง่ายและมีราคาถูก

Copyright by Mahidol University

3.) น้ำหนักตัวเตา

เตาที่ผลิตจะต้องมีน้ำหนักเหมาะสมเพื่อความสะดวกแก่การใช้งาน

ตารางที่ 7 สรุปเกณฑ์ในการพิจารณาตัวแปรภายนอกเพื่อการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาปิ้ง -ย่าง

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการสร้างต้นแบบ เตา ปิ้ง-ย่าง	ขนาดของตัวแปร	เงื่อนไข
1.วัสดุที่ใช้ทำตัวเตา 1.1 ดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ 1.2 ซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบดำและทราย 1.3 เหล็กแผ่นเชื่อมประกอบ	ขนาดภายใน15X50X15ซม. อัตราส่วน 2:3 อัตราส่วน 1:0.75:1 -	พิจารณาจากค่า % HU (Water Boling Test)
2.ขนาดตัวเตา (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	15X50X15	พิจารณาจากจำนวนผู้ใช้
3.น้ำหนัก	ประเภทของวัสดุ	ไม่เกิน 19 กิโลกรัม

จากตาราง กำหนดเงื่อนไขประกอบการทดลอง วัสดุที่ใช้ทำตัวเตาจะพิจารณาจากความคงทน และให้ประสิทธิภาพใช้งานสูงสุด โดยการทดสอบโดยวิธีต้มน้ำเดือด น้ำหนักได้จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักเตาที่มีการใช้งาน

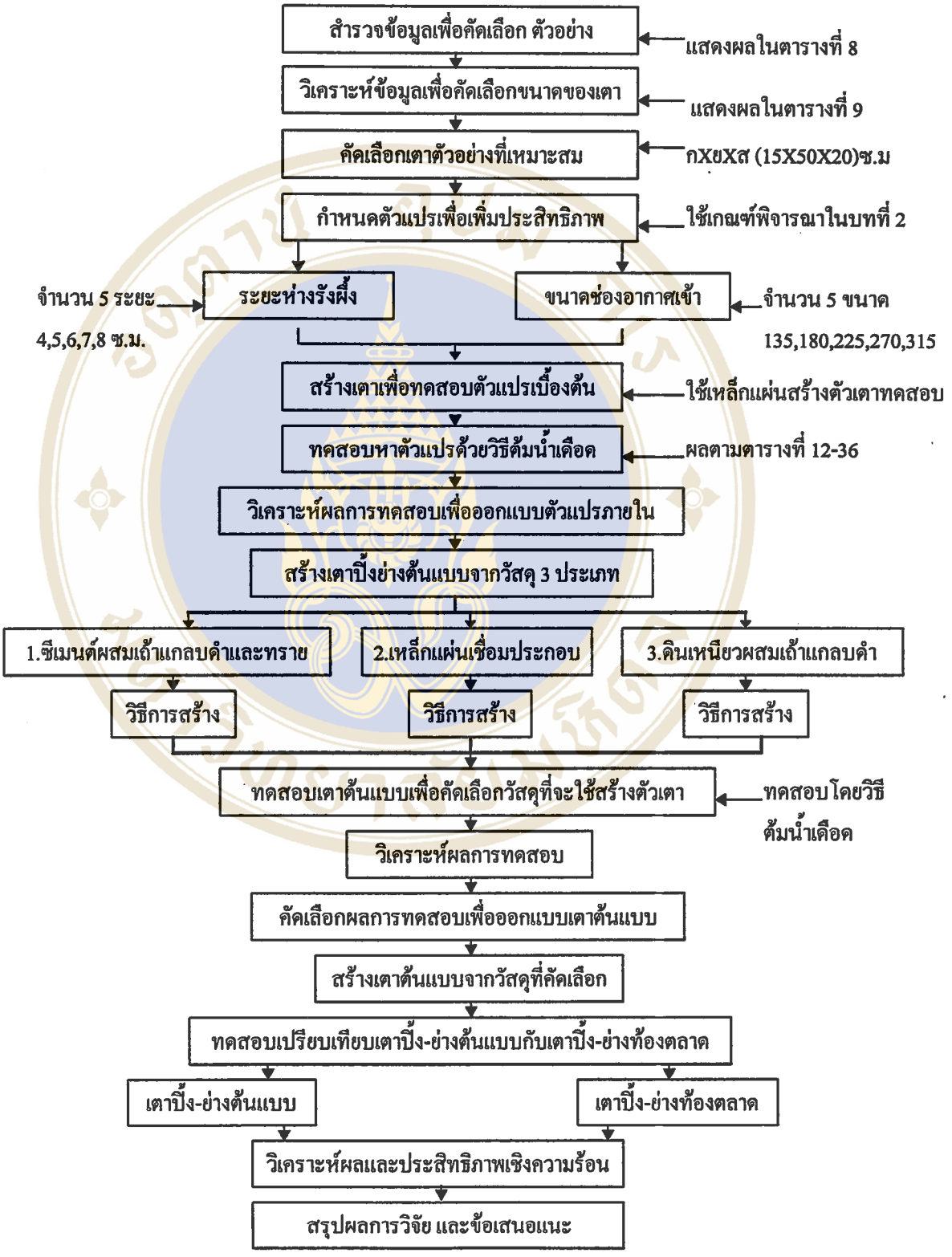
Copyright by Mahidol University

บทที่ 3
ระเบียบวิธีและการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองเพื่อทำการพัฒนาประสิทธิภาพของเตาปิ้ง-ย่าง ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก ข้อมูลประกอบการวิจัยได้จากการสำรวจและจัดเก็บจากภาคสนาม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อคัดเลือก หาขนาดของเตาปิ้ง-ย่าง ตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย และศึกษาตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตา โดยการสร้างเตาปิ้ง-ย่าง ตัวอย่างโดยใช้เหล็กแผ่นประกอบเป็นรูปเตาทรงกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อที่จะทำการหาขนาดของตัวแปรภายในที่เหมาะสม และจากการทบทวนวรรณกรรม ในบทที่ 2 พบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีมากกว่า 2 ตัวแปร และมีบางตัวแปรที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาปิ้ง-ย่างได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมคือ ระยะห่างระหว่างชั้นรังผึ้งถึงขอบปากเตา และขนาดของช่องอากาศเข้า ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลพบว่ามีขนาดแตกต่างกัน จากนั้นจึงได้สร้างเตาตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบขนาดของตัวเตาภายใน นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเพื่อเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการสร้างตัวเตา โดยนำวัสดุที่ได้มีการศึกษาวิจัยและมีการใช้งานแล้วมาเป็นตัวแปรในการคัดเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ 3 ประเภท ได้แก่ ตัวเตาที่ทำจากซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมทรายกับเถ้าแกลบดำ ทำจากเหล็กแผ่นและ ตัวเตาที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ นำมาสร้างตัวเตาปิ้ง-ย่าง ตามที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อหาความเหมาะสมสำหรับใช้งานโดยพิจารณาด้านความคงทน ราคาถูกและสามารถทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก แล้วจึงทำการสร้างเตาปิ้งย่างต้นแบบโดยใช้ตัวแปรและวัสดุที่ได้จากการทดลองทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเปรียบเทียบกับเตาที่มีการใช้งาน โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยที่กล่าวถึง ตามแผนภาพที่ 2 ดังต่อไปนี้

Copyright by Mahidol University

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยมีดังนี้



แผนภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการทดสอบเพื่อสร้างเตา-ปิ้งย่างต้นแบบ

Copyright by Mahidol University

3.1 ขั้นตอนที่1 ขั้นการเตรียมการ

3.1.1.ศึกษาข้อมูลและผลการศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งปรากฏในบทที่2 เพื่อกำหนดตัวแปร ที่จะทำการศึกษาวิจัยต่อไป

3.1.2.การสำรวจเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกตัวอย่างเตาปิ้ง-ย่าง ที่มีใช้ทั่วไป

1) สำรวจจำนวนเตาปิ้ง - ย่างที่ใช้ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก

เป็นการสำรวจประเภทของเตา จำนวน ระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ย อุณหภูมิใช้งาน แหล่งที่มาของเตา ราคาที่สร้าง หรือมีจำหน่ายในท้องตลาด ตลอดจนขนาดและองค์ประกอบของเตา โดยการคัดเลือกหน่วยตัวอย่างทุกหน่วยที่มีการใช้งานในเขตเทศบาลเมือง พิษณุโลก ซึ่งแสดงตามตาราง

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนเตาปิ้ง-ย่าง ที่มีการใช้งานในเขตเทศบาลเมือง พิษณุโลก

ที่	ประเภทเตา	จำนวนเตา	เฉลี่ยชั่วโมงใช้งาน	เฉลี่ยอุณหภูมิใช้งาน	แหล่งที่มา	ราคา (บาท)
1	ถังผ่าซีก	32	8	500	โรงงานเชื่อม	200
2	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหล็กแผ่ประกอบ	60	8	600	โรงงานเชื่อม	800
3	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลส	115	8	600	ร้านค้า	350
4	อั้งโล่ถ่าน	8	8	800	ร้านค้า	130

ที่มา จากการสำรวจข้อมูลเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือน เมษายน 2540

ตารางที่ 9 แสดงขนาดของเตาปิ้ง-ย่างโดยเฉลี่ย

ที่	ประเภทเตา	ขนาดเตา ก.xย.xส(ซม.)	ขนาดช่องอากาศเข้า (ตร.ซม.)	พื้นที่ตะแกรง (ตร. ซม.)	ระยะห่างตะแกรง (ซม.)	น้ำหนักเตา(ก.ก)
1	ถังผ่าซีก	46X70X30	2(10X20)	45X70	20	35
2	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหล็กแผ่ประกอบ	40X60X20	7X50	40X60	10	25
3	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลส	15X50X20	4X45	15X50	8	13
4	อั้งโล่ถ่าน	∅ 32	5X12	176	12	12

ที่มา จากการสำรวจข้อมูลเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือน เมษายน 2540

Copyright by Mahidol University

จากข้อมูลตารางที่ 8 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกตัวแทน เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ซึ่งได้กำหนดไว้ในบทที่3 คือจำนวนผู้ใช้และจำนวนแหล่งจำหน่าย ซึ่งพบว่าเตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลสที่ทำจากโลหะสแตนเลสมีจำนวนผู้ใช้มากที่สุด 115 ราย มีร้านค้าจำหน่ายในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก 5 ราย รองลงมาคือเตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ทำจากเหล็กแผ่นประกอบมีจำนวน 60 ใบ ซึ่งไม่มีร้านจำหน่ายแต่สามารถจ้างทำจากโรงงานเชื่อมทั่วไป

2.) จำแนกชนิดและประเภทของเตาปิ้ง - ย่างตลอดระยะเวลาการใช้งานและอุณหภูมิที่ใช้งาน โดยการสำรวจ ตามตารางที่ 9

3.) คัดเลือกเตาปิ้ง - ย่างที่จะนำมาใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาโดยพิจารณาจากจำนวนผู้ใช้ และการวางจำหน่ายมากที่สุด

จากตารางที่ 8และ9 สามารถเลือกเตาตัวอย่าง ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลสเป็นเตาตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ

3.2ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาตัวอย่าง โดยวิธีต้มน้ำเดือด(Water Boling Test)

ทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ ปรับปรุงเตาต้นแบบ ซึ่งขั้นตอนการทดสอบและมีผลการทดสอบดังนี้

3.2.1.) ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1.) ตาชั่งละเอียดสามารถอ่านทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2.) ภาชนะที่มีขนาดเหมาะสมกับเตา สำหรับใส่น้ำพร้อมฝาปิด

3.) เชื้อเพลิงที่จะใช้ทดสอบ ตัวอย่างละ 500 กรัม ใช้ถ่านไม้สะเดา ค่าความร้อนเชื้อเพลิง 7511 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

4.) น้ำสะอาดตัวอย่างละ 4000 กรัม

5.) เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำและเชื้อเพลิงขณะเผาไหม้

6.) อุปกรณ์เก็บถ่านหลังจากใช้งาน เช่นคีมคีบ ถาดเก็บถ่าน

7.) ตารางบันทึกผลการทดสอบ

3.2.2)เงื่อนไขการทดสอบ

1.) น้ำหนักเชื้อเพลิง ถ่านที่ใช้ 500 กรัมเท่ากันทุกตัวอย่างใช้ถ่านไม้สะเดา ค่าความร้อนเชื้อเพลิง 7511 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

2.) น้ำสะอาดตัวอย่างละ 4000 กรัม เท่ากันทุกตัวอย่างปรับให้ได้ที่ 28 องศาเซลเซียส

3.) เมื่อน้ำเดือดต้องเปิดฝา และเดี่ยวน้ำต่อ 30 นาที เพื่อหาปริมาณน้ำที่หายไป

Copyright by Mahidol University

3.2.3) ขั้นตอนการทดสอบ

1.) ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำที่ใช้ และปรับให้ได้ที่ 28 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิห้อง ทำการจดบันทึก

2.) จัดวางตำแหน่งเตาตัวอย่างในห้องทดสอบเพื่อความสะดวกในการทดสอบและตรวจวัดข้อมูล

3.) จุดเชื้อเพลิงในเตาตัวอย่างพร้อมๆกัน สังเกตุดูลักษณะการติดเชื้อเพลิง จนหมดควัน

4.) นำภาชนะที่จะใช้ทดสอบ ใส่น้ำตามจำนวนที่ใช้ทดสอบพร้อมฝาปิดวางบนเตาทดลองพร้อมๆกัน แล้วจดบันทึกเวลาเริ่มต้น

5.) ตรวจวัดอุณหภูมิเมื่อน้ำเดือด ได้แก่อุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิผิวภายนอก ก๊าซร้อน และอุณหภูมิน้ำในภาชนะ ทำการจดบันทึกและเปิดฝาต้มน้ำต่อไปอีก 30 นาที และให้สังเกตุตัวเตาด้วยว่ามีลอยแตกร้าวหรือไม่ แล้วจดบันทึก

6.) หลังจากที่เดี่ยวน้ำ 30 นาทีแล้ว ยกภาชนะลงชั่ง หาน้ำหนักที่เหลืออยู่ จดบันทึก และเก็บถ่านที่เหลือในเตาไฟ ทำการชั่งหาน้ำหนักที่เหลืออยู่ จดบันทึกข้อมูลไว้

3.2.4) การคำนวณหาประสิทธิภาพความร้อนใช้ประโยชน์ (Heat Utilization efficiency, % HU)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาประสิทธิภาพความร้อนใช้งานจากสูตร

ประสิทธิภาพความร้อนใช้ประโยชน์(% HU) = $\{[M1*Cp(Tb - Ti) + M2*L]/Fw*Hc\}*100\%$

Hu = ความร้อนใช้ประโยชน์ %

M1 = น้ำหนักน้ำก่อนทดสอบ Kg

M2 = ปริมาณน้ำที่ระเหยไปหลังการทดสอบ Kg

Cp = ความจุความร้อนของน้ำ 1 kcal/kg $^{\circ}$C

L = ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ 540 kcal / Kg

Tb = อุณหภูมิน้ำเดือด 100 C

Ti = อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28 C

Fw = น้ำหนักของเชื้อเพลิง Kg

Hc = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง 7511 kcal /Kg

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาปิ้ง-ย่าง ที่มีใช้อยู่ทั่วไปในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลกเพื่อคัดเลือกเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ

ที่	ประเภทเตา	ระยะเวลาการเริ่มต้นถึงเดือด (นาที)	จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	จำนวนน้ำระเหย (กรัม)	ประสิทธิภาพ (%)
1	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหล็กแผ่ประกอบ	22	465	480	14.40
2	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหล็กแผ่ประกอบ	-	489	180	9.80
3	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลส	21	400	490	17.10
4	เตาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลส	21	393	390	15.80

จากตารางผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่าเตาปิ้ง-ย่างที่ใช้อยู่ทั่วไปยังมีประสิทธิภาพต่ำ คือมีประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 9 - 17 % ดังนั้นหากได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ถ่านลงได้

3.3 ขั้นตอนที่ 3 ทำการหาตัวแปรของเตาต้นแบบ

3.3.1 ทำการหาตัวแปรภายใน โดยใช้ข้อกำหนดในบทที่ 2 เพื่อหาระยะห่างตะแกรงรังผึ้ง ถึงปากเตาและขนาดช่องอากาศเข้าที่เหมาะสม โดยมีเงื่อนไขการทดลองดังนี้

1.)ขนาดของเตาที่ใช้ทดลอง เป็นเตาขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร X 15 เซนติเมตรสูง

2.)ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ เป็นถ่านไม้สะเดา มีค่าความร้อน 7,511กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

3.) ขนาดรังผึ้งหนา 4 เซนติเมตร พื้นที่รูตะแกรง 45 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่เผาไหม้

4.) ต้มน้ำสะอาดหนัก 4000 กรัม ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 28 องศาเซลเซียส หลังจากน้ำเดือด เปิดฝาภาชนะออกและเคี่ยวต่ออีก 30 นาที

5.) หาระยะห่างรังผึ้ง ถึงปากเตาที่ 4 ,5 , 6, 7,และ 8 เซนติเมตร โดยมีขนาดช่องอากาศเข้า 135,180,225,270 และ 315 ตารางเซนติเมตร

6.) ขั้นตอนการทดสอบ เหมือนการดำเนินการในข้อ3.2.3 และ3.2.4

โดยมีแผนและผลการทดสอบดังนี้

Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยมหิดล

ตารางที่ 11 แสดงแผนการทดสอบเบื้องต้น เตาปิ้ง-ย่าง

ระยะห่างชั้นรังผึ้งถึงปากเตา(ซ.ม)	ขนาดช่องอากาศเข้า (ซ.ม.)	ตารางแสดงผลการทดสอบ
4	135	12
4	180	13
4	225	14
4	270	15
4	315	16
5	135	17
5	180	18
5	225	19
5	270	20
5	315	21
6	135	22
6	180	23
6	225	24
6	270	25
6	315	26
7	135	27
7	180	28
7	225	29
7	270	30
7	315	31
8	135	32
8	180	33
8	225	34
8	270	35
8	315	36

จากตาราง ขนาดเตาที่ใช้ในการทดสอบ ขนาดกว้าง 15 ซ.ม.ยาว 50 ซ.ม. สูง 20 ซ.ม.

Copyright by Mahidol University

I13969771

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร X สูง20 เซนติเมตร ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	13	830	420	21.85
2	13	850	470	19.95
3	17	930	430	22.95
4	13	956	430	23.36
5	15	784	450	19.80
เฉลี่ย	14	870	440	21.58

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 33 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร X 15 สูง 20 เซนติเมตร ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า180 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	17	930	410	23.99
2	13	800	420	21.37
3	12	910	370	26.04
4	13	923	400	24.45
5	15	853	400	23.27
เฉลี่ย	14	883	400	23.76

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 37 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่างขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร X สูง20 เซนติเมตร ที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	12	535	350	20.29
2	16	850	390	23.76
3	12	910	415	23.40
4	14	742	400	21.41
5	12	903	410	23.55
เฉลี่ย	13	788	385	22.48

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 32 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่างขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร Xสูง20 เซนติเมตรที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	13	860	395	23.65
2	12	680	405	20.12
3	13	895	385	24.83
4	12	880	392	24.17
5	14	801	396	22.61
เฉลี่ย	13	823	395	23.02

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 36 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร X สูง20 เซนติเมตรที่ระยะห่างตะแกรง 40 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	16	720	404	20.84
2	14	798	395	22.61
3	13	803	408	22.02
4	12	872	395	23.86
5	13	800	390	22.97
เฉลี่ย	13	798	405	22.08

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 31 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่างขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร X สูง20 เซนติเมตร ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	13	1000	470	22.11
2	13	840	440	21.07
3	13	960	450	22.43
4	13	967	445	22.79
5	14	893	461	20.95
เฉลี่ย	13	932	453	21.87

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 37 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่างขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร X ยาว 50 เซนติเมตร X สูง20 เซนติเมตร ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	17	765	430	20.36
2	13	910	430	22.63
3	12	760	400	21.70
4	14	822	440	20.80
5	13	800	400	22.74
เฉลี่ย	14	811	420	21.55

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 31 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	13	550	350	20.57
2	13	840	420	22.01
3	13	1055	420	25.46
4	12	825	410	22.27
5	12	805	382	23.43
เฉลี่ย	12	815	396	22.74

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 37 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	16	640	365	21.44
2	12	780	420	21.05
3	15	880	405	23.44
4	15	680	377	21.51
5	13	852	415	22.45
เฉลี่ย	14	766	396	22.00

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 30 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 21 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 50 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	14	792	396	22.44
2	14	800	400	22.37
3	13	895	430	22.40
4	12	830	420	21.85
5	12	880	430	22.16
เฉลี่ย	13	820	415	22.94

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15..00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 38 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	15	830	420	21.85
2	13	820	435	20.99
3	15	850	450	20.78
4	14	825	430	21.29
5	14	841	440	21.09
เฉลี่ย	14	833	435	21.19

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 32 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 23 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	13	980	450	22.74
2	14	800	435	20.68
3	12	810	430	21.06
4	13	856	435	21.55
5	13	870	441	21.48
เฉลี่ย	13	863	438	21.51

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 38 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	12	495	395	17.45
2	13	900	420	22.97
3	12	860	440	21.38
4	12	702	398	20.82
5	12	800	438	20.55
เฉลี่ย	12	751	418	20.68

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 29 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	13	750	395	21.79
2	17	750	420	20.57
3	16	820	400	22.70
4	15	700	395	20.94
5	13	765	415	21.05
เฉลี่ย	14	733	405	21.00

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 37 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 60 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	15	790	420	21.21
2	16	800	440	20.46
3	17	765	430	20.36
4	20	700	410	20.22
5	22	765	450	19.51
เฉลี่ย	18	764	430	20.34

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 29 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 27 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	15	700	465	17.97
2	13	915	460	21.32
3	18	655	460	17.48
4	14	730	465	18.40
5	16	820	460	19.91
เฉลี่ย	15	850	462	19.01

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 38 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	15	765	410	21.29
2	13	720	435	19.44
3	13	690	425	19.39
4	14	700	420	19.77
5	14	800	425	21.14
เฉลี่ย	14	735	423	20.19

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 30 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 29 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	16	410	390	16.20
2	13	780	410	21.53
3	12	780	420	21.05
4	13	670	410	19.73
5	13	640	405	19.46
เฉลี่ย	13	656	407	19.63

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 37 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 30 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	11	755	400	21.62
2	17	670	430	18.87
3	16	786	400	21.14
4	16	795	410	21.78
5	18	675	410	19.81
เฉลี่ย	17	.736	410	20.81

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 28 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 31 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 70 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	14	840	455	20.42
2	15	800	435	20.68
3	14	.790	440	20.31
4	17	850	440	21.23
5	15	830	430	21.38
เฉลี่ย	15	822	440	20.80

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 36 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 32 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 135 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	17	640	460	17.27
2	13	935	455	21.83
3	14	830	460	20.06
4	13	780	440	20.15
5	17	820	465	19.72
เฉลี่ย	15	801	456	19.80

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 33 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 33 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	16	765	390	22.30
2	15	770	420	20.89
3	17	615	420	18.41
4	16	710	400	20.86
5	16	720	420	20.09
เฉลี่ย	16	716	410	20.48

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 38 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 34 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 225 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	14	480	370	18.28
2	14	760	415	20.97
3	12	760	410	21.20
4	14	640	395	19.92
5	12	690	400	20.52
เฉลี่ย	13	666	398	20.21

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 29 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 35 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 270 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	13	875	430	22.08
2	19	540	420	17.20
3	13	770	410	21.37
4	16	780	440	20.15
5	14	675	400	19.82
เฉลี่ย	15	728	420	20.21

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 15.00 - 16.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 37 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 36 ผลการทดสอบเตาปิ้ง-ย่าง ที่ระยะห่างตะแกรง 80 มิลลิเมตรขนาดช่องอากาศเข้า 315 ตารางเซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะเวลาถึงน้ำเดือด(กรัม)	น้ำหนักน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพใช้งาน (%)
1.	17	640	390	20.16
2	22	510	350	19.82
3	17	600	370	20.45
4	22	460	340	19.38
5	17	590	350	21.34
เฉลี่ย	19	560	360	20.23

จากตาราง เวลาที่ทำการทดสอบ 9.00 - 10.00น. อุณหภูมิห้องทดสอบ 28 องศาเซลเซียส ทำการคัดเลือกขนาดของตัวแปรจากผลการทดสอบ ตารางที่ 12 - 36 ซึ่งแสดงผลตามตารางดังนี้

ตารางที่37 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 12

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
4	135	21.85	
		19.95	
		22.95	
		23.36	23.36
		19.80	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่38 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 13

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
4	180	23.99	
		21.37	
		26.04	26.04
		24.45	
		23.27	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่39 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 14

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
4	225	20.29	
		23.76	23.76
		23.40	
		21.41	
		23.55	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่40 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 15

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
4	270	23.65	
		20.12	
		24.83	24.83
		24.17	
		22.61	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 41 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 16

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
4	315	20.84	
		22.61	
		22.02	
		23.86	23.86
		22.97	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 42 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 17

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
5	135	22.11	
		21.07	
		22.43	
		22.79	22.79
		20.95	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่43 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 18

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
5	180	20.36	
		22.63	
		21.70	
		20.80	
		22.74	22.74

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่44 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 19

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
5	225	20.57	
		22.01	
		25.46	25.46
		22.27	
		23.43	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 45 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 20

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
5	270	21.44	
		21.05	
		23.44	23.44
		21.51	
		22.45	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่46 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 21

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
5	315	22.44	22.44
		22.37	
		22.40	
		21.85	
		22.16	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่47 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 22

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
6	135	21.85	21.85
		20.99	
		20.78	
		21.29	
		21.09	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่48 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 23

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
6	180	22.74	22.74
		20.68	
		21.06	
		21.55	
		21.48	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่49 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 24

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
6	225	17.45	
		22.97	22.97
		21.38	
		20.82	
		20.55	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่50 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 25

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
6	270	21.79	
		20.57	
		22.70	22.70
		20.94	
		21.05	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 51 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 26

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
6	315	21.21	21.21
		20.46	
		20.36	
		20.22	
		19.51	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่52 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 27

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
7	135	17.97	
		21.32	21.32
		17.48	
		18.40	
		19.91	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่53 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 28

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
7	180	21.29	21.29
		19.44	
		19.39	
		19.77	
		21.14	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่54 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 29

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
7	225	16.20	
		21.53	21.53
		21.05	
		19.73	
		19.46	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่55 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 30

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
7	270	21.62	
		18.87	
		21.14	
		21.78	21.78
		19.81	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่56 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 31

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
7	315	20.42	
		20.68	
		20.31	
		21.23	
		21.38	21.38

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 57 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 32

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
8	135	17.27	
		21.83	21.83
		20.06	
		20.15	
		19.72	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 58 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 33

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
8	180	22.30	22.30
		20.89	
		18.41	
		20.86	
		20.09	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่59 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 34

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
8	225	18.28	
		20.97	
		21.20	21.20
		19.92	
		20.52	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 60 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 35

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
8	270	22.08	22.08
		17.20	
		21.37	
		20.15	
		19.82	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่61 ผลการคัดเลือกตัวแปรเบื้องต้นจากตารางที่ 36

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
8	315	20.16	
		19.82	
		20.45	
		19.38	
		21.34	21.34

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 62 ผลการคัดเลือกตัวแปรภายใน

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
4	135	23.36	
	180	26.04	26.04
	225	23.76	
	270	24.83	
	315	23.86	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 63 ผลการคัดเลือกตัวแปรภายในที่ระยะห่างตะแกรง 5 ซ.ม.

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
5	135	22.79	
	180	22.74	
	225	25.46	25.46
	270	23.44	
	315	22.94	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 64 ผลการคัดเลือกตัวแปรที่ระยะห่างตะแกรง 6 ซ.ม.

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
6	135	21.85	
	180	22.74	
	225	22.97	22.97
	270	22.70	
	315	21.31	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 65 ผลการคัดเลือกตัวแปรภายในที่ระยะห่างตะแกรง 7 ซ.ม.

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
7	135	21.32	
	180	21.29	
	225	21.53	
	270	21.78	21.78
	315	21.38	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 66 ผลการคัดเลือกตัวแปรภายในที่ระยะห่างตะแกรง 8 ซ.ม.

ระยะห่างตะแกรง	ขนาดช่องอากาศเข้า	ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบ	ผลคัดเลือก
8	135	21.83	
	180	22.30	22.30
	225	21.20	
	270	22.08	
	315	21.34	

จากตาราง ผลการคัดเลือกพิจารณาจากค่าที่คำนวณประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 67 แสดงตารางวิเคราะห์ตัวแปรภายใน

ระยะห่างตะแกรง(ซ.ม.)

8	21.83	22.30	21.20	22.08	21.34
7	21.32	21.29	21.53	21.78	21.38
6	21.85	21.85	22.97	22.70	21.31
5	22.79	22.74	25.46	23.44	22.94
4	23.36	26.04	23.76	24.83	23.86
	135	180	225	270	315

ขนาดช่องอากาศเข้า (ตร.ซม.)

Copyright by Mahidol University

สรุปผลจากการวิเคราะห์ตัวแปรภายในจากตารางที่ 67 พบว่า ค่าระยะห่างชั้นตะแกรงรังผึ้งที่เหมาะสม คือ 4 เซนติเมตร ขนาดช่องอากาศเข้าที่เหมาะสม คือ 180 ตารางเซนติเมตร

3.3.2 ปรับปรุงตัวแปรภายนอก การสร้างต้นแบบปิ้ง-ย่าง จะอาศัยตัวแปรจากขั้นตอนที่ 3.2 ทำการสร้างต้นแบบเตาปิ้ง-ย่าง โดยใช้ขนาดของเตา เท่ากับเตาตัวอย่าง คือ ขนาดปากเตา 15 เซนติเมตร X 50 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างของชั้นรังผึ้งถึงปากเตา 4 เซนติเมตร และขนาดช่องอากาศเข้า 180 ตารางเซนติเมตร จากผลการทดลองใน ขั้นตอนที่ 3.2 ตารางที่ 12 ทำการสร้างเตาต้นแบบ จากวัสดุ 3 ประเภทคือ

1.) วัสดุที่ทำจาก ซีเมนต์ปอทแลนด์ ผสม เถ้าแกลบดำ และทรายละเอียด อัตราส่วน 1:0.75:1 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างประกอบดังนี้

1.1) การสร้างแบบหล่อ ใช้ไม้แบบคอนกรีตขนาดกว้าง 8 นิ้ว ความหนา 1 นิ้ว ตัดทำแบบภายนอก โดยมีความยาวรวม 60 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น และตัดทำแบบด้านกว้าง 25 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่นประกอบเป็นแบบภายนอก โดยใช้ตะปูขนาด 3 นิ้ว ตอกยึดเหลือหัวตะปูให้สามารถถอดได้

1.2) ทำแบบภายในโดยใช้ไม้แบบขนาดหนา 1 นิ้ว ตัดยาว 50 เซนติเมตรจำนวน 2 ท่อน และ ตัดขนาดความยาว 15 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน ตอกยึดด้วยตะปูขนาด 3 นิ้วให้แน่น

1.3) ตัดลวดตะแกรงขนาด 1นิ้ว ความยาว 90 เซนติเมตร ความกว้าง 55 เซนติเมตร พับลวดตาข่ายให้สามารถใส่ลงในแบบหล่อเตาได้ ตัดช่องอากาศเข้า ขนาด 4X45 ตารางเซนติเมตร

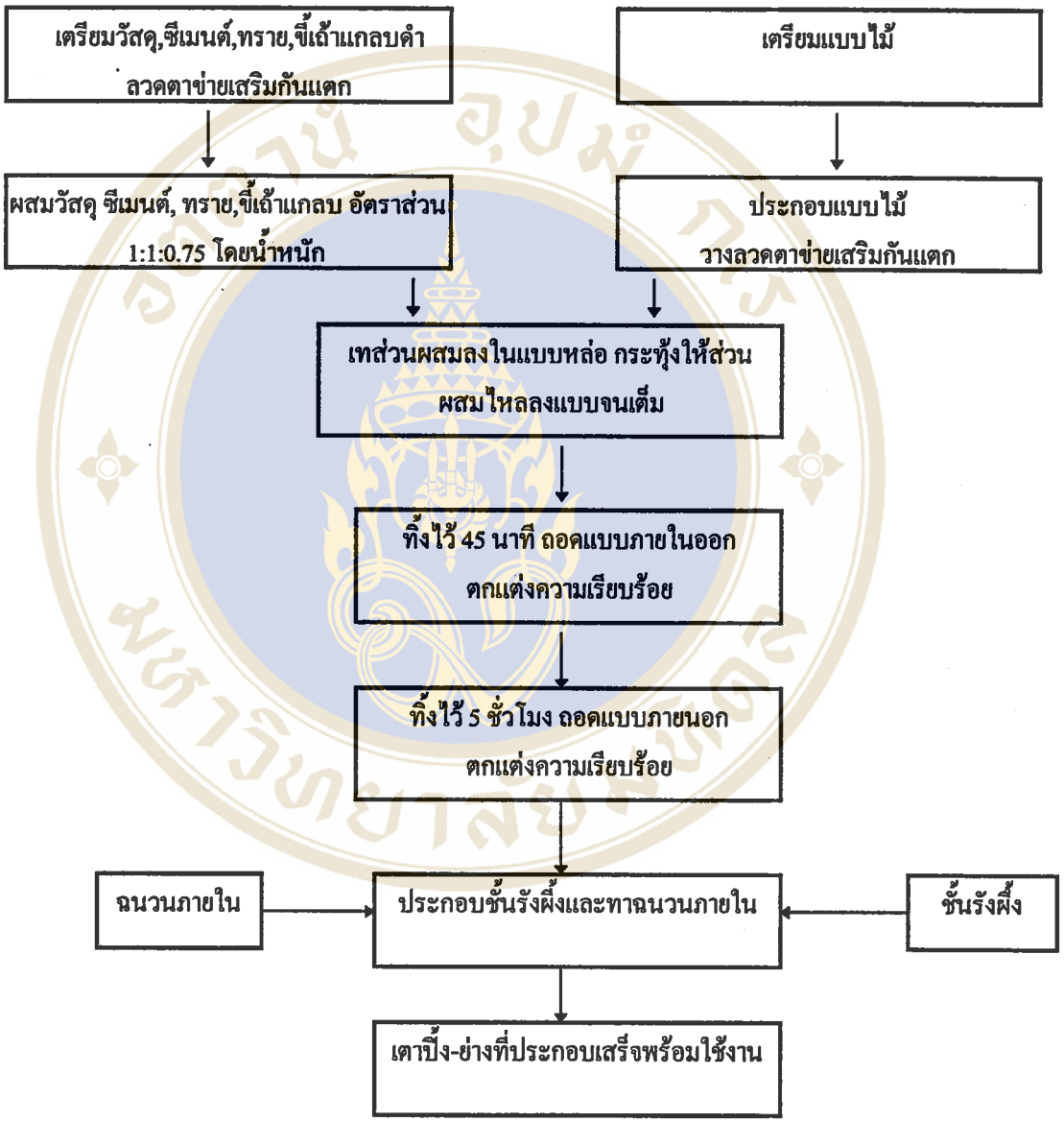
1.4) ผสมวัสดุที่ใช้ทำตัวเตาซึ่งประกอบด้วยซีเมนต์ปอทแลนด์ 1 ส่วน ทรายละเอียด 1 ส่วน และเถ้าแกลบดำ 0.75 ส่วน คลุกให้เข้ากันเทลงแบบซึ่งก่อนเทจะต้องประกอบแบบให้แบบภายในอยู่ตรงกลาง วางลวดเสริมลงในแบบ เทซีเมนต์ลงแบบพร้อมกระทุ้งให้เนื้อแน่น เมื่อความสูงได้ระดับที่จะใส่เศษไม้กั้นช่องอากาศเข้าให้นำไม้กั้นขนาด 4 X 45 ตารางเซนติเมตร วางกั้น จากนั้นจึงเทจนเต็มแบบ

1.5) หลังจากที่เทซีเมนต์จนเต็มแบบแล้ว ทิ้งให้ซีเมนต์แข็งตัวประมาณ 45 นาที จึงกลับแบบให้ด้านก้นเตาลงด้านล่างก่อนที่จะทำการกลับแบบ ควรรองพื้นแบบก้นเตาด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ เพื่อป้องกันซีเมนต์ติดกับพื้นทำให้แกะยาก และควรขยับแบบภายในเพื่อป้องกันซีเมนต์ติดกับแบบแน่นเกินไป ซึ่งอาจทำให้เตาแตกได้ขณะถอดแบบ

1.6) เมื่อซีเมนต์แข็งตัวประมาณ 5 ชั่วโมงจึงทำการถอดแบบออก และนำเตาที่ได้ผึ่งให้แห้งในที่ร่มต่อไป ส่วนแบบหล่อก็สามารถนำไปประกอบเพื่อหล่อเตาใบต่อไป

Copyright by Mahidol University

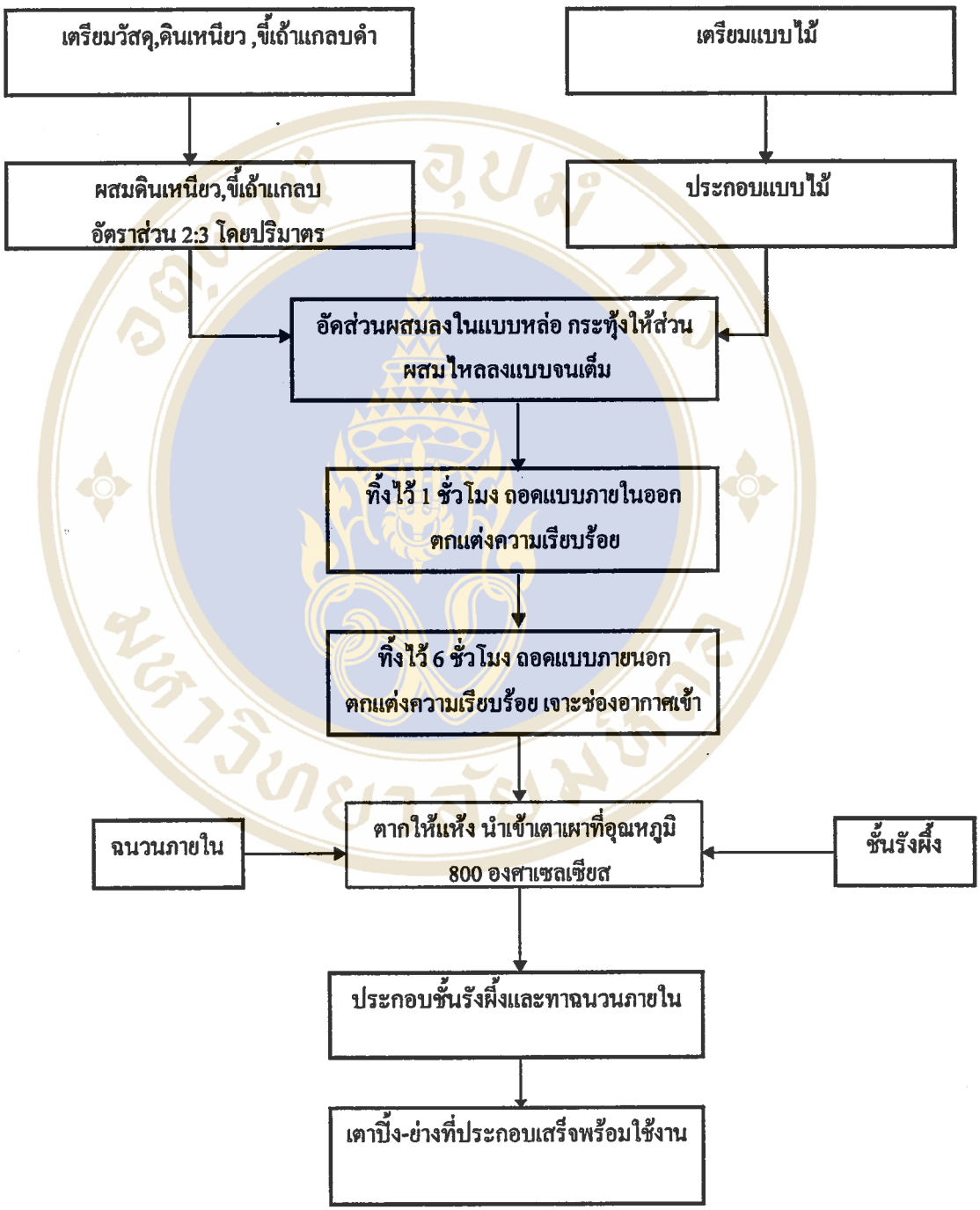
1.7) เมื่อตัวเตาแข็งตัวดีแล้ว จึงนำตะแกรงรังผึ้งที่มีความหนา 4 เซนติเมตรมาประกอบลงในตัวเตา แล้วจึงใช้ฉนวนที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1ต่อ 5 ส่วนยาแนวรอยต่อและทำเป็นฉนวนกันความร้อนด้วย ก็เสร็จขั้นตอนการสร้างประกอบตัวเตา



แผนภาพที่ 3 แสดงการสร้างเตาปิ้ง-ย่าง โดยใช้วัสดุซีเมนต์ แกลบ และทราย เป็นส่วนผสม

Copyright by Mahidol University

2.) วัสดุตัวเตาที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 2:3 โดยปริมาตร



แผนภาพที่ 4 แสดงการสร้างเตาปิ้ง-ย่าง โดยใช้วัสดุดินเหนียว
และเถ้าแกลบดำ ผสมทำตัวเตา

Copyright by Mahidol University

2.1) การสร้างแบบหล่อ ใช้ไม้แบบคอนกรีตขนาดกว้าง 8 นิ้ว ความหนา 1 นิ้ว ตัดทำแบบภายนอก โดยมีความยาวรวม 60 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น และตัดทำแบบด้านกว้าง 25 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่นประกอบเป็นแบบภายนอก โดยใช้ตะปูขนาด 3 นิ้ว ตอกยึดเหลือหัวตะปูให้สามารถถอดได้

2.2) ทำแบบภายในโดยใช้ไม้แบบขนาดหนา 1 นิ้ว ตัดยาว 50 เซนติเมตรจำนวน 2 ท่อน และ ตัดขนาดความยาว 15 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน ตอกยึดด้วยตะปูขนาด 3 นิ้วให้แน่น

2.3) ผสมวัสดุที่ใช้ทำตัวเตาซึ่งประกอบด้วยดินเหนียว 2 ส่วนและเถ้าแกลบดำ 3 ส่วนโดยปริมาตร คลุกให้เข้ากันเทลงแบบซึ่งก่อนเทจะต้องประกอบแบบให้แบบภายในอยู่ตรงกลาง พร้อมกระทุ้งให้เนื้อดินแน่น เมื่อความสูงได้ระดับที่จะใส่เศษไม้กั้นช่องอากาศเข้าให้นำไม้กั้นขนาด 4 X 45 ตารางเซนติเมตร วางกั้น จากนั้นจึงเทจนเต็มแบบ

2.4)หลังจากที่เทส่วนผสม ลงในแบบควรรองพื้นแบบก้นเตาด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ เพื่อป้องกันเนื้อดินตัวเตา ติดกับพื้นทำให้แกะยาก และควรขยับแบบภายในเพื่อป้องกันเนื้อดินติดกับแบบแน่นเกินไป ซึ่งอาจทำให้เตาแตกได้ขณะถอดแบบ

2.5) เมื่อเนื้อดินแข็งตัวประมาณ 6 ชั่วโมงจึงทำการถอดแบบออก และนำเตาที่ได้ผึ่งให้แห้งในที่ร่มต่อไป ส่วนแบบหล่อก็สามารถนำไปประกอบเพื่อหล่อเตาใบต่อไป

2.6)เตาที่แห้ง นำไปเผาไฟที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ประมาณ 8 ชั่วโมง จึงนำออกจากเตาเผาปล่อยให้เย็น จึงนำไปใส่รังผึ้งประกอบเป็นตัวเตา

2.7) นำตะแกรงรังผึ้งที่มีความหนา 4 เซนติเมตรมาประกอบลงในตัวเตา แล้วจึงใช้ฉนวนที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1ต่อ 5 ส่วนยาแนวรอยต่อและทำเป็นฉนวนกันความร้อนด้วย ก็เสร็จขั้นตอนการสร้างประกอบตัวเตา

3.) ตัวเตาทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบ

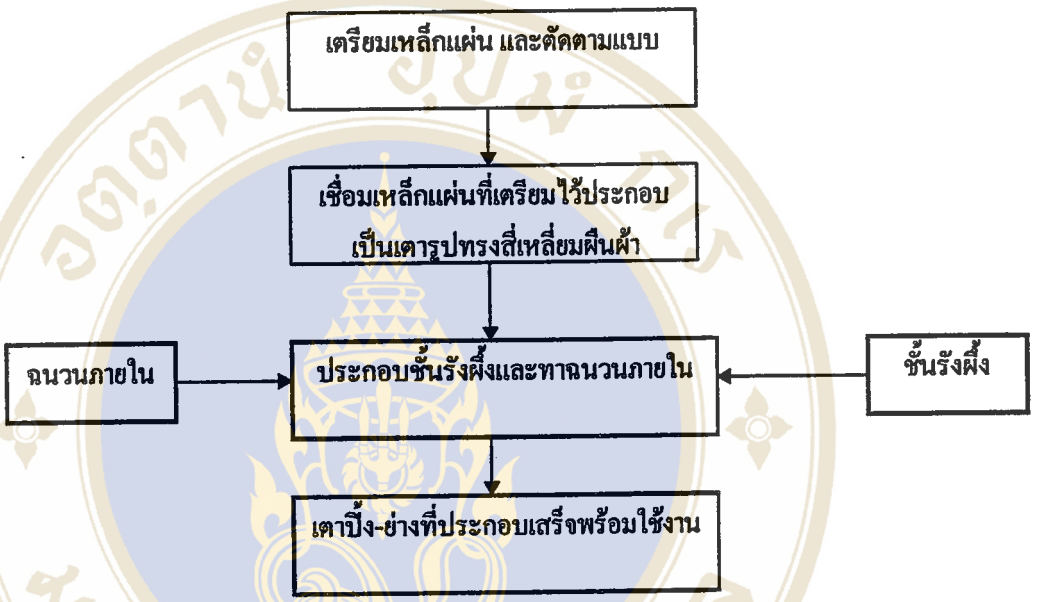
3.1) เตรียมเหล็กแผ่นเรียบ ความหนา 3 มิลลิเมตร ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น และขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว15 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น

3.2) เชื่อมแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้าติดกันเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ปิดหัวท้ายด้วย แผ่นเล็กสี่เหลี่มจตุรัส ขนาด กว้าง 15 เซนติเมตรทั้งสองด้าน

Copyright by Mahidol University

3.3) เจาะช่องอากาศเข้าขนาด กว้าง 4เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร ห่างจากขอบปากเตา ด้านบน 8 เซนติเมตร

3.4) นำตะแกรงรังผึ้งที่มีความหนา 4 เซนติเมตรมาประกอบลงในตัวเตา แล้วจึงใช้ฉนวนที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1ต่อ 5 ส่วนยาแนวรอยต่อและทำเป็นฉนวนกันความร้อนด้วย ก็เสร็จขั้นตอนการสร้างประกอบตัวเตา



แผนภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการสร้างเตาปิ้ง-ย่าง โดยใช้เหล็กแผ่นเชื่อมประกอบทำตัวเตา

3.3.3 ทำการทดสอบเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้สร้างประกอบตัวเตา

ทำการทดสอบเปรียบเทียบการใช้งานของเตาที่ทำจากวัสดุ 3 ประเภทซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่68 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้สร้างตัวเตาปิ้งย่างต้นแบบ

ประเภทวัสดุ	ระยะเวลาเริ่มต้นจนถึงน้ำเดือด(นาที)	จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	จำนวนน้ำระเหย (กรัม)	น้ำหนักเตา (กรัม)	ประสิทธิภาพ(%)	หมายเหตุ
1.	11	395	1525	14000	36	มีรอยแตก 2แนว
2.	11	420	1260	13000	29	ปกติ
3.	12	440	1420	15000	30	ปกติ

จากตาราง วัสดุประเภทที่1 ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 2:3 โดยปริมาตร

วัสดุประเภทที่ 2 ทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร และ วัสดุประเภทที่ 3 ทำจากซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมทรายและเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1:1:0.75 โดยน้ำหนัก

Copyright by Mahidol University

จากตารางผลการทดสอบพบว่า วัสดุชนิดที่ 1 เมื่อนำมาสร้างตัวเตาทดสอบให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด 36 % รองลงมาคือ วัสดุชนิดที่ 3 ให้ประสิทธิภาพ 30% และ วัสดุชนิดที่ 2 ให้ประสิทธิภาพ 29 % แต่จากการตรวจสอบขณะทำการทดลองพบว่า วัสดุชนิดที่ 1 มีรอยแตกร้าวขณะใช้งานจำนวน 2 แนวจึงทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาสร้างเตาปิ้งแบบไม่มีเปลือก สำหรับวัสดุชนิดที่ 3 ซึ่งมีประสิทธิภาพรองลงมาคือ 30 % สามารถใช้สร้างเป็นต้นแบบได้

3.3 ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบเตาปิ้ง-ย่าง

การออกแบบใหม่โดยใช้ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 เป็นข้อกำหนดในการออกแบบ

ตารางที่ 69 แสดงขนาดของตัวแปรที่ได้จากการทดสอบตามขั้นตอนที่ 3

ตัวแปรภายใน	ประสิทธิภาพ%(HU)	ขนาดตัวแปร
1.ระยะห่างชั้นรังผึ้งถึงปากเตา	23.76	4 ซ.ม
2.ขนาดช่องอากาศเข้า	23.76	180 ตร. ซม.
3.ความหนาชั้นรังผึ้ง	-	4 ซม.
4.พื้นที่รูรังผึ้ง	-	45 เปอร์เซ็นต์
5.ขอบปากเตากับก้นภาชนะ	-	ห่าง 1 ซม.
6.ฉนวนภายใน	-	หนา 1 ซม.
7.ขนาดห้องเผาไหม้	3000 ลบ.ซม.	3000 ลบ.ซม.

จากตาราง ประสิทธิภาพ หาได้จาก ปริมาณงานที่ได้ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ไปที่เงื่อนไขเดียวกัน

Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด

ตารางที่ 70 แสดงขนาดของตัวแปรภายนอกที่ได้จากการทดสอบ

ตัวแปรภายนอก	ประสิทธิภาพ %	เงื่อนไข
1.วัสดุที่ใช้ทำตัวเตา	30 %	คงทน ราคาถูก ทำง่าย
2.ขนาดตัวเตา(ภายใน)	-	(ก.xย.xส.)15X50X15และหนา 2 ซม.
3.น้ำหนักเตา	-	15 กก.

จากตาราง ประเภทวัสดุที่เหมาะสม คือ ซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมเถ้าแกลบและทรายละเอียด

3.4 ขั้นตอนที่ 5 สร้างต้นแบบเตาปิ้ง-ย่าง

การสร้างต้นแบบปิ้ง-ย่าง จะอาศัยตัวแปรจากขั้นตอนที่ 3.3 ทำการสร้างต้นแบบเตาปิ้ง-ย่าง โดยใช้ขนาดของเตา เท่ากับเตาตัวอย่าง คือ ขนาดปากเตา 15 เซนติเมตร X 50 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างของชั้นรังผึ้งถึงปากเตา และขนาดช่องอากาศเข้าจากผลการทดลองในขั้นตอนที่ 3.2 ทำการสร้างเตาต้นแบบ สำหรับวัสดุที่ใช้ในการทำตัวเตา คือตัวอย่างวัสดุที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 3 (3.3.2) วัสดุที่ใช้คือ ซีเมนต์ปอทแลนด์ ผสมทรายละเอียด และเถ้าแกลบดำอัตราส่วน 1:1:0.75 โดยมีขั้นตอนการสร้าง ตามขั้นตอนที่ 3.3.2

3.5 ขั้นตอนที่ 6 การทดลองเปรียบเทียบ

การทดลองเป็นการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จากขั้นตอนการเตรียมการมาใช้โดยเป็นการเปรียบเทียบเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ กับเตาปิ้งย่างโลหะที่คัดเลือกเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบกันโดยวิธีการทดสอบต้มน้ำเดือด(Water boiling test) โดยแต่ละตัวอย่างการทดลองจะทำซ้ำ 5 ซ้ำผลที่ได้จะสรุปในรูปตารางแสดงผล

3.6 ขั้นตอนที่ 7 วิเคราะห์และสรุปผล

3.6.1วิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้นแบบ ปิ้ง-ย่าง เปรียบเทียบกับเตาปิ้ง-ย่างทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลส

3.6.2 เปรียบเทียบด้านราคาต้นทุนการผลิตเตาปิ้งย่างต้นแบบเทียบกับเตาปิ้ง-ย่าง ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลส

3.6.3เปรียบเทียบด้านการประหยัดเชื้อเพลิงระหว่างเตาต้นแบบกับเตาปิ้งย่างทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากสแตนเลสโดยวิธีใช้งานจริงในสนาม

3.6.4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

Copyright by Mahidol University

บทที่ 4

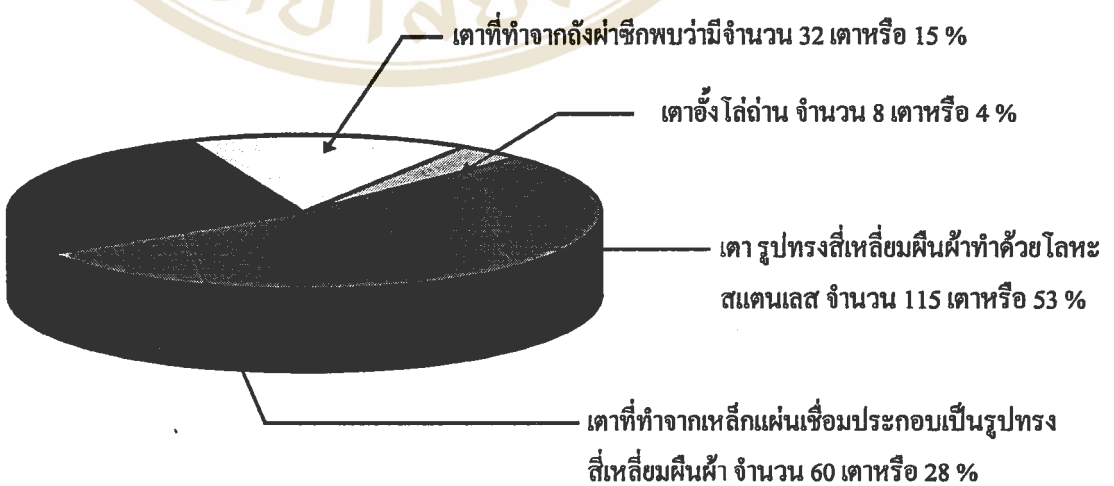
ผลการทดลอง

การศึกษาและวิจัยครั้งนี้มี วัตถุประสงค์เพื่อเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นซึ่งจะทำให้ลดปริมาณการใช้ถ่านลง วิธีวิจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแต่เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับเตาปิ้งหรือย่างที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง ยังไม่มีผู้ศึกษาวิจัยมาก่อน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงต้องอาศัยการจัดเก็บข้อมูลจากภาคสนาม เขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถนำเสนอผลจากบทที่ 3 ดังนี้

4.1 สรุปผลขั้นเตรียมการ

จากการตรวจเอกสารและงานวิจัยต่างๆ พบว่างานวิจัย สำรวจ เกี่ยวกับเตาปิ้งหรือย่างที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงยังไม่มี แต่พบว่ามีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเตาหุงต้มอาหาร(อั้งโล่)ที่ใช้ถ่านหรือฟืนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งลักษณะของเตาจะสอดคล้องกับภาชนะที่ใช้งาน คือมีลักษณะปากเตาเป็นวงกลม มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และมีชื่อเรียกตามเชื้อเพลิงที่ใช้

4.1.1 สรุปข้อมูลจากการสำรวจในภาคสนามเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือนเมษายน 2540 ตารางที่ 8 พบว่าเตาที่นำมาใช้ปิ้ง-ย่าง ที่ใช้กันอยู่นั้น มีจำนวน 215 เตา และ จำนวน 115 เตาหรือ 53 เปอร์เซ็นต์ เป็นเตา รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำด้วยโลหะสแตนเลส รองลงมาคือเตาที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวน 60 เตาหรือ 28 เปอร์เซ็นต์ เตาที่ทำจากถังผ่าซีกพบว่ามีจำนวน 32 เตาหรือ 15 เปอร์เซ็นต์ และเป็นเตาอั้งโล่ถ่าน จำนวน 8 เตาหรือ 4 เปอร์เซ็นต์



แผนภาพที่ 6 แสดงสัดส่วนของเตาปิ้งย่างที่มีการใช้งาน ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เดือนเมษายน 2540

Copyright by Mahidol University

อุณหภูมิใช้งาน

จากการสำรวจข้อมูล และการตรวจวัดค่าอุณหภูมิที่ผิวตะแกรง พบว่า เตามากกว่าร้อยละ 81 มีอุณหภูมิสูงกว่า 600 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 800 องศาเซลเซียส

4.1.3 ขนาดและน้ำหนักของเตาที่ใช้งาน

จากตารางที่ 8และ 9 พบว่าร้อยละ 53 เป็นเตาที่ทำจากโลหะสแตนเลส รองลงมาร้อยละ 28 เป็นตัวเตาที่ทำจากเหล็กแผ่น ขนาดของตัวเตา สแตนเลส กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตรและสูง 20 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 13 กิโลกรัม ขนาดของตัวเตาเหล็กแผ่น เชื่อม กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตรและสูง 20 เซนติเมตรมีน้ำหนักเฉลี่ย 25 กิโลกรัม สำหรับเตาถังผ่าซีกมีขนาดกว้าง 46 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร และส่วนโค้ง ลึก 30 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 35 กิโลกรัม

จากลักษณะวัสดุที่ใช้ในการปิ้งหรือย่างมีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังนั้นปากเตาที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันจึงเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า สำหรับความยาวนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนหรือปริมาณของที่จะนำมาปิ้งหรือย่าง จากเกณฑ์ประกอบการพิจารณาในบทที่ 2 และผลการสำรวจในบทที่ 3 ลักษณะของรูปทรงเตาที่ใช้ปิ้งหรือย่าง จึงเป็นลักษณะปากเตาเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดที่มีจำหน่ายทั่วไป คือ ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ส่วนสูง 20 เซนติเมตร

สรุปผลจากการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยวิธีต้มน้ำเดือด มีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าตัวแปรภายใน และภายนอกที่เหมาะสม ซึ่งในบทที่ 2 ได้กำหนดค่าตัวแปรภายในและภายนอก ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาในบทที่ 2 ตารางที่ 6 และ 7 และใช้ข้อมูลผลการสำรวจในบทที่ 3 ตารางที่ 8และ9 เพื่อใช้หาค่าตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าต่อไป

4.2 การปรับรุงตัวแปร

4.2.1สรุปผลการปรับปรุงตัวแปรภายใน

ในบทที่ 2 ตารางที่ 6 ได้พิจารณาค่าตัวแปรภายในไว้ 7 ค่าและจากการตรวจเอกสารได้กำหนดให้ค่าตัวแปรที่ 3,4,5และ 6 เป็นค่าตัวแปรคงที่ โดยใช้ค่าจากการศึกษาวิจัยเตาหุงต้มที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง เป็นเกณฑ์ ดังนั้นในบทที่ 3 ผลการทดลองเพื่อหาค่าตัวแปรภายใน 3 ค่าคือ ค่าตัวแปรที่ 1,3และ 7 โดยใช้วิธีทดสอบต้มน้ำเดือด ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพเฉลี่ยของเตาสูงสุด ซึ่งพบว่าค่าตัวแปรที่เหมาะสมคือ ที่ระยะห่างชั้นรังผึ้ง 4 เซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพสูงสุด 23.76 เปอร์เซ็นต์ โดยมีขนาดช่องอากาศเข้า ซึ่งเป็นค่าตัวแปรที่ 2 ขนาด 180 ตารางเซนติเมตร (4 X45) และค่าตัวแปรที่ 7 ซึ่งเป็นค่าตัวแปรตาม คือปริมาตรห้องเผาไหม้ 3000 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

Copyright by Mahidol University

4.2.2 สรุปผลการปรับปรุงตัวแปรภายนอก

จากบทที่ 2 ตารางที่ 7 ได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาตัวแปรภายนอกไว้ 3 ค่าคือ วัสดุที่ใช้ทำตัวเตา ขนาดของตัวเตาและน้ำหนักของเตาที่จะนำไปใช้งานซึ่งมีผลสรุปดังนี้

1.)ทำการทดสอบเพื่อคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสมในบทที่ 3 พบว่า ตัวเตาที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอทแลนด์ ผสมทรายละเอียดและเถ้าแกลบดำอัตราส่วน 1:1:0.75 โดยน้ำหนักมีความเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือตังเตาที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบ โดยมีประสิทธิภาพใช้งาน 30และ 29 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขจะต้องมีความคงทนไม่แตกร้าวขณะใช้งาน หาง่ายและราคาถูกสำหรับเตาที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำอัตราส่วน 2: 3 โดยปริมาตร พบว่าให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ36เปอร์เซ็นต์แต่มีปัญหาเรื่องการแตกร้าวขณะใช้งานดังนั้นจึงไม่เหมาะสม

สรุปจากผลการทดสอบสามารถเลือกวัสดุประเภทที่ ทำจากซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบดำและทรายอัตราส่วน 1:0.75:1 โดยน้ำหนักเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือวัสดุที่ทำจากเหล็กแผ่นประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยวิธีเชื่อม

2.)ขนาดและน้ำหนักของเตา

ขนาดและน้ำหนักของเตาพบว่ามีความสัมพันธ์กัน จากการทอลองพบว่าเตาที่ทำจากวัสดุซีเมนต์ จะมีน้ำหนัก รวม 15 กิโลกรัม และตาที่ทำจากเหล็กแผ่นประกอบ หนัก 13 กิโลกรัม

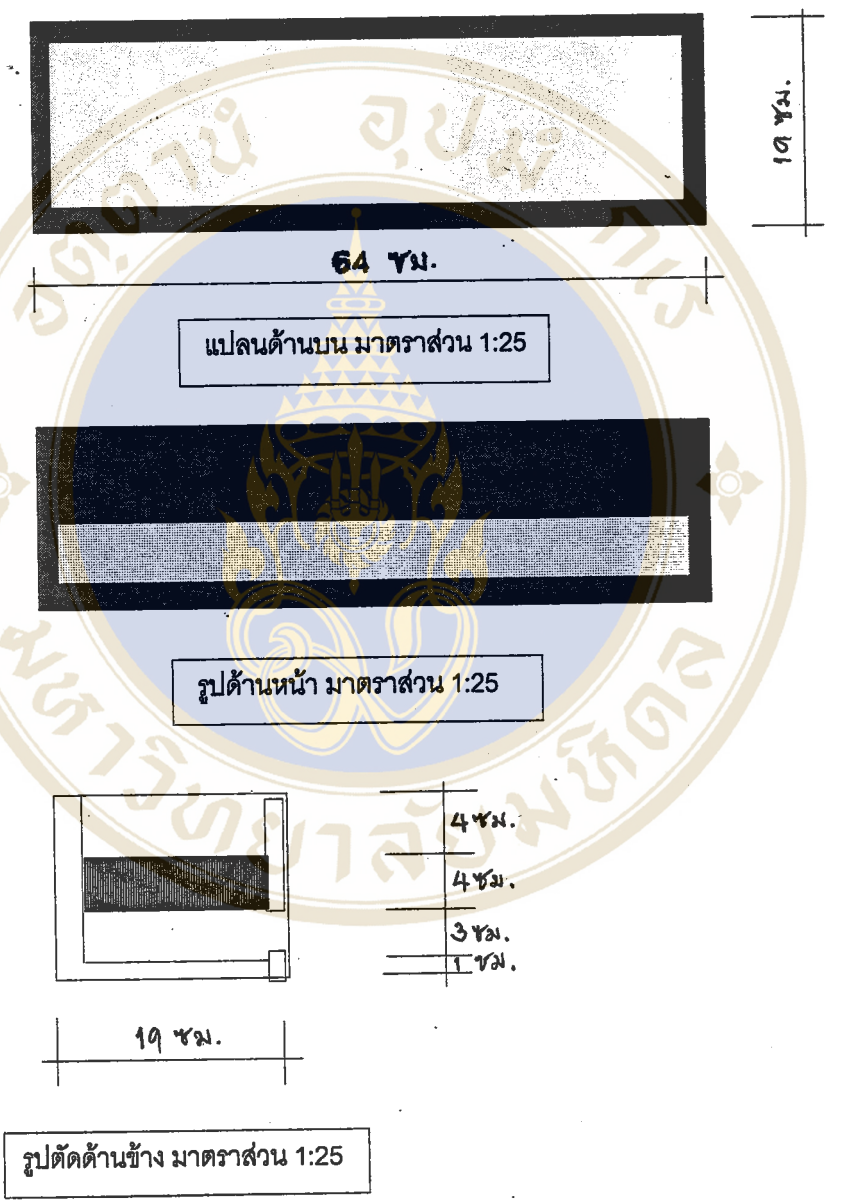
4.3 สรุปผลการออกแบบเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ

นำผลค่าตัวแปรที่ได้ในบทที่ 3 ตารางที่ 37 และ38 มาออกแบบเตาปิ้ง -ย่างต้นแบบพบว่าขนาดที่เหมาะสมคือ ปากเตาภายใน กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ส่วนสูงภายใน 13 เซนติเมตร ภายนอกสูง 15 เซนติเมตร ความหนาตัวตา 2 เซนติเมตร โดยมีตะแกรงรังผึ้ง หนา 4 เซนติเมตร พื้นที่รูรังผึ้ง 45 เปอร์เซ็นต์ ภายในพื้นตะแกรงมีรูรังผึ้งขนาดด้านบน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ด้านล่างเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 เซนติเมตร จำนวน 248 รู ส่วนของปากเตาเสริมลวดตาข่ายหกเหลี่ยมกันร้าวขนาด 1 นิ้วโดยรอบ

4.4 สรุปผลการสร้างเตาปิ้งย่างต้นแบบ

นำค่าที่ได้จากการออกแบบมาทำการสร้างเตาปิ้ง-ย่าง ต้นแบบโดยนำขั้นตอนการสร้างในบทที่3 แผนภาพที่ 3 จะได้เตาปิ้งย่างลักษณะตามรูป

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 9 แสดงลักษณะเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ

Copyright by Mahidol University

4.5 สรุปผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยวิธีต้มน้ำเดือด ซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้คือ

ตารางที่ 71 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเตาปิ้งย่างต้นแบบกับเตาตัวอย่างที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

ชนิดเตา	ระยะเวลาเริ่มต้นถึงน้ำเดือด(นาที)	จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม)	จำนวนน้ำที่ระเหย(กรัม)	ประสิทธิภาพ (%)	หมายเหตุ
เตาต้นแบบ	12	440	1420	30.34	อุณหภูมิห้อง 32 °C อุณหภูมิน้ำที่ใช้ทดสอบ 28 °C
เตาตัวอย่าง	15	460	760	19.25	

ตารางที่ 72 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ กับเตาตัวอย่างที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

ชนิดเตา	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (C)	อุณหภูมิน้ำเดือด (C)	จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	จำนวนน้ำที่ระเหย (กรัม)	อุณหภูมิ ผิวเตา (C)		อุณหภูมิก๊าซร้อน (C)
					ภายนอก	ภายใน	
เตาต้นแบบ	28	100	440	1420	118	670	408
เตาตัวอย่าง	28	100	460	760	250	357	300

จากตารางที่ 71,72 เป็นผลของการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยกับจำนวนความร้อนที่ใช้ไป พบว่าเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ ให้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ 30.34 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เตาตัวอย่างปิ้ง-ย่างท้องตลาด ให้ประสิทธิภาพสูงสุด 19.25 เปอร์เซ็นต์ ที่เงื่อนไขการทดสอบเดียวกัน พบว่าปริมาณงานที่ได้จากการเตาปิ้งย่างต้นแบบ คือจำนวนน้ำระเหย

Copyright by Mahidol University

มีค่า 1420 กรัม ซึ่งมากกว่าเตาตัวอย่างที่ไม่ได้มีการปรับปรุง ที่ได้ค่าจำนวนน้ำระเหย 760 กรัม แต่ใช้เชื้อเพลิงจำนวน 460 กรัมขณะที่เตาปิ้งย่างต้นแบบใช้เชื้อเพลิงเพียง 440 กรัม

4.6 การวิเคราะห์และสรุปผล

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบแล้วทำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ต้นทุนการผลิต และเปรียบเทียบการประหยัดเชื้อเพลิงระหว่าง เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบกับเตาตัวอย่างดังนี้

4.6.1 สรุปผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ กับเตาตัวอย่างท้องตลาด โดยคำนวณค่าความร้อนจากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแล้วบันทึกลงตาราง

ตารางที่ 73 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปิ้ง -ย่างต้นแบบกับเตาตัวอย่าง

ชนิดเตา	การสูญเสียความร้อน (J)			Qu
	Qc	Qr	Qs	(J)
เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ	250.647	128.176	1135.20	4,411.66
เตาปิ้ง -ย่างตัวอย่างท้องตลาด	698835.45	83.399	1504.20	2,922.04

จากตาราง กำหนดเงื่อนไขการทดสอบ ใช้ถ่านไม้สะเดาที่ค่าความร้อน 7511 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ไม้เชื้อจุดไฟ เป็นไม้สนน้ำมัน ค่าความร้อน 4280 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ทำการจุดไฟพร้อมกัน ในห้องทดสอบที่ไม่มีลมพัดผ่าน

ผลการทดสอบพบว่าค่าการสูญเสียความร้อนที่คำนวณได้ จากการนำความร้อน(Qc) พบว่าเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบมีค่าการสูญเสียความร้อน 250.65 จูล น้อยกว่าเตาปิ้ง-ย่างตัวอย่างท้องตลาด ที่มีค่าการสูญเสีย 698835.45 จูล ค่าการสูญเสียความร้อนที่สะสมในผนังเตา(Qs) เตาต้นแบบปิ้งย่างมีการสูญเสีย 1135.20 จูล น้อยกว่าเตาปิ้ง-ย่างตัวอย่างท้องตลาด ที่มีค่าการสูญเสีย 1504.20 จูล สำหรับค่าการสูญเสียโดยการแผ่รังสีพบว่า เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบมีค่าการสูญเสีย 128.17 จูล สูงกว่าเตาปิ้ง-ย่างตัวอย่างท้องตลาด ที่มีค่าการสูญเสียความร้อน 83.39 จูล แต่ที่ค่าความร้อนใช้ประโยชน์(Qu) พบว่าเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบมีค่าสูง ถึง 4411.66 จูล และเตาปิ้ง-ย่างตัวอย่างท้องตลาด ได้ค่าความร้อนใช้ประโยชน์ (Qu) เพียง 2922.04 จูลเท่านั้น ซึ่งทำให้เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบที่ได้มีการปรับปรุงแล้วจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุง

Copyright by Mahidol University

4.6.2 เปรียบเทียบด้านต้นทุนการผลิต

หลังจากที่ได้รูปแบบของเตาแล้ว ได้นำแบบเตาปิ้ง-ย่างที่ได้ปรับปรุงแล้วให้ผู้ประกอบการผลิตเตาอั้งโล่และร้านเชื่อมโลหะ ทดลองผลิต พบว่ามีราคาค่าต้นทุนการผลิตดังนี้

ตารางที่ 74 เปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบกับเตาที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

ประเภทเตา	ค่าวัสดุ			ค่าแรง (บาท)	รวมราคา (บาท)
	ตัวเตา	ตะแกรง	ฉนวน		
1.เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ	38	16	1	25	80
2.เตาปิ้ง-ย่างตัวอย่างท้องตลาด	198	25	-	100	323

จากตาราง พบว่าราคาต้นทุนรวมค่าแรงผลิตเตาปิ้งย่างต้นแบบ จะมีราคารวมค่าแรง ในการผลิตเป็นเงิน 80 บาท แต่เตาปิ้ง-ย่างที่ทำจากเหล็กแผ่น จะมีราคารวมค่าแรงในการผลิต เป็นเงิน 323 บาท ซึ่งสูงกว่าเตาต้นแบบประมาณ ร้อยละ 24.77

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีการผลิตเตาปิ้งย่างต้นแบบเพื่อวางจำหน่ายเพื่อการค้าในอนาคต

4.6.3 สรุปผลเปรียบเทียบด้านการประหยัดเชื้อเพลิง

สามารถทำการเปรียบเทียบการประหยัดเชื้อเพลิงโดยการวิธีคำนวณจากสมรรถนะและประสิทธิผล ของเตาจากการทดสอบและใช้งานจริง

1.) คำนวณหาค่าสมรรถนะของเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ จากการนำค่าประสิทธิภาพของเตาทั้ง 2ตัวอย่างมาคำนวณหาสัดส่วนประหยัดที่เกิดจากการใช้เตาปิ้งย่างต้นแบบเปรียบเทียบกับเตาที่ไม้ได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยกำหนดเงื่อนไขของการคำนวณคือ สมมติ มีการใช้งานเตาปิ้ง-ย่าง 365 วัน และเตามีค่าอายุการใช้งาน 1 ปี หากใช้เตาที่ไม่ได้ทำการปรับปรุง ที่มีประสิทธิภาพ 19 เปอร์เซ็นต์ ใช้งานวันละ 10 ชั่วโมง (8.00-18.00 น.) สิ้นเปลืองถ่านวันละ 8กิโลกรัมราคาถ่านไม้กิโลกรัมละ 5 บาท สามารถคำนวณสมรรถนะของเตาได้ดังนี้

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 75 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี จากการใช้เตาปิ้ง- ย่างที่วิจัย

ชนิดเตา	ประสิทธิภาพ (%)	จำนวนถ่านที่ใช้ต่อปี (ก.ก)	ราคาถ่านที่ใช้ต่อปี (บาท)	ราคาถ่านที่ประหยัดได้ต่อปี(บาท)	ราคาเตา (บาท)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ (บาท)
เตาตัวอย่าง	19	2920	14,600.00	-	323	-
เตาต้นแบบ	30	1849.33	9,246.00	5,354.00	104	5,250.00

หมายเหตุ ถ่านไม้ ราคากิโลกรัมละ 5 บาท เตาปิ้ง - ย่าง ต้นแบบมีอายุใช้งานเฉลี่ย 1 ปี

สัดส่วนประหยัด = (ประสิทธิภาพเตาตัวอย่าง/ ประสิทธิภาพเตาต้นแบบ)จำนวนถ่านที่ใช้

จากตาราง เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เตาต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ 30เปอร์เซ็นต์ใช้เชื้อเพลิงเพียง 1844.33 กิโลกรัมต่อปี เมื่อทดลองใช้เปรียบเทียบกับเตาตัวอย่างที่ยังไม่ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพ ที่มีประสิทธิภาพเพียง 19 เปอร์เซ็นต์ จะใช้เชื้อเพลิงสูงถึง 2920 กิโลกรัม สามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ 5,250.00 บาทต่อปี

2.) คำนวณประสิทธิผลจากการใช้งานจริงในสนาม

โดยการนำเตาปิ้งย่างต้นแบบ ไปทดลองให้ผู้ประกอบการใช้ระยะเวลา 1 เดือน จำนวน 10 ราย จากนั้นจึงประเมินผลโดยใช้จากการสอบถาม ซึ่งมีผลการใช้ดังนี้

ตารางที่ 76 แสดงผลการทดลองใช้เตาปิ้ง ย่างต้นแบบที่ปรับปรุงเทียบกับเตาแบบเดิม

ลำดับที่ ผู้ใช้	ชนิดปิ้ง-ย่าง	ระยะเวลาที่ใช้งาน(ชม.)	จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้/วัน		ความพึงพอใจในการใช้		ความพึงพอใจในการใช้	
			เตาต้นแบบ	เตาแบบเดิม	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ
1	ลูกชิ้น	6	4	6	-	/	/	-
2	ลูกชิ้น	6	4	6	-	/	/	-
3	ปลาหมึกสด	8	5	7	-	/	/	-
4	ลูกชิ้น	6	3.8	6	-	/	/	-
5	หมูสะเต๊ะ	4	3	4	-	/	/	-
6	ไก่ย่าง	8/	3.5	5	/	-	-	/*
7	ไก่ย่าง	8	3.5	5	/	-	-	/*
8	ไส้กรอก	9	3	5	/	-	-	/*
9	ไส้กรอก	9	3	5	/	-	-	/*
10	ปลาหมึกสด	6	4	6	-	/	/	-

Copyright by Mahidol University

จากตาราง ค่าลำดับที่ 6*-9* มีข้อเสนอแนะว่า ไฟแรงเกินไป ทำให้วัสดุที่ปิ้งไหม้แต่จากตาราง พบว่า ค่าเฉลี่ยของเชื้อเพลิงที่ใช้กับเตาปิ้งย่างต้นแบบ จำนวน 3.68 กิโลกรัม และเตาตัวอย่างท้องตลาดใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 5.5 กิโลกรัม ดังนั้นหากมีการนำเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบไปใช้จะทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 66.7

สำหรับสาเหตุที่ผู้ใช้ 4 รายไม่พอใจเนื่องมาจากเตาที่ใช้ความร้อนสูงมากกว่า 500 องศาเซลเซียส แต่ความต้องการในการปิ้งชิ้นงานบางประเภทเช่นไก่ย่างและใส้กรอก จะใช้ความร้อนไม่เกิน 400 องศาเซลเซียส

Copyright by Mahidol University

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัย เรื่องการสร้างเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ และศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างเตาปิ้งย่างต้นแบบที่มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับสร้างและคัดเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างตัวเตา จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถวิจารณ์ผลการวิจัยเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการหารูปแบบที่เหมาะสมและศึกษาประสิทธิภาพความร้อน กับส่วนของการทดลองผลิตและใช้งานเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ

5.1.1 ส่วนของการหารูปแบบที่เหมาะสมและศึกษาประสิทธิภาพความร้อน

ซึ่งจากการวิจัยพบว่าขนาดของรูปทรงเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบที่เหมาะสมคือเตาที่มีขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร ความยาว 50 เซนติเมตรและความสูง 15 เซนติเมตร ขนาดช่องอากาศเข้าด้านหน้า 180 ตารางเซนติเมตรและระยะห่างตะแกรงรังผึ้งถึงปากเตา 4 เซนติเมตร และจากการทดสอบพบว่าที่ขนาดสัดส่วนดังกล่าวได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพสูงสุดคือ 23.76

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงได้ใช้ขนาดขนาดของเตาที่ได้จากการทดสอบไปทำการสร้างประกอบเป็นตัวเตาต้นแบบ เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งาน โดยเลือกจากวัสดุ 3 ประเภท พบว่าตัวเตาที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอทแลนด์ ผสมกับเถ้าแกลบดำและทราย อัตราส่วน 1:0.75:1 โดยปริมาตร สามารถใช้สร้างเป็นตัวเตาได้อย่างเหมาะสม รองลงมาคือวัสดุที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบ แต่จากการศึกษาประสิทธิภาพความร้อนพบว่าตัวเตาที่ทำจากเหล็กแผ่น สูญเสียความร้อนมากกว่า ตัวเตาที่ทำจากซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมเถ้าแกลบดำและทราย ซึ่งให้ค่าความร้อนใช้งาน 4411.66 จูลซึ่งมากกว่าตัวเตาที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อม

5.1.2. ส่วนของการผลิตและการใช้งาน

ส่วนของการผลิตได้ทำการเปรียบเทียบราคาต้นทุนต่อหน่วยพบว่าเตาต้นแบบมีราคาแตกต่างจากเตาเหล็กแผ่นประกอบที่มีจำหน่าย 168 บาทต่อเตา 1 ใบ ซึ่งเป็นราคาที่ยังไม่รวมค่าแรงและกำไร ถ้ารวมราคาค่าแรงแล้ว ราคาเตาต้นแบบจะมีราคา 80 บาท แต่เตาที่ทำจากเหล็กแผ่นประกอบจะมีราคารวมทั้งสิ้น 323 บาท

ดังนั้นหากมีการผลิตเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบจะมีราคาขายที่ 104 บาท ที่กำไรต่อหน่วยจำนวน 30 % หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบไปให้ผู้ประกอบอาชีพปิ้งย่างทดลองใช้งาน จำนวน 10 ราย โดยผู้วิจัยได้แนะนำการใช้เตาให้ผู้ใช้ทราบ เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้ตัวอย่างเกรงว่าเตาต้นแบบจะไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากใส่เชื้อเพลิงได้น้อยกว่าเตาที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป ซึ่งจากการ

Copyright by Mahidol University

ใช้งานระยะเวลา 1 เดือน จึงทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้เพื่อเปรียบเทียบกับเตาที่ใช้อยู่เดิม พบว่าจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ 10 รายมีความพอใจรูปแบบของเตาและการใช้งานเตาต้นแบบ 6 ราย ไม่พอใจ 4 รายซึ่งให้เหตุผลว่าไฟแรงเกินไป ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มของสินค้าประเภทใส้กรอก ซึ่งต้องใช้ความร้อนไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส แต่สำหรับในกลุ่มของสินค้าประเภทลูกชิ้น ปลาหมึกย่าง และหมูสะเต๊ะ มีความพอใจจำนวน 6 ราย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาการวิจัย

5.2.1.1ปัญหาในการสำรวจและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม เนื่องจากผู้ประกอบการสามารถเคลื่อนย้ายเตาไปตามแหล่งค้าขายต่าง ทำให้การรวบรวมข้อมูลและตรวจวัดอาจผิดพลาดได้

5.2.1.2 ปัญหาในการทดสอบ พบว่าขนาดของเตา ที่มีขนาดแตกต่างไปจากกลุ่มตัวอย่างจะไม่สามารถนำมาทดสอบประสิทธิภาพได้ เนื่องจากไม่มีภาชนะที่เหมาะสม นอกจากนี้เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบก็มีความสำคัญ คือจะต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะทดสอบจนเสร็จงาน และต้อง ทราบค่าความร้อนด้วยเพื่อความสะดวกในการคำนวณ ขนาดของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบจะต้องมีขนาดเฉลี่ยใกล้เคียงกันเพื่อให้การติดไฟสามารถติดไฟได้พร้อมๆกัน

กระบวนการสร้างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ ปัญหาที่พบมากที่สุดคือเมื่อเตามีการใช้งานเป็นเวลานานๆ จะพบได้ว่าเตาอาจแตกร้าวได้ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเตาพังสามารถแก้ไขโดยการเสริมลวดในเนื้อเตา การใส่ถังเปลือกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและยืดอายุการใช้งาน และปัญหาที่เกิดจากเตาพังก่อนกำหนดได้

5.2.1.3 ชั้นตะแกรงรังผึ้งที่ใช้ในการศึกษาวิจัยทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบมีความหนา 4 เซนติเมตร ซึ่งตะแกรงที่มีความยาวมากๆ จะมีข้อเสียแตกหักง่าย ดังนั้นการเผาชั้นรังผึ้งให้สุกจะช่วยลดปัญหาจากการชำรุดแตกหักได้

5.2.1.4 จากการใช้งานจริง พบว่าความเคยชินทำให้ผู้ใช้เตา เติมจำนวนเชื้อเพลิงตามปริมาณที่เคยใช้ปกติ ทำให้ความร้อนที่ได้มากกว่าความต้องการใช้จริง และส่งผลทำให้วัสดุที่ปิ้งหรือย่างไหม้ได้

5.2.1.5 ปัญหาในการควบคุมความร้อนจากการใช้งาน พบว่าความร้อนที่สูงไม่สามารถใช้ได้กับวัสดุบางชนิดได้เช่น ใส้กรอก และไก่ย่าง ซึ่งต้องการความร้อนใช้งานไม่เกิน 400 องศาเซลเซียสที่ผิวตะแกรง

5.2.1.6 ปัญหาเรื่องความสวยงามน่าใช้ พบว่าเตาต้นแบบ ยังจะต้องมีการปรับปรุงในเรื่องของความสวยงามและสะดวกในการใช้งานและเคลื่อนย้าย

Copyright by Mahidol University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในส่วนของการสรุปผลการวิจัยนั้นสามารถสรุปได้ 2 ส่วนสำคัญคือ สรุปผลด้านการหารูปแบบของเตาปิ้ง - ย่างที่เหมาะสม และส่วนของการสร้างประกอบเตาปิ้ง - ย่าง ต้นแบบโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งาน

6.1.1 สรุปผลการวิจัยเพื่อหารูปแบบของเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ

ซึ่งจากการวิจัยพบว่าขนาดของรูปทรงเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบที่เหมาะสมคือเตาที่มีขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร ความยาว 50 เซนติเมตรและความสูงรวม 15 เซนติเมตร ขนาดช่องอากาศเข้าด้านหน้า 180 ตารางเซนติเมตรและระยะห่างตะแกรงรังผึ้งถึงปากเตา 4 เซนติเมตร และจากการทดสอบพบว่าที่ขนาดสัดส่วนดังกล่าวได้ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนน้ำระเหยต่อเชื้อเพลิงที่ใช้สูงสุดคือ 23.

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงได้ใช้ขนาดขนาดของเตาที่ได้จากการทดสอบไปทำการสร้างประกอบเป็นตัวเตาต้นแบบ เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

6.1.2 สรุปผลการสร้างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบ

หลังจากที่ได้หาขนาดที่เหมาะสมของเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบแล้วผู้ทำวิจัยจึงได้ทำการสร้างประกอบเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบขึ้น โดยใช้วัสดุในการสร้างตัวเตา 3 ประเภท คือใช้เหล็กแผ่นประกอบเป็นตัวเตา ใช้รังผึ้งเป็นดินเผาที่เปอร์เซนต์รูรังผึ้ง 45 % ของพื้นที่เผาไหม้ และใช้ซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมทรายละเอียดและเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1: 1:0.75 โดยน้ำหนัก เป็นส่วนผสม กับเตาที่สร้างจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการสร้างเตาต้นแบบ และทำการเปรียบเทียบการใช้งานและทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า ตัวเตาที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ มีประสิทธิภาพใช้งาน 36 % แต่มีรอยแตกร้าวขณะใช้งาน รองลงมาคือเตาที่ทำจากซีเมนต์ผสมทรายและเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1:1:0.75 พบว่ามีประสิทธิภาพใช้งาน 30 % และไม่มีรอยแตกร้าว กับเตาที่สร้างจากเหล็กแผ่นประกอบ พบว่ามีประสิทธิภาพใช้งาน 29 % ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงเลือกใช้วัสดุชนิดที่ 2 ในการสร้างเตาต้นแบบ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบที่ 3 และไม่มีรอยแตกร้าวเหมือนวัสดุชนิดที่ 1 นอกจากนี้ข้อดีของการเลือกใช้วัสดุชนิดนี้คือเมื่อสร้างเสร็จแล้วไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเผาให้สุกก่อนนำไปใช้ และเป็นวัสดุที่หาและสร้างประกอบง่ายกว่าวัสดุชนิดที่ 3 และยังมีราคาถูก

Copyright by Mahidol University

6.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าความร้อน

จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อนำเตาปิ้งย่างต้นแบบไปทดสอบเปรียบเทียบกับเตาตัวอย่างที่คัดเลือกตามตารางที่ 12 พบว่าเตาต้นแบบมีการสูญเสียความร้อนน้อยกว่าเตาตัวอย่างท้องตลาด แต่มีค่าความร้อนใช้งานสูงสุด 4411.66 จูล

6.1.4 สรุปผลด้านการใช้งาน

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบด้านประสิทธิภาพใช้งานของเตาปิ้งย่างต้นแบบแล้ว ได้นำตัวอย่างเตาปิ้ง - ย่างต้นแบบไปให้ผู้ประกอบอาชีพปิ้งย่างทดลองใช้งาน จำนวน 10 รายโดยผู้วิจัยได้แนะนำการใช้เตาให้ผู้ใช้ทราบ เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้ตัวอย่างเกรงว่าเตาต้นแบบจะไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากใส่เชื้อเพลิงได้น้อยกว่าเตาที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป ซึ่งจากการใช้งานระยะเวลา 1 เดือน จึงทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้เพื่อเปรียบเทียบกับเตาที่ใช้อยู่เดิม พบว่าจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ 10 รายมีความพอใจรูปแบบของเตาและการใช้งานเตาต้นแบบ 6 ราย ไม่พอใจ 4 รายซึ่งให้เหตุผลว่าไฟแรงเกินไป ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มของสินค้าประเภทไส้กรอก ซึ่งต้องใช้ความร้อนไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส แต่สำหรับในกลุ่มของสินค้าประเภทลูกชิ้น ปลาหมึกย่าง และหมูสะเต๊ะ มีความพอใจจำนวน 6 ราย

6.1.2.4 สรุปผลด้านราคาต้นทุนการผลิต

จากตารางที่ 14 ได้ทำการเปรียบเทียบราคาต้นทุนต่อหน่วยพบว่าเตาต้นแบบมีราคาแตกต่างจากเตาเหล็กแผ่นประกอบที่มีจำหน่าย 168 บาทต่อเตา 1 ใบ ซึ่งเป็นราคาที่ยังไม่รวมค่าแรงและกำไร ถ้ารวมราคาค่าแรงแล้ว ราคาเตาต้นแบบจะมีราคา 80 บาท แต่เตาที่ทำจากเหล็กแผ่นประกอบจะมีราคารวมทั้งสิ้น 323 บาท

ดังนั้นหากมีการผลิตเตาปิ้ง-ย่างต้นแบบจะมีราคาขายที่ 104 บาท ที่กำไรต่อหน่วยจำนวน 30 %

6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไป

6.2.1การศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความร้อนให้กับอากาศที่จะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ภายในตัวเตาซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อมีการใช้งานเตาปิ้ง - ย่างเป็นเวลานาน วัสดุที่ใช้ทำผนังเตายังสามารถนำความร้อนได้ดังนั้นการออกแบบให้อากาศเย็นเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ ซึ่งจะช่วยลดความร้อนสูญเสียจากผนังเตาได้

6.2.2 ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมด้านพฤติกรรมการใช้งาน เตาปิ้ง-ย่างต้นแบบ เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการใช้เชื้อเพลิงเท่านั้น

6.2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำไปใช้ ในระยะเวลานานๆเช่นความสะดวก ในการเคลื่อนย้าย ความทนทานต่อการใช้งาน

Copyright by Mahidol University

เอกสารอ้างอิง

1 Aroon Chomcharn Improved Biomass Cooking Stove For Household use Forest Products Research Division Royal Forest Department Ministry of Agriculture and Cooperatives

2. Ajith Kumar Gopalakrishnan, Cook Stove Technology and Information package Tata Energy Research Institute ,Ducumentation Center Bombay, November,1985

3. Yildiz Bayazitoglu , M. Necati Ozisik Element of heat transfer ,1988

4. Foley,G. and Moss,P.and Kihrli,H. Improved cooking stoves in Developing Countries, Earthscan,Energy Information Programme,Technical Report No.2,ITED,London,1983

5. Koopmans,Auke, Thailand Improved charcoal Bucket stove Technology and dissemination Regional Energy Resourses Information Center (RERIC), Asian Institute of Technology Bankok,July 1993

6. Micuta, W. Modern stoves for all Intermidiate Technology Publications in association with the Bellerive Foundation,1985

7. Testing the efficiency of wood-burning cookstoves originally prepared from proceeding of ameeting of experts convened in Decemmber 1982 by Volunteers in technical assistance (VITA) , MAY 1985

8. Technical aspects of woodburning cookstoves A report from the woodburning stovegroup Departments of Applied Physics and Mechanical Engineering Eindhoven University of Technology and Division of Technology for Society,TNO Apeldorn The Netherlands,September 1983

9. กานดา พูนลาภทวี สถิติเพื่อการวิจัย ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิมพ์ครั้งที่ 1, 2530 พิมพ์ที่ หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

10. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนและพัฒนาเตาเผาชีวมวลในอุตสาหกรรมชนบท ประจำปีงบประมาณ 2537,2539

11. ชัยสิทธิ์ เฉลิมมีประเสร็จ สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 1,2537 จัดพิมพ์โดย ธนพร

Copyright by Mahidol University

12. ชวลิต อุรพีพัฒนพงศ์ การศึกษาเศรษฐกิจการผลิตการจำหน่ายและบริโภคถ่าน ปี 2525 ฝ่ายเศรษฐกิจป่าไม้ กองแผนงานกรมป่าไม้ พิมพ์ที่โรงพิมพ์ฝ่ายแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศและดาวเทียม กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้

13. ณรงค์ เพ็งปรีชา การทำเตาอั้งโล่ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,2525

14. ธงชัย จารุพพัฒน์ วิเคราะห์สถานการณ์ป่าไม้ของประเทศไทยจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat สำนักงานรังวัดและแผนที่ กรมป่าไม้,สิงหาคม 2535

15. นิยม จันทร์เทพา,ธีระ มนัสธรรม คู่มือการผลิตและใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน พิมพ์ครั้งที่ 1,2527 พิมพ์ ที่ หจก.ฟันนี่พับบลิชชิ่ง

16. ปราการ บุญช่วยดี,ชุมนุม ปุญวัฒโท,เสรี กังวานกิจ,สำราญ ปทุมมานนท์รายงานการพัฒนาเตาต้มปอสาในกระบวนการผลิตกระดาษสา กองค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน สำนักงานพลังงานแห่งชาติ

17. อรุณ ชมชาญ,วินัย ปัญญาธัญญะ,ทรงธรรม ใจกว้าง,อาคม เวทย์สุภาสุข, ประมุข ทิชากร พลังงานจากไม้(5)การทดสอบประสิทธิภาพใช้งานของเชื้อเพลิงกับเตาอั้งโล่ การประชุมกรมป่าไม้ 2534 สาขาวนศาสตร์ 23-27 พ.ย 34 โรงพิมพ์อักษรไทย

18. ศูนย์พัฒนาและเผยแพร่พลังงาน จังหวัดเชียงใหม่ การศึกษาผลิตเตาอั้งโล่ถ่านจากซีเมนต์, 2533

Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงการทดสอบหาค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย



Copyright by Mahidol University



รูปที่ 9 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิผนังเตาและอุณหภูมิภายใน เตา



รูปที่ 10 แสดงการเตรียมเชื้อเพลิงให้มีขนาดใกล้เคียงกันก่อนการทดสอบ

Copyright by Mahidol University

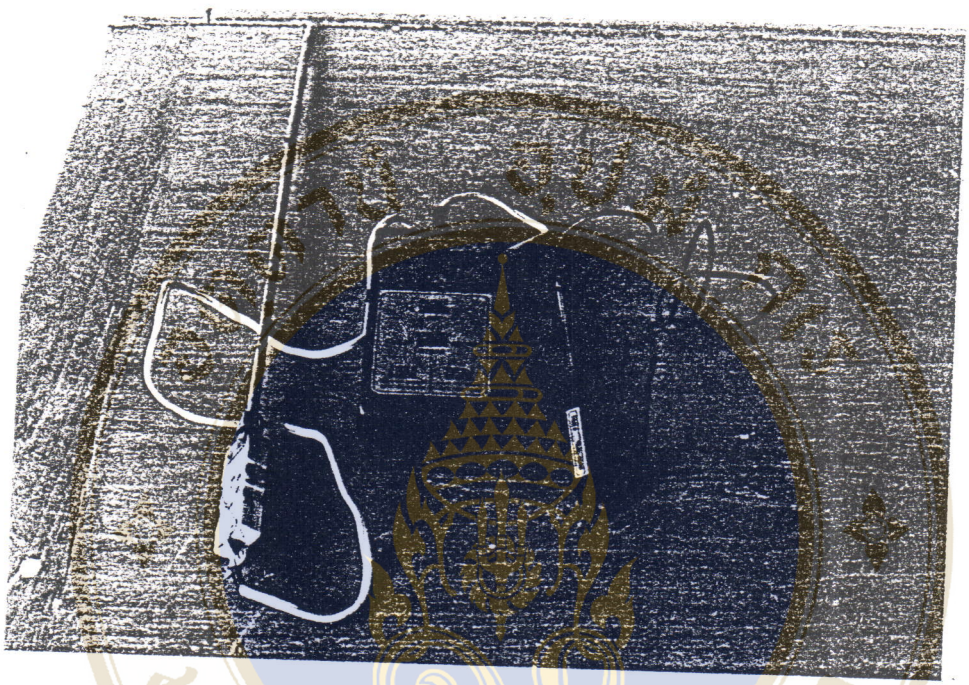


รูปที่ 11 ทำการชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง 500 กรัม

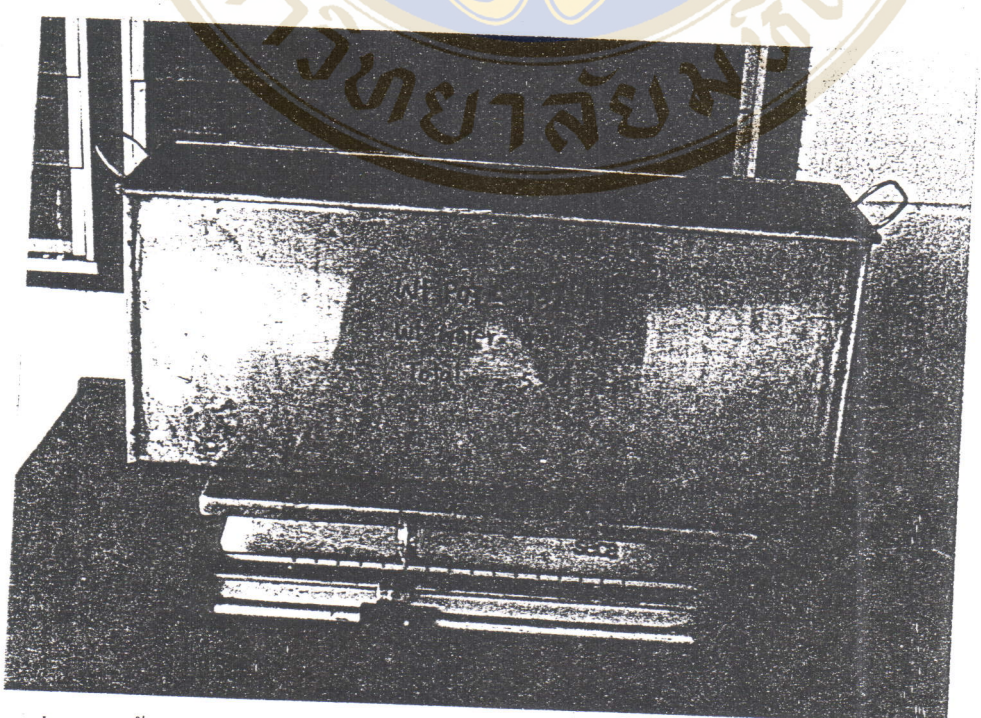


รูปที่ 12 ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้จุดไฟทดสอบหนัก 50 กรัม

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 13 แสดงเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิน้ำและผนังเตาภายใน

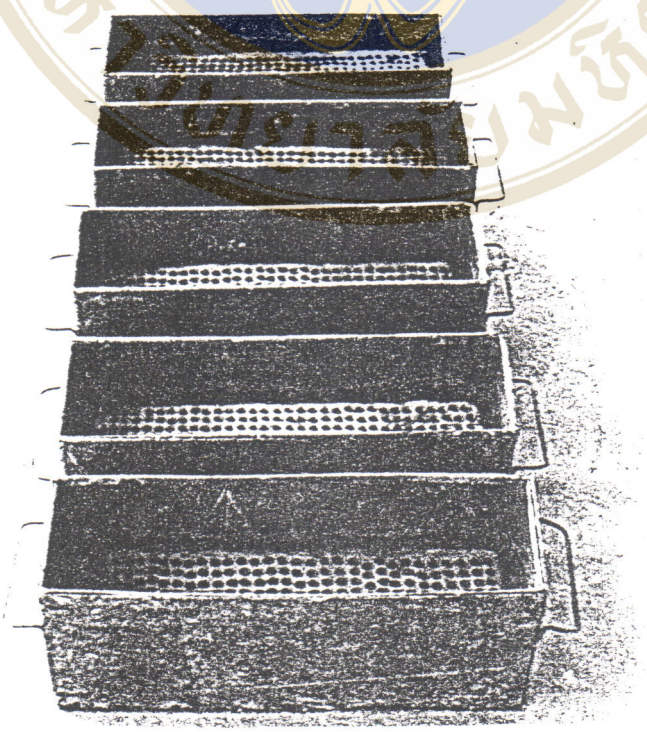


รูปที่ 14 ชั่งน้ำหนักน้ำที่ใช้ในการทดสอบ หนัก 4000 กรัม

Copyright by Mahidol University

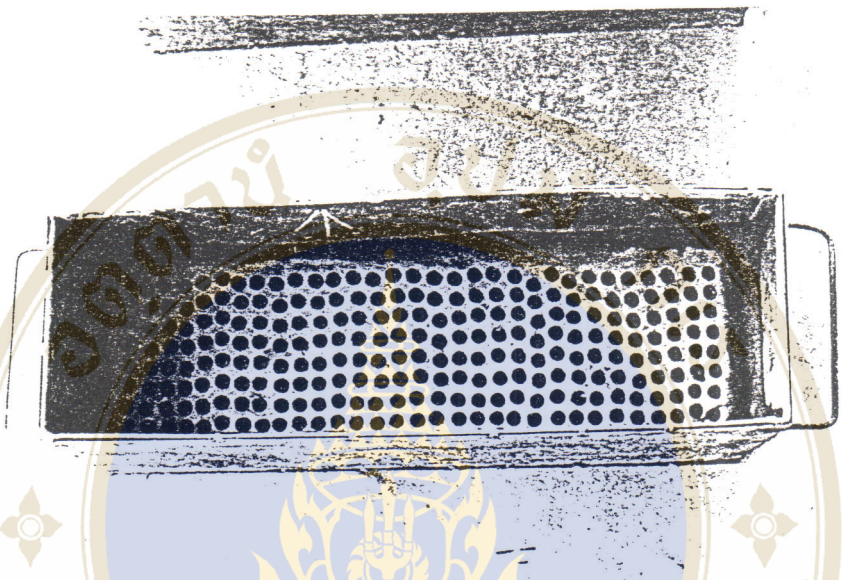


รูปที่ 15 ทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำและปรับปรุงอุณหภูมิให้เท่ากันที่ 28 องศาเซลเซียส

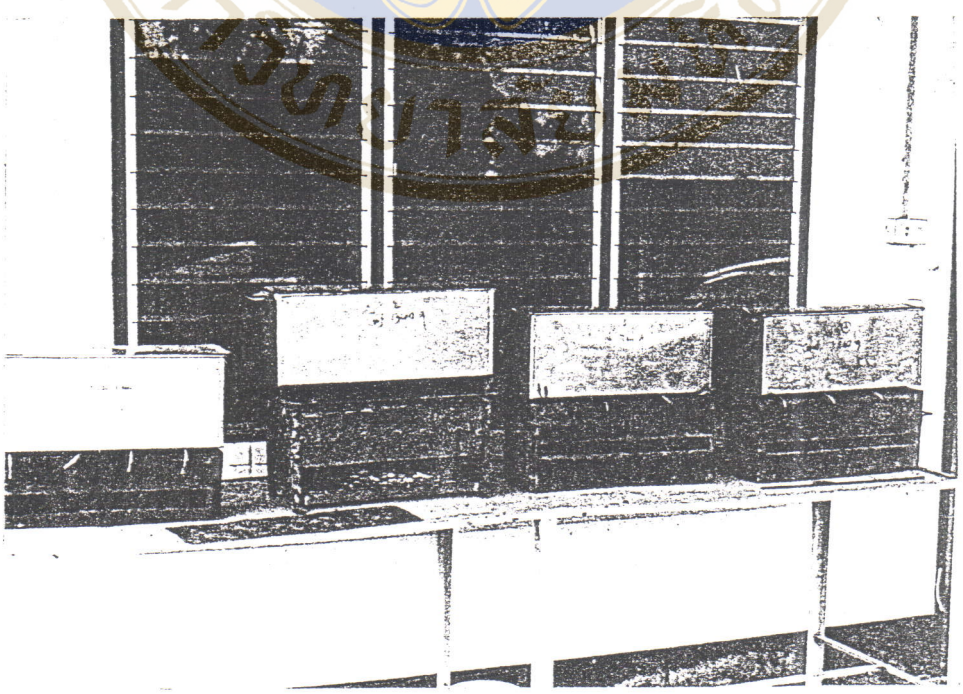


รูปที่ 16 เตรียมเตาตัวอย่างที่จะทำการทดสอบเพื่อหาค่าตัวแปรภายใน

Copyright by Mahidol University

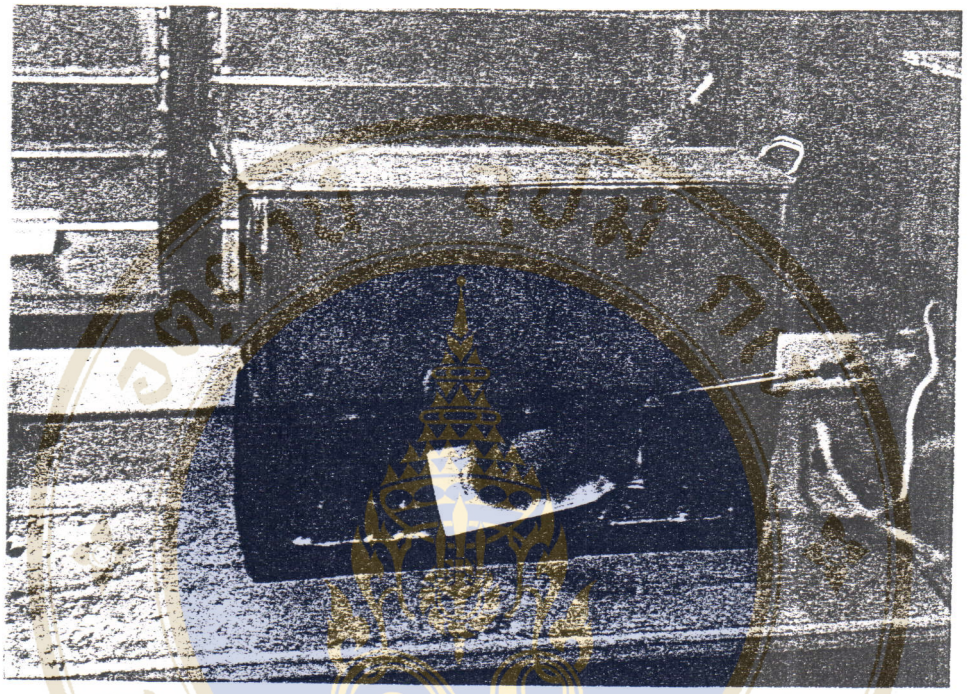


รูปที่ 17 แสดงพื้นที่เผาไหม้ที่มีรูตะแกรง 45 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตะแกรง

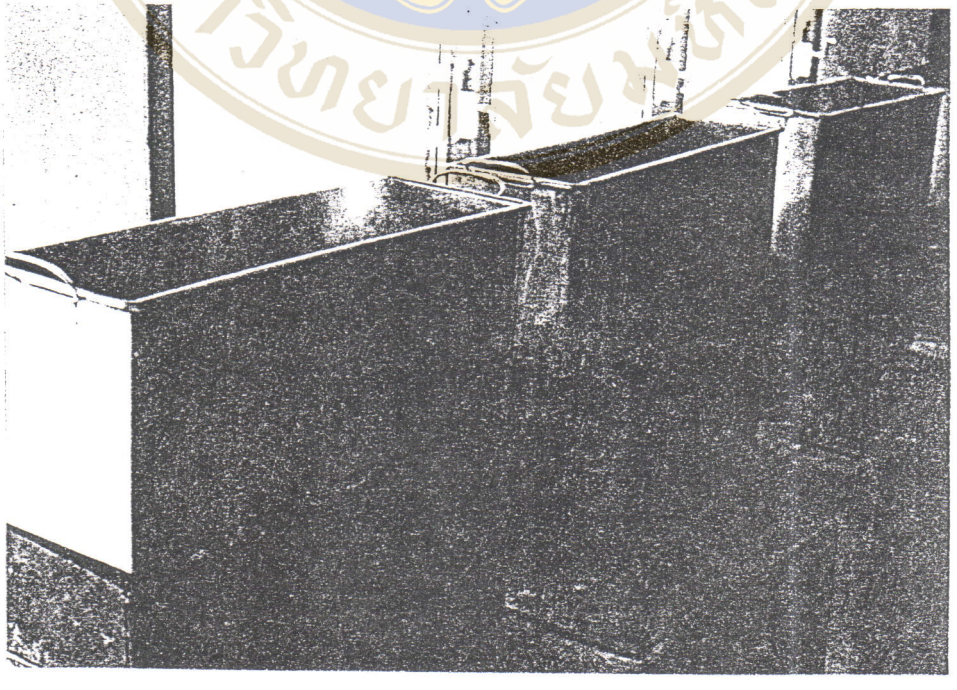


รูปที่ 18 แสดงการวางภาชนะทดสอบหลังจากเชื้อเพลิงติดไฟดีแล้ว

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 19 แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตา

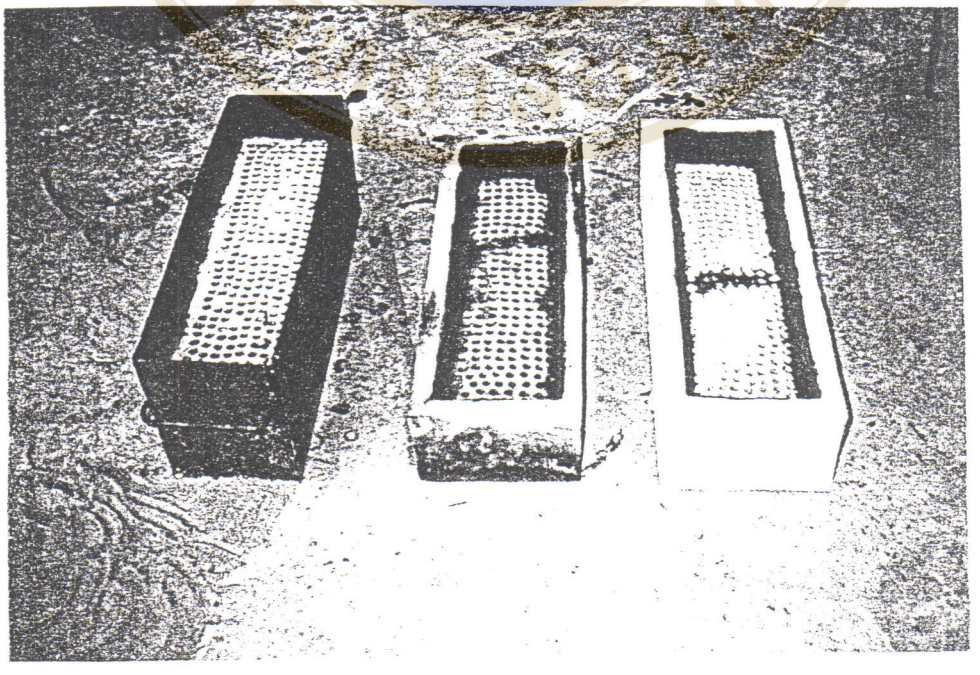


รูปที่ 20 แสดงการต้มน้ำหลังจากน้ำเดือดแล้วอีก 30 นาที

Copyright by Mahidol University

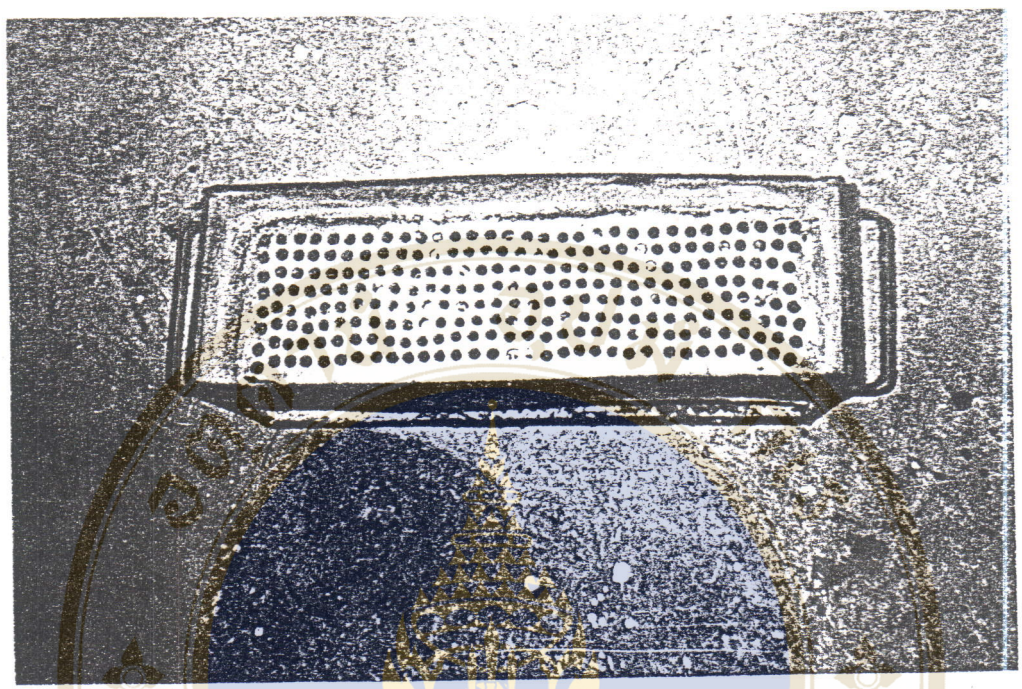


รูปที่ 21 ทำการเก็บเชื้อเพลิงที่เหลือหลังจากต้มน้ำแล้วเพื่อนำไปคำนวณหาเชื้อเพลิงที่ใช้งาน

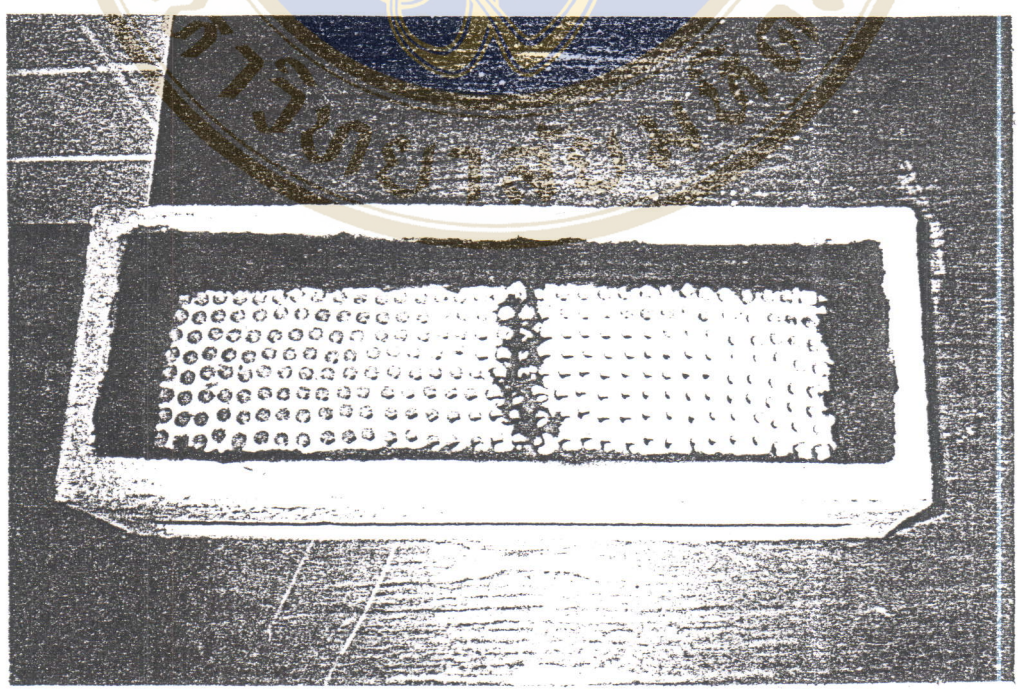


รูปที่ 22 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่สร้างจากวัสดุ 3 ประเภท

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 23 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบ

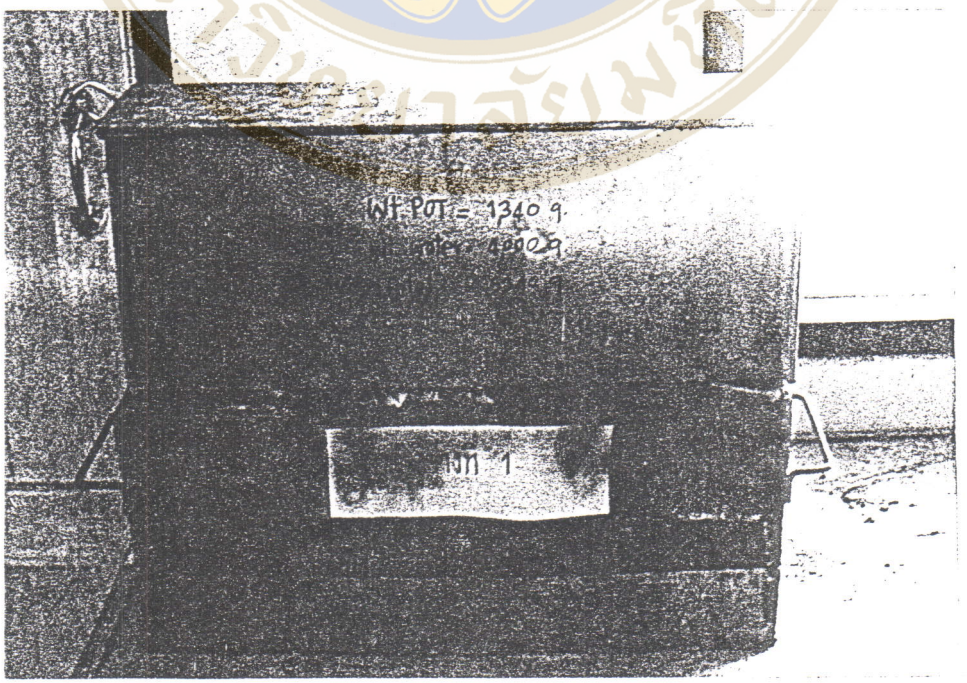


รูปที่ 24 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่ทำจากซีเมนต์ปอทแลนด์ผสมทรายและ เถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 1:1:0.75 โดยน้ำหนัก

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 25 แสดงตัวอย่างเตาต้นแบบที่ทำจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำ อัตราส่วน 2:3 โดยปริมาตร



รูปที่ 26 แสดงการทดสอบเตาต้นแบบที่ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมประกอบเพื่อคัดเลือกตัวแปรภายนอก

Copyright by Mahidol University

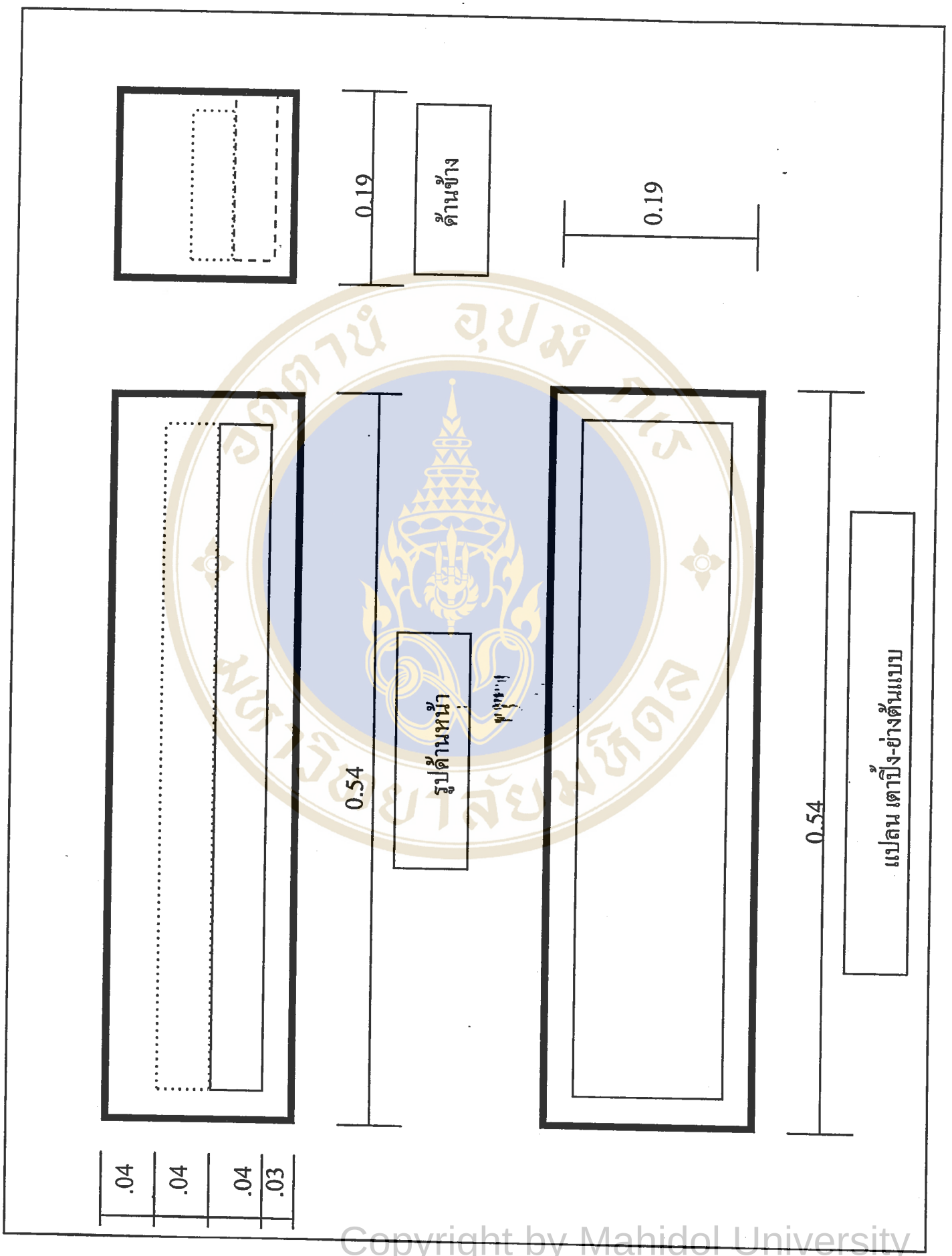


รูปที่ 27 แสดงการทดสอบเตาต้นแบบที่ทำจากส่วนผสมซีเมนต์ปอทแลนด์ทรายและเถ้าแกลบดำเพื่อคัดเลือกวัสดุสร้างตัวเตา



รูปที่ 28 แสดงการทดสอบเตาต้นแบบที่ทำจากส่วนผสมดินเหนียวผสมเถ้าแกลบดำเพื่อคัดเลือกวัสดุที่ใช้สร้างตัวเตา

Copyright by Mahidol University



Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ข

แสดงตัวอย่างการคำนวณ

Copyright by Mahidol University

ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพา (Heat Convection ,Qc)

จากสมการ $Qc = \bar{h} A(T_1-T_2)$ ---------- (2.1)

Qc = ปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพา

$\bar{h}$ = สัมประสิทธิ์ของการพาความร้อน ($W/m^2 k$)

A = พื้นที่ผิวของเตา m^2

T_1= อุณหภูมิผิวของเตาเผา $^\circ k$

T_2= อุณหภูมิของอากาศ $^\circ k$

ตัวอย่างการคำนวณ

เตาต้นแบบ

$\bar{h}$ = 14.5 w/m^2K

A= 0.201 m^2

T1= 391 K

T2= 305 K

Qc = 250.647 W

เตาตัวอย่าง

$\bar{h}$ = 19666.67 w/m^2K

A = 0.163 m^2

T1= 523 K

T2= 305 K

Qc= 698835.45 W

ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสี (Heat Radiation , Qr)

$Qr= \delta (T_1^{\ 4}-T_2^{\ 4})/ [(1-E_1)/E_1 A_1] + (1/A_1F_{1,2}) + (1-E_2)/E_2A_2$ ---------- (2.2)

Qr = ปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสี

δ = ค่าคงที่ของ Stefan - Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} W/ m^2 k^4$)

E_1= ค่า Emissivities ของผนังเตาเผา

E_2= ค่า Emissivities ของอากาศ

A_1= พื้นที่ผิวของผนังเตาเผา m^2

A_2= พื้นที่ผิวของอากาศ (α) และ $F_{1,2}$ = View factor (1)

Copyright by Mahidol University

ตัวอย่างการคำนวณ

<u>เตาต้นแบบ</u>

$\delta = 5.67 \times 10^{-8} W/m^2 k^4$

T1 = 391 K

T2 = 305 K

$\varepsilon 1 = 0.93$

$\varepsilon 2 = 0.7$

$A1 = 0.201\ m^2$

$A2 = 0.369\ m^2$

$F_{1,2} = 1$

Qr = 128.176 W

<u>เตาตัวอย่าง</u>

$\delta = 5.67 \times 10^{-8} W/m^2 k^4$

T1 = 523 K

T2 = 305 K

$\varepsilon 1 = 0.14$

$\varepsilon 2 = 0.7$

$A1 = 0.163\ m^2$

$A2 = 0.345\ m^2$

$F_{1,2} = 1$

Qr = 83.399 W

<u>ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการสะสมในผนังเตาเผา (Heat Stored in Stove , Qs)</u>

$Qs = MCp\,\Delta T$ ---------- (2.3)

Qs = ปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการสะสมในผนังเตา

M = มวลของผนังเตา kg

Cp = ความจุความร้อนจำเพาะ J/kg.k

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังเตาเผาก่อน และหลังการติดไฟ

Copyright by Mahidol University

ตัวอย่างการคำนวน

<u>เตาต้นแบบ</u>

M = 15 kg

Cp = 0.88 J/kg.k

ΔT = 86 C

Qs = 1135.2 kj

<u>เตาตัวอย่าง</u>

M = 13 kg

Cp = 0.46 J/kg.k

ΔT = 218 C

Qs = 1504.2 kj

<u>ความร้อนใช้ประโยชน์ (Heat Utilization Efficiency .Qu)</u>

$Qu = M_1C_p(Tb-Ti)+M_2L$ ---------- (2.4)

Qu = ความร้อนใช้ประโยชน์ J

M_1= มวลวัสดุ kg

M_2= มวลของน้ำที่ระเหยไป kg

Cp= ความจุความร้อนของวัสดุ kj /kg°C

Tb= อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C

Ti= อุณหภูมิเริ่มต้น °C

L= ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ kj/ kg

ตัวอย่างการคำนวณ

<u>เตาต้นแบบ</u>

M_1= 4.00kg

M_2= 1.42 kg

Cp= 4.19kj /kg°C

Tb= อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C

Ti= อุณหภูมิเริ่มต้น 28 °C

L= ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ 2257 kj/ kg

Qu = 4411.66

Copyright by Mahidol University

<u>เตาตัวอย่าง</u>

M_1= 4.00kg

M_2= 0.76 kg

Cp= 4.19kj /kg°C

Tb= อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C

Ti= อุณหภูมิเริ่มต้น 28 °C

L= ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ 2257 kj/ kg

Qu = 2922.04 kj



Copyright by Mahidol University

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพใช้ประโยชน์

HU = {[M1* Cp (Tb - Ti) + M2* L]/Fw*He}*100

Hu = ความร้อนใช้ประโยชน์ %

M1 = น้ำหนักน้ำกรอนทดสอบ 4 กิโลกรัม

M2 = ปริมาณน้ำที่ระเหยไปหลังการทดสอบ 1.42 กิโลกรัม

Cp = ความจุความร้อนของน้ำ 1 kcal/kg

Tb = อุณหภูมิน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส

Ti = อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28 องศาเซลเซียส

L = ค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ 540

Fw = ค่าความร้อนถ่านไม้สะเดา 7511 Kcal

He = ค่าความร้อนไม้เชื้อเพลิง 4280 Kcal

แทนค่าสูตร

HU = {[4000*1*(100-28)]+(1420*540) /440*7511+50*4280}*100%

= 30.34 %

Copyright by Mahidol University

ผลการวิเคราะห์

แหล่งที่มา : จ.ศูนย์พิษณุโลก

หน่วยงานที่ขอความอนุเคราะห์ : ศูนย์ฯ พิษณุโลก

สถานที่ทดสอบ : ห้องทดลองและวิเคราะห์ ส่วนค้นคว้าฯ สศพ.

ชนิดของตัวอย่าง : ถ่านไม้สะเดา อายุ 4 ปี

วันที่ทำการทดลอง : 20/10/1997

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Calorific Carbon (%)
ถ่านไม้สะเดา (อายุ 4 ปี)	7.80	4.23	9.84	78.14	7,511.10

Basis : As Recived for Moisture, Ash, Volatile Matter and Fixed Carbon

Moisture-Free Basis for Calorific Value

Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยมหิดล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	เรืองชัย สงสำเภา
วัน เดือน ปี เกิด	26 ธันวาคม พ.ศ. 2502
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยนาท
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พ.ศ 2527-2528 บริหารธุรกิจบัณฑิต(สาขาการจัดการงานก่อสร้าง) วิทยาลัยครูพิบูลสงคราม พิษณุโลก พ.ศ 2534-2536 วิทยาศาสตรบัณฑิต(สาขาเทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ 2537-2541 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) คณะสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรศาสตร์
ทุนการศึกษา	ทุนการศึกษากองทุนน้ำมันสัญญาโรงกลั่นปิโตรเลี่ยม
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์พัฒนาและเผยแพร่พลังงาน จังหวัดพิษณุโลก กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ตำแหน่ง: นักวิชาการเผยแพร่ 5

Copyright by Mahidol University