

การปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือ :
กรณีศึกษา อ.บ่อเกลือ จ.น่าน
Thermal Efficiency Improvement of Salt Producing Stove :
Case Study of Amphoe Bo Kluea, Nan Province

ยุธนา ศรีอุดม^{1*} และ เอกณัฐ กระจ่างธิมภาพร²

¹อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก

จังหวัดตาก 63000

²นักวิจัย สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาต้มเกลือ โดยลดความร้อนสูญเสียผ่านผนังเตาซึ่งใช้กลบดำเป็นฉนวน และใช้วิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือทั้ง 2 แบบ เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมก่อขึ้นรูปด้วยดินเหนียว ส่วนเตาต้มเกลือที่ปรับปรุงทำจากอิฐมอญก่อขึ้นรูปและฉาบด้วยดินเหนียวผสมกลบดำ ตรงกลางบุด้วยฉนวนกลบดำหนา 4 เซนติเมตร ผลการทดสอบ พบว่า เตาที่ปรับปรุงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 9.6% เป็น 13.6% เวลาที่ใช้ในการต้มไอน้ำให้เป็นเกลือต่อรอบลดลง 23 นาที จาก 4.5-5 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงลดลง 10-11 กิโลกรัม/วัน จากอัตราการใช้เชื้อเพลิง 257 กิโลกรัม/วัน และมีต้นทุนในการปรับปรุงเตา 1,045 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 91 วัน ปัจจุบันมีการปรับปรุงเตาและใช้งานจริง 13 เตา จาก 17 เตา งานวิจัยนี้ไม่เพียงแต่จะมุ่งเน้นการประหยัดพลังงานในการต้มเกลือเท่านั้นแต่ยังคงรักษาประเพณีอันดีงามในท้องถิ่นให้คงอยู่ต่อไป

Abstract

This research aims to improve thermal efficiency of traditional salt production stoves, the prototype and traditional stove were compared by thermal efficiency method. The traditional stove was constructed of clay. The prototype stove was improved by brick made of clay coating with husk ash and the rich husk ash insulation has 4 cm. thickness. It was found that the thermal efficiency of prototype stoves approximately increases from 9.6% to 13.6%. This was achieved to reduce heat loss through the stove walls. Salt production cycles were decreased by 23 minutes, out of 4.5-5 hours and the rate of fuel per day decreased from 10 to 11 kilograms, out of 257 kg of firewood. The stoves of salt production had been improved with the 1,045 THB costing on a pay-back 91 day's period. There are currently 13 of 17 prototype stoves used. This research is not only saving energy but also keeping the tradition of local living.

คำสำคัญ : เกลือ การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน เตา เชื้อเพลิงไม้ ระยะเวลาคืนทุน

Keywords : Salt, Thermal Efficiency, Stove, Wood Fuel, Pay-Back Period

* ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ yutdna.sri@kmutt.ac.th โทร. 084-483-1435

1. บทนำ

มีเรื่องราวเล่าขานสืบต่อกันมาถึงการค้นพบบ่อเกลือที่เป็นไปโดยบังเอิญ เช่น หลายเรื่องที่ค้นพบบนโลกมนุษย์ และการค้นพบบ่อเกลือนี้ก็เหมือนเป็นเรื่องบังเอิญเรื่องหนึ่งที่มีมา เมื่อวันหนึ่งในครั้งโบราณกาลได้มีพรานป่าออกไปล่าสัตว์ในละแวกแถบถิ่นนี้ ซึ่งมีสัตว์ชุกชุมมากสัตว์เหล่านั้นก็จะลงมากินน้ำที่นี้เป็นประจำ จึงพาให้พรานป่าผู้นี้บังเกิดความสงสัยขึ้นในใจจนนึกอยากจะลองสัมผัสและชิมดูด้วยตนเอง จึงได้รู้ว่าน้ำที่มีรสเค็มซึ่งเป็นที่ยินชอบของสัตว์ป่าทั้งหลายจากเหตุแห่งความบังเอิญในครั้งนั้นเรื่องราวได้แพร่กระจายไปอย่างรวดเร็วจนชาวล่วงรู้ไปถึงหูของ “เจ้าหลวงสุคา” และ “เจ้าพ่อหลวง” จึงได้เสด็จมาด้วยพระองค์เองทั้งสองพระองค์ ต่อมาในภายหลังทั้งสองพระองค์จึงได้ทรงปรึกษากันเพื่อจัดตั้งชุมชนขึ้น ณ ที่แห่งนี้ จึงได้กลับไปอพยพคนมาจากเชียงแสน ช่วยกันหักร้างถางพงพนาตั้งขึ้นเป็นชุมชนและปักหลักทำมาหากินด้วยการทำเกลือเพื่อบริโภคและจำหน่ายมาตราบนานทุกวันนี้ “บ่อเกลือ” แต่เดิมเรียกกันว่า “เมืองบ่อ” ตั้งอยู่ในหมู่บ้านบ่อหลวงซึ่งอยู่บนพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูคา เกลือที่นี่จะเป็นเกลือสินเธาว์ การผลิตเกลือจะใช้ความร้อนจากไม้ฟืน ซึ่งได้มา 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1. การตัดไม้จากไร่หมุนเวียนที่มีอยู่จำนวน 3-4 เหล่า โดยจะหมุนเวียนตัด 3-4 ปี/ครั้ง ซึ่งจะได้ปริมาณไม้ค่อนข้างน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการต้มเกลือ ส่วนที่ 2. ไม้ฟืนที่ได้จากการรับซื้อจากพ่อค้าไม้ในชุมชนใกล้เคียง ในราคา 250-280 บาทต่อลบ.ม. และมีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้น จากความยากลำบากในการเข้าถึงและถูกจำกัดพื้นที่เนื่องจากเป็นเขตอุทยาน และรูปแบบ

การต้มเกลือของชาวบ้านยังคงยึดรูปแบบดั้งเดิมในอดีตกันอยู่ซึ่งเป็นเตาที่สร้างขึ้นเอง ทำจากดินเหนียว ใช้เวลาในการต้มแต่ละครั้งเป็นเวลา 4.5-5 ชั่วโมง กว่าจะได้เกลือ 2 กระทะใบบัว ทุกวันนี้ชาวบ้านที่ประกอบอาชีพในการต้มเกลือนี้จะมีปัญหาจากราคาขายเกลือถูกแต่ราคาของไม้ฟืนที่นำมาใช้ในการเป็นเชื้อเพลิง กลับมีราคาที่ค่อนข้างสูง ทำให้ได้ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเกลือที่ค่อนข้างต่ำ

ปัญหาดังกล่าวข้างต้น การปรับปรุงเตาต้มเกลือให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานจากไม้ฟืนซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการลดต้นทุนการต้มเกลือและยังเป็นการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ หากลดปริมาณการใช้ไม้ฟืนในการต้มเกลือยังมีส่วนที่ช่วยให้เกิดการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ไว้ให้ลูกหลานได้ใช้ต่อไปในอนาคต

2. วิธีการศึกษา

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาหลักการทำงานของเตาต้มเกลือโดยใช้พลังงานความร้อนจากไม้ฟืนเป็นหลัก หลักในการออกแบบและปรับปรุงเตาต้มเกลือจะยึดวิธีการป้องกันการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาและเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ ใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้ฟืนได้อย่างเหมาะสมและยังมีราคาต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยที่ได้พลังงานความร้อนตามความต้องการ

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก วัดได้ 1-500 กรัม ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักถ่านที่เหลือจากการทดสอบ และเครื่องชั่งน้ำหนัก วัดได้ 0.1-15 กิโลกรัม ใช้

สำหรับช่างนำหนักไม้พินที่ใช้ในการทดสอบ

2. เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเค (Thermocouples Type K) มาตรฐาน IEC 584 ช่วงการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิ้ลแบบนี้จะเป็น -270°C ถึง $+1,370^{\circ}\text{C}$

3. เทอร์มิเตอร์ (Thermometer) ช่วงการวัด $0-100^{\circ}\text{C}$ ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำสำหรับทดสอบต้มน้ำของเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุงและเตาต้มเกลือดั้งเดิม

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

2.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สำรวจและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและขั้นตอนการต้มเกลือของเตาต้มเกลือบแบบดั้งเดิม ประกอบด้วย ข้อมูลประวัติการต้มเกลือ ข้อมูลกรรมวิธีการผลิตและข้อมูลพื้นฐานของเตาต้มเกลือบแบบดั้งเดิม และวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อทำการออกแบบและปรับปรุงเตาต้มเกลือ

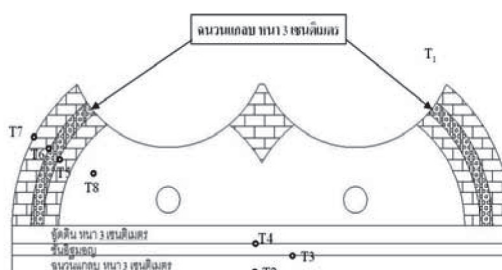
2. ทดสอบเตาต้มเกลือ เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแบบดั้งเดิมและที่ต้องการปรับปรุง โดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.1 เตรียมและทำความสะอาดเตา

2.2 ใช้ใบทองหรือกาบกล้วยวางรองรับกระทะตรงปากเตา เพื่อปิดช่องว่างระหว่างเตาต้มเกลือบกับกระทะป้องกันอากาศร้อนรั่วออกบริเวณขอบกระทะ

2.3 ตวงน้ำเกลือในกระทะทั้ง 2 ใบ ใบละ 10 กิโลกรัม

2.4 ชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิง (ไม้พินยูคาร์-ลิปตัส) สำหรับทำการทดสอบติดตั้ง Thermocouples เข้ากับผนังเตาและปล่องไอเสียตามจุดที่ต้องการตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 ตำแหน่งของการติดตั้ง Thermocouples ของเตาปรับปรุง

T1 คือ อุณหภูมิบรรยากาศ

T2 คือ อุณหภูมิด้านล่างฉนวนเกลือ

T3 คือ อุณหภูมิด้านบนของฉนวนเกลือ

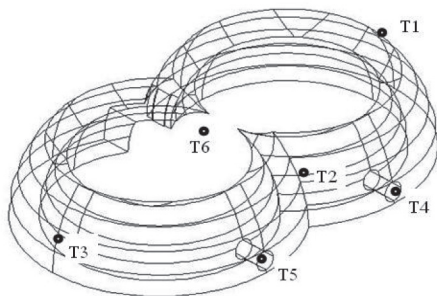
T4 คือ อุณหภูมิที่ผิวดินอัด

T5 คือ อุณหภูมิระหว่างอิฐมอญกับฉนวนเกลือด้านใน

T6 คือ อุณหภูมิระหว่างอิฐมอญกับฉนวนเกลือด้านนอก

T7 คือ อุณหภูมิผิวด้านนอกของเตา

T8 คือ อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้



รูปที่ 2 ตำแหน่งของการติดตั้ง Thermocouples เตาแบบดั้งเดิม

T1 คือ อุณหภูมิที่ผิวด้านข้างเตา

T2 คือ อุณหภูมิที่ผิวด้านหลังเตา

T3 คือ อุณหภูมิที่ผิวด้านข้างเตา

T4 คือ อุณหภูมิตำแหน่งระบายควัน

T5 คือ อุณหภูมิตำแหน่งระบายควัน

T6 คือ อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้

2.6 ติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลและบันทึกค่าอุณหภูมิ Data logger เข้ากับสาย Thermocouples ที่ติดตั้งไว้ป้อนข้อมูลเข้า Data logger และสั่งให้ Data logger เริ่มบันทึกข้อมูล

2.7 เริ่มทดสอบเตาต้มเกลือ โดยการจุดติดเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้แล้วใส่เชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ในอัตราที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ

2.8 บันทึกอุณหภูมิน้ำในกระทะ ใบที่ 1 และ ใบที่ 2 ทุก ๆ 5 นาทีจนกว่าน้ำในกระทะทั้งสองจะมีอุณหภูมิคงที่ (อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำที่ความดันบรรยากาศขณะทดสอบ 93°C) โดยอ่านค่าจาก Thermometer ซึ่งติดตั้งไว้กึ่งกลางกระทะทั้งสองใบ

2.9 เมื่อน้ำในกระทะเดือด เปิดฝาปล่อยให้ น้ำระเหยต่อไปจนกระทั่งน้ำในกระทะมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ

2.10 ดับไฟในห้องเผาไหม้ของเตา และนำเชื้อเพลิงส่วนที่เหลือออกจากห้องเผาไหม้

2.11 ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง (ฟืนและถ่าน ยูคาร์ลิตัล) ที่เหลือพร้อมบันทึกข้อมูล เพื่อนำไปหาคำนวณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการต้ม

2.12 เมื่อน้ำทั้ง 2 กระทะมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลือในกระทะและบันทึกข้อมูล

2.13 นำข้อมูลจาก Data logger ไปวิเคราะห์เพื่อสรุปผลการทดสอบ

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐาน

1. ผลการสำรวจข้อมูลจำนวนเตาต้มเกลือในพื้นที่ อ.บ่อเกลือ พบว่า มีจำนวนทั้งสิ้น 22 เตา จาก 4 หมู่บ้าน ประกอบด้วย บ้านบ่อหลวง จำนวน 17 เตา, บ้านนาเกิ่น จำนวน 2 เตา, บ้านบ่อหยวก จำนวน 1 เตา และบ้านท่าทางหลวง จำนวน 2 เตา

2. ผลการรวบรวมข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม ปั้นและก่อขึ้นจากการใช้ดินเหนียวปั้นขึ้นรูปตลอดทั้งเตา ซึ่งดินเหนียวที่นำมาใช้จะหาได้ง่ายในบริเวณหมู่บ้าน อายุการใช้งานของเตา 1 ปี หลังจากใช้งานครบตามอายุการใช้งานแล้ว จะต้องมีการทุบและก่อขึ้นใหม่ รูปแบบของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม

โครงสร้างและขนาดของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม

ภายนอกมีขนาด	กว้าง	120	ซม.
	ยาว	200	ซม.
	สูง	50	ซม.
ภายในมีขนาด	กว้าง	85	ซม.
	ยาว	150	ซม.
	สูง	100	ซม.

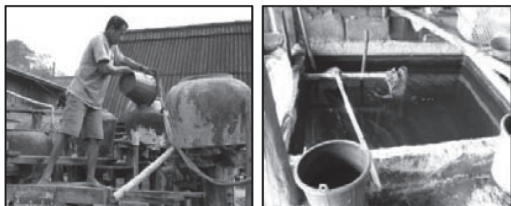
ขนาดช่องใส่ฟืน กว้าง 30 ซม. สูง 30 ซม.

ขนาดช่องวางกระทะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม.

ขนาดของช่องระบายไอลีเย $\varnothing$ 10 ซม. 2 ช่อง

3.2 ผลการเก็บข้อมูลวิธีการต้มเกลือ

1. เริ่มจากการตักน้ำเกลือจากบ่อเกลือ เข้ามาพักในบ่อพักน้ำเกลือภายในโรงต้มเกลือ ดังแสดงตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 การตักน้ำเกลือจากบ่อเกลือและรูปบ่อพักน้ำเกลือ

2. ตักน้ำเกลือจากบ่อพักใส่ในกระทะต้ม น้ำเกลือ ทั้ง 2 ใบ จนเต็มกระทะ

3. จุดไฟติดเตาโดยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อต้มน้ำเกลือ

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

5. เมื่อน้ำเกลือเริ่มแห้ง (ระยะเวลาในการต้ม ประมาณ 5-6 ชั่วโมง) จะใช้ไม้พายที่ทำจากไม้ไผ่สานตักเกลือออกมาพักไว้ในตะกร้าไม้ไผ่ ที่แขวนอยู่ด้านบนของกระทะ แล้วทิ้งไว้จนกระทั่งเกลือเสด็จน้ำ โดยใช้เวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมง (ได้เกลือเฉลี่ย 14-15 กิโลกรัม/กระทะ หรือ 28-30 กิโลกรัม/รอบ) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 น้ำเกลือเริ่มแห้งและการตักเกลือออกมาพักไว้ในตะกร้าไม้ไผ่

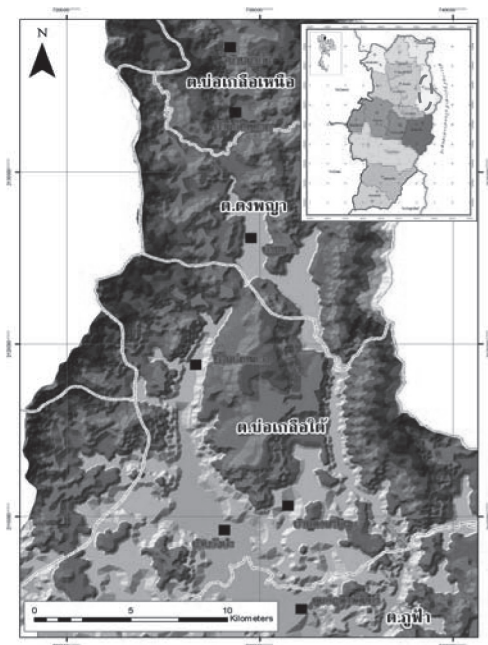
6. หลังจากเกลือเสด็จน้ำ ก็ย้ายเกลือมาพักไว้ในโรงพักเกลือ เพื่อรอบรรจุถุงและจำหน่าย ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 โรงพักเกลือและเกลือที่บรรจุแล้วรอการจำหน่าย

3.2.1 ผลการสำรวจข้อมูลแหล่งที่มาของไม้พินและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการต้มเกลือ โดยพิจารณารูปที่ 7 เป็นองค์ประกอบ

1. ผลการสำรวจข้อมูลแหล่งไม้พินและปริมาณการใช้ไม้พินในการต้มเกลือ พบว่า ไม้พินส่วนใหญ่จะรับซื้อมาจากพ่อค้าไม้ในชุมชนของ 2 หมู่บ้าน ประกอบด้วย หมู่บ้านวังปะ และหมู่บ้านดงผาปูน ต.บ่อเกลือใต้ อ.บ่อเกลือ โดยนำไม้พินมาตัดให้เป็นท่อน ๆ ละ 1 เมตร และนำมาเรียงเป็นกอง ๆ ละ 1 คิว และจำหน่ายในราคา 250 บาท/คิว

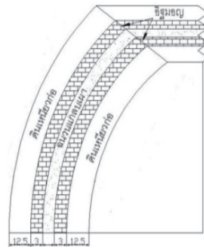


รูปที่ 7 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ประกอบการต้มเกลือ

2. ผลการสำรวจข้อมูลปริมาณการใช้ไม้พินในการต้มเกลือ พบว่า เตาต้มเกลือที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้โดยเฉลี่ย 245-260 กิโลกรัม/เตา/วัน คิดเป็น 7,620-7,800 กิโลกรัม/เตา/เดือน หรือ 68-70 ตัน/เตา/ปี หากคิดรวมการใช้เชื้อเพลิงไม้ของเตาต้มเกลือทั้ง 17 เตา จะใช้เชื้อเพลิงไม้โดยเฉลี่ย 1,193.4 ตัน/ปี คิดเป็นค่าพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 531.39 toe

3.2.2 ผลการออกแบบและปรับปรุงเตาต้มเกลือการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนและออกแบบสร้างเตาต้มเกลือให้มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเหมาะสม โดยลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาและเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยการติดตั้งปล่องดูดอากาศ ซึ่งยังคงมีราคาต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยยังคงได้พลังงานความร้อนตามที่ต้องการ

เตาที่ออกแบบสำหรับทำการวิจัยและทดสอบนั้น แสดงดังรูปที่ 8 ตัวเตาทำจากอิฐมอดูก่อด้วยดินเหนียวผสมแกลบ ภายในบุด้วยฉนวนแกลบเผา โดยรอบหนา 3 เซนติเมตร ช่องใส่เชื้อเพลิงมีขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ด้านท้ายของเตาจะมีปล่องควันเพื่อระบายก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและช่วยดูดอากาศเข้ามาผสมกับเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

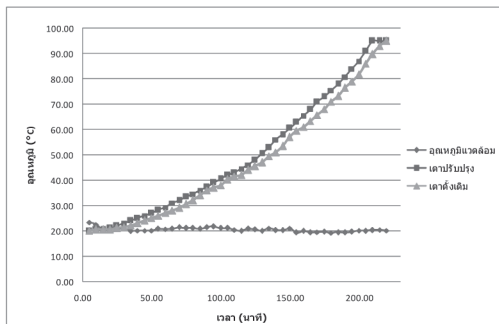


รูปที่ 8 เตาที่ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อน

3.3.3 ผลการทดสอบเตาต้มเกลือทั้ง 2

แบบ

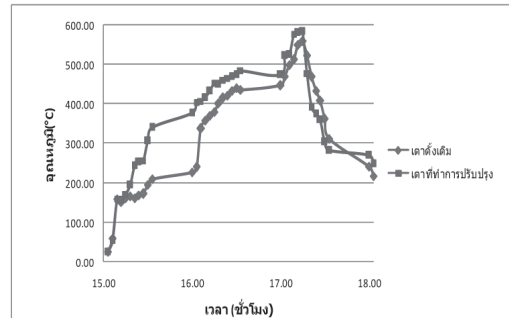
1. ผลการทดสอบต้มน้ำและเปรียบเทียบผลการทดสอบเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุงและเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิโดยเฉลี่ยและเวลาในการต้มของเตาทั้ง 2 แบบ

จากรูปที่ 9 พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิน้ำของเตาทั้ง 2 แบบมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะปรับตัวสูงขึ้นในลักษณะค่อนข้างคงที่ โดยเวลาในการต้มน้ำที่อุณหภูมิ 22°C จนกระทั่งเดือด เตาที่ทำการปรับปรุงจะใช้เวลาน้อยกว่าเตาแบบดั้งเดิม 10 นาที

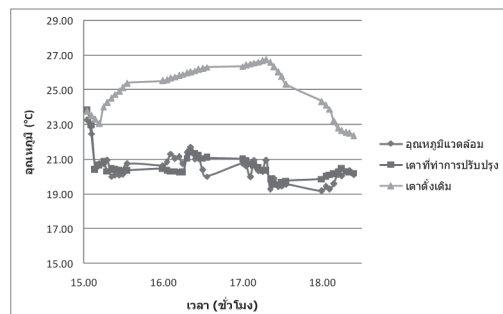
1. ผลของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ของเตาต้มเกลือทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ของเตาทั้ง 2 แบบ

จากรูปที่ 10 พบว่า อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ของเตาต้มเกลือทั้ง 2 แบบมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยอุณหภูมิสูงสุดในห้องเผาไหม้ของเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 584.40°C สูงกว่าเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม 24.40°C และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้ของเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุง มีค่าเท่ากับ 324.84°C สูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม 48.33°C

2. ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเตาต้มเกลือของทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเตา

จากรูปที่ 11 พบว่า อุณหภูมิแวดล้อมโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 20.45°C และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณผนังเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุง มีค่าเท่ากับ 20.5°C ต่ำกว่าเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม 4.53°C ดังนั้น การสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมจึงมีค่าสูงกว่าเตาที่ทำการปรับปรุง

2. ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน ตามมาตรฐานการทดสอบแบบวิธีการต้มเดือด (Water Boiling Test, WBT) เนื่องจากเป็นวิธีการทดสอบสภาพมาตรฐานการใช้งานอย่างหนักที่ใกล้เคียงกับการใช้งานมากที่สุด และมีการควบคุมตัวแปรในการทดสอบที่ไม่ยุ่งยาก ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการใช้เชื้อเพลิงไม้และประสิทธิภาพเชิงความร้อน

	เตาปรับปรุง	เตาแบบดั้งเดิม
1. อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)	20	20
2. อุณหภูมิน้ำเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	95	95
3. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)	20	20
4. ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้ (กิโลกรัม)	13.9	22.1
5. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	13.6	9.6

3. ผลการส่งเสริมและเผยแพร่เตาต้มเกลือ

1) ผู้เข้ารับการอบรมคือ นายไพรวรรณ ชันทอง ในด้านการปรับปรุงเตาต้มเกลือและพื้นฐานการใช้

ทำให้นายไพรวรรณมีความรู้ความสามารถในการปรับปรุงเตาต้มเกลือและนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปขยายผลในการรับจ้าง ปรับปรุงเตาต้มเกลือให้กับผู้ประกอบการต้มเกลือที่ต้องการปรับปรุงเตาต้มเกลือ ส่วนความรู้พื้นฐานการใช้พลังงานนายไพรวรรณ ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้และนำมาคิดวิเคราะห์ถึงต้นทุนกำไร จากการประกอบการต้มเกลือ

2) การปรับปรุงเตาต้มเกลือและใช้งานจริงในบ้านบ่อหลวง จำนวน 13 เตา จากทั้งหมด 17 เตา

3) ผลการเก็บข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมและเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุง จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไม้ฟืนในการต้มเกลือ พบว่า เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม และเตาต้มเกลือปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อน มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้โดยเฉลี่ย 260 และ 249 กิโลกรัม/เตา/วัน ตามลำดับ เตาที่ทำการปรับปรุงฯ สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้ลงได้ 10 กิโลกรัม/เตา/วัน หรือ 300 กิโลกรัม/เตา/เดือน หรือ 2.7 ต้น/เตา/ปี เมื่อทำการปรับปรุงเตาทั้งสิ้น 13 เตา จะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ 3.5 ต้น/ปี หรือ คิดเป็นค่าพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 13.3 toe

4. ผลการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ จะใช้วิธีคิดระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกในการคำนวณและให้ความเข้าใจแก่ผู้ลงทุนได้ง่าย ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

	เตา ปรับปรุง	เตาแบบ ดั้งเดิม
1. ต้นทุนในการปรับปรุง (บาท)	1,045	330
2. อายุการใช้งาน, (ปี)	1.5	1
3. น้ำหนักพินเฉลี่ย, (กก./ลบ.ม.)	280	280
4. อัตราการใช้เชื้อเพลิง, (กก./วัน)	244	254
5. ราคาเชื้อเพลิงไม้, (บาท/กก.)	1.13	1.13
6. ค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง, (บาท/วัน)	11	-
7. ระยะเวลาคืนทุน, (วัน)	91	-

4. สรุป

4.1 สรุปผลการทดสอบ

4.1.1 จากการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือ พบว่า จากการคำนวณกันความร้อน (ฉนวนกลบดำ) ที่หาได้ง่ายในพื้นที่และมีราคาต่ำ ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่ทำการปรับปรุงมีค่าสูงขึ้น ตัวเตาก่อด้วยอิฐมอญทำให้แข็งแรงและทนทานมากขึ้น และเมื่อติดตั้งปล่องดูดอากาศทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงขึ้นและยังช่วยลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ภายในโรงต้มเกลือ

4.1.2 สรุปผลอบรมให้ความรู้และส่งเสริมการใช้เตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุง พบว่า จากผลการดำเนินงานในการปรับปรุงเตาต้มเกลือประหยัดพลังงาน ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมการ

ปรับปรุงเตา คือ นายไพรวล ชันทอง มีความรู้ความสามารถในการปรับปรุงเตาต้มเกลือและนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปขยายผลในการรับจ้างปรับปรุงเตาต้มเกลือให้กับผู้ประกอบการต้มเกลือที่ต้องการปรับปรุงเตาต้มเกลือ และมีผู้ประกอบการทำการปรับปรุงเตาต้มเกลือและใช้งานจริงแล้วจำนวน 13 เตา จากทั้งหมด 17 เตา

4.1.3 สรุปผลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาต้มเกลือแบบดั้งเดิมและเตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุง พบว่า เตาต้มเกลือที่ทำการปรับปรุงมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้ลดลง 10 กิโลกรัม/เตา/วัน หรือ 2.7 ต้น/เตา/ปี เมื่อทำการปรับปรุงเตาทั้งสิ้น 13 เตา สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ 3.5 ต้น/ปี หรือคิดเป็นค่าพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 13.3 toe

4.1.4 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ สรุปผลจากการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์โดยวิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) พบว่า เตาที่ทำการปรับปรุงมีต้นทุน 1,045 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 91 วัน หรือ 3 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินงานวิจัยขอกราบขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย และคณะ. “โครงการศึกษาประสิทธิภาพเตาต้มเกลือสินเธาว์โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง อ.บ้านดุง

- จ.อุดรธานี”, คณะวิศวกรรมศาสตร์
วิศวกรรมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2548.
- สุนันท์ ศรีนัยนิตย์. การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer). พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: งานเอกสารและการพิมพ์ สจร. 2545.
- อดิศักดิ์ เรืองจิระชูพร. การศึกษาการใช้เชื้อเพลิง ไม้ในครัวเรือนชนบท กรณีศึกษา หมู่บ้าน นากอกและหมู่บ้านสบมาง ตำบลภูฟ้า จังหวัดน่าน. กรุงเทพฯ.: วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 2550.
- Bhatt, B.P., Sachan, M.S. 2004. 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.