การวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาปล่องสำหรับต้มเกลือ ชุมชนบ้านบ่อหลวง อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

Research and Technology Transfer of Salt Producing Chimney Stove for Ban Bo Luang Community, Bo Kluea District, Nan Province

ยุธนา ศรีอุดม[1]* และ เอกณัฏฐ์ กระจ่างธิมาพร[2]

[1]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก 63000

[2]นักวิจัย สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมกับเตาปล่องสำหรับต้มเกลือ รวมไปถึงถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาปล่องสำหรับต้มเกลือสู่ชุมชน โดยเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมก่อขึ้นรูปด้วยดินเหนียว ส่วนเตาปล่องสำหรับต้มเกลือทำจากอิฐมอญก่อขึ้นรูปและฉาบด้วยซีเมนต์ ตรงกลางบุด้วยฉนวนแกลบดำหนา 3 เซนติเมตร เพื่อลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตา โดยเตาทั้ง 2 แบบ สามารถวางกระทะได้ 2 ใบ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่า เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมและเตาปล่องสำหรับต้มเกลือมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 13.1% และ 16.4% ตามลำดับ โดยเตาปล่องสำหรับต้มเกลือมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น 3.3% ส่งผลให้อัตราการใช้เชื้อเพลิงลดลงเฉลี่ย 12-15 กิโลกรัม/วัน จากอัตราการใช้เชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย 259 กิโลกรัม/วัน สามารถลดรายจ่ายด้านเชื้อเพลิงเฉลี่ย 14.4 บาท/วัน และมีต้นทุนในการปรับปรุงเตา 1,545 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 107 วัน ปัจจุบันมีการปรับปรุงเตาและใช้งานจริง 3 เตา จาก 17 เตา

Abstract

This research aims to test and compare thermal efficiency of salt producing stoves between traditional stove and chimney stove, as well as transfer the technology to community. The traditional stove was constructed from clay while the chimney stove was formed by two layers of bricks coating with cement and then filled with carbonized rice husk ash in the 3cm-space between the layers, in order to reduce heat loss. Both types of stoves could accommodate 2 pans. Results showed that the traditional and chimney stoves had thermal efficiencies of 13.1% and 16.4%, respectively. Thermal efficiency of the chimney stove increased by 3.3% and led to reduction of average firewood consumption rate by 12-15Kg/day from the average consumption of 259Kg/day. As a result, the chimney stove could reduce costs of firewood by 14.4 baht/day. The chimney stove had production costs of 1,545 baht/unit and ROI period of 107 days. At present, 3 of 17 traditional stoves were improved into chimney stove.

คำสำคัญ : เตาต้มเกลือ ประสิทธิของเตาต้มเกลือ

Keywords : Salt Stove, Efficiency of Salt Stove

** ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ num_kmutt@hotmail.com โทร. 08 4483 1435*

1. บทนำ

จากสภาพความเป็นจริงเกี่ยวกับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของประชาชน โดยเฉพาะในชนบทยังนิยมใช้ฟืนและถ่านสำหรับการหุงต้มและประกอบอาหาร ซึ่งกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้รายงานว่า ปี 2542 ประเทศไทยใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7% เทียบกับการใช้พลังงานอื่น ๆ ประกอบกับพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับฟืนและถ่านได้ลดลงเหลือเพียง 25.62% ในปี 2539 (กรมป่าไม้, 2540)

บ้านบ่อหลวง อ.บ่อเกลือ จ.น่าน ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูคา คนในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพในการต้มเกลือเป็นหลัก เกลือที่ผลิตได้เป็นเกลือสินเธาว์ เตาที่ใช้สำหรับต้มเกลือเป็นเตาแบบดั้งเดิมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ตัวเตาก่อขึ้นเองทำจากดินเหนียว วางได้ 2 กระทะใบบัว ปัจจุบันชาวบ้านที่ประกอบอาชีพในการต้มเกลือนั้นจะมีปัญหาจากราคาขายเกลือถูกแต่ราคาไม้ฟืนที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีราคาที่ค่อนข้างสูงทำให้ได้ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเกลือที่ค่อนข้างต่ำ โดยแบ่งที่มาของไม้ฟืนออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 การตัดไม้ฟืนจากไร่หมุนเวียนที่มีอยู่จำนวน 3-4 เหล่า (หรือ 3-4 แปลง) โดยจะหมุนเวียนตัด 3-4 ปี/ครั้ง ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิง ส่วนที่ 2 ไม้ฟืนที่ได้จากการรับซื้อจากพ่อค้าไม้ในชุมชนหรือในบริเวณใกล้เคียง ในราคา 250-280 บาทต่อลบ.ม. และมีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้น เนื่องจากความยากลำบากในการเข้าถึงและถูกจำกัดเขตเนื่องจากเป็นพื้นที่อุทยาน และจากผลการศึกษาวิจัยอุปสงค์และอุปทานด้านพลังงาน กรณีศึกษา อ.บ่อเกลือ และ อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.น่าน (สุกัญญา และคณะ, 2550) พบว่า อ.บ่อเกลือมีปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด 2,369.4 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Toe)/ปี และมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงไม้สูง ถึง 1,946.4 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Toe)/ปี คิดเป็นร้อยละ 82.2 ของการใช้พลังงานทั้งหมด

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น การส่งเสริมให้มีการใช้เตาต้มเกลือที่มีประสิทธิภาพ ใช้พลังงานต่ำซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการลดต้นทุนในการต้มเกลือและยังเป็นการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ การลดปริมาณการใช้ไม้ฟืนในการต้มเกลือยังมีส่วนที่ช่วยในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ไว้ให้ลูกหลานได้ใช้ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปล่องสำหรับต้มเกลือและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมกับเตาปล่องสำหรับต้มเกลือ

1.2.2 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาปล่องสำหรับต้มเกลือสู่ชุมชนบ้านบ่อหลวง อ.บ่อเกลือ จ.น่าน

2. วิธีการศึกษา

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาหลักการทำงานของเตาต้มเกลือที่มีความเหมาะสมกับการใช้เชื้อเพลิงไม้เป็นหลัก โดยหลักในการออกแบบและปรับปรุงเตาต้มเกลือจะใช้วิธีการลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาจากการหุ้มฉนวนและติดตั้งปล่องควันที่ท้ายเตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยยังคงมีต้นทุนในการสร้างที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้ประกอบการต้มเกลือ

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก วัดได้ 1-500 กรัม ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักถ่านที่เหลือจากการทดสอบ

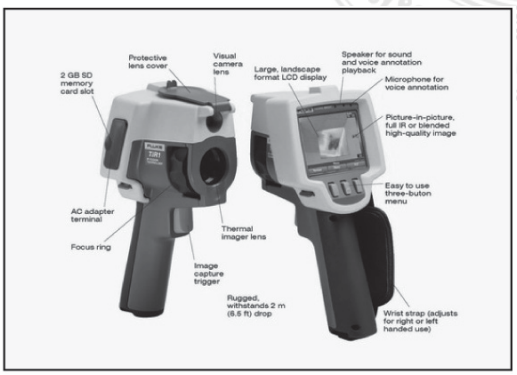
2.1.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก วัดได้ 0.1-15 กิโลกรัม ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักไม้ฟืนที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.3 เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเค (Thermocouples Type K) มาตรฐาน IEC 584 ช่วงการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น -270 °C ถึง +1,370 °C

2.1.4 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ช่วงการวัด 0-100 °C ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำสำหรับทดสอบการต้มน้ำของเตาต้มเกลือที่ได้รับการปรับปรุงพร้อมเตาต้มเกลือดั้งเดิม

2.1.5 เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ (Data Logger) ยี่ห้อ Campbell 21x สำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาที่ทำการทดสอบ

2.1.6 เครื่องวัดอุณหภูมิผิวแบบภาพถ่าย (Fluke Ti25 Thermal Imagers) ดังแสดงตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องวัดอุณหภูมิผิวแบบภาพถ่าย

2.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 สำรวจและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและขั้นตอนการต้มเกลือของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม ประกอบด้วย ข้อมูลประวัติการต้มเกลือ ข้อมูลกรรมวิธีการผลิตและข้อมูลพื้นฐานของเตาต้มเกลือ

2.2.2 ทดสอบเตาต้มเกลือทั้งสองแบบเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) เตรียมเตาและทำความสะอาดเตา

2) ใช้ใบตองกล้วยหรือกาบกล้วยวางรองรับกระทะตรงปากเตา เพื่อปิดช่องว่างระหว่างเตาต้มเกลือกับกระทะป้องกันอากาศร้อนรั่วออกบริเวณขอบกระทะ

3) ตวงน้ำเทลงในกระทะทั้ง 2 ใบ ใบละ 10 กิโลกรัม

4) ชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิง (ไม้ฟืนยูคาร์-ลิปตัส) สำหรับทำการทดสอบ

5) ติดตั้ง Thermo Couples เข้ากับผนังเตาและปล่องไอเสียตามจุดที่ต้องการตรวจวัด

6) ติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลและบันทึกค่าอุณหภูมิ Data Logger เข้ากับสาย Thermocouples ที่ติดตั้งไว้ ป้อนข้อมูลเข้า Data Logger และสั่งให้ Data Logger เริ่มบันทึกข้อมูล

7) เริ่มทดสอบเตาต้มเกลือ โดยการจุดติดเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้แล้วใส่เชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ในอัตราที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ

8) ทำการจดบันทึกอุณหภูมิน้ำในกระทะใบที่ 1 และใบที่ 2 ทุก ๆ 5 นาทีจนกว่าน้ำในกระทะทั้งสองจะมีอุณหภูมิคงที่ (อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำที่ความดันบรรยากาศขณะทดสอบ 96 °C) โดยการอ่านค่าจาก Thermometer ซึ่งติดตั้งไว้กึ่งกลางกระทะทั้งสองใบ

9) เมื่อน้ำในกระทะเดือด เปิดฝาปล่อยให้น้ำระเหยต่อไปจนกระทั่งน้ำในกระทะมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ

10) ดับเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ของเตา และนำเชื้อเพลิงส่วนที่เหลือออกจากห้องเผาไหม้

11) ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง (ฟืนและถ่านยูคาร์ลิปตัส) ที่เหลือและบันทึกข้อมูล เพื่อนำไปหาน้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ในการต้ม

12) เมื่อน้ำทั้ง 2 กระทะ มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลือในกระทะและบันทึกข้อมูล

13) นำข้อมูลจาก Data Logger ไปวิเคราะห์เพื่อสรุปผลการทดสอบ

2.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

โดยการนำเสนอผลจากการทดสอบและเปรียบเทียบผลให้กลุ่มผู้ประกอบการต้มเกลือและคัดเลือกตัวแทนที่มีความพร้อมและมีความเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนต้นแบบสำหรับทดลองใช้งานเตาปล่องสำหรับต้มเกลือรวมไปถึงการถ่ายทอดเทคนิคการสร้างเตาให้กับตัวแทนเพื่อให้เป็นตัวแทนในการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับผู้ที่สนใจต่อไป

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐาน

3.1.1 ผลการสำรวจข้อมูลจำนวนเตาต้มเกลือในพื้นที่ อ.บ่อเกลือ ดังรูปที่ 2 พบว่า มีจำนวนทั้งสิ้น 23 เตา จาก 4 หมู่บ้าน ประกอบด้วย บ้านบ่อหลวง จำนวน 18 เตา, บ้านนากึ๋น จำนวน 2 เตา, บ้านบ่อหยวก จำนวน 1 เตา และ บ้านห่างทางหลวง จำนวน 2 เตา

รูปที่ 2 พื้นที่ในการทำวิจัย

3.1.2 ผลการรวบรวมข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม พบว่า เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม จะใช้ดินเหนียวปั้นและก่อขึ้นรูปตลอดทั้งตัวเตา ซึ่งดินเหนียวที่นำมาใช้จะหาได้ง่ายในบริเวณหมู่บ้าน อายุการใช้งานของเตา 1 ปี หลังจากใช้งานครบ 1 ปี จะต้องทุบและก่อขึ้นใหม่ รูปแบบของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม แสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม

โครงสร้างและขนาดของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม

ภายนอกมีขนาด	ความกว้าง	120	ซ.ม.
	ความยาว	200	ซ.ม.
	ความสูง	50	ซ.ม.
ภายในมีขนาด	ความกว้าง	85	ซ.ม.
	ความยาว	150	ซ.ม.
	ความสูง	100	ซ.ม.

ขนาดช่องใส่ฝืน กว้าง 30 ซ.ม. สูง 30 ซ.ม.
ขนาดช่องวางกระทะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซ.ม.
ขนาดของช่องระบายไอเสีย Ø10 ซ.ม. จำนวน 2 ช่อง

3.2 ผลการออกแบบเตาปล่อง

โดยหลักในการออกแบบและปรับปรุงจะใช้วิธีการลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาจากการหุ้มฉนวนและติดตั้งปล่องควันที่ท้ายเตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยยังคงมีต้นทุนในการสร้างที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการ

3.3 ผลการเก็บข้อมูลวิธีการต้มเกลือ

1) เริ่มจากการตักน้ำเกลือจากบ่อเกลือเข้ามาพักในบ่อพักน้ำเกลือภายในโรงต้มเกลือ ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 การตักน้ำเกลือจากบ่อเกลือและบ่อพักน้ำเกลือ

2) ตักน้ำเกลือจากบ่อพักใส่ในกระทะต้มน้ำเกลือ ทั้ง 2 ใบ จนเต็มกระทะ

3) จุดติดเตาโดยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อต้มน้ำเกลือ

4) เติมเชื้อเพลิงไม้เป็นระยะ โดยใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง/ครั้ง (อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 42-43 กิโลกรัม/รอบ)

5) เมื่อน้ำเกลือเริ่มแห้ง (ระยะเวลาในการต้มประมาณ 5-6 ชั่วโมง) จะใช้ไม้พายที่ทำจากไม้ไผ่สานตักเกลือออกมาพักไว้ในตะกล้าไม้ไผ่ ที่แขวนอยู่ด้านบนของกระทะ แล้วทิ้งไว้จนกระทั่งเกลือสะเด็ดน้ำ โดยใช้เวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมง (ได้เกลือเฉลี่ย 14-15 กิโลกรัม/กระทะ หรือ 28-30 กิโลกรัม/รอบ) ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 รูปน้ำเกลือเริ่มแห้งและการตักเกลือออกมาพักในตะกร้าไม้ไผ่

6) หลังจากเกลือสะเด็ดน้ำ ก็จะทำการย้ายเกลือมาพักไว้ในโรงพักเกลือ เพื่อรอบรรจุถุงและจำหน่าย ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 โรงพักเกลือและเกลือที่บรรจุแล้วรอการจำหน่าย

3.4 ผลการสำรวจข้อมูลแหล่งที่มาของไม้ฟืนและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการต้มเกลือ

3.4.1 ผลการสำรวจข้อมูลแหล่งไม้ฟืนและปริมาณการใช้ไม้ฟืนในการต้มเกลือ พบว่า ไม้ฟืนโดยส่วนใหญ่จะรับซื้อมาจากพ่อค้าไม้ในชุมชนของ 2 หมู่บ้าน ประกอบด้วย หมู่บ้านวังปะ และหมู่บ้านดงผาปูน ต.บ่อเกลือใต้ อ.บ่อเกลือ ซึ่งเป็นหมู่บ้านหลักในการจำหน่ายไม้ฟืน โดยตัดไม้ฟืนออกมาจากสวนหรือพื้นที่ป่าธรรมชาติ ในบริเวณใกล้เคียงหมู่บ้านของตน และนำไม้ฟืนมาตัดให้เป็นท่อน ๆ ละ 0.8-1 m และนำมาเรียงเป็นกอง ๆ ละ 1 m^3 และจำหน่ายในราคา 250 บาท/m^3

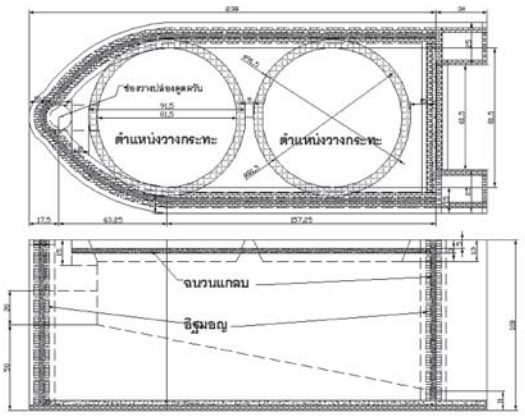
3.4.2 ผลการสำรวจข้อมูลปริมาณการใช้ไม้ฟืนในการต้มเกลือ พบว่า เตาต้มเกลือที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้โดยเฉลี่ย 245-260 กิโลกรัม/เตา/วัน คิดเป็น 7,620-7,800 กิโลกรัม/เตา/เดือน หรือ 68-70 ตัน/เตา/ปี หากคิดรวมการใช้เชื้อเพลิงไม้ของเตาต้มเกลือทั้ง 17 เตา จะใช้เชื้อเพลิงไม้โดยเฉลี่ย 1,193.4x10^3 กิโลกรัม/ปี คิดเป็นค่าพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 360.86 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Toe)/ปี

3.5 ผลการออกแบบและปรับปรุงเตาต้มเกลือ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนและออกแบบสร้างเตาต้มเกลือให้มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเหมาะสม โดยลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาและเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยการติดตั้งปล่องดูดอากาศ และยังคงมีต้นทุนในการสร้างที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการ

เตาปล่องสำหรับต้มเกลือและแบบเตาปล่องที่ใช้ในการวิจัยและทดสอบนั้น แสดงดังรูปที่ 7 และ 8 โดยตัวเตาทำจากอิฐมอญก่อและฉาบด้วยทรายผสมซีเมนต์ ภายในบุด้วยฉนวนแกลบเผา โดยรอบหนา 3 เซนติเมตร ช่องใส่เชื้อเพลิงมีขนาด 35 x 35 ซ.ม. ด้านท้ายติดตั้งปล่องควันเพื่อระบายก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและช่วยดูดอากาศเข้ามาผสมกับเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

รูปที่ 7 เตาปล่องสำหรับต้มเกลือ



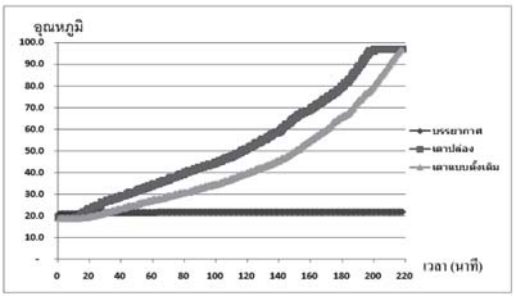
รูปที่ 8 แบบเตาปล่องสำหรับต้มเกลือ

โครงสร้างและขนาดของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม

ภายนอกมีขนาด	ความกว้าง	120 ซ.ม.
	ความยาว	230 ซ.ม.
	ความสูง	100 ซ.ม.
ภายในมีขนาด	ความกว้าง	82 ซ.ม.
	ความยาว	260 ซ.ม.
	ความสูง	100 ซ.ม.
ขนาดช่องใส่ฝืน	กว้าง 35 ซ.ม. สูง 35 ซ.ม.	
ขนาดช่องวางกระทะ	เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซ.ม.	
ปล่องระบายไอเสีย	Ø10 ซ.ม. จำนวน 1 ช่อง	

3.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือทั้ง 2 แบบ พบว่า

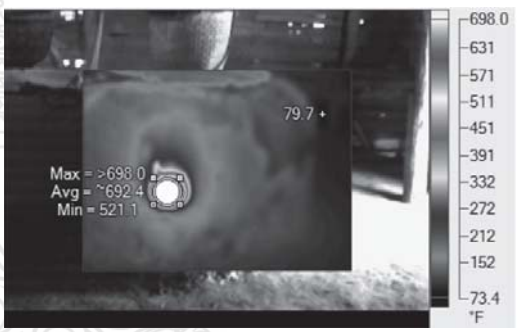
3.6.1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ทำการทดสอบ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ทำการทดสอบของเตาทั้ง 2 แบบ

จากรูปที่ 9 พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ทำการทดสอบของเตาทั้ง 2 แบบมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะปรับตัวสูงขึ้นในลักษณะค่อนข้างคงที่ โดยเวลาในการต้มน้ำให้เดือดของเตาปล่องและเตาแบบดั้งเดิมมีค่าเท่ากับ 3 ชั่วโมง 21 นาที และ 3 ชั่วโมง 36 นาที โดยเตาปล่องจะใช้เวลาน้อยกว่าเตาแบบดั้งเดิม 18 นาที

3.6.2 ผลอุณหภูมิของช่องระบายไอเสีย ดังรูปที่ 10 และ 11

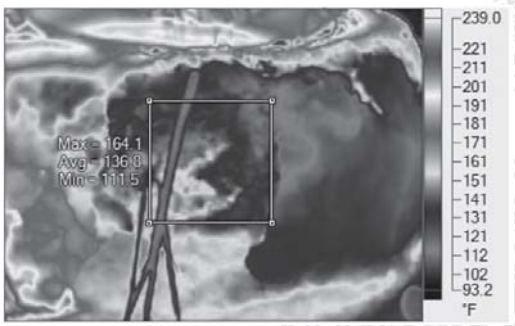


รูปที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของช่องระบายไอเสียของเตาแบบดั้งเดิม

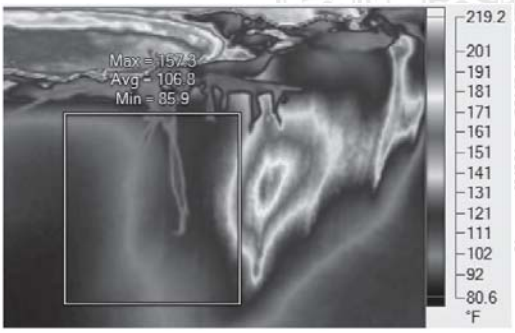
รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของช่องระบายไอเสียของเตาปล่อง

จากรูปที่ 10 และ 11 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของช่องระบายอากาศของเตาที่ทำการปรับปรุงมีค่า 329.3 °F (165.5 °C) ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องระบายอากาศของเตาแบบดั้งเดิมมีค่า 692.4 °F (366.8 °C) ซึ่งเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมมีอุณหภูมิสูงกว่าเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุงส่งผลให้เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมมีการสูญเสียความร้อนมากกว่าเตาที่ทำการปรับปรุง

3.6.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิบริเวณผนังเตาของเตาต้มเกลือทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 12 และ 13



รูปที่ 12 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยบริเวณผนังเตาแบบดั้งเดิม



รูปที่ 13 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยบริเวณผนังเตาปล่องสำหรับต้มเกลือ

จากรูปที่ 12 และ 13 พบว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยบริเวณผนังเตาปล่องที่ทำการปรับปรุง มีค่า 106.8 °F (41.5 °C) ส่วนอุณหภูมิโดยเฉลี่ยบริเวณผนังเตาเกลือแบบดั้งเดิม มีค่า 136.8 °F (58.2 °C) ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณผนังเตาปล่องมีค่าน้อยกว่าเตาแบบดั้งเดิม ส่งผลให้เตาปล่องมีการสูญเสียความร้อนน้อยกว่าเตาแบบดั้งเดิม

3.6.4 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน ตามมาตรฐานการทดสอบแบบวิธีการต้มเดือด (Water Boiling Test, WBT) เนื่องจากเป็นวิธีการทดสอบสภาพมาตรฐานการใช้งานอย่างหนักที่ใกล้เคียงกับการใช้งานมากที่สุด และมีการควบคุมตัวแปรในการทดสอบที่ไม่ยุ่งยาก ผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 4 ผลการใช้เชื้อเพลิงไม้และประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ข้อมูล	เตาปรับปรุง	เตาแบบดั้งเดิม
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (°C)	19	19
อุณหภูมิน้ำเดือด (°C)	97	97
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)	20	20
ปริมาณน้ำที่ระเหย (กิโลกรัม)	10.5	9.1
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้ (กิโลกรัม)	12.5	22.5
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	16.4	13.1

3.7 ผลการส่งเสริมและเผยแพร่เตาต้มเกลือ

3.7.1 ผู้เข้ารับการอบรม คือ นายไพรวัน ขันทอง มีความรู้ความสามารถในการปรับปรุงเตาต้มเกลือและนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปขยายผลในการรับจ้าง ปรับปรุงเตาต้มเกลือให้กับผู้ประกอบการต้มเกลือที่ต้องการปรับปรุงเตาต้มเกลือ ส่วนความรู้พื้นฐานการใช้พลังงาน นายไพรวัน ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้และนำมาคิดวิเคราะห์ถึงต้นทุน กำไร จากการประกอบการต้มเกลือ

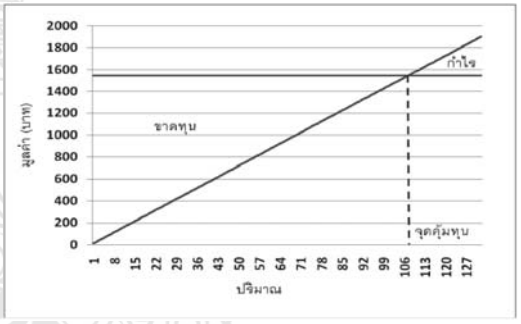
3.7.2 เกิดการปรับปรุงเตาปล่องสำหรับต้มเกลือและใช้งานจริงในบ้านบ่อหลวงแล้ว จำนวน 3 เตา จากทั้งหมด 17 เตา

3.7.3 ผลการเก็บข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมและเตาปล่องสำหรับต้มเกลือ พบว่า เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมและเตาปล่องสำหรับต้มเกลือมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้โดยเฉลี่ย 259 และ 247 กิโลกรัม/เตา/วัน ตามลำดับ เตาปล่องที่ทำการปรับปรุงฯ สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้ลงได้ 12 กิโลกรัม/เตา/วัน หรือ 360 กิโลกรัม/เตา/เดือน หรือ 4.3 ตัน/เตา/ปี หากทำการปรับปรุงเตาทั้งสิ้น 17 เตา จะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ 73.1 ตัน/ปี หรือคิดเป็นค่าพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 22.1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Toe)

3.7.4 ผลการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ จะใช้วิธีคิดระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method or Money Rate of Return) ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกในการคำนวณและให้ความเข้าใจแก่ผู้ลงทุนได้ง่าย ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

ข้อมูล	เตาปรับปรุง	เตาดั้งเดิม
ต้นทุนในการปรับปรุง (บาท)	1,545	~300
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม/วัน)	247	259
ราคาเชื้อเพลิงไม้ (บาท/กิโลกรัม)	1.2	1.2
ค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง (บาท/วัน)	14.4	-
อายุการใช้งาน (ปี)	4-5	1
ระยะเวลาคืนทุน (วัน)	107	-



รูปที่ 14 กราฟจุดคุ้มทุนของเตาที่ปรับปรุง

4. สรุป

4.1 สรุปผลการทดสอบ

4.1.1 จากการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือ พบว่า จากการบุฉนวนกันความร้อน (ฉนวนแกลบดำ) ที่หาได้ง่ายในพื้นที่และมีราคาต่ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่ทำการปรับปรุงมีค่าสูงขึ้น โดยตัวเตาก่อด้วยอิฐมอญฉาบด้วยปูนทำให้แข็งแรงและทนทานมากขึ้น และเมื่อติดตั้งปล่องดูดอากาศทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงขึ้นและยังช่วยลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ภายในโรงต้มเกลือ

4.1.2 สรุปผลการอบรมให้ความรู้และส่งเสริมการใช้เตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุง พบว่า จากผลการดำเนินงานในการปรับปรุงเตาต้มเกลือประหยัดพลังงาน ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมการปรับปรุงเตา คือ นายไพรวัล ขันทอง มีความรู้ความสามารถในการปรับปรุงเตาต้มเกลือและนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปขยายผลในการรับจ้าง ปรับปรุงเตาต้มเกลือให้กับผู้ประกอบการต้มเกลือที่ต้องการปรับปรุงเตาต้มเกลือ และมีผู้ประกอบทำการปรับปรุงเตาต้มเกลือและใช้งานจริงแล้ว จำนวน 3 เตา จากทั้งหมด 17 เตา

4.1.3 สรุปผลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมและเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุง พบว่า เตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุงมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้เพลิงไม้ลดลง 12 กิโลกรัม/เตา/วัน หรือ 2.7 ตัน/เตา/ปี รวม 3 เตา คิดเป็น 8.1 ตัน/ปี หรือคิดเป็นค่าพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 2.45 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Toe)/ปี

4.1.4 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ สรุปผลจากการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ โดยวิธีระยะเวลาคืนทุน พบว่า เตาที่ทำการปรับปรุงมีต้นทุน 1,545 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 107 วัน หรือประมาณ 3.6 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินงานวิจัยขอกราบขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

สุนันท์ ศรันยนิตย์. 2545. **การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer).** พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: งานเอกสารและการพิมพ์ สจธ.

สุกัญญา เพ็งมา และคณะ. 2550. **การประเมินอุปสงค์อุปทานด้านพลังงานและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในถิ่นทุรกันดาร กรณีศึกษา : พื้นที่ อ.บ่อเกลือ และ อ.เฉลิมพระเกียรติ,** สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ยุธนา ศรีอุดม และเอกณัฏฐ์ กระจ่างธิมาพร. 2554. **การปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือ: กรณีศึกษา อ.บ่อเกลือ จ.น่าน,** วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร. ปีที่ 5 ฉบับที่ 2.

Bhatt, B.P. 2004. Sachan, M.S. **Firewood consumption pattern of different tribal communities in Northeast India, Energy Policy.** Vol. 32, pp. 1-6(A).

John P. McCracken and Kirk R. Smith. 1998. **Emissions and efficiency of improved wood burning cook stoves in Highland Guatemala. Environmental Health Sciences,** MC-7360, University of California, Berkeley. CA 94720. USA.