



การพัฒนาเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับ การแปรรูปหอยตลับโดยการมีส่วนร่วมของ ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง

บทควมวิจัย

สุปราณี วุ่นศรี^{1*} นพดล โพชกำเหนิด¹ ชุมพูนุช โสมาลัย² และ โกสินทร์ ทีปักษ์พันธ์¹

วันที่รับบทความ:

25 กุมภาพันธ์ 2563

วันแก้ไขบทความ:

29 เมษายน 2563

วันตอบรับบทความ:

1 พฤษภาคม 2563

¹สาขาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

²ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

*ผู้เขียนหลัก อีเมล: kongsuwan9153575@gmail.com



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับการแปรรูปหอยตลับของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกับกลุ่มแปรรูปหอยตลับ ชุมชนบ้านแหลม อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง การดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนดังนี้ การเก็บข้อมูล การสร้างเตาชีวมวลต้นแบบ การทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวล และการถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาชีวมวลสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน ซึ่งพบว่า เตาชีวมวลต้นแบบลดระยะเวลาการต้มหอยตลับจาก 268 นาที เหลือเพียง 195 นาที มีอุณหภูมิหน้าเตาเพียง 32 องศาเซลเซียส และลดการใช้เชื้อเพลิงได้ถึงร้อยละ 65 เมื่อเทียบกับเตาพื้นบ้าน นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อหอยตลับจากการต้มด้วยเตาชีวมวลมีเนื้อแน่นกว่าจากการต้มด้วยเตาพื้นบ้าน ผลจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาชีวมวลสู่ชุมชน ทำให้ชุมชนแปรรูปจากหอยตลับเพิ่มขึ้นจาก 800 กิโลกรัมต่อเดือน เป็น 1,600 กิโลกรัมต่อเดือน มีรายได้เพิ่มขึ้นจาก 8,000 บาทต่อเดือน เป็น 16,000 บาทต่อเดือน รายได้ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ เดือนเมษายน พ.ศ. 2562 – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 รวม 192,000 บาท และชุมชนปรับมาใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตใบจากยาสูบของชุมชนทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากไม้ยางพารา ทำให้ลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้ถึงร้อยละ 30 และมีการขยายผลเทคโนโลยีเตาชีวมวลไปยังชุมชนบ้านนาหินแรด และชุมชนบ้านท่าเรือ

คำสำคัญ:

จังหวัดตรัง

ลุ่มน้ำปะเหลียน

การแปรรูปหอยตลับ

เตาชีวมวล

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

Development of Energy-efficient Biomass Stove for *Meretrix Casta* Processing by Community Participation of Palian River Basin Community, Trang Province

Research Article

Supranee Wunsri^{1,*}, Noppadon Podkumnerd¹, Chompunooch Somalee²
and Kosin Teeparuksapun¹

Received:

25 February 2020

Received in revised form:

29 April 2020

Accepted:

1 May 2020

¹Department of General Education, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Muang District, Songkhla Province, 90000 Thailand

²Food and Fishery Products Division, Department of Fisheries Technology, Faculty of Fisheries Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Sikao District, Trang Province, 92150 Thailand

*Corresponding author's E-mail: kongsuwan9153575@gmail.com



Abstract

This research aims to develop an energy saving biomass stove for *Meretrix casta* processing of Palian river basin, Trang province. The participatory action research (PAR) was performed with Ban Laem Meretrix casta processing group, Kantang district, Trang province. Research procedures included data collection, development of a biomass stove prototype, investigation of biomass stove and knowledge dissemination to Palian river basin community. The research showed that the technology could reduce boiling time of *Meretrix casta* from 268 to 195 minutes with the temperature in front of the stove of only 32 °C. This could reduce 65% of fuel consumption when compared to the homemade stove. In addition, the clam meat boiled on developed biomass stove was denser than that on homemade stove. The technology transfer to the community resulted in higher potential in production of Meretrix casta processing, from 800 to 1,600 kg/month. The income increased from 8,000 to 16,000 Baht per month. The total increased income from April 2019 to March 2020 was 192,000 Baht. In conclusion, the project also made use of material waste from cigarette wrapping production as alternative fuel to replace para wood, leading to 30% of fuel cost; thus, enabling the technology transferred to Ban Na Hin Rad and Ban Tha-rue communities.

Keywords:

Trang province,
Palian river basin,
Meretrix casta processing,
Biomass stove,
Technology transfer

สถานการณ์ที่เป็นอยู่เดิม

ลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง เป็นพื้นที่ปากแม่น้ำปะเหลียน เป็นแหล่งน้ำสำคัญในพื้นที่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอกันตัง อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน และอำเภอหาดสำราญ มีลักษณะทางกายภาพเป็นคลองน้ำกร่อย และเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม จึงอุดมไปด้วยอินทรียสารที่เป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียนที่สำคัญคือพื้นที่ตำบลวังวน อำเภอกันตัง ตำบลทุ่งกระปือ และตำบลทุ่งค่าย อำเภอย่านตาขาว และตำบลบ้านนา อำเภอปะเหลียน ซึ่งเป็นจุดบรรจบของคลองต่าง ๆ ส่งผลให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะผืนป่าชายเลนกลายเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำวัยอ่อนและพันธุ์สัตว์เฉพาะถิ่น สร้างอาชีพให้กับชุมชนบริเวณลุ่มน้ำปะเหลียนมากกว่า 2,000 ครัวเรือน ที่ได้พึ่งพาป่าชายเลน ป่าจาก และทรัพยากรบริเวณลุ่มน้ำปะเหลียน (ภาพที่ 1) โดยเฉพาะหอยตลับและหอยนางรมธรรมชาติ ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีความโดดเด่นมากที่สุดในบริเวณลุ่มน้ำปะเหลียน (Tanyaros et al., 2018)

หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) เป็นหอยสองฝา น้ำกร่อยที่พบในประเทศไทยและบริเวณพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยม ตรงกลางนูนออก เปลือกหนา ผิวมีลักษณะมันวาว สามารถปรับตัวกับสภาพน้ำขึ้นน้ำลงได้ดีที่ระดับเสมอกับผิวดินตะกอนจนกระทั่งความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร (Khowhit & Chunkao, 2016) มีช่วงเวลาในการสืบพันธุ์ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน (Khowhit et al., 2015)

ประเทศไทยพบหอยตลับตามชายฝั่งทะเลธรรมชาติ บริเวณอ่าวไทย และทะเลอันดามัน หอยตลับเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน (ภาพที่ 2)

ชุมชนตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เป็นชุมชนปากแม่น้ำปะเหลียน มีทรัพยากรสัตว์น้ำที่อุดมสมบูรณ์โดยเฉพาะหอยตลับ มีการนำหอยตลับมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำพริกหอยตลับ ยำหอยตลับ ข้าวเกรียบหอยตลับ หอยตลับสมุนไพร และหอยตลับปรุงรสสดตั๋มยาเสริมสมุนไพร (Somalee & Pichairat, 2017) ซึ่งเป็นอาชีพเสริมที่สำคัญของชุมชนนอกจากอาชีพเกษตรกรรม และการทำใบจากยาสูบ โดยชุมชนบ้านแหลม หมู่ที่ 2 ตำบลวังวน เป็นแหล่งแปรรูปหอยตลับแหล่งใหญ่ในลุ่มน้ำปะเหลียน

กลุ่มแปรรูปหอยตลับชุมชนบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เกิดจากการรวมกลุ่มของเพื่อนบ้านในชุมชนบ้านแหลม มีสมาชิกจำนวน 5 คน โดยมีกระบวนการแปรรูปหอยตลับดังภาพที่ 3 ซึ่งใช้เตาพื้นบ้านของชุมชน (ภาพที่ 4) และนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หอยตลับรูปแบบต่าง ๆ (ภาพที่ 5) เพื่อจำหน่ายในพื้นที่อำเภอกันตังและพื้นที่ใกล้เคียงและผ่านสื่อโซเชียล รายได้ของสมาชิกเฉลี่ยประมาณ 1,600 บาทต่อเดือน แต่ชุมชนประสบปัญหาในการแปรรูป ไม่สามารถขยายการผลิตให้มากกว่าที่ผลิตในปัจจุบัน เนื่องจากการต้มหอยตลับใช้เวลาค่อนข้างนาน การต้มหอยตลับ 100 กิโลกรัม ใช้เวลามากกว่า 3 ชั่วโมง และเนื้อหอยตลับที่ผ่านการต้มยังไม่มีคุณภาพเนื่องจากมีเศษเปลือกหอยติดอยู่กับเนื้อหอย เนื้อหอยที่ผ่านการต้มบางครั้งก็ไม่หลุดออกจากเปลือก ทำให้ต้องเสียเวลาแกะเนื้อหอย และปัญหาจากการใช้งานเตาพื้นบ้านของชุมชน เนื่องจากมีควันและ



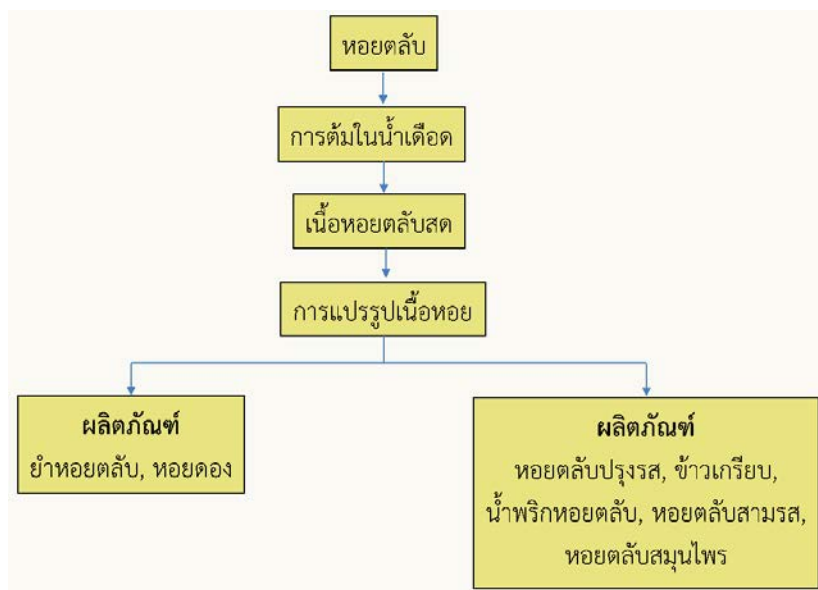
ภาพที่ 1

ลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ก) การเลี้ยงปลากะชัง และ ข) เรือทำประมง



ภาพที่ 2

การหาหอยตลับของชุมชนตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ก) ชาวบ้านออกเรือมายังดินดอนกลางแม่น้ำ ข) หาพื้นที่ที่มีหอยตลับ ค) หอยตลับที่จับได้จากพื้นทราย และ ง) ลักษณะของหอยตลับ



ภาพที่ 3

กระบวนการแปรรูปหอยตลับ กลุ่มแปรรูปหอยตลับชุมชนบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง



ภาพที่ 4

กระบวนการแปรรูปหอยดัลบของกลุ่มแปรรูปหอยดัลบชุมชนบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ก) เต้าพื้นบ้านของชุมชน ข) การต้มหอย และ ค) ลักษณะของเนื้อหอยดัลบที่ผลิตได้



ภาพที่ 5

ผลิตภัณฑ์แปรรูปหอยดัลบ ก) หอยดัลบสามรส ข) หอยดัลบสมุนไพร ค) น้ำพริกหอยดัลบ และ ง) ข้าวเกรียบหอยดัลบ

ความร้อนกระจายจากเตาเป็นจำนวนมากทำให้เป็นอุปสรรคในการทำงาน และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงสูง ซึ่งกลุ่มแปรรูปหอยดัลบใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพารา 1,200 – 1,300 กิโลกรัมต่อเดือน ทำให้มีค่าใช้จ่าย 1,000 บาทต่อเดือน ซึ่งราคาไม้ยางพารา 2,000 กิโลกรัม ราคา 1,600 บาท คิดเป็น 0.80 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ต้นทุนในการแปรรูปหอยดัลบสูงขึ้นด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยและชุมชนจึงร่วมกันวิเคราะห์ว่า การปรับปรุงกระบวนการแปรรูปหอยดัลบของชุมชนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำได้โดยการพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับการแปรรูปหอยดัลบเนื่องจากผู้วิจัยมีองค์ความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทน เช่น การพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับชุมชน (Wunsri et al., 2018) การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Wunsri et al., 2018) การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการยกระดับคุณภาพการผลิตหอยดัลบ (Podkumnerd et al., 2019) และการผลิตเอทานอลจากผลตาลโตนดสุก (Teeparuksapun et al., 2019)

กระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงและการยอมรับของชุมชนเป้าหมาย

การแก้ปัญหาด้านกระบวนการผลิตหอยดัลบของกลุ่มแปรรูปหอยดัลบ ชุมชนบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง มีขั้นตอนดังนี้

1) การแปรรูปหอยดัลบ

กระบวนการแปรรูปหอยดัลบของชุมชน (ภาพที่ 6) เริ่มจากการเตรียมน้ำสำหรับการต้มหอยดัลบ โดยเต้าพื้นบ้านของชุมชนใช้เวลาในการต้มน้ำ 12 ลิตร จนเดือด ประมาณ 25 – 30 นาที หลังจากนั้นนำหอยดัลบที่ผ่านการทำความสะอาดโดยแช่ในน้ำเปล่าเพื่อให้หอยดัลบคายทรายที่อยู่ในตัวหอยออกมา โดยแต่ละครั้งจะเทหอยดัลบน้ำหนัก 17 – 20 กิโลกรัมลงในกระทะรอจนน้ำเดือดอีกครั้ง ซึ่งใช้เวลา 7 – 10 นาที และใช้ไม้คนในกระทะ

เพื่อให้เนื้อหอยลอยขึ้นมา แล้วใช้ตะแกรงตักเนื้อหอย หลังจากนั้นนำหอยตลับชุดใหม่ลงไปต้มในน้ำหนักเท่าเดิม โดยในแต่ละวันจะต้มหอยตลับประมาณ 100 กิโลกรัม ซึ่งใช้ไม้ยาวพาราวประมาณ 70 - 80 กิโลกรัมต่อครั้ง

2) การทำงานของเตาพื้นบ้านของชุมชนสำหรับการแปรรูปหอยตลับ

เตาพื้นบ้านของชุมชน (ภาพที่ 7) เป็นเตาแบบใช้ไม้ยาวพาราวเป็นเชื้อเพลิง ตัวเตามีลักษณะโค้ง สร้างด้วยก้อนอิฐแดงเผาขนาดกว้าง 6.5 เซนติเมตร ยาว 17.5 เซนติเมตร หนา 6 เซนติเมตร จำนวน 7 ชั้น มีความสูง 60 เซนติเมตร หน้าเตากว้าง 70 เซนติเมตร ห้องเผาไหม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ขอบเตาเปิดช่องไว้จำนวน 3 ช่อง เพื่อทำให้มีช่องว่างระหว่างกระแทกกับปากเตา ทำให้อากาศไหลออกเวลาใช้งาน จากการวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของเตาพื้นบ้านร่วมกับผู้เชี่ยวชาญชุมชน (ตารางที่ 1) พบว่าเตาพื้นบ้านของชุมชนมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ส่งผลต่อกระบวนการแปรรูปหอยตลับของชุมชน และจำเป็นต้องพัฒนาเตาสำหรับการแปรรูปหอยตลับให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3) การพัฒนาเตาชีวมวลต้นแบบสำหรับการแปรรูปหอยตลับ

3.1) ออกแบบเตาชีวมวลต้นแบบ

จากการวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของเตาพื้นบ้านของชุมชนนำไปสู่การออกแบบเตาชีวมวลต้นแบบ โดยอาศัยองค์ความรู้ของผู้วิจัยร่วมกับภูมิปัญญาชุมชน เตาชีวมวลต้นแบบมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $1.34 \times 1.57 \times 0.70$ เมตร มีท่อไยหินเป็นท่อดูดควัน ขนาด 6 นิ้ว ยาว 2.5 - 3.0 เมตร ติดตั้งอยู่ทางด้านหน้าเตา

ตรงกับช่องเติมเชื้อเพลิงซึ่งมีขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 28×45 เซนติเมตร (ภาพที่ 8) โดยท่อดูดควันสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย หากเกิดการชำรุดเนื่องจากการใช้งานเป็นระยะเวลานาน ท่อดูดควันจะทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงขึ้นและลดปริมาณมลพิษจากการเผาไหม้ (Sriudom & Khrangthimaphon, 2011) ตัวเตาแบ่งเป็น 3 ชั้น (ภาพที่ 9) คือ ชั้นในเป็นห้องเผาไหม้รูปทรงกระบอก สูง 70 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ติดตั้งตะแกรงเหล็กเพื่อให้อากาศถูกส่งผ่านตะแกรงเหล็กที่มาจากด้านล่างเข้าไปสู่บริเวณเหนือตะแกรงเหล็ก ซึ่งเป็นการสันดาปของเชื้อเพลิงสมบูรณ์ ซึ่งทำให้มีอุณหภูมิสูง (Siwakosit & Kaewsomboon, 2013) ชั้นที่ 2 เป็นช่องให้ควันร้อนและก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดจากการเผาไหม้ไหลวนผ่านก่อนจะเข้าสู่ท่อดูดควัน และชั้นที่ 3 เป็นห้องที่บรรจุทรายหยาบเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนของเตา (Thongsan et al., 2015) และเพิ่มความทนทานทำให้เตามีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง เมื่อใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานาน จากการทดลองวัดความร้อนของตัวเตาพบว่าตัวเตาอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 - 4 องศาเซลเซียส การออกแบบให้ช่องเติมเชื้อเพลิงและท่อดูดควันอยู่ข้างเดียวกันทำให้สะดวกในการใช้งาน ทั้งนี้ในระหว่างการติดตั้งเตาชีวมวลต้นแบบ ชุมชนได้เข้ามาเรียนรู้และช่วยสร้างเตาชีวมวลต้นแบบร่วมกับผู้วิจัยเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์สำหรับใช้ในการถ่ายทอดให้แก่ชุมชนอื่นต่อไป (ภาพที่ 10)

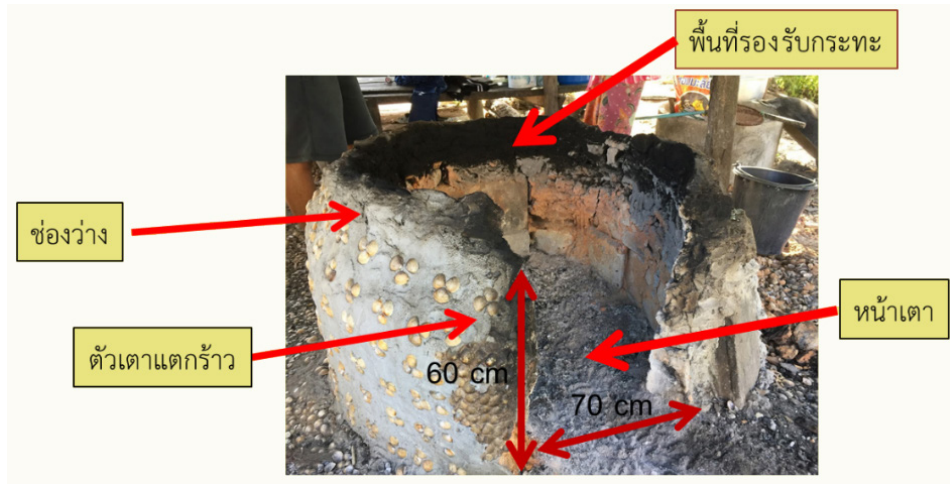
3.2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลต้นแบบกับเตาพื้นบ้านของชุมชน

การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลด้วยวิธีการต้มน้ำ (Water boiling test) ตามวิธีการของ Thongdaeng & Lamlerd (2018) โดยใช้ น้ำ 12 ลิตร พบว่าเตาชีวมวลต้นแบบใช้เวลา



ภาพที่ 6

กระบวนการแปรรูปหอยตลับของชุมชน ก) ล้างหอยตลับด้วยน้ำเปล่า ข) การต้มหอยตลับให้เนื้อหอยหลุดออกจากเปลือก และ ค) ลักษณะเนื้อหอยตลับที่ผ่านการต้มด้วยเตาพื้นบ้าน



ภาพที่ 7

เตาพื้นบ้านของชุมชน สำหรับการแปรรูปหอยตลับของชุมชน

ตารางที่ 1 ข้อดีข้อเสียของเตาพื้นบ้านของชุมชน

ข้อดี	ข้อเสีย
1) กระบวนการสร้างเตาพื้นบ้านของชุมชนไม่มีความซับซ้อน ใช้วัสดุในการสร้างน้อย	1) ความสูงของเตาไม่พอดีกับผู้ใช้งาน 2) หน้าเตาสำหรับเติมเชื้อเพลิงเปิดกว้าง ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อน 3) ใช้เวลาในการทำให้น้ำเดือดค่อนข้างนาน (ต้มน้ำ 12 ลิตร ให้เดือดเป็นเวลา 25 – 30 นาที) เนื่องจากมีการสูญเสียความร้อนเป็นจำนวนมาก 4) เวลาใช้งานมีควันจากห้องเผาไหม้รอบทิศทางทำให้ไม่สะดวกในการใช้งาน 5) อายุการใช้งานสั้น (ประมาณ 2 เดือน) เนื่องจากตัวเตาไม่มีระบบควบคุมความร้อน จึงส่งผลให้โครงสร้างเกิดการแตกกร้าวได้ง่าย

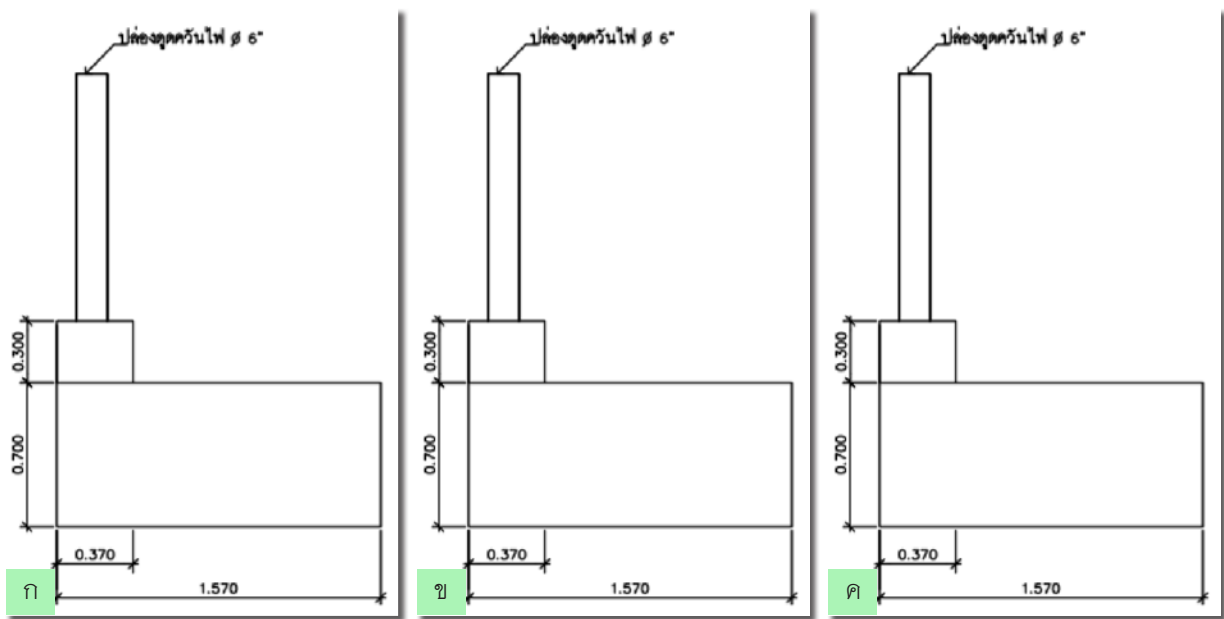
ต้มน้ำจนเดือดประมาณ 15 – 17 นาที ใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพารา 12 ± 1 กิโลกรัม ในขณะที่เตาพื้นบ้านของชุมชน ใช้เวลา 25 – 30 นาที ใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพารา 21 ± 1 กิโลกรัม และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลต้นแบบมีค่าสูงกว่าเตาพื้นบ้านของชุมชน โดยเตาชีวมวลต้นแบบมีค่าเท่ากับร้อยละ 31.98 ± 0.94 และเตาพื้นบ้านของชุมชนมีค่าเท่ากับร้อยละ 20.34 ± 0.75

การศึกษาอุณหภูมิตัวเตาและหน้าเตาของเตาชีวมวลต้นแบบกับเตาพื้นบ้านของชุมชนในขณะใช้งาน ที่ระยะ 0, 30 และ 60 เซนติเมตร พบว่าอุณหภูมิหน้าเตาที่ระยะต่าง ๆ ของเตาชีวมวลต้นแบบมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง คือ 32 องศาเซลเซียส ในขณะที่เตาพื้นบ้านของชุมชนมีอุณหภูมิหน้าเตาสูงกว่าเตาชีวมวลต้นแบบ

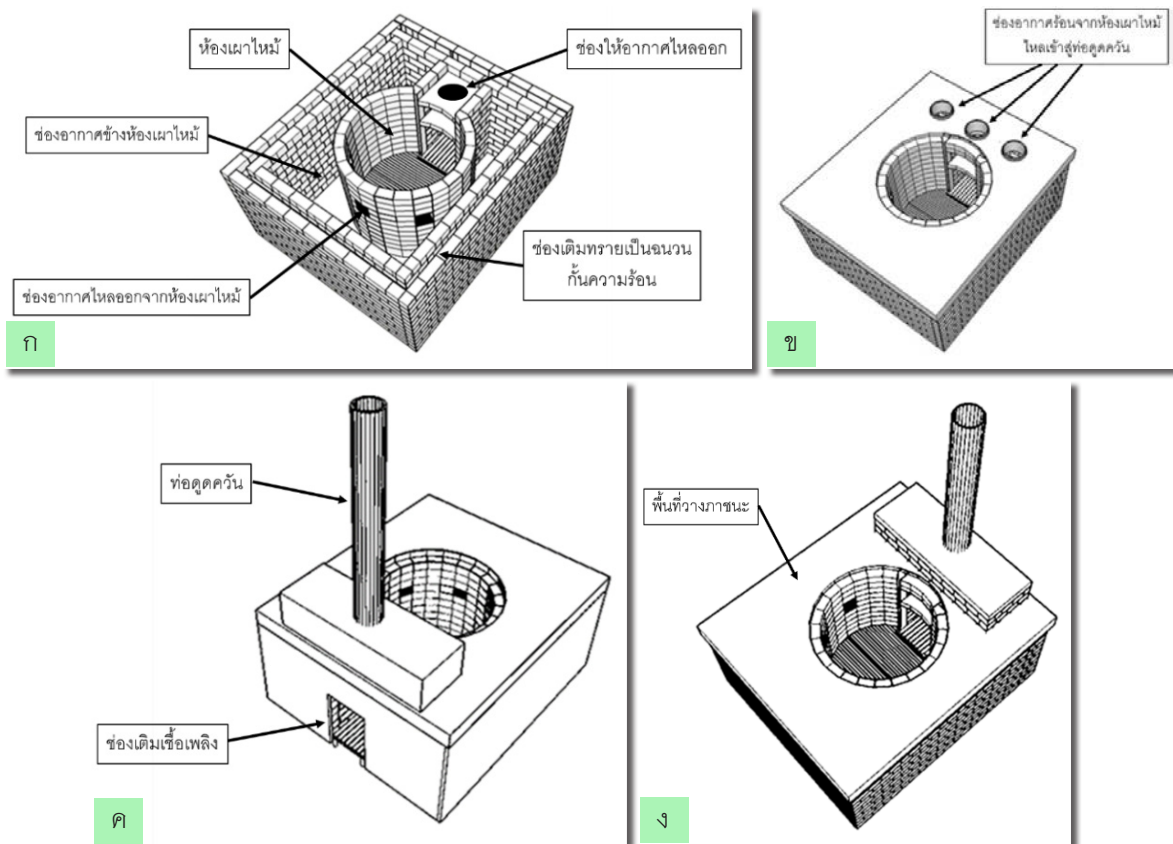
ทั้ง 3 ระยะ คือ 49, 46.35 และ 43.05 องศาเซลเซียส

3.3) เปรียบเทียบการใช้งานเตาชีวมวลต้นแบบกับเตาพื้นบ้านของชุมชน

การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการใช้งานสำหรับกระบวนการแปรรูปหอยตลับของเตาชีวมวลต้นแบบกับเตาพื้นบ้านของชุมชน ด้วยการต้มหอยตลับจำนวน 200 กิโลกรัม โดยใช้หอยตลับในการต้มแต่ละครั้ง 20 กิโลกรัม (ภาพที่ 11) พบว่าเตาชีวมวลต้นแบบใช้เวลาในการแปรรูป 195 ± 21 นาที แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับการใช้เตาพื้นบ้านของชุมชนที่ใช้เวลาในการต้มถึง 268 ± 21 นาที ซึ่งนานกว่าการใช้เตาชีวมวลต้นแบบกว่า 1 ชั่วโมง และเมื่อ



ภาพที่ 8 แบบร่าง 2 มิติ ของเตาชีวมวลต้นแบบ ก) ด้านข้าง ข) ด้านหน้า และ ค) ด้านหลัง



ภาพที่ 9 แบบร่าง 3 มิติ ของเตาชีวมวลต้นแบบ ก) โครงสร้างภายในเตา ข) ช่องไหลของอากาศจากห้องเผาไหม้ ค) ด้านหลังเตา และ ง) ด้านบนเตา



ภาพที่ 10

การสร้างเตาชีวมวลต้นแบบ มีขั้นตอน ดังนี้ ก) เตรียมพื้นที่ติดตั้งเตา ข) ร่างแบบขนาดฐานเตา ค) ขึ้นรูปตัวเตา ง) โครงสร้างภายในเตา จ) เตาชีวมวลต้นแบบก่อนฉาบปูน และ ฉ) เตาชีวมวลต้นแบบ

คำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ พบว่าเตาชีวมวลต้นแบบใช้เชื้อเพลิงเพียง 107.50 ± 3.54 กิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับการใช้เตาพื้นบ้านซึ่งใช้เชื้อเพลิงถึง 177.50 ± 10.60 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าการใช้เตาชีวมวลต้นแบบถึงร้อยละ 65

3.4) เปรียบเทียบคุณภาพของเนื้อหอยตลับโดยใช้เตาชีวมวลต้นแบบและเตาพื้นบ้านของชุมชน

จากการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหอยตลับโดยใช้เตาชีวมวลต้นแบบและเตาพื้นบ้านของชุมชน (ภาพที่ 12) พบว่าเนื้อหอยที่ได้จากเตาชีวมวลต้นแบบมีเนื้อขาวใส ตาหอยไม่แตก เนื้อหอยแน่น ในขณะที่เนื้อหอยที่ได้จากการต้มโดยใช้เตาพื้นบ้านของชุมชนมีสีที่เข้มกว่า เนื้อหอยไม่แน่น เพราะเนื้อหอยหลุดออกมาจากเปลือกได้ช้ากว่า เนื่องจากใช้เวลาในการต้มนานกว่าเตาชีวมวลต้นแบบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวลต้นแบบสำหรับการแปรรูปหอยตลับ พบว่าสามารถใช้แปรรูปหอยตลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คือ การปรับปรุงพื้นผิวของเตาชีวมวลต้นแบบโดยต้องปรับปรุงให้สามารถล้างทำความสะอาดได้สะดวกมากยิ่งขึ้น และลดความชื้นจากการซึมของน้ำจากการ

ทำความสะอาดเข้าสู่ตัวเตา โดยการปูกระเบื้องบริเวณผิวของเตา (ภาพที่ 13) เพื่อให้สามารถล้างทำความสะอาดได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถป้องกันความชื้นที่จะสะสมในตัวเตาได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ในการปรับปรุงพื้นผิวของเตาชีวมวล ชุมชนได้มีส่วนร่วมในการสมทบทุนในการดำเนินการ 5,000 บาท

3.5) เปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตเตาชีวมวลต้นแบบกับเตาพื้นบ้านของชุมชน

เตาชีวมวลต้นแบบสำหรับการแปรรูปหอยตลับ มีต้นทุนประมาณ 15,000 บาทต่อชุด สามารถใช้แปรรูปหอยตลับได้ประมาณ 200 กิโลกรัมต่อการอบการผลิต ซึ่งต้มหอยตลับประมาณ 20 กิโลกรัมต่อครั้ง สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ประมาณ 1,400 บาทต่อการอบการผลิต เมื่อหักต้นทุนในการแปรรูปประมาณ 400 บาทต่อการอบการผลิต จะมีกำไรในการผลิตรอบละประมาณ 1,000 บาท โดยปกติชุมชนจะแปรรูปหอยตลับสดค้าห่อละ 2 รอบ หรือ 8 รอบต่อเดือน ส่งผลให้เกิดรายได้ประมาณ 8,000 บาทต่อเดือน จะมีจุดคุ้มทุนประมาณ 2 เดือน หากช่วงใดมีหอยตลับจำนวนมากก็จะสามารถแปรรูปได้มากขึ้น เนื่องจากการใช้เตาชีวมวลต้นแบบสามารถลดระยะเวลาเหลือเพียงประมาณ 3 ชั่วโมง ต่อการผลิต 200 กิโลกรัม ส่งผลให้ในแต่ละวันสามารถต้มหอยตลับได้มากขึ้น



ก



ข

ภาพที่ 11

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวลต้นแบบร่วมกับชุมชน ก) เตาชีวมวลต้นแบบ และ ข) เตาพื้นบ้านของชุมชน



ก



ข

ภาพที่ 12

ลักษณะเนื้อหอยตลับที่ผ่านการต้มด้วยเตาชีวมวล ก) เตาชีวมวลต้นแบบ และ ข) เตาพื้นบ้านของชุมชน



ก



ข

ภาพที่ 13

ลักษณะของเตาชีวมวลสำหรับแปรรูปหอยตลับที่ได้ปรับปรุง ก) การปูกระเบื้องเตาชีวมวล และ ข) การใช้เตาชีวมวลที่ผ่านการปรับปรุง

นอกจากเตาชีวมวลต้นแบบสำหรับการแปรรูปหอยดัลป์จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแปรรูปให้สูงขึ้นได้แล้วนั้น ยังส่งผลให้คุณภาพของหอยดัลป์ที่ผ่านการแปรรูปดีขึ้นด้วย ซึ่งพบว่าการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเนื้อหอยดัลป์ที่ผ่านการแปรรูปโดยใช้เตาชีวมวลต้นแบบต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่องเกณฑ์มาตรฐานทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (DMSC, 2017) โดยพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เพียง 1,400 CFU/กรัม แบคทีเรีย *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 CFU/กรัม แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* น้อยกว่า 10 CFU/กรัม และไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรีย *Salmonella* spp.

ความรู้ความเชี่ยวชาญที่ใช้

เตาชีวมวลหรือเตาแก๊สชีวมวลเป็นเตาที่สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการหุงต้มอาหารในครัวเรือน (Office of the Permanent Secretary for Energy, 2007) เพื่อทดแทนการใช้แก๊ส LPG กระบวนการผลิตแก๊สชีวมวลหรือแก๊สเชื้อเพลิงเกิดจากการเผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หรือจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากปาล์ม กากมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด กะลามะพร้าว เป็นต้น กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในเตาชีวมวลจะมีอากาศธรรมชาติจากภายนอกเตาเข้าไปเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่สามารถติดไฟได้ ดังนี้ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สมีเทน (CH_4) เป็นต้น สำหรับเทคโนโลยีเตาชีวมวลสำหรับชุมชนมีดังนี้

1) **เตาชีวมวลแบบใช้ไม้ฟืน** เป็นเตาชีวมวลแบบแก๊สไหลขึ้น (Updraft gasifier) เป็นเตาชีวมวลที่ผลิตใช้เริ่มแรกและเป็นแบบที่ง่ายที่สุด เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเตา และอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงทางด้านล่าง บริเวณเหนือตะแกรงจะเป็นบริเวณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (Tipyawong, 2010) ใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เศษไม้ กิ่งไม้ ทะลายปาล์ม กะลามะพร้าว เหง้ามันสำปะหลัง ชังข้าวโพด และชานอ้อย เป็นต้น สามารถเติมเชื้อเพลิงได้อย่างต่อเนื่อง ใช้สำหรับการหุงต้มอาหาร (Chaichana et al., 2012)

2) **เตาชีวมวลแบบใช้แกลบ** เป็นเตาชีวมวลที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ใช้งานง่าย ให้เปลวไฟเหมือนแก๊ส LPG สามารถนำ

มาใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ลดต้นทุนเชื้อเพลิงสำหรับการหุงต้มอาหารในครัวเรือน (Charoenboon, 2014) ลดปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในชุมชน ลดเวลาในกระบวนการแปรรูปใบสับปะรด (Supengkham, 2015) ลดปริมาณน้ำมันดินที่ออกมาจากแก๊สเชื้อเพลิงให้น้อยลง (Tangngam et al., 2012)

การนำเทคโนโลยีเตาชีวมวลมาใช้งานในด้านต่าง ๆ มีรูปแบบหลากหลายแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงศึกษาแนวทางการใช้งานเทคโนโลยีเตาชีวมวลจากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับใช้ในกระบวนการแปรรูปหอยดัลป์และเหมาะสมกับบริบทของชุมชนดังนี้

1) **วัสดุสำหรับประกอบเตา** จากการศึกษาเทคโนโลยีเตาชีวมวลแบบใช้ไม้ฟืน (Office of the Permanent Secretary for Energy, 2007) เป็นเตาขนาดใหญ่ ห้องเผาไหม้เป็นทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 เซนติเมตร คือ เตานาซุมเห็ด และเตาเศรษฐกิจประยุกต์แบบมณฑล จุดเด่นของเตาคือมีปล่องไฟทำหน้าที่ช่วยดูดเขม่าควันออกไป ทำให้กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีอากาศเข้าไปอย่างต่อเนื่อง โดยการออกแบบห้องเผาไหม้ก่อขึ้นรูปด้วยอิฐฉนวนทนไฟนำไปประกอบกับโครงสร้างเหล็ก พบว่ามีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับร้อยละ 25.89 (Namkham, 2017) และจากการศึกษาของ Homchampa et al. (2014) เกี่ยวกับขนาดของช่องอากาศเข้าและปล่องไฟมีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา พบว่า เมื่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้าและเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟส่งผลให้ประสิทธิภาพของเตาเพิ่มขึ้น โดยช่องอากาศเข้ามีเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 2 นิ้ว และปล่องไฟมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 4 นิ้ว มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.60

2) **การใช้พลังงานลมเสริม** การเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นกระบวนการแปรรูปชีวมวลโดยใช้ความร้อนในที่ที่มีอากาศเพื่อให้เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ (Jaitong & Wongsiriwittay, 2018) และจากหลักการทำงานของเตาเศรษฐกิจประยุกต์แบบมณฑล อากาศเย็นจากภายนอกเข้ามาทางช่องเติมเชื้อเพลิงและด้านล่างตะแกรงของตัวเตาเข้ามาช่วยในการเผาไหม้และบังคับให้อากาศไหลเข้าไปในห้องเผาไหม้ และ Thumachat (2014) ศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลแกลบ มีการเป่าอากาศเข้าห้องเผาไหม้ด้วยพัดลมจากด้านล่างจุดติดเชื้อเพลิงพบว่า ที่ระดับความเร็วลมเฉลี่ย 10.21 เมตรต่อวินาที สามารถทำให้น้ำเดือดเร็วที่สุด เท่ากับ 8 นาที และรักษาระดับอุณหภูมิได้นานที่สุด เท่ากับ 23 นาที

สถานการณ์ใหม่ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

จากการพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับแปรรูปหอยดัลบโดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกับชุมชน และส่งมอบเตาชีวมวลต้นแบบสู่ชุมชนบ้านแหลม อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เพื่อใช้ในกระบวนการแปรรูปหอยดัลบ และจากการประเมินความพึงพอใจในเตาชีวมวลต้นแบบ ขั้นตอนการใช้งาน คุณภาพของเนื้อหอยดัลบ การดูแลรักษาเตาชีวมวล และความคุ้มค่า ซึ่งระดับความพึงพอใจกำหนดเป็น 5 ระดับ คือ 5 = เห็นด้วยมากที่สุด 4 = เห็นด้วยมาก 3 = เห็นด้วยปานกลาง 2 = เห็นด้วยน้อย และ 1 = เห็นด้วยน้อยที่สุด ผลการประเมินความพึงพอใจ ดังตารางที่ 2 และมีการขยายผลให้แก่ชุมชนอื่นที่สนใจ โดยมีกลุ่มผู้แปรรูปหอยดัลบในชุมชนบ้านนาหินแรด และชุมชนบ้านท่าเรือ เข้ามาศึกษาเรียนรู้ และต้องการนำเตาชีวมวลสำหรับแปรรูปหอยดัลบไปใช้ในการเพิ่มรายได้ในชุมชน

ตารางที่ 2 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของการใช้เตาชีวมวลสำหรับแปรรูปหอยดัลบ โดยผู้เชี่ยวชาญในชุมชน

รายการ	ผลการประเมินเฉลี่ย
1) เตาชีวมวลสำหรับแปรรูปหอยดัลบ	4.9 ± 0.3
2) ขั้นตอนการใช้งาน	4.9 ± 0.3
3) คุณภาพของเนื้อหอยดัลบ	5.0 ± 0.0
4) ความสะดวกในการดูแลรักษา	4.9 ± 0.3
5) ความคุ้มค่าหรือประโยชน์ที่จะได้รับ	4.9 ± 0.3

ผลกระทบและความยั่งยืน ของการเปลี่ยนแปลง

ชุมชนบ้านแหลมสามารถนำเตาชีวมวลไปใช้ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของชุมชนได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้ชุมชนมีศักยภาพในการผลิตที่ดีขึ้น ดังนี้

1) ด้านเศรษฐกิจ กลุ่มแปรรูปหอยดัลบชุมชนบ้านแหลม มีกำลังการผลิตหอยดัลบประมาณ 800 กิโลกรัม/สัปดาห์ หรือ 3,200 กิโลกรัม/เดือน โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า เมื่อเทียบกับก่อนดำเนินการวิจัย สามารถเพิ่มรายได้จากเดือนละประมาณ 8,000 บาท เป็น 16,000 บาท สำหรับสมาชิกของกลุ่มฯ จำนวน 5 คน ทำให้มีรายได้เสริมคนละประมาณ 3,200 บาทต่อเดือน ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2562 – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ชุมชนสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากหอยดัลบได้ 192,000 บาท โดยผลิตภัณฑ์ของชุมชนสามารถจำหน่ายในวงกว้างขึ้น เช่น การจำหน่ายในงานแสดงสินค้าต่าง ๆ ในจังหวัด เช่น งานสินค้า OTOP ของจังหวัดตรัง งานถนนคนเดินจังหวัดตรัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจำหน่ายผ่านสื่อสังคมออนไลน์เฟซบุ๊กภายใต้ชื่อเพจ clam flavors หอยดัลบสามรส (ภาพที่ 14) โดยมีกลุ่มลูกค้าในจังหวัดตรัง และจังหวัดใกล้เคียง เช่น ภูเก็ต และพัทลุง เป็นต้น ซึ่งได้รับการตอบรับจากตลาดเป็นอย่างดีส่งผลให้ยอดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2) ด้านสังคม มีการขยายผลเทคโนโลยีสู่ชุมชนเครือข่ายแบบร่วมทุนในการสร้างเตาชีวมวล เตาละ 5,000 บาท จำนวน 2 ชุด ได้แก่ ชุมชนบ้านนาหินแรด และชุมชนบ้านท่าเรือ ตำบลวังวน โดยใช้เตาชีวมวลสำหรับแปรรูปหอยดัลบเป็นผลิตภัณฑ์ยาหอยดัลบจำหน่ายในพื้นที่อำเภอกันตัง ซึ่งได้รับการตอบรับจากผู้บริโภค



ก



ข

ภาพที่ 14

การจำหน่ายผลิตภัณฑ์แปรรูปหอยดัลบของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน ก) ออกร้านสินค้า OTOP ในจังหวัดตรัง และ ข) การจำหน่ายออนไลน์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์

เป็นอย่างดี และอยู่ในช่วงการขับเคลื่อนเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ให้สามารถจำหน่ายในวงกว้างได้ต่อไป

3) ด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการต้มหอยตลับใช้เวลาลดลง ส่งผลให้การใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพาราลดลงประมาณ 5 ตันต่อปี และนอกจากนั้นชุมชนยังนำวัสดุเหลือทิ้งจากการทำใบจากยาสูบในชุมชน (ภาพที่ 15) มาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการแปรรูปหอยตลับ ส่งผลให้สามารถลดปริมาณขยะจากเศษทางจากในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้ถึงร้อยละ 30

จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกับชุมชนส่งผลให้การดำเนินการผ่านไปด้วยดี ชุมชนสามารถนำเตาชีวมวลสำหรับการแปรรูปหอยตลับไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของชุมชนดีขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านรายได้ที่เพิ่มขึ้น และสามารถลดวัสดุเหลือทิ้งจากการทำใบจากยาสูบ ผู้วิจัย

ได้ดำเนินการยื่นขอจดอนุสิทธิบัตรภายใต้ชื่อ “เตาชีวมวลประหยัดพลังงาน” เลขที่คำขอ 1903002599 และนอกจากนั้นสำนักงานพลังงานจังหวัดตรัง ได้ให้ความสนใจในเทคโนโลยีจากผลงานวิจัย โดยนำผลงานไปจัดแสดงในงานเปิดบ้านพลังงานตรัง 62 ณ สำนักงานพลังงาน จังหวัดตรัง เพื่อให้ชุมชนและผู้สนใจเข้ามาเรียนรู้และเกิดการขยายผลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สัญญาทุนเลขที่ RDG61A0013-08



ภาพที่ 15

เศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการทำใบจากยาสูบ ก) วัสดุเหลือทิ้งจากการทำใบจากยาสูบในชุมชน และ ข) นำเศษวัสดุทางจากมาเป็นเชื้อเพลิงของเตาชีวมวล

References

- Chaichana, T., Ali, M., & Longsaman, M. (2012). The study of thermal efficiency of household cooking stove. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 32(5), 626–630. (in Thai).
- Charoenboon, W. (2014). Rice husk gasifier stove–energy for Thai agriculturalist. *KKU Science Journal*, 45(1), 163–174. (in Thai).
- DMSC. (2017). Microbiological quality criteria food and food containers Issue 3. Retrieved March 29, 2020, from http://www.dmsc.moph.go.th/dmscnew/news_detail.php?cid=2&id=1646. (in Thai).
- Homchampa, T., Thongpanya, K., Karmphain, N., Kulab, S., & Somsila, P. (2014). Study of factors affecting thermal efficiency of biomass stove for household. *RMUTI Journal Science and Technology*, 7(2), 103–110. (in Thai).
- Jaitong, W., & Wongsiriwittaya, M. (2018). The direct effect combustion of biomass in burner system by compressed air from the centrifugal blower. *Thaksin University Journal*, 21(3), 191–198. (in Thai).

- Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatankul, W., Phewnil, O., & Boutson, A. (2015). Reproductive cycle of *Meretrix meretrix* in the coastal area of Laem Phak Bia, The King Royally initiated Laem Phak Bia environmental research and development project, Phetchaburi province. *Thai Science and Technology Journal*, 23(1), 59–72. (in Thai).
- Khowhit, S., & Chunkao, K. (2016). Ecological niche of hard clam (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) in the mudflat area of Laem Phak Bia: The King Royally initiated Laem Phak Bia environmental research and development project, Phetchaburi. *Journal of Science, Technology and Environment Research Unit for Learning*, 7(1), 124–140. (in Thai).
- Namkham, N. (2017). Efficiency evaluation on biomass furnace combustion chamber of refractory insulation. *NSRU Science and Technology Journal*, 9(9), 37–49. (In Thai).
- Office of the Permanent Secretary for Energy. (2007). *Energy training manual for community energy technology*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai).
- Podkumnerd, N., Wunsri, S., & Khairin, S. (2019). Production quality development of nipa palm bowl of Palian river basin community Trang province. *Area Based Development Research Journal*, 11(6), 518–537. (in Thai).
- Siwakosit, W., & Kaewsomboon, T. (2013). *Temperature changing behavior and mode-of-operation prediction of a batch type updraft gasifier*. Proceedings of 51st Kasetsart University Annual Conference: Architecture and Engineering. Bangkok. (in Thai).
- Somalee, C., & Pichairat, D. (2017). Product development of ready to eat Tom-Yum seasoned hard clam (*Meretrix casta*) with herbal supplement for fishing community in Trang province. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Journal*, 9(2), 307–321. (in Thai).
- Supengkham, R. (2015). *A development of pineapple leaf cooking stove*. (Master's thesis). Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai).
- Sriudom, Y., & Khrangthimaphon, E. (2011). Thermal efficiency improvement of salt producing stove: Case study of Amphoe Bo Kluea, Nan province. *Academic and Research Journal, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon*, 5(2), 92–101. (in Thai).
- Tangngam, C., Siwakosit, W., & Ayawat, K. (2012). *Design of a three-stage gasifier with rice husk as a fuel*. The 49th Kasetsart University Academic Conference. Bangkok. (in Thai).
- Tanyaros, S., Songrak, A., Srichai, P., & Tarangkoon, W. (2018). Participatory resources management for quality of life improvement on Palian basin community Trang province. Retrieved April 1, 2020, from https://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG60A0016. (in Thai).
- Teeparuksapun, K., Prasongchan, N., & Podkumnerd, N. (2019). Ethanol production from ripe palmyra palm fruit pulp extract using Loog Pang Khao Mak and Loog Pang Satho. *UTK Research Journal*, 13(1), 116–127. (in Thai).
- Thongdaeng, S., & Lamlerd, B. (2018). Thermal image technique and thermal efficiency comparison of fired oven chicken. *Journal of Science and Technology, Udon Thani Rajabhat University*, 6(2), 67–79. (in Thai).
- Thongsan, S., Prasit, B., Wansungnoen, W., & Rangketgam, C. (2015). Comparison insulation of biomass gas stove for using easy material in the community. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 23(2), 66–78. (in Thai).
- Thumachat, W. (2014). Producer gas production using rice husk a fuel by inverted downdraft stove. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, 7(1), 26–39. (in Thai).
- Tipyawong, N. (2010). *Biomass conversion technology*. Bangkok: Pimdee Printing Company limited. (in Thai).
- Wunsri, S., Duawsiri, W., & Thipmonta, N. (2018). Study of energy fuel briquettes production from sawdust of rubber wood. *UTK Research journal*, 12(2), 17–25. (in Thai).
- Wunsri, S., Kaewtubtim, P., & Thipmonta, N. (2018). Development of energy saving stove for community. *UTK Research journal*, 12(2), 8–16. (in Thai).