

แบบสรุปการเสนอโครงการวิจัยเพื่อของบประมาณประจำปี 2561
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1. ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาเตาชีวมวลจากภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาเมืองเก่าปัตตานี

2. คณะผู้วิจัย

ตำแหน่ง	ชื่อ-สกุล	หน่วยงานต้นสังกัด	อัตราส่วนทำวิจัย
หัวหน้าโครงการ	นายพลชัย ขาวนวล	คณะศิลปศาสตร์	ร้อยละ 50
ผู้ร่วมวิจัย	นายสมบุรณ์ ประสงค์จันทร์	คณะศิลปศาสตร์	ร้อยละ 25
ผู้ร่วมวิจัย	นางสาวสุนารี บดีพงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มอ. ปัตตานี	ร้อยละ 25

3. ลักษณะโครงการวิจัยใหม่

4. ประเภทการวิจัย ☐ การวิจัยพื้นฐาน ☒ การวิจัยประยุกต์ ☐ การพัฒนาทดลอง

5. สาขาวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์

สาขาการวิจัยย่อย OECD1.11 วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ : วิทยาศาสตร์กายภาพ

6. มาตรฐานการวิจัย

☐ มีการใช้สูตรทดลอง

☐ มีการวิจัยในมนุษย์

☐ มีการวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่หรือพันธุวิศวกรรม

☐ มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี

7. ขนาดของทุนวิจัยและเป้าหมายผลผลิต (Output)

7.1 งบประมาณ (วงเงินงบประมาณควรคำนวณเป็นหลักร้อยละขึ้นไป)

- งบประมาณตลอดการวิจัย เป็นเงิน 300,000 บาท

- งบประมาณที่ขอในปี 2561 เป็นเงิน บาท

7.2 เป้าหมายผลผลิต 2. บทความวิจัยในเอกสารประชุมวิชาการระดับชาติ (proceeding) จำนวนอย่างน้อย 1

บทความ (ข้อ 2.1.1.2)

ลงชื่อ.....

(นายพลชัย ขาวนวล)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาเตาชีวมวลจากภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาเมืองเก่าปัตตานี
(ภาษาอังกฤษ) Development of Biomass Cooking Stove as a Pottery Local Wisdom of
Ancient Town, Pattani

ชื่อแผนงานวิจัย (ภาษาไทย)(กรณีเป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย).....
(ภาษาอังกฤษ).....

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

☒ โครงการวิจัยใหม่

☐ โครงการวิจัยต่อเนื่อง

ระยะเวลา.....ปี.....เดือน ปีนี้เป็นปีที่.....

1. ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ยุทธศาสตร์ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 8 : ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม

เป้าประสงค์-ไม่ต้องระบุ-

กลยุทธ์ -ไม่ต้องระบุ-

2. นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

ยุทธศาสตร์ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 : ส่งเสริมกลไกและกิจกรรมการนำกระบวนการวิจัย ผลงานวิจัย องค์ความรู้
นวัตกรรม และเทคโนโลยีจากงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม โดยความร่วมมือของภาคส่วนต่าง ๆ

กลยุทธ์ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 กลยุทธ์ที่ 1 : ส่งเสริมการจัดการความรู้และสร้างองค์ความรู้ นวัตกรรม และ
เทคโนโลยีจากงานวิจัย

แผนวิจัย -ไม่ต้องระบุ-

3. ยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็น

ยุทธศาสตร์การวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม

4. ยุทธศาสตร์ชาติ

การสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. นโยบาย/เป้าหมายของรัฐบาล

☐ ระเบียบวาระแห่งชาติ

3) งานวิจัยพลังงานทดแทน (ความร่วมมือไทย-ต่างประเทศ)

☒ โครงการทำทนายไทย

1.2 ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

☐ นโยบายรัฐบาล

ไม่สอดคล้อง

6. ยุทธศาสตร์ของหน่วยงาน

การตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญาหรือสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

- ☒ ไม่มีการตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญา และ/หรือ สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง
- ☐ ตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญาแล้ว ไม่มทรัพย์สินทางปัญญา และ/หรือ สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง
- ☐ ตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญาแล้ว มีทรัพย์สินทางปัญญา และ/หรือ สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

หน่วยงานร่วมลงทุน ร่วมวิจัย รับจ้างวิจัย หรือ Matching fund

ชื่อหน่วยงาน/บริษัท.....

ที่อยู่.....

เบอร์โทรศัพท์.....

ชื่อผู้ประสานงาน.....

เบอร์โทรศัพท์ผู้ประสานงาน.....

เบอร์โทรสารผู้ประสานงาน.....

อีเมลผู้ประสานงาน.....

การเสนอข้อเสนอหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของงานวิจัยนี้ต่อแหล่งทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น ☐ มี☒ ไม่มี

หน่วยงาน/สถาบันที่อื่น.....

ชื่อโครงการ.....

ระบุความแตกต่างจากโครงการนี้.....

สถานะการพิจารณา

- ☒ ไม่มีการพิจารณา
- ☐ โครงการได้รับอนุมัติแล้ว

สัดส่วนทุนที่ได้รับ.....%

- ☐ โครงการอยู่ระหว่างการพิจารณา

มาตรฐานการวิจัย

☐ มีการใช้สัตว์ทดลอง☐ มีการวิจัยในมนุษย์☐ มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ☐ มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ

คำนำหน้า	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการมีส่วนร่วม	เวลาที่ทำวิจัย (ชั่วโมง/สัปดาห์)
นาย	พลชัย ขาวนวล	หัวหน้าโครงการ	50	12
นาย	สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์	ผู้ร่วมวิจัย	25	6
นางสาว	สุนารี บดีพงศ์	ผู้ร่วมวิจัย	25	6

2. ประเภทการวิจัยการวิจัยและพัฒนา

สาขาการวิจัยหลัก OECD2. วิศวกรรมและเทคโนโลยี

สาขาการวิจัยย่อย OECD2.38 วิศวกรรมและเทคโนโลยี : วิศวกรรมและเทคโนโลยีอื่นๆ

ด้านการวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. สาขาวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์

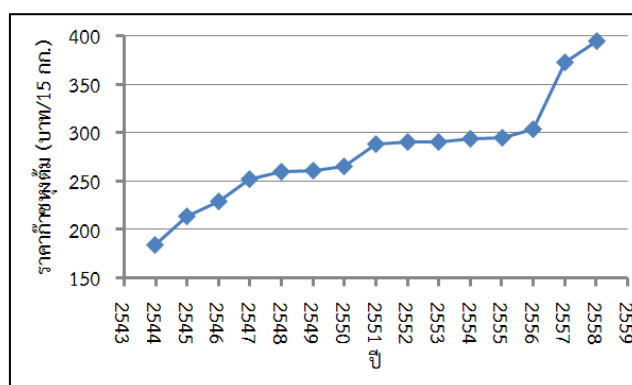
4. คำสำคัญ (keyword)

คำสำคัญ (TH) เตาชีวมวล, เครื่องปั้นดินเผา

คำสำคัญ (EN) biomass cooking stove, pottery

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

นับตั้งแต่มนุษย์เริ่มรู้จักทำให้อาหารสุกสำหรับการดำรงชีวิตประจำวัน การหุงต้มเพื่อประกอบอาหารกลายเป็นกิจวัตรประจำวันของมนุษย์นับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา จึงได้มีพัฒนาการเตาหุงต้มชนิดต่าง ๆ โดยเตาหุงต้มแบ่งออกได้เป็นหลายชนิดขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงที่ใช้ ต่อมามนุษย์ก็เริ่มหันมาใช้แก๊สแอลพีจี (LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มเนื่องจากใช้งานได้ง่ายและสะดวก แต่หลังจากที่กระทรวงพลังงานประกาศยกเลิกอุดหนุนราคาแก๊สหุงต้มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2556 ส่งผลให้แก๊สหุงต้มมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 18-20 บาท (รัฐพร เจาะจง และ พิสิษฐ์ มณีโชติ, 2558) และแนวโน้มราคาแก๊สหุงต้มมีลักษณะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ราคาแก๊สหุงต้ม 15 กก. ปีพ.ศ. 2544-2558

ที่มา : ธนาคารแห่งประเทศไทย (<http://www2.bot.or.th/statistics/ReportPage.aspx?reportID=90&language=th>) สืบค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2559

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาวิกฤติทางด้านพลังงาน เนื่องจากปัจจุบันพลังงานส่วนใหญ่ใช้แล้วหมดไป และพลังงานกำลังจะหมดไปในอีกไม่ช้า และการใช้พลังงานอาจก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนจึงมีการคิดริเริ่มในการสรรหาพลังงานจากแหล่งพลังงานทางเลือก เช่น พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานทดแทน และพลังงานชีวมวล เป็นต้น ปัจจุบันการนำพลังงานทดแทนมาใช้ได้รับความนิยมสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานความร้อนจากเตาชีวมวลเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่น่าวัสดุเหลือใช้ในบ้านเรือนหรือชุมชน เช่น กิ่งไม้ เศษไม้ที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์มาแปรสภาพเป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในการหุงต้ม ประกอบอาหาร ทำให้ลดค่าใช้จ่าย เพิ่มรายได้ และนอกจากนี้ยังเป็นการลดมลพิษที่เกิดจากการเผาขยะบางส่วน และสามารถนำขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาชีวมวลไปใช้ประโยชน์ในการทำวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเพาะปลูกพืชต่อไป และสิ่งที่สำคัญคือในการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงถือได้ว่าไม่มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศเพราะว่าเชื้อเพลิงที่นำมาใช้นั้นเป็นชีวมวลที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทำให้แก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ชีวมวลเป็นการปลดปล่อยที่เป็นไปตามวัฏจักรคาร์บอน ในขณะที่แก๊ส LPG นั้นเป็นพลังงานที่ได้มาจากฟอสซิล เมื่อมีการใช้งานก็ถือว่าเป็นการเพิ่มแก๊สเรือนกระจกให้กับบรรยากาศทันที ซึ่งอัตราการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมีมากถึง 3 กิโลกรัม สำหรับการใช้พลังงานทุก ๆ 1 กิโลกรัม (สมมาส แก้วล้วน และคณะ, 2556)

เตาแก๊สชีวมวลที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป ส่วนประกอบของเตาทั้งหลายนั้นจะเป็นโลหะซึ่งทำจากเหล็กโดยคุณสมบัติของโลหะที่เป็นเหล็กนั้น เมื่อเหล็กโดนความร้อนบ่อย ๆ ก็จะทำให้เกิดสนิมและเกิดการสึกกร่อนอีกประการหนึ่งคือเหล็กเป็นโลหะซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนได้เร็วไม่สามารถเก็บกักความร้อนได้ และปัจจุบันในการผลิตเตาชีวมวลค่อนข้างมีความยุ่งยาก และมีราคาสูงเนื่องจากห้องเผาไหม้ที่ใช้กับเตาชีวมวลทำจากท่อเหล็ก หรือนำแผ่นเหล็กมาม้วน และทำการเจาะ ตัด เชื่อม ทำให้ยุ่งยาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ส่งผลให้เตาชีวมวลมีราคาค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเตาชีวมวลโดยการเปลี่ยนแปลงในส่วนของห้องเผาไหม้ให้สามารถเก็บกักความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและยังช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับการกัดกร่อนบริเวณห้องเผาไหม้หลังจากการใช้งานเป็นเวลานาน ๆ ซึ่งในการวิจัยนี้จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำดินเหนียวผสมเถ้าแกลบมาพัฒนาใช้แทนโลหะเหล็กเพื่อให้เหมาะกับการนำมาใช้งานเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาห้องเผาไหม้ของเตาแก๊สชีวมวล และเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการประกอบเตาชีวมวล และที่สำคัญกระบวนการผลิตเตาชีวมวลโดยประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาโรงอ่าง : วัฒนธรรมแห่งเครื่องปั้นดินเผาเมืองเก่าปัตตานี เป็นการบูรณาการภูมิปัญญาและร่วมอนุรักษ์มรดกภูมิปัญญาไทยในจังหวัดชายแดนภาคใต้ เสริมสร้างมรดกเครื่องปั้นดินเผาโรงอ่างสู่การสร้างพลังงานทางเลือกในชุมชนโดยการพัฒนาเตาชีวมวลประหยัดพลังงานซึ่งเชื่อมโยงกับวิถีชีวิต สังคม เศรษฐกิจ พลังงาน และสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือน และวิสาหกิจชุมชนได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงต่อไป

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

6.1 ศึกษากระบวนการขึ้นรูป ความทนไฟ และความเป็นฉนวนความร้อนของดินเหนียวที่เหมาะสมกับศักยภาพของห้องเผาไหม้

6.2 พัฒนารูปแบบห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวลจากการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาชุมชนโรงอ่าง

6.3 นำเตาชีวมวลที่พัฒนาจากภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือน และวิสาหกิจชุมชนในชุมชนเขากลอย

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

7.1 การศึกษาดินเหนียวสำหรับการขึ้นรูปห้องเผาไหม้

7.1.1 ตัวแปรอิสระ

- สารผสม
- อัตราส่วนผสม

7.1.2 ตัวแปรตาม

- สมบัติทางแร่
- องค์ประกอบทางเคมี
- สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดและการกระจายของอนุภาค ความแข็งแรง การหดตัว

โครงสร้างจุลภาค การดูดซึมน้ำ ความทนไฟ สมบัติเชิงความร้อน

7.2 การศึกษาเตาชีวมวล

7.2.1 ตัวแปรอิสระ

- ขนาดช่องอากาศทุติยภูมิ
- ความหนาห้องเผาไหม้
- รูปแบบของห้องเผาไหม้

7.2.2 ตัวแปรตาม

- ประสิทธิภาพความร้อน
- อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ
- ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ
- มลพิษ (PM และ CO)
- ต้นทุนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์
- จุดคุ้มทุน

7.3 การศึกษาเชื้อเพลิงชีวมวล

7.3.1 ตัวแปรอิสระ

- ชนิดของไม้
- ขนาด, ปริมาตร
- การจัดเรียงเชื้อเพลิง
- ความชื้น

7.3.2 ตัวแปรตาม

- ระยะเวลาการเกิดโปรตีนเซอร์แก๊ส

8. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

8.1 ทฤษฎี สมมุติฐาน

8.1.1 ชีวมวล (biomass)

ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่กักเก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งมากจากการสังเคราะห์ด้วยแสง และเกิดขึ้นหมุนเวียนซ้ำแล้วซ้ำอีกได้ในธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานเพื่อใช้ทดแทนพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานฟอสซิลที่มีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลอาจมองว่าเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต พืช และสัตว์ หรือกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีความหลากหลายของรูปแบบและลักษณะเฉพาะแหล่งตามความหลากหลายและซับซ้อนทางชีววิทยาและสภาพสิ่งแวดล้อม ชีวมวลเป็นพลังงานที่มาจากแหล่งที่ไม่มีวันหมดไป เพราะวงจรการผลิตชีวมวลคือวงจรของพืชที่มีระยะเวลายาว ในกรณีที่มีการผลิตชีวมวลขึ้นมาทดแทนชีวมวลที่ได้ใช้ไป

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกหมุนเวียนมาใช้ในชีวมวลที่ผลิตใหม่เท่ากับปริมาณแก๊สที่ถูกผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลนั้น ๆ เนื่องจากพืชต้องหายใจเพื่อเอาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปใช้ในการเจริญเติบโต นั้นหมายถึง การใช้ชีวมวลจะลดโอกาสในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (นคร ทิพยาวงศ์, 2553)

ชีวมวลประกอบด้วยธาตุหลัก ๆ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) รวมทั้งมีปริมาณของไนโตรเจนและธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อยในรูปแบบของคาร์โบไฮเดรตหรือเซลลูโลส โดยทั่วไปชีวมวลอาจจำแนกออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ คือ ชีวมวลแบบไม้ (woody) แบบไม้ใช้ไม้ (non woody) และของเสียจากสัตว์ ซึ่งมาจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

- ผลผลิตจากป่า ไร่สวน ต้นไม้ และวัชพืชต่าง ๆ ทั้งบนบกและในน้ำ เช่น ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน ไม้โตเร็ว ใบไม้ กิ่งไม้ หญ้า พืชล้มลุก จากส่วนเมล็ด เปลือก ผล และจากมวลสาหร่าย พืชน้ำ เป็นต้น

- ผลผลิตจากพืชเกษตร เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน แกลบ ฟาง ชานอ้อย ยอดใบอ้อย เหง้ามัน ชังข้าวโพด ทะลายปาล์ม

- เศษวัสดุและของเสียจากกระบวนการและการประกอบการของภาคอุตสาหกรรม เช่น ขี้เลื่อย กลิ เซอริน สำเหล้า กากอาหาร รวมไปถึงของเสียจากโรงงานแปรรูป ของเสียประเภทพลาสติก และกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม

- ของเสียจากแหล่งชุมชน เช่น ขยะชุมชน กากตะกอนจากแหล่งบำบัดน้ำเสียชุมชน

- ผลิตภัณฑ์และของเสียจากสัตว์ เช่น ไขมัน มูลสัตว์ เป็นต้น

แหล่งพลังงานชีวมวลปฐมภูมิที่ชัดเจน ได้แก่ ไม้พื้น ซึ่งมีความสะดวกในการใช้และมีการใช้กันมากอย่างแพร่หลาย แหล่งที่มาของไม้พื้นเหล่านี้หาได้ตามป่า พื้นที่ป่ากร้าง ป่าปลูก และต้นไม้ตามหัวไร่ปลายนา หรือในสวน ซึ่งจะเป็นส่วนลำต้น กิ่ง ก้านใบ หรือบางครั้งอาจรวมถึงโคนและรากด้วย

แหล่งพลังงานชีวมวลทุติยภูมิได้จาก ชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เศษกากจากกระบวนการโรงงาน ชีวมวลจากสัตว์เลี้ยง หรือจากชีวมวลที่ผ่านกระบวนการแปลงสภาพมาแล้ว เศษกากที่ผลิตภายในประเทศจะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ซึ่งแต่ละชนิดมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า เช่น กากมันสำปะหลังและสำเหล้า เพราะมีความชื้นสูงถึง 80-90% บางชนิดต้องนำมาย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ เช่น เศษไม้ยางพารา เป็นต้น (นคร ทิพยาวงศ์, 2553)

8.1.2 กระบวนการแปรรูปทางเคมีความร้อน (thermochemical conversion)

กระบวนการแปรรูปทางเคมีความร้อนเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปชีวมวลเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีคุณภาพสูงขึ้น ได้แก่วิธีการเผาไหม้โดยตรง การย่อยสลายด้วยความร้อน และการแปรรูปเป็นแก๊สชีวมวล ดังนี้

8.1.2.1 การเผาไหม้โดยตรง (direct combustion)

การเผาไหม้โดยตรงเป็นกระบวนการแปรรูปชีวมวลโดยใช้ความร้อนในที่ที่มีอากาศเพื่อให้เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ สารอินทรีย์ในชีวมวลจะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และให้พลังงานออกมา ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ปริมาณความชื้นของชีวมวล เตาเผา ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ และอุณหภูมิในการเผาไหม้ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงพลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปในการระเหยน้ำทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำ องค์ประกอบของเชื้อเพลิงแข็งประกอบด้วยส่วนที่ติดไฟ 2 ส่วน คือ สารระเหยง่ายและคาร์บอน ในกระบวนการเผาไหม้สารระเหยง่ายมักสูญเสียไป โดยทั่วไปเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีพลังงานอยู่ในสารระเหยง่ายถึง 3 ใน 4 ส่วนของพลังงานทั้งหมด ถ้าไม่มีการเก็บสารระเหยง่ายกลับมา ก็จะทำให้สูญเสียพลังงานไปในรูปของสารระเหยเหล่านี้

8.1.2.2 การย่อยสลายด้วยความร้อน (pyrolysis)

การย่อยสลายชีวมวลด้วยความร้อนหรือที่เรียกว่ากระบวนการไพโรไลซิส เป็นกระบวนการย่อยสลายชีวมวลด้วยความร้อนในที่ที่มีปริมาณอากาศจำกัด ซึ่งจะเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงในรูปของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส การย่อยสลายด้วยความร้อนเป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบย้อนกลับไม่ได้ (irreversible chemical process) โดยความร้อนที่ใช้มีอุณหภูมิตั้งแต่ 150 °C ขึ้นไป และจะต้องป้อนอากาศในปริมาณที่จำกัด แก๊สที่ได้จากกระบวนการนี้ได้แก่ แก๊สไฮโดรเจน (H_2) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สมีเทน (CH_4) และเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ของแข็งที่เหลือจากกระบวนการนี้ได้แก่ ถ่าน และขี้เถ้า สำหรับส่วนที่เป็นของเหลวได้แก่ น้ำมัน น้ำ และน้ำมันดิน (tar)

กระบวนการย่อยสลายด้วยความร้อนตามระดับอุณหภูมิในการเผาไหม้ และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

- 1) ช่วงระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 100 – 120 °C ความชื้นจะถูกดึงออกมาจากชีวมวล
- 2) อุณหภูมิ 275 °C ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาส่วนใหญ่จะเป็นแก๊ส เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้กรดน้ำส้มและเมทานอลจะถูกกลั่นออกมา
- 3) ช่วงระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 280 -350 °C ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน องค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อนจะถูกกลั่นออกมา คือ คีโตน (ketone) แอลดีไฮด์ (aldehydes) ฟีนอล (phenol) และเอสเทอร์ (esters) รวมทั้งแก๊สต่าง ๆ ด้วย ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทน เป็นต้น
- 4) อุณหภูมิสูงกว่า 350 °C สารระเหยง่ายจะถูกขับออกมา และคาร์บอนที่เหลือจะเป็นถ่าน และเถ้า

8.1.2.3 กระบวนการแปรรูปเป็นแก๊สชีวมวล (gasification)

กระบวนการแปรรูปชีวมวลเป็นแก๊สชีวมวล หรือเรียกว่ากระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยการสลายคาร์บอนในเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นแก๊ส โดยการเผาชีวมวลในอุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ แก๊สที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่า แก๊สชีวมวลหรือไพโรดิเซอร์แก๊ส แก๊สชีวมวลที่ได้ประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็มีแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ กระบวนการแปรรูปชีวมวลเป็นแก๊สชีวมวลเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการย่อยสลายชีวมวลด้วยความร้อน แต่จะเกิดที่อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 600 °C ขึ้นไป การผลิตแก๊สชีวมวลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นของเตาเผา สารตั้งต้นในการผลิตแก๊สชีวมวล และลักษณะของเตาเผาที่ใช้ในการผลิตแก๊สชีวมวล (วรณัฐ แจ่มสว่าง, 2553)

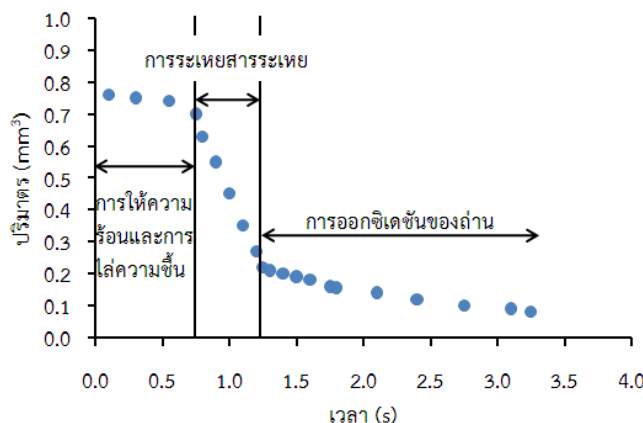
8.1.3 การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

ขั้นตอนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้คือ การให้ความร้อน การไล่ความชื้น (อบแห้ง) การระเหยสารระเหยหรือไพโรไลซิส เพื่อผลิตสารระเหยและถ่านคาร์บอน ขั้นตอนต่าง ๆ ของการเผาไหม้สารระเหยและการเผาไหม้ถ่านคาร์บอนสามารถเขียนตามลำดับได้ดังต่อไปนี้

- 1) ชีวมวลชื้น → การให้ความร้อน/การไล่ความชื้น → ชีวมวลแห้ง
- 2) ชีวมวลแห้ง → สารระเหย (ทาร์และแก๊ส) → ถ่านคาร์บอน
- 3) สารระเหย + อากาศ → $CO + CO_2$ (+ PAH + ไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมด + เขม่า + แอโรซอลอินทรีย์)
- 4) ถ่านคาร์บอน + อากาศ → $CO + CO_2$
- 5) N, S, K และสารอนินทรีย์อื่น ๆ ในสารระเหย → มลพิษอากาศที่มี N, S, K เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน

6) N, S, K และสารอนินทรีย์อื่น ๆ ในถ่านคาร์บอน → มลพิษอากาศที่มี N, S, K เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน

การอบแห้งและไพโรไลซิส/แก๊สซิฟิเคชันเป็นขั้นตอนแรกของการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งเสมอ ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนเหล่านี้จะเปลี่ยนไปตามเทคโนโลยีการเผาไหม้ที่ใช้ รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ของการเผาไหม้ของอนุภาคเชื้อเพลิงชีวมวลขนาดเล็ก ซึ่งจะเห็นได้ว่าได้มีพัฒนาการที่เกิดขึ้นตามลำดับของแต่ละขั้นตอนที่ค่อนข้างชัดเจน แต่สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลขนาดใหญ่จะมีการทับซ้อนกันของขั้นตอนต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของการเผาไหม้ท่อนแบบวงดในการเผาไหม้ไม้



รูปที่ 2 ขั้นตอนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลขนาดเล็ก

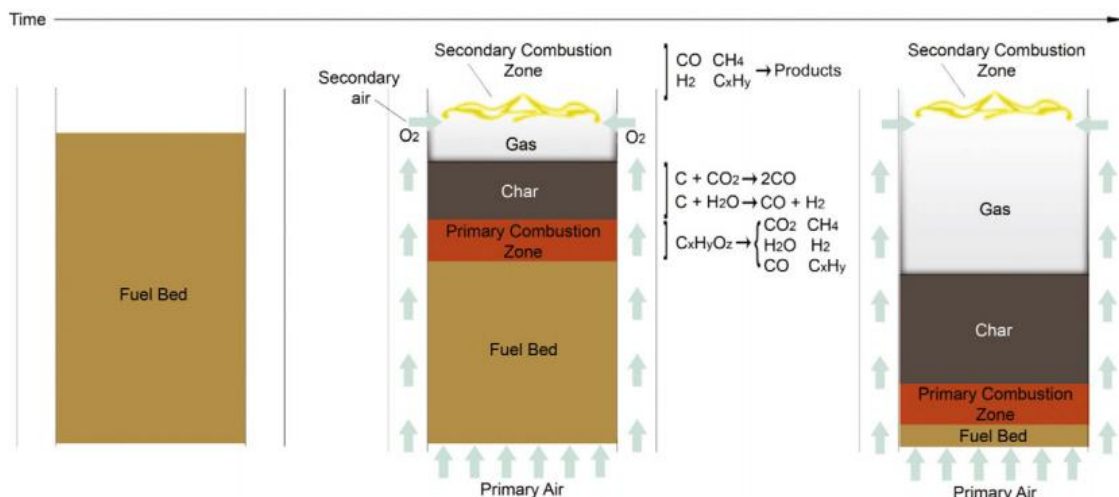
ดัดแปลงจาก ฐานันท์ เมธิยานนท์, 2558

มลพิษจะเกิดควบคู่กันไปกับการเผาไหม้จากการทำปฏิกิริยาของ N, S, Cl และ K รวมทั้งธาตุอื่นที่มีอยู่ในปริมาณน้อยในสารระเหยและถ่าน นอกจากนี้ CO, PAH, เขม่า และควันไฟจะถูกปลดปล่อยออกมาด้วยหากว่าการเผาไหม้เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ซึ่งมีปัจจัยมาจากการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ อุณหภูมิ ระยะเวลา และอื่น ๆ ดังนั้นมลพิษในบรรยากาศจึงอาจมีแอโรซอลของทาร์และเขม่าเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อรวมกับอนุภาคถ่านคาร์บอนขนาดเล็กมากและแอโรซอลที่มีโลหะแอลคาไลเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (ได้แก่ KCl) จึงทำให้เกิดเป็นควันไฟ สารประกอบไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาบางส่วนพร้อมกับสารระเหย ในขณะที่บางส่วนซึ่งอยู่ในโครงสร้างของถ่านคาร์บอนจะถูกปลดปล่อยออกมาระหว่างขั้นตอนการเผาไหม้ถ่านคาร์บอนก่อให้เกิดเป็น NO_x และสารประกอบเริ่มต้นซึ่งเป็นที่มาของ NO_x ได้แก่ HCN และ HNCO ซัลเฟอร์จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปแก๊ส SO₂ ระหว่างการเผาไหม้สารระเหยและถ่านคาร์บอน สารประกอบ KCl และ KOH และสารประกอบโลหะอื่น ๆ รวมทั้งสารประกอบซัลเฟอร์จะก่อให้เกิดเป็นสารย่อยแก๊สต่าง ๆ ซึ่งนำไปสู่การเกิดแอโรซอล (ละอองลอย) (ฐานันท์ เมธิยานนท์, 2558)

8.1.4 เตาชีวมวล (biomass cookstove)

เตาชีวมวลเป็นเตาที่ถูกพัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน โดยอาศัยการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ใช้เผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น เศษไม้ขนาดเล็ก กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด และกลบ เป็นต้น โดยแก๊สที่ผลิตได้เรียกว่า “โปรดิวเซอร์แก๊ส” ซึ่งประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH₄) และไฮโดรเจน (H₂) ที่สามารถจุดติดไฟและให้ความร้อนได้ โดยการออกแบบเตาชีวมวลจะมีการเผาไหม้ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ 1) การเผาไหม้จากด้านบนของเตาแล้วเกิดแก๊สไหลเวียนขึ้นสู่ด้านบน (top-lit up-draft : TLUD) 2) การเผาไหม้จากด้านล่างแล้วเกิดแก๊สสับสนุนการเผาไหม้ (down draft) (ปรีชา ช่างย้อม, 2556) โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะเตาชีวมวลประเภท TLUD เท่านั้น

หลักการของเตาชีวมวลประเภท TLUD มีดังนี้ (Tryner *et al*, 2014) ดังรูปที่ 3 โดยเตาชีวมวลเป็นเตาที่ปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ชีวมวลต่ำ โดยส่วนใหญ่แล้วเตาชีวมวลเป็นเตาที่ประยุกต์หลักการจุดไฟจากด้านบน และอากาศไหลขึ้น (top-lit up draft: TLUD) สำหรับการใช้เตาชีวมวลประเภท TLUD เริ่มต้นจากการป้อนเชื้อเพลิงไปในห้องเผาไหม้ แล้วทำการจุดไฟจากด้านบน ทำให้การลุกลามของเปลวไฟลงสู่ด้านล่าง อากาศป้อนที่ไหลจากด้านล่างของเตาจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพียงบางส่วน ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ในบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ปฏิกิริยา ชั้นของถ่านชาร์ที่ให้ความร้อนสูงซึ่งเกิดเหนือชั้นของเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำที่มาจากบริเวณการเผาไหม้ปฏิกิริยาบางส่วนให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สไฮโดรเจน อากาศทุติยภูมิที่มาจากผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้จะมาผสมกับแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ในชั้นของถ่านชาร์และเกิดการเผาไหม้แก๊สดังกล่าว โดยการเผาไหม้ดังกล่าวนี้เกิดขึ้นบริเวณช่องอากาศทุติยภูมิ ซึ่งเป็นคนละส่วนกับชั้นของเชื้อเพลิงแข็ง และชั้นของถ่านชาร์ ซึ่งการเผาไหม้แบบนี้เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าการเผาชีวมวลในที่โล่งแจ้ง



รูปที่ 3 หลักการของเตาชีวมวลประเภท TLUD

ที่มา : Micro-gasification: cooking with gas from dry biomass

การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาชีวมวล คือการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลด้วยการจำกัดปริมาณอากาศในระหว่างทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยผลิตเป็นแก๊สที่สามารถจุดติดไฟได้ มีขั้นตอนดังนี้ นำชีวมวลใส่เข้าไปในเตาและให้ความร้อน ความชื้นในชีวมวลถูกไล่ออก (drying) ด้วยอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 100-135 °C จากนั้นสารระเหยในชีวมวล เช่น น้ำมันดิน ไฮโดรคาร์บอน น้ำมันควินไม้ สารระเหยอื่น ๆ ถูกไล่ออกจากชีวมวล (devolatilization) ภายใต้อุณหภูมิ 450-600 °C เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเผาไหม้ ถ่านบางส่วน (fixed carbon) เกิดการสันดาปจนได้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการปลดปล่อยพลังงานความร้อน และ CO₂ ในกระบวนการสุดท้ายของถ่าน (C) จะทำปฏิกิริยากับ CO₂ และไอน้ำ (H₂O) ได้แก๊สไฮโดรเจน (H₂) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เป็นปฏิกิริยาในขั้นตอนรีดักชัน (reduction) ซึ่งเกิดขึ้นในอุณหภูมิที่สูงกว่า 600 ° (สมมาส แก้วล้วน และคณะ, 2556)

เตาชีวมวลระบบแก๊สไหลขึ้น (updraft biomass gas stove) จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนของการเผาไหม้ และช่องสำหรับให้อากาศไหลผ่านออกสู่ด้านบนของเตา แก๊สชีวมวลที่ได้จะลอยขึ้นสู่ด้านบนและเกิดการสันดาปด้านบนของเตาโดยอาศัยอากาศร้อน (อากาศส่วนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนจากห้องเผาไหม้) ที่ไหลจากด้านล่างของเตาเข้าสู่ช่องอุ่นอากาศ และไหลออกทางช่องด้านบนของเตา เมื่ออากาศที่ไหลออกจาก

ด้านบนของช่องอุณหภูมิมืดสูงขึ้น การติดไฟของแก๊สชีวมวลในห้องสันดาปก็จะดีขึ้นด้วย (สมมาส แก้วล้วน และคณะ, 2556)

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวล สามารถทดสอบได้โดยวิธีดังต่อไปนี้ (สมมาส แก้วล้วน และคณะ, 2556)

1. ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาชีวมวลโดยการต้มน้ำ (water boiling test: WBT) เป็นการนำค่าผลบวกของพลังงานในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้นไปยังจุดเดือด และพลังงานในการเปลี่ยนสถานะของน้ำหารด้วยพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงตลอดช่วงการทดลอง ดังสมการ (1)

$$\eta = \frac{[m_i \times c \times (T_b - T_i)] + [m_e L]}{m_f \times \text{LHV}_f} \times 100 \quad (1)$$

โดย	η	คือ ประสิทธิภาพทางความร้อน (%)
	m_i	คือ มวลเริ่มต้นของน้ำ (kg)
	c	คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)
	T_b	คือ อุณหภูมิสูงสุดของน้ำ ($^\circ\text{C}$)
	T_i	คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ ($^\circ\text{C}$)
	m_e	คือ มวลน้ำที่ระเหย (kg)
	L	คือ ความร้อนแฝงจำเพาะในการกลายเป็นไอของน้ำ ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
	m_f	คือ มวลของเชื้อเพลิง (kg)
	LHV_f	คือ ค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิง ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)

2. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption: SEC) เป็นการคำนวณจากต้นทุนพลังงานเชื้อเพลิง (ผลคูณของจำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้กับราคาเชื้อเพลิงปัจจุบัน) นำไปหารกับปริมาณการระเหยของน้ำดังสมการ (2)

$$\text{SEC} = \frac{E_w}{m_e} \quad (2)$$

โดย	SEC	คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg)
	E_w	คือ พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ (MJ)
	m_e	คือ มวลน้ำที่ระเหย (kg)

3. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ (specific cost consumption: SCC) เป็นคำนวณจากต้นทุนพลังงานเชื้อเพลิง (ผลคูณของจำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้กับราคาเชื้อเพลิงต่อกิโลกรัม) นำไปหารกับการระเหยของน้ำดังสมการ (3)

$$\text{SCC} = \frac{C_f}{m_e} \quad (3)$$

โดย	SCC	คือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ (บาท/กก.)
	C_f	คือ ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)
	m_e	คือ มวลน้ำที่ระเหย (kg)

8.1.5 ดิน

ดินเป็นวัตถุดิบที่จัดว่าสำคัญมากในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา (clay) ปกติดินจะประกอบด้วยแร่ดิน (clay mineral) ที่มีขนาดเม็ดแร่เล็กละเอียดปนกับสารอินทรีย์และแร่ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีขนาดเม็ดละเอียดเช่นเดียวกันแต่มีขนาดเล็กกว่า $2\ \mu\text{m}$ แร่ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แร่ดินได้แก่ ควอร์ต (quartz) เฟลด์สปาร์ (feldspar) โดโลไมต์ (dolomite) แคลไซต์ (calcite) ซีโอไลต์ (zeolite) เหล็กออกไซด์ (iron oxide) แมงกานีส ออกไซด์ (manganese oxide) ไทเทเนียมออกไซด์ (titanium oxide) แร่ดินทั่วไปเป็นพวกไฮดรอกไซด์อะลูมิเนียมซิลิเกต (hydrous aluminous silicate) แต่มักมีไอออน (ion) ของ Fe, Me, Ca, K, Na และอื่นๆประกอบอยู่ด้วย แร่ดินส่วนใหญ่จัดอยู่ในพวกกลุ่มฟิลโลซิลิเกต (phyllosilicates) ซึ่งมีโครงสร้างแบบแผ่น (sheet structure) (จุมพล คินตัก, 2521)

8.1.5.1 ดินแบ่งออกตามลักษณะการเกิด คือ

8.1.5.1.1 ดินปฐมภูมิ (primary or residual clay)

เป็นดินที่เกิดในแหล่งภูเขา เกิดจากหินพันม้าที่ผุกร่อนและทับถมกันอยู่โดยไม่ได้เคลื่อนย้ายไปไหน เกิดเป็นแร่ดินขาวเกาลินไนต์ (kaolinite or china clay) ดินชนิดนี้จะเป็นดินขาวที่มีความบริสุทธิ์สูง เม็ดขนาดใหญ่ เนื้อดินจึงมีความเหนียวน้อย ดินประเภทนี้สามารถใช้วิธีฉีดน้ำล้างเพื่อกำจัดมลทิน แล้วล้างที่บริสุทธิ์ออกมาได้

8.1.5.1.2 ดินตะกอน (sedimentary clay)

เป็นดินที่เกิดในที่ราบลุ่ม หรือเรียกว่าดินย้ายถิ่น เกิดจากอนุภาคของดินจากต้นกำเนิดถูกพัดพาออกไปจากแหล่งเดิม โดยการพัดพาของกระแสน้ำหรือธารน้ำแข็ง ให้ไปตกตะกอนรวมกับสารอินทรีย์ และแร่ธาตุอื่นๆ ถูกพัดพามาด้วย ดังนั้นเนื้อดินจึงมีความละเอียดมากกว่าดินที่เกิดในแหล่งภูเขา เนื่องจากในขณะที่ถูกพัดพามาได้ถูกขัดถูและกัดกร่อนมาตลอดเส้นทางที่น้ำไหลผ่าน เป็นการบดด้วยการตามธรรมชาติ ดินที่ละเอียดนี้ประกอบด้วยแร่ธาตุและอินทรีย์เล็กที่ผ่านเข้ามาและตกตะกอนด้วย ทำให้ดินมีสีเข้มขึ้นและมีความเหนียวเพิ่มขึ้นด้วย ดินที่เกิดขึ้นลักษณะนี้เป็นดินที่มีเม็ดละเอียด ความเหนียวดี แต่มลทินมาก ไม่ค่อยบริสุทธิ์ การล้างดินชนิดนี้จึงทำได้ยากและไม่คุ้มค่ากับการลงทุนมากนัก (ศิริรัตน์ รัตนจันทร์ และคณะ, 2545)

8.1.5.2 ชนิดของแร่ดินเหนียวที่สำคัญ

แร่ดินเหนียวทุกชนิดจะประกอบด้วยหน่วยโครงสร้างดังกล่าวข้างต้นแทบทั้งสิ้นและความแตกต่างกันระหว่างแร่ดินเหนียวชนิดต่างๆ ก็ขึ้นกับการเรียงซ้อนกันของแผ่นซิลิกา (silica sheet) และแผ่นอะลูมินา (alumina sheet) กับการเปลี่ยนแปลงและแทนที่กันของ Si และ Al ในแผ่นดังกล่าวกับธาตุอื่นๆ (isomorphous substitution) ชนิดของแร่ดินเหนียวที่สำคัญคือ

8.1.5.2.1 เคโอลิไนต์ (kaolinite)

โครงสร้างประกอบด้วยแผ่นซิลิกา (silica sheet) หนึ่งแผ่นประกบกับแผ่นอะลูมินา (alumina sheet) หนึ่งแผ่นประกบกับอะลูมินา (alumina sheet) อื่นหนึ่งแผ่น โดยที่ Si และ Al จะรวมกับออกซิเจนตัวเดียวกันในด้านที่ประกอบเข้าหากัน จึงทำให้แผ่นสองประสานกันแน่นร่วมกันเข้าเป็นผลึกของแร่เคโอลิไนต์มีสูตรทางเคมี $\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ผลึกของเคโอลิไนต์จะขยายตัวเองออกไปในแนวระนาบโดยไม่จำกัด รูปแบบแผ่นผลึกของเคโอลิไนต์เป็นรูปหกเหลี่ยมที่มีขอบชัดเจน ผลึกของเคโอลิไนต์ที่อยู่ในธรรมชาติจะเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นของแผ่นโครงสร้างที่ซ้อนทับกันมีความหนา $7\ \text{\AA}$ (วัดจากขอบบนของผลึกแผ่นบนถึงขอบบนของแผ่นล่างถัดลงมา) ระยะระหว่างแผ่นโครงสร้างไม่สามารถจะขยายให้กว้างขึ้นหรือแคบเข้าได้ เนื่องจากถูกยึดไว้ด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอะตอมออกซิเจนของแผ่นซิลิกาและอะตอมไฮโดรเจนของแผ่นอะลูมินาระหว่างแผ่นโครงสร้างที่อยู่ติดกัน การที่แผ่นอะลูมินามีแผ่นไฮโดรเจนอะตอมอยู่ด้วยนั้นความจริงไฮโดรเจนนี้เป็นของอะตอม hydroxyl group (OH) ซึ่งเกิดขึ้นที่ ออกซิเจนอะตอมที่อยู่ด้านนอกของแผ่นอะลูมินา โดยธรรมชาติแล้วไฮโดรเจนและออกซิเจนจะมีสัมพรรคภาพ (affinity) ที่เกาะยึดกันเป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อเข้ามาอยู่ใกล้กันจึงทำให้เกิดมีแรงยึด

ระหว่างกันขึ้นค่อนข้างเหนียวแน่นมาก ซึ่งเราเรียกว่าพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding) เมื่อแผ่นผลึกของเคโอลิไนต์ที่เรียงซ้อนกันอยู่นั้นมีพันธะไฮโดรเจนช่วยเกาะยึดด้วยกันก็ทำให้ระยะระหว่างแผ่นผลึกนั้นแคบและขยายออกไม่ได้ จึงมีผลทำให้เคโอลิไนต์ไม่ขยายตัวและหดตัวเมื่อเปียกและแห้ง และพื้นที่ผิวภายในชั้นนี้ก็ไม่มีความพรุนเนื่องจากดูดยึดอะไรไม่ได้ เพราะน้ำและไอออนต่าง ๆ เข้าไปไม่ได้ ดังนั้นจึงถือว่าผิวข้างในของเคโอลิไนต์ไม่มี จะมีแต่พื้นที่ผิวภายนอกเท่านั้น

แร่ดินเหนียวอื่นๆ ที่มีโครงสร้างและสูตรเคมีเช่นเดียวกับเคโอลิไนต์ (kaolinite) ได้แก่ hollosite และ dickite และอื่น ๆ อีกหลายชนิด แต่ไม่ค่อยพบเจอแพร่หลายในดิน เคโอลิไนต์จะพบมากที่สุด จึงมีความสำคัญมากกว่าแร่ดินเหนียวอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกัน แร่ดินเหนียวในกลุ่มนี้จะแตกต่างกันที่เรียงซ้อนกันของหน่วยผลึกที่ประกอบกันเป็นอนุภาคของดินเหนียวเท่านั้น เช่นหน่วยผลึกอาจจะเรียงซ้อนกันเป็นแนวตั้งหรือเอียงไปทางซ้ายไปข้างขวาหรือม้วนเป็นหลอด เป็นต้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของแร่ดินเหนียวพวกนี้เกี่ยวกับการขยายตัวและหดตัวเมื่อเปียกและแห้งมีน้อยมาก การดูดซับแคตไอออนก็น้อยด้วย เพราะมีแต่พื้นที่ผิวภายนอก (external surface) เท่านั้น เช่นเดียวกันเมื่อดินเปียกจะไม่ค่อยเหนียว ผลึกของแร่ดินเหนียวพวกนี้มีลักษณะโครงสร้างที่แข็งแรงและมีการเรียงตัวกันแน่น อนุภาคของดินเหนียวจึงแตกร้าวและหักพังยาก

ภาคใต้มีแหล่งดินที่มีสมบัติที่เก็บที่ตีสามารถนำมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ ซึ่งโดยทั่วไปดินขาวจากแหล่งต่างๆ จะมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น แหล่งดินที่พบมีสองชนิด คือ มีสารประกอบของอะลูมิเนียมซิลิเกต และสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นการศึกษาสมบัติทางกายภาพหรือสมบัติเชิงเคมีของดินขาวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง สมบัติดังกล่าวได้แก่ ขนาดเม็ดดิน (particle size) ความแข็งแรง (strength) ความเหนียว (plasticity) การหดตัวหลังเผา (shrinkage) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (water absorption) และจุดสุกตัว (verification) ของเนื้อดิน ส่วนประกอบทางเคมีเป็นสิ่งสำคัญ เพราะเป็นสารประกอบหลักที่ยึดเป็นสากล การตกแต่งดินเป็นกระบวนการหนึ่งที่ต้องจะศึกษา ดังนั้นกระบวนการศึกษาจะเป็นความสำคัญในการนำเสนอข้อมูลและเพื่อนำไปผลิตดินผสมเพื่อเป็นการเพิ่มพูนมูลค่าวัตถุดิบที่มีอยู่อย่างมาก เช่นเดียวกับวัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบในการนำมาเพิ่มสมบัติของดิน

8.1.6 เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-ray fluorescence; XRF)

เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์เป็นเทคนิคที่ใช้ในการหาชนิดและปริมาณของธาตุในสารตัวอย่างทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลวและสารแขวนลอยได้เทคนิค XRF อาศัยหลักการของการที่เมื่อรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงไปกระทบชิ้นงานทำให้ชิ้นงานเกิดการปล่อยโฟตอนออกมาเนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากธาตุต่างชนิดในชิ้นงานจะมีความพลังงานเฉพาะสำหรับธาตุนั้น ๆ จึงทำให้สามารถบ่งชี้ชนิดของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างได้ทั้งนี้ปริมาณโฟตอนปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุนั้นในสารตัวอย่างข้อมูลนี้จึงสามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุแต่ละชนิดได้ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ)

8.1.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope; SEM)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำอนุภาคอิเล็กตรอนพลังงานสูงในการตรวจสอบวัตถุแทนแสงธรรมดาเนื่องจากความยาวคลื่นของลำอนุภาคอิเล็กตรอนนั้นสั้นกว่าความยาวคลื่นแสงถึง 100,000 เท่า ทำให้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสามารถให้ประสิทธิภาพของกำลังขยายและการแจจแจงรายละเอียดได้เหนือกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง โดยสามารถแยกรายละเอียดของวัตถุที่เล็กขนาด 10 Å จึงทำให้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีกำลังขยายสูงมากถึง 500,000 เท่าการสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติจึงเหมาะกับการศึกษา

จุลโครงสร้าง สามารถส่องดูลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างหรือรูพรุนซึ่งจะมีผลต่อสมบัติของวัสดุ (สถาบันนวัตกรรมและ
พัฒนากระบวนการเรียนรู้มหาวิทยาลัยมหิดล)

8.1.6 สมบัติทางกายภาพของดินหลังการเผา

8.1.6.1 สีของผลิตภัณฑ์

การพิจารณาสีและจุดดำดำ สามารถพิจารณาได้สองลักษณะคือ ลักษณะสีและจุดดำดำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่และลักษณะสีและจุดดำดำเกิดจากมลทินชนิดใด สีส่วนใหญ่จะเกิดจากอิทธิพลของมลทินในวัตถุดิบและบรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์

- สีของผลิตภัณฑ์ก่อนเผา : เกิดจากสารอินทรีย์และออกไซด์ (เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และแมงกานีสไดออกไซด์ เป็นต้น) ที่ผสมอยู่ในวัตถุดิบเป็นหลัก รวมทั้งดินที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ กันแม้จะเป็นดินชนิดเดียวกันก็ให้สีต่างกัน

- สีของผลิตภัณฑ์หลังเผา : เกิดจากออกไซด์ที่มีอยู่ในเนื้อดินเป็นหลัก เนื่องจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเนื้อดินถูกเผาไหม้หมดไป สีที่เกิดจากออกไซด์ที่มีอยู่ในเนื้อดิน เช่น ถ้ามีเหล็กออกไซด์มากกว่า 1.0 %ทำให้เกิดสีน้ำตาลอ่อน ส่วนแมงกานีสไดออกไซด์ ทำให้เกิดสีน้ำตาล หากมีในส่วนผสมเกิน 0.1 %

8.1.6.2 การหดตัว

การหดตัว หมายถึง การมีขนาดเล็กลง สาเหตุของการหดตัวนี้อาจเนื่องมาจากการสูญเสียองค์ประกอบหรืออาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน ทำให้เกิดความแน่นมากขึ้นส่งผลให้ขนาดลดลง

การหดตัวของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

- การหดตัวก่อนเผา เป็นการหดตัวที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียน้ำในดิน ขณะที่น้ำระเหยไประหว่างการอบแห้ง นอกจากนี้การหดตัวยังขึ้นอยู่กับธรรมชาติหรือสมบัติของเนื้อดินปั้นชนิดนั้น ๆ ขนาดความละเอียดของอนุภาคและวิธีการขึ้นรูปก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญเช่นกัน ซึ่งอัตราการหดตัวของเนื้อดินปั้นเมื่อแห้งมีความสำคัญต่อวิธีการอบแห้งผลิตภัณฑ์นั้นคือถ้าต้องการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่และเนื้อดินปั้นมีการหดตัวสูงจำเป็นต้องให้ผลิตภัณฑ์แห้งอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอทั่วเนื้อผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการแตกร้าวหรือโค้งงอ (ชาญจรรยานิชย์, 2530)

- การหดตัวหลังเผา การหดตัวหลังการเผามีองค์ประกอบสำคัญคือ ชนิดของดิน ขนาดความละเอียดของดินสารอินทรีย์ที่อยู่ในดิน วิธีการขึ้นรูปและอุณหภูมิการเผาเพราะเมื่อนำไปผ่านการเผาสารอินทรีย์และน้ำในเนื้อดินปั่นตลอดจนสารที่ละลายตัวที่อุณหภูมิสูงเกิดละลายตัวไปและมีการจัดเรียงตัวใหม่อันมีผลให้ขนาดของชิ้นงานลดลง โดยค่าการหดตัวหลังการเผามีความสำคัญในการกำหนดวิธีการ และระยะเวลาของการเผาผลิตภัณฑ์มากเพราะถ้าเนื้อดินมีการหดตัวสูง จำเป็นที่จะต้องเผาอย่างช้า ๆ และควบคุมอุณหภูมิให้มีความสม่ำเสมอ มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการบิดเบี้ยวหรือแตกเสียหายได้

การหดตัวของดินที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ คือ ดินมีการหดตัวเมื่อแห้ง 4 – 15 % การหดตัวหลังเผา 12 – 15 % ส่วนการหดตัวรวมมีค่าประมาณ 15 – 25 % (อายุวัฒน์ สว่างผล, 2536)

8.1.6.3 ความแข็งแรง

ความแข็งแรง คือ ความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำ ซึ่งแรงกระทำจะทำให้วัสดุเกิดความเค้นและความเครียดขึ้นตามลักษณะของแรงที่มากระทำนั้น การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดัดเป็นการตรวจสอบโดยการวัดความสามารถในการต้านทานต่อแรงดัด (bending load) และรายงานค่าทดสอบเป็นค่าโมดูลัสของการแตกหัก (modulus of rupture; MOR) วิเคราะห์ความแข็งแรงต่อแรงดัดนี้ใช้กันมากในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เซรามิกทั้งสมบัติก่อนเผาและสมบัติหลังเผา (มณฑล ฉายอรุณ, 2531)



รูปที่ 4 แสดงการทดสอบหาความแข็งแรงต่อแรงดัดโดยใช้แรงกด 3 จุด

ที่มา: (บริษัทอินสตรอน (ประเทศไทย) จำกัด)

8.1.6.4 ความพรุนตัว

ความพรุนตัว คือ อัตราส่วนปริมาตรของรูพรุนกับปริมาตรของวัสดุทั้งหมด ซึ่งพิจารณาจากความสามารถในการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาแล้วผลิตภัณฑ์เซรามิกหลังจากการเผาแล้ววัตถุดิบจะหลอมตัวรวมกันเกิดเป็นโครงสร้างใหม่ และในโครงสร้างของเซรามิกมักจะมีส่วนที่เป็นฟองอากาศขนาดเล็กอยู่ในโครงสร้าง ซึ่งเรียกว่ารูพรุน (pore) โดยมีทั้งรูพรุนที่อยู่บริเวณผิว เรียกว่ารูพรุนเปิด และรูพรุนที่อยู่ภายในเนื้อ เรียกว่า รูพรุนปิด การรายงานผลความพรุนตัว นิยมรายงานค่าและกำหนดมาตรฐานเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำหลังเผา (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์, 2541)

8.1.6.5 ปริมาณมลทิน (loss of ignition: LOI)

การทดสอบหาปริมาณมลทินในวัตถุดิบจะทราบได้โดยการเผาวัตถุดิบให้มลทินสลายตัวไปและชั่งน้ำหนัก รายงานค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของมลทินที่หายไปหลังการเผา ซึ่งค่า LOI นี้บอกได้เพียงว่าวัตถุดิบดังกล่าวมีมลทินมากน้อยเท่าใด แต่ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่ามีมลทินชนิดใด โดยมลทินนี้จะไม่รวมปริมาณของน้ำที่เป็นความชื้น

8.1.6.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือที่เรียกว่า มผช.

มผช. หมายถึงข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยชุมชนเป็นข้อกำหนดที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมาะสมกับสภาพการผลิตของชุมชนเป็นมาตรฐานที่กำหนดเพื่อสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ของชุมชนทำให้เกิดเอกลักษณ์ของท้องถิ่นที่มีคุณภาพเป็นการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยสู่สากลโดยใช้แรงงานและทรัพยากรในท้องถิ่นและสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน เช่น มผช. 46/2547 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเครื่องปั้นดินเผา คุณลักษณะที่ต้องการคือ ต้องประณีตสวยงามมีรูปแบบรูปทรงที่เหมาะสมกับการใช้งานไม่แตกบิ่นและร้าวหากมีการบรรจุให้บรรจุเครื่องปั้นดินเผาในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้งเรียบร้อยและสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องปั้นดินเผาได้ มผช. 601/2547 มาตรฐานชุมชนอิฐมอญกำหนดให้ต้องมีค่าความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 7MPa และการดูดซึมน้ำไม่เกิน 25 %

8.1.7 วัสดุทนความร้อน

วัสดุทนความร้อน คือวัสดุใด ๆ ที่สามารถทนทานต่อการสึกหรอหรือกัดกร่อนจากการกระทำของของแข็งของเหลว หรือแก๊ส ณ อุณหภูมิในงานที่จะต้องใช้วัสดุทนความร้อน ทำให้ผู้ผลิตวัสดุทนความร้อนจำเป็นอย่าง

จะต้องผลิตวัสดุทนความร้อนออกมาหลาย ๆ แบบที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน วัสดุทนความร้อนจะถูกผลิตขึ้นมาโดยไม่มีส่วนผสมและรูปร่างต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน ขอกำหนดทั่วไปสำหรับวัสดุทนความร้อนมีดังนี้

- ทนความร้อนได้สูง
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างทันทีทันใดได้
- ทนต่อการบรรจุงานในสภาวะการใช้งานได้
- ทนแรงขีดข่วนจากการใช้งานได้
- เก็บความร้อนได้
- มีค่าการขยายตัวจากความร้อนต่ำ
- ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนกับวัสดุที่สัมผัสด้วย

คุณสมบัติที่สำคัญบางประการของวัสดุทนความร้อนได้แก่ จุดหลอมเหลว สารบริสุทธิ์จะหลอมเหลวทันทีเมื่อมีอุณหภูมิเฉพาะค่าหนึ่ง วัสดุทนความร้อนส่วนใหญ่จะเป็นอนุภาคต่างๆ ที่ผูกกันอยู่ด้วยกันและมีอุณหภูมิของการหลอมเหลวที่สูง เมื่อมีอุณหภูมิสูงอนุภาคเหล่านี้ก็จะหลอมเหลวกลายเป็นกากของการหลอมเหลว ดังนั้น จุดหลอมเหลวของวัสดุทนความร้อนจึงเป็นอุณหภูมิที่ทำให้ประมิตทดสอบ (กรวย) รับน้ำหนักตัวเองไม่ได้อีกต่อไป

8.1.7.1 ความหนาแน่นรวม

ความหนาแน่นรวม เป็นคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของวัสดุทนความร้อน ซึ่งมันก็คือปริมาณของวัสดุทนความร้อนภายในหนึ่งหน่วยปริมาตร (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) การที่วัสดุทนความร้อนมีค่าความหนาแน่นรวมมากขึ้นจะทำให้มันมีเสถียรภาพเชิงปริมาตรมากขึ้น ตลอดจนช่วยเพิ่มความจุความร้อนและทนต่อแรงเสียดทานจากการแทรกซึมของเศษซากต่าง ๆ

8.1.7.2 ความพรุน

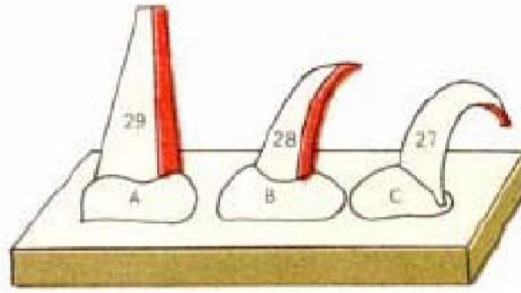
ความพรุน คือ ปริมาตรของช่องเปิดหรือโพรงต่างๆ ซึ่งของเหลวสามารถไหลผ่านเข้าไปได้ โดยจะนับเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมดของวัสดุทนความร้อน คุณสมบัตินี้มีความสำคัญเมื่อวัสดุทนความร้อนต้องสัมผัสกับวัสดุหลอมเหลวและกากต่าง ๆ วัสดุที่มีค่าความพรุนต่ำจะช่วยให้วัสดุหลอมเหลวไหลเข้าไปในวัสดุทนความร้อน การที่มีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากยิ่งดีกว่าการที่มีรูพรุนขนาดใหญ่แต่มีจำนวนน้อยกว่า

8.1.7.3 ความแข็งแรงต่อการบีบอัดแบบเย็น

ความแข็งแรงต่อการบีบอัดแบบเย็น เป็นความสามารถของวัสดุทนความร้อนในการต้านทานการบีบอัด ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง แต่คุณสมบัตินี้มีผลกระทบทางอ้อมต่อสมรรถนะของวัสดุทนความร้อนเท่านั้น และจะถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้านทานต่อการขีดข่วน ตัวบ่งชี้อื่นๆ ได้แก่ความหนาแน่นรวมและความพรุน

8.1.7.4 กรวยวัดความร้อน และค่าเทียบเท่าของกรวยวัดความร้อน (PEC)

ค่าความสามารถในการทนความร้อนของอิฐ (ทนความร้อน) คือ ค่าอุณหภูมิที่วัสดุทนความร้อนเริ่มมีการบดงอ เนื่องจากไม่สามารถรับน้ำหนักตัวเองได้อีกต่อไป จะมีการใช้กรวยวัดความร้อนในอุตสาหกรรมเซรามิกเพื่อทดสอบความทนความร้อนของอิฐ (ทนความร้อน) โดยจะประกอบไปด้วยส่วนผสมของออกไซด์ ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าจะหลอมเหลวที่ช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ เฉพาะตัว กรวยต่าง ๆ ซึ่งมีส่วนผสมของออกไซด์ต่าง ๆ กัน จะถูกวางเรียงกันตามลำดับของอุณหภูมิหลอมเหลวและไปตามแนวของอิฐทนความร้อนที่อยู่ในเตาเผา และอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นกรวยอันหนึ่ง ๆ ก็จะถูกบดงอไปตามอิฐทนความร้อน นี่เป็นช่วงอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสเหนือระดับที่จะไม่สามารถใช้วัสดุทนความร้อนได้ เรียกว่าอุณหภูมิเทียบเท่าของกรวยวัดความร้อน (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 กรวยวัดความร้อน

ที่มา (Bureau of Energy Efficiency, 2005)

8.1.7.5 เสถียรภาพของปริมาตร

การขยายตัวและการหดตัวที่อุณหภูมิสูง การหดตัวและการขยายตัวของวัสดุทนไฟ จะเกิดขึ้นได้ระหว่างอายุการใช้งาน การเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่ถาวรนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก

- การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางเคมี ซึ่งจะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนไป
- ปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งจะทำให้เกิดวัสดุใหม่
- การก่อตัวของสถานะของเหลว
- มีปฏิกิริยาการเผาไหม้
- มีการรวมตัวของฝุ่นและกากตะกอน หรือ โดยการกระทำของสารที่เป็นด่างที่อิฐดินเหนียวทนไฟ

เพื่อทำให้เกิดอลูมินาซิลิเกต โดยจะสังเกตเห็นได้ในเตาหลอมเหล็กขนาดใหญ่

8.1.8 การนำความร้อนของวัสดุทนความร้อน

การนำความร้อนของวัสดุทนความร้อนจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีและแร่ธาตุ และปริมาณของซิลิกาในวัสดุนั้น ๆ และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการใช้งานด้วย ปกติแล้วการนำความร้อนจะเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น มักจะนิยมให้วัสดุทนความร้อนมีการนำความร้อนได้สูง เมื่อต้องการให้มีการถ่ายเทความร้อนผ่านอิฐทนความร้อน ตัวอย่างเช่น เครื่องฟนฟูกำลัง เครื่องกำเนิดความร้อน เครื่องเก็บเสียง เป็นต้น ส่วนวัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำนั้นจะนิยมใช้เมื่อต้องการเก็บรักษาความร้อนเพราะว่าวัสดุทนความร้อนจะทำหน้าที่เป็นฉนวน การหุ้มฉนวนเพิ่มเติมช่วยให้เก็บรักษาความร้อนได้ แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำให้พื้นผิวมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องใช้วัสดุทนความร้อนที่มีคุณภาพดี ด้วยเหตุนี้เองหลังคายานนอกเตาเผาแบบ ฐานเปิดจึงไม่มีฉนวนหุ้มเพราะว่ามันอาจจะทำให้หลังคายังลงมาได้

วัสดุทนไฟที่มีน้ำหนักเบา และมีการนำความร้อนต่ำถูกนำไปใช้อย่างหลากหลายกว่าในกรรมวิธีทางความร้อนของเตาเผาที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างเช่น ในเตาเผาแบบชุด ซึ่งการที่โครงสร้างวัสดุทนไฟมีการนำความร้อนต่ำจะเป็นการช่วยลดความร้อนที่เก็บกักไว้ระหว่างการให้ความร้อนเป็นพัก ๆ ในวงจร ของการหล่อเย็นได้โครงสร้างให้ไดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น

- วัสดุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น เยื่อหินจะเป็นฉนวนอย่างดีแต่ไม่ใช้วัสดุที่ทนความร้อนได้นัก
- ฉนวนใยแก้วที่มีอยู่นั้น เป็นการรวมกันของคุณสมบัติการเป็นฉนวนและการทนความร้อนที่ดี แต่

วาไม่คอยแข็งแรงนัก

- อิฐที่มีรูพรุน จะมีความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง และมีการนำความร้อนที่ต่ำพอสมควรอิฐดินเหนียวทนความร้อน อิฐทนไฟเป็นวัสดุทนความร้อนที่นิยมใช้มากที่สุด โดยใช้มากในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า โลหะวิทยาที่ไม่มีเหล็ก เกี่ยวของ อุตสาหกรรมแก้ว เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมซีเมนต์ และอื่น ๆ อีกมาก

8.1.9 อิฐดินเหนียวทนความร้อน

อิฐดินเหนียวทนความร้อน เช่น อิฐทนไฟ อิฐดินเหนียวที่มีซิลิกา และดินเหนียวทนความร้อนที่มีอลูมินัม ล้วนประกอบไปด้วย อะลูมินัมซิลิเกต โดยมีปริมาณซิลิกา (SiO_2) ต่าง ๆ กัน โดยอาจมีได้ถึง 78 % และยังมีปริมาณของ Al_2O_3 ได้ถึง 44 % ตารางที่ 1 จะแสดงให้เห็นว่าจุดหลอมเหลว (PCE) ของอิฐดินเหนียวทนความร้อนจะลดลงเมื่อมีความไม่บริสุทธิ์เพิ่มขึ้นและมี Al_2O_3 ลดลง วัสดุชนิดนี้มักจะถูกนำมาใช้กับเตาเผา และเตาอบต่าง ๆ เพราะว่าสามารถหาได้ง่ายและมีราคาไม่แพง

ตารางที่ 1 สมบัติดินเหนียวทนความร้อน

ชนิดของอิฐดินเหนียว	เปอร์เซ็นต์ของ SiO_2	เปอร์เซ็นต์ของ Al_2O_3	เปอร์เซ็นต์ของ ส่วนประกอบอื่น ๆ	PCE °C
คุณภาพดีเยี่ยม	49-53	40-44	5-7	1745-1760
คุณภาพสูง	50-80	35-40	5-9	1690-1745
คุณภาพปานกลาง	60-70	26-36	5-9	1640-1680
คุณภาพสูง (มีซิลิกา)	65-80	18-30	3-8	1620-1680
คุณภาพต่ำ	60-70	23-33	6-10	1520-1595

ที่มา: (Bureau of Energy Efficiency, 2005)

8.1.10 วัสดุฉนวน

วัสดุฉนวนจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังได้อย่างมาก การหุ้มฉนวนนั้นทำได้โดยการติดตั้งชั้นแผ่นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำเข้าไประหว่างพื้นผิวที่ร้อนซึ่งอยู่ภายในเตาเผากับพื้นผิวภายนอก ดังนั้นจึงเป็นการรักษาอุณหภูมิของพื้นผิวภายนอกให้มีค่าต่ำไว้ได้

วัสดุฉนวนถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

- อิฐฉนวน
- ฉนวนหล่อได้
- เสนใยเซรามิก
- แคลเซียมซิลิเกต
- เยื่อหุ้มเซรามิก

วัสดุฉนวนมีค่าการนำความร้อนต่ำเนื่องจากมันมีรูเล็ก ๆ อยู่จำนวนมาก ในขณะที่ค่าความจุความร้อนของมันก็ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นรวม และค่าความร้อนจำเพาะ วัสดุฉนวนอากาศจะประกอบไปด้วยรูเล็ก ๆ จำนวนมากโดยจะมีอากาศซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำอยู่เต็มรูเหล่านั้น ความร้อนที่มากเกินไปจะเป็นผลเสียแก่วัสดุฉนวนทุกชนิด แต่มันจะเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมาก เพราะฉะนั้น การเลือกใช้วัสดุฉนวนจึงจะต้องขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านทานการนำความร้อน และอุณหภูมิ สูงสุดที่วัสดุนั้นจะสามารถทนได้ วัสดุที่นิยมใช้เป็นฉนวนมากที่สุดชนิดหนึ่งก็คือ ไดอะไทไมต์ หรือที่รู้จักกันว่า kieselguhr ซึ่งจะประกอบไปด้วยโครงร่างของพืชน้ำเล็ก ๆ ที่ทับถมกันมาเป็นพัน ๆ ปี ที่ทองทะเลหรือทะเลสาบ สวนผสมทางเคมีของมัน คือ ซิลิกาที่ปนอยู่กับดินเหนียว และสารอินทรีย์ ปัจจุบันนี้มีวัสดุฉนวนทนความร้อนมากมายหลายชนิดและมีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน ตารางที่ 2 จะแสดงถึงคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุฉนวนทนความร้อนบางชนิด (โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ, 2549)

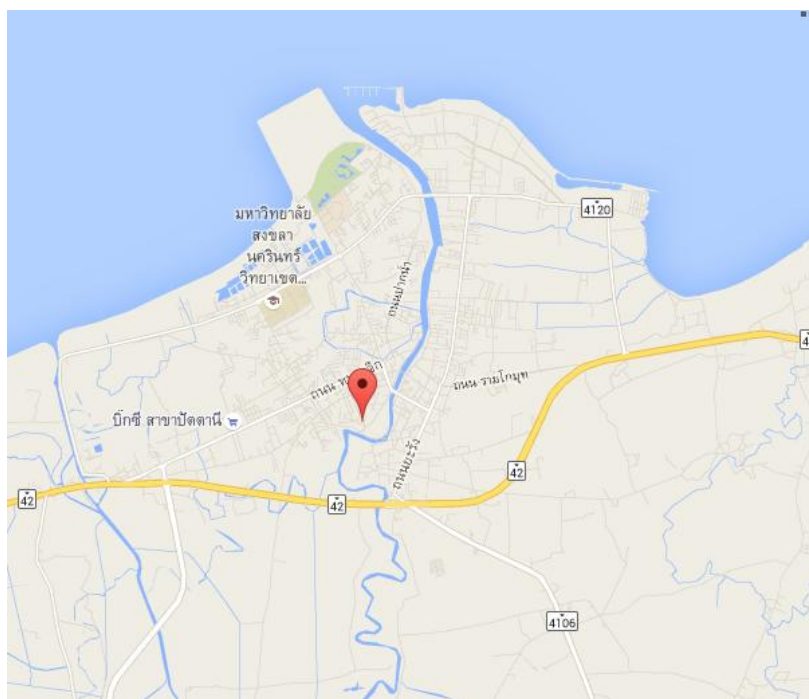
ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุฉนวน

ชนิด	การนำความร้อน ที่อุณหภูมิ 400°C	อุณหภูมิ ปลอดภัย สูงสุด (°C)	ความแข็งแรง ต่อการบีบอัด (kg/cm ²)	เปอร์เซ็นต์ ของรูพรุน	ความหนาแน่น รวม (kg/m ³)
ชั้นคุณภาพไดอะไทไมต์แบบแน่น	0.025	1000	270	52	1090
ชั้นคุณภาพไดอะไทไมต์แบบมีรูพรุน	0.014	800	110	77	540
ดินเหนียว	0.030	1500	260	68	560
มีอะลูมินาสูง	0.028	1500-1600	300	66	910
ซิลิกา	0.040	1400	400	65	830

ที่มา : (Bureau of Energy Efficiency, 2005)

8.1.11 ชุมชนโรงอ่าง

โรงเครื่องปั้นดินเผา โรงอ่างตั้งอยู่ที่พิกัด เหนือ 6°51'41" ตะวันออก 101°14'46" อยู่ที่ตำบลสะบารัง อำเภอมืองปัตตานี จังหวัดปัตตานี ดังรูปที่ 6 โดยชุมชนโรงอ่างเป็นชุมชนที่มีชื่อเสียงเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา โดยเฉพาะอ่าง ในสมัยก่อนบริเวณชุมชนโรงอ่างเกือบทุกครัวเรือนจะประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผา จึงมีโรงอ่าง 6-7 โรงตั้งทอดยาวตามแนวถนน จากนั้นประมาณปี พ.ศ. 2520 โรงอ่างซบเซาลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งในปัจจุบันเหลือเพียงโรงเดียว คือโรงอ่างของนายวิโชติ แซ่โจ้ว (สถาบันวัฒนธรรมศึกษากัลยาณิวัฒนา, 2553 ; 61-62)



รูปที่ 6 ชุมชนโรงอ่าง ตำบลสะบารัง อำเภอมืองปัตตานี จังหวัดปัตตานี

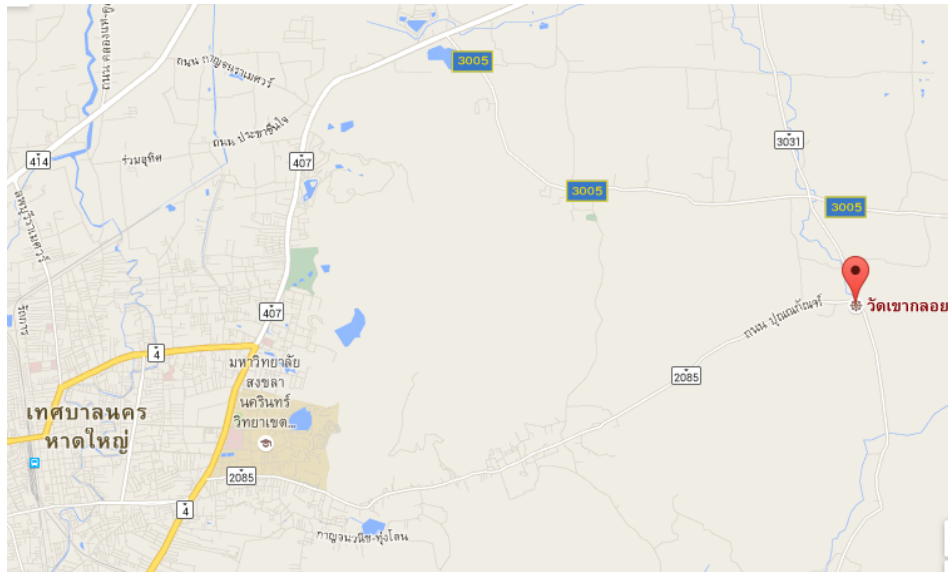


รูปที่ 7 โรงเครื่องปั้นดินเผา ชุมชนโรงอ่าง

กระบวนการบูรณาการภูมิปัญญาและร่วมอนุรักษ์มรดกภูมิปัญญาไทยในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ คือการสร้างแนวทางประยุกต์ใช้เครื่องปั้นดินเผา โรงอ่างสู่วัฒนธรรมแห่งเครื่องปั้นดินเผาชายแดนใต้ โดยสร้างมิติความเชี่ยวชาญในอดีตสู่แนวทางอนุรักษ์พลังงานและทรงไว้ซึ่งคุณค่าจากอดีตถึงปัจจุบันย้อนรอยวิถีชีวิตสร้างโอกาสการพัฒนาห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวลจากเครื่องปั้นดินเผาในการพัฒนาเตาชีวมวล เป็นการสืบสานภูมิปัญญานำคุณค่าการสร้างพลังงานทางเลือกในชุมชน มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน จากการสำรวจและพัฒนาเพื่อขยายผลในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดปัตตานีและจังหวัดชายแดนใต้ ที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลโดยการพัฒนาห้องเผาไหม้จากเครื่องปั้นดินเผา ได้แก่ ชุมชนบ้านเขากลอย ตำบลท่าข้าม อำเภอบาเจาะ จังหวัดสงขลา

8.1.12 ชุมชนเขากลอย

ชุมชนเขากลอยตั้งอยู่ที่พิกัด เหนือ $7^{\circ}1'28''$ ตะวันออก $100^{\circ}34'31''$ อยู่ที่ตำบลท่าข้าม อำเภอบาเจาะ จังหวัดสงขลา มีลักษณะเด่นคือ วิสาหกิจชุมชน มันสำปะหลังทอด โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง โดยค่าใช้จ่ายแก๊สหุงต้มสำหรับการประกอบกิจการ 700 บาทต่อวัน (แก๊สหุงต้ม 2 ถัง) จากการสัมภาษณ์ นายกนดร์ พงกระพันธ์ นักวิชาการเกษตรเทศบาลตำบลท่าข้าม เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2559 ได้ความว่า วิสาหกิจมันสำปะหลังทอดเริ่มต้นจากการถ่ายทอดจากเจ้าหน้าที่เคหะกิจ สำนักงานเกษตรอำเภอบาเจาะในปี พ.ศ. 2550 โดยเริ่มต้นจากสูตรมันสำปะหลังทอดคลุกเกลือ ต่อมาพัฒนาขึ้นเป็นสูตรสรสาหร่าย รสปลาปrik้า และได้ขยายวัตถุดิบโดยเพิ่มกล้วย ฟักทอง เผือก มันเทศสีม่วงเข้ามา ในปัจจุบันลักษณะกิจการแบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ ผลิต จำหน่าย และผลิตพร้อมทั้งจำหน่าย โดยเจ้าที่ผลิตมีประมาณ 15 ราย โดยรวมทั้งหมดที่ประกอบกิจการประเภทยังมี 30 ราย และได้การส่งจำหน่ายในพื้นที่และจังหวัดใกล้เคียง

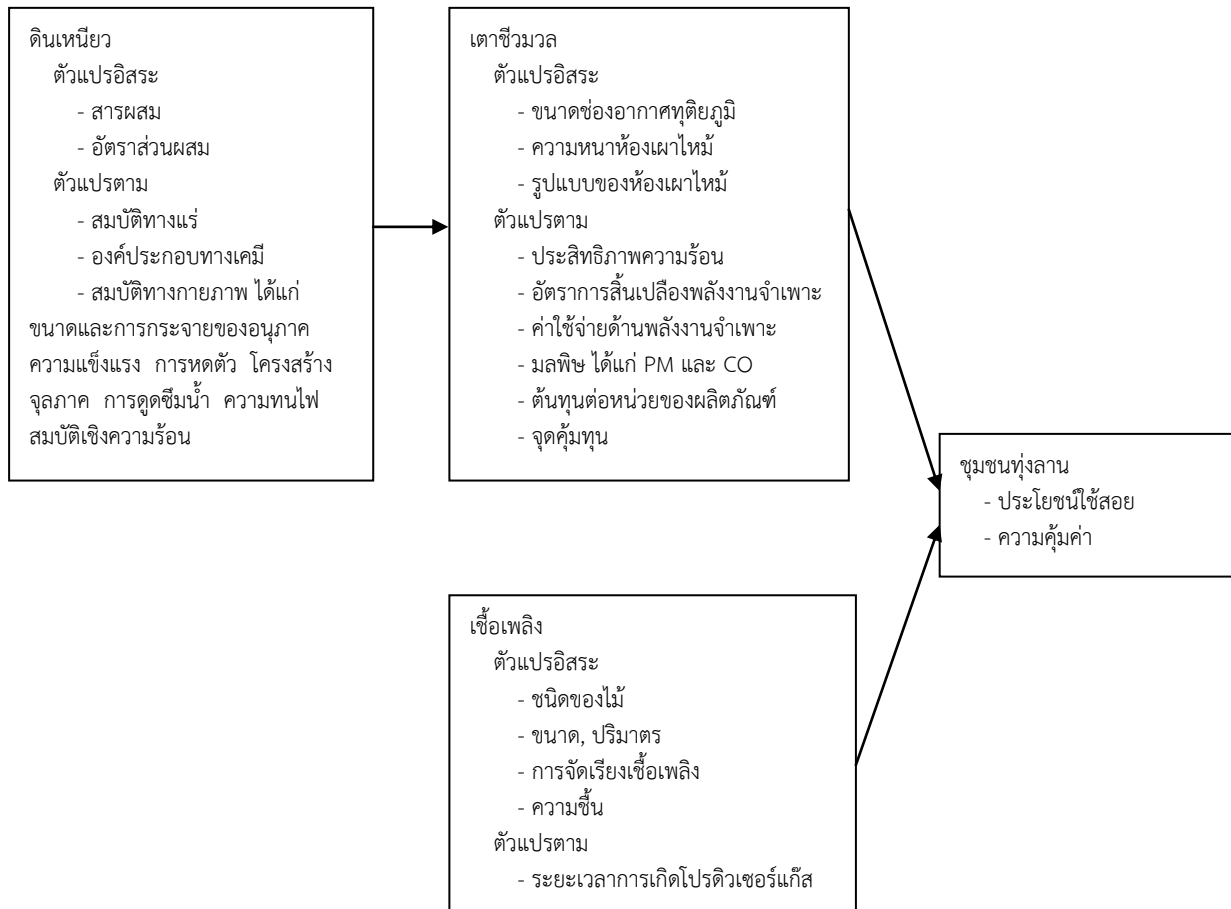


รูปที่ 8 ชุมชนเขากลอย ตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา



รูปที่ 9 ลักษณะวิสาหกิจชุมชนเขากลอย มั่นสำปะหลังทอด

8.2 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

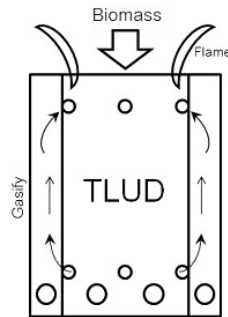


9. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

9.1 งานวิจัยภายในประเทศ

- เตาชีวมวล

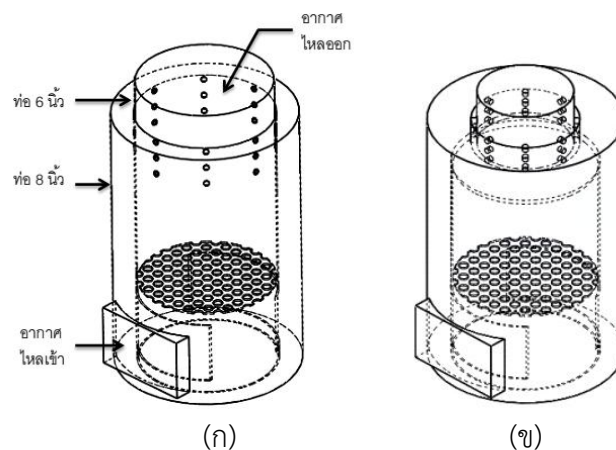
ปรีชา ช่างยิ้ม (2556) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สของเตาก๊าซชีวมวล ชนิด TLUD ที่ไม่มีฉนวนความร้อน โดยใช้กระป๋องที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร สูง 110 มิลลิเมตร เป็นผนังเตาชั้นนอก และใช้กระป๋องที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 70 มิลลิเมตร เป็นผนังเตาชั้นใน ซึ่งลักษณะเตาชีวมวลเป็นดังรูปที่ 10 จากการทดสอบเผาชีวมวลเศษไม้ปริมาณ 50 กรัม พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สได้แก่จำนวนรูเจาะชั้นนอก ขนาดของรูเจาะชั้นใน-ด้านบน ขนาดของรูเจาะชั้นนอก ขนาดของรูเจาะชั้นใน-ด้านล่าง และปฏิกริยาร่วมระหว่างขนาดของรูเจาะชั้นนอกกับขนาดของรูเจาะชั้นใน-ด้านบน ตามลำดับ



รูปที่ 10 ลักษณะเตาชีวมวลประเภท TLUD

ที่มา : ปรีชา ช่างย่อม, 2556; 1254

สุทธิพร เนียมหอม และคณะ (2556) ได้พัฒนาประสิทธิภาพของเตาชีวมวลชนิดอากาศไหลขึ้นโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยทำการวิเคราะห์การไหลของแก๊ส ซึ่งเตาชีวมวลชนิดอากาศไหลขึ้นมีลักษณะดังรูปที่ 11 (ก) เตาชีวมวลชนิดนี้มีปัญหาตรงที่บริเวณบางส่วนของเตาไม่เกิดการเผาไหม้ และได้ปรับปรุงห้องเผาไหม้โดยออกแบบลักษณะด้านบนให้เป็นคอคอดดังรูปที่ 11 (ข) ซึ่งจะเพิ่มความดันได้มากขึ้นและความดันมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้สามารถดูดอากาศจากภู่ด้านข้างได้ดีกว่าเตาชีวมวลแบบเก่า



รูปที่ 11 โครงสร้างเตาชีวมวลชนิดอากาศไหลขึ้น (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

ที่มา : สุทธิพร เนียมหอม และคณะ, 2556

สหทัยา ทองสาร และคณะ (2558) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับเตาแก๊สชีวมวลโดยใช้วัสดุที่หาง่ายในชุมชน ได้แก่ แกลบดำ ดินร่วน และทราย ทดสอบโดยใช้วิธีต้มน้ำเดือด (water boiling test) ใช้เตาแก๊สชีวมวลแบบอินเวอร์สดาวนดราฟแก๊สซิไฟเออร์ ผลการศึกษาพบว่าแกลบดำมีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีที่สุดโดยมีประสิทธิภาพ 14.13% ในขณะที่ดินร่วน และทรายมีค่าประสิทธิภาพ 11.70% และ 10.59% ตามลำดับ

พิสิษฐ์ มณีโชติ และคณะ (2557) ได้ศึกษาการใช้เซรามิกเป็นห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวล โดยใช้ดินดำสำเร็จรูป ขี้เถ้าแกลบ และดินเชื้อ มาผสมกัน พบว่า การทำห้องเผาไหม้โดยใช้เนื้อดินปั้นร้อยละ 90 ขี้เถ้าแกลบร้อยละ 5 และดินเชื้อร้อยละ 5 เหมาะสมต่อการทำห้องเผาไหม้เซรามิก โดยมีการหดตัวร้อยละ 4 คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับร้อยละ 29.86 โดยใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้

สมมาส แก้วล้วน และคณะ (2556) ทำการทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลขนาด 20 kW ที่ใช้ไม้ยูคา ลิปตัสเป็นเชื้อเพลิงกับเตาแก๊สชุดต้มชนิดหัวแรงประสิทธิภาพต่ำ และประสิทธิภาพสูง โดยทำการตรวจวัดอัตราการ

สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ และประสิทธิภาพของเตา โดยการต้มน้ำปริมาณ 15 กิโลกรัม ในเวลา 100 นาที ผลการทดสอบพบว่า เตาชีวมวลสามารถระเหยน้ำได้มากที่สุด แต่ในขณะเดียวกันเตาชีวมวลใช้ปริมาณเชื้อเพลิง พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากที่สุดเช่นเดียวกัน แต่เตาชีวมวลมีค่าต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการระเหยน้ำ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะต่ำที่สุด สำหรับประสิทธิภาพเตาพบว่าเตาชีวมวลมีค่าต่ำสุด

พิสิษฐ์ มณีโชติ (2556) ได้ทำการกรูห้องเผาเตาชีวมวลด้วยอิฐทนไฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และยืดอายุการใช้งาน จากผลการทดสอบพบว่าเตาแก๊สชีวมวลที่ออกแบบใหม่มีประสิทธิภาพ 23.14% ในขณะที่เตาแก๊สชีวมวลแบบเดิมที่ไม่ได้กรูห้องเผามีประสิทธิภาพเพียง 16.40% หรือมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นกว่า 40% ในขณะที่มีต้นทุนเพิ่มขึ้นแค่ 10%

- การทำห้องเผาใหม่เตาชีวมวลจากดินเหนียวผสมเถ้าแกลบ

วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตข้าวใน มีแกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งในปริมาณค่อนข้างมาก เฉลี่ยในแต่ละปีจะมีปริมาณแกลบเหลือทิ้งถึงปีละกว่า 7 ล้านตัน (สิริลักษณ์ เจริญการ, 2552) แกลบเมื่อเผาแล้วจะได้ซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีค่าพื้นที่ผิวซิลิกาที่อยู่ในแกลบนั้นเกิดขึ้นจาก การดูดซึมธาตุอาหารของต้นข้าวโดยรากของข้าว ก็จะทำให้ การดูดซึมธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็นรวมทั้งธาตุซิลิคอน (Si) ด้วย จากนั้นสารละลายซิลิคอนก็จะมาถูกสะสมอยู่ที่ บริเวณผิวด้านนอกของเปลือกเมล็ดข้าวและกลายเป็นซิลิกาที่รวมตัวกับเส้นใยประเภทเซลลูโลสและลิกนิน เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงของเปลือกข้าวหรือที่เราเรียกกันว่าแกลบนั่นเอง โดยในส่วนของสารอนินทรีย์นั้นองค์ประกอบหลักก็คือซิลิกา ซึ่งมีช่วงอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 85-99 นอกจากนั้นยังมี Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO และอื่น ๆ ปริมาณซิลิกาและมลทินเหล่านี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่เพาะปลูกข้าว ชนิดของข้าวและปุ๋ยที่ใช้ด้วย ตัวอย่างแกลบข้าวหอม มะลิอำเภอสกลไผ่จังหวัดสระบุรี แกลบดิบที่ผ่านการเผา อุณหภูมิ 650 °C ปริมาณออกไซด์ต่าง ๆ ดังนี้ SiO_2 ร้อยละ 95-96 Al_2O_3 ร้อยละ 1-1.5 Fe_2O_3 ร้อยละ 0.5-0.8 CaO ร้อยละ 0.2-0.5 Na_2O ร้อยละ 0.1-0.2 K_2O ร้อยละ 1.3-1.5 MgO ร้อยละ 0.3-0.5 เถ้าแกลบนอกจากใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์แล้วซิลิกาจากแกลบยังสามารถใช้ ทดแทนซิลิกาที่มาจากแหล่งแร่ตามธรรมชาติได้ในอุตสาหกรรมพลาสติก ยาง และโพลีเมอร์ โดยเป็นสารเพิ่มความแข็งแรงใช้เติมลงในพวงจาร์ปี สี่ หมึก และ เครื่องสำอาง เพื่อช่วยเพิ่มความหนืด ใช้เติมในยาสีฟันเพื่อเป็นสารขัดถูเป็นต้น (คชินท์ สายอินทวงศ์, 2552)

เครื่องปั้นดินเผา (pottery) เดิมหมายถึงเครื่องปั้นที่ทำด้วยดิน และน้ำมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยผ่านการเผาในอุณหภูมิอย่างน้อย 600 °C ดินที่เผาแล้วจะไม่กลับคืนสู่สภาพเป็นดินอีกแต่จะกลายเป็นวัสดุที่มีความแกร่ง ในปัจจุบันเครื่องปั้นดินเผา (pottery) เป็นส่วนหนึ่งของเซรามิก (ceramics) ซึ่งมีความหมายเดิมมาจากคำว่า keramos หรือ keramikos ในภาษากรีกโบราณหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้ความร้อนเผาไหม้ดินหิน แร่ธาตุที่ ทำให้ดินมีเนื้อแกร่งขึ้นเช่นโอ่ง กระถาง เตา หม้อ ไห ถ้วยชาม และของตกแต่ง (ราตรี สรรพศรี, 2539)

สนธิ ปิ่นสกุล (2555) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นอิฐทนไฟนวนทนทั้งก่อนเผาและหลังเผา อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยายภาศการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ และเพื่อทดลองผลิตอิฐทนไฟนวนทนโดยการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก สูตรส่วนผสมได้จากการผสมตัวอย่างแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 36 ตัวอย่าง วัตถุดิบที่ใช้ เป็นส่วนผสมหลัก คือ เถ้าแกลบ อะลูมิเนียมออกไซด์ ดินดำสุราษฎร์ เติมน้ำมันโหนด ร้อยละ 10 เพื่อเพิ่มความเหนียว และซีลี้อยร้อยละ 20 เพื่อเพิ่มความพรุนตัว ผลการวิจัยพบว่าเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ เหมาะสมในการผลิตอิฐ ทนไฟนวนทนได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 ในสูตรส่วนผสม มีเถ้าแกลบ ร้อยละ 65 อะลูมิเนียมออกไซด์ ร้อยละ 22 ดินดำสุราษฎร์ ร้อยละ 13 เติมน้ำมันโหนดร้อยละ 10 และซีลี้อย ร้อยละ 20 เนื้อดินปั้นขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกได้มีความหดตัว ก่อนเผาเฉลี่ยร้อยละ -2.25 ± 0.06 ความหดตัวหลังเผาเฉลี่ยร้อยละ 6.63 ± 0.16 ความแข็งแรงก่อนเผาเฉลี่ย 0.22 ± 0.04 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย 3.45

± 0.23 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 0.87 ± 0.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื้อดินปั้นมีสีเทาอ่อน และทนความร้อนที่อุณหภูมิ $1,300^\circ\text{C}$ บรรยากาศการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ได้ ผลจากการทดลองนำเนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 ไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์อิฐทนไฟนวนด้วย เครื่องอัดไฮดรอลิก โดยใช้แบบพิมพ์โลหะ พบว่าสูตรส่วนผสมเนื้อดินปั้นอิฐทนไฟนวนขึ้นรูปได้ดี หลังผ่านการเผานำไปใช้

9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Bhattacharya and Salam (2002 : 305 – 317) ศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์) จากการใช้เชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมัน ไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขานอ้อย ฟางข้าว ถ่านชาร์ และมูลสัตว์ ในประเทศเนปาล อินเดีย Philipinas ไทย เขมรเปย์ ผลการศึกษาปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก

เชื้อเพลิง	ปริมาณแก๊สเรือนกระจก (g-CO ₂ /MJ)
เตาหุงต้มแบบพื้นบ้าน	110
น้ำมันก๊าด	350
เตาหุงต้มที่พัฒนาแล้ว	42
เตาแก๊สชีวมวล	2
เตาแก๊สชีวภาพ	5
แก๊สธรรมชาติ	166
แก๊ส LPG	196

Tryneret *al* (2014 : 99 -109) ทำการศึกษาหลักการการทำงานของเตา TLUDพบว่าเตาชีวมวลเป็นเตาที่เกิดมลพิษจากการเผาไหม้ชีวมวลต่ำ โดยส่วนใหญ่แล้วเตาชีวมวลเป็นเตาที่ประยุกต์หลักการจุดไฟจากด้านบน และอากาศไหลขึ้น (Top-Lit Up Draft: TLUD) สำหรับการใช้เตาชีวมวลประเภท TLUD เริ่มต้นจากการป้อนเชื้อเพลิงไปในห้องเผาไหม้ แล้วทำการจุดไฟจากด้านบน ทำให้การลุกลามของเปลวไฟลงสู่ด้านล่าง อากาศปฐมภูมิที่ไหลจากด้านล่างของเตาจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพียงบางส่วน ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ในบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ปฐมภูมิ ชั้นของถ่านชาร์ที่ให้ความร้อนสูงซึ่งเกิดเหนือชั้นของเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำที่มาจากบริเวณการเผาไหม้ปฐมภูมิบางส่วนให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สไฮโดรเจน อากาศทุติยภูมิที่มาจากผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้จะมาผสมกับแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ในชั้นของถ่านชาร์และเกิดการเผาไหม้แก๊สดังกล่าว โดยการเผาไหม้ดังกล่าวนี้เกิดขึ้นบริเวณช่องอากาศทุติยภูมิ ซึ่งเป็นคนละส่วนกับชั้นของเชื้อเพลิงแข็ง และชั้นของถ่านชาร์ ซึ่งการเผาไหม้แบบนี้เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าการเผาชีวมวลในที่โล่งแจ้ง

Grimsby *et al* (2016 : 63 -73) ทำการศึกษาชีวมวลประเภทต่าง ๆ และเตาหุงต้มที่พัฒนาแล้วในประเทศแทนซาเนีย พบว่า มีการใช้พลังงานทางเลือกจาก แก๊สชีวภาพ ถ่าน ชี้อ้อย ไม้เชื้อเพลิง และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาประยุกต์ใช้เป็นพลังงานหลักสำคัญในครัวเรือน ดังนั้นประเทศแทนซาเนียจึงให้ความสำคัญในการพัฒนาเตาหุงต้มพื้นบ้านเป็นเตาหุงต้มที่พัฒนา โดยให้ความสำคัญในการพัฒนาเตาชีวมวลเพื่อใช้ไม้เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานหลัก โดยหวังว่าจะนำเตาชีวมวลที่พัฒนาแล้วมาใช้ประยุกต์ใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่หลากหลายให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในครัวเรือน โดยคำนึงถึงการลดปัญหามลพิษทางอากาศและใช้ประโยชน์ได้อย่างปลอดภัย จึงมีแนวทางการจัดการผลิตเตาชีวมวลในครัวเรือน เป็นโครงการพัฒนาเตาชีวมวลเพื่อใช้ในครัวเรือนมุ่งหวังผลสำเร็จและความคุ้มค่าของผลลัพธ์ (outcome) สำคัญคือ เป็นเตาชีวมวลที่มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนสูง มลพิษทาง

อากาศที่เกิดขึ้นในครัวเรือนต่ำ และมีการสนับสนุนและขยายผลการการใช้เตาชีวมวลในชุมชน การพัฒนาเตาชีวมวลในระยะยาวจะใช้เทคนิคการทดสอบประสิทธิภาพเตาชีวมวลในครัวเรือนโดยใช้วิธี kitchen performance test (KPT) ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ และวิธีการทดสอบประสิทธิภาพเตาชีวมวลที่รวดเร็วด้วยวิธี water boiling test (WBT) แนวทางการพัฒนาเตาชีวมวลจำเป็นต้องให้ความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพเตาชีวมวลโดยการออกแบบและพัฒนาเตาชีวมวลเพื่อเป็นทางเลือกในการใช้พลังงานชีวมวลให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในการใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์และเหมาะสมกับแหล่งพลังงานชีวมวลในท้องถิ่นเป็นสำคัญ

Panwar (2009) ได้ออกแบบเตาชีวมวลที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงชีวมวล และเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งใช้ทดสอบกับไม้กระถิน (babul wood) เปลือกน้าเต้าอัดแท่ง (groundnut shell briquettes) ขี้เลื่อยอัดแท่ง (sawdust briquettes) เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew nut shell) โดยเตาชีวมวลใช้ปูนซีเมนต์เป็นฉนวนเพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อน ผลการศึกษาพบว่าเตาชีวมวลมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 35 % การปล่อย CO และ CO₂ อยู่ในช่วง 3-6 ppm และ 17-25 ppm ตามลำดับ มีกำลังความร้อน 1.53 ถึง 1.76 กิโลวัตต์ และเมื่อใช้เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นเชื้อเพลิงจะให้ความร้อนสูงสุด (763 °C)

10. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

- คชินท์ สายอินทวงศ์. (2552). *แกลบวัตถุดิบมหัศจรรย์สำหรับงานเซรามิก*. กรุงเทพฯ: เซรามิกคอนซัลติงต์.
- โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ. (2549). *เตาเผาและวัสดุทนความร้อน*. Retrieved from www.energyefficiencyasia.org
- จุมพล คีนดัก, ธ. พ. (2521). *ดิน*. กรุงเทพฯ: เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยาเล่มที่ 19. กรมทรัพยากรธรณี. .
- ชาญ จรรยาวิชัย. (2530). คุณสมบัติเซรามิกของดินขาวแจ้ห่มและความเหมาะสมของ Rutgers Model of Material Characterization. กรุงเทพฯ: กองการเหมืองแร่กรมทรัพยากรธรณี.
- ฐานิตย์ เมธิยานนท์. (2558). *ทฤษฎีและเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งและชีวมวล* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.
- ฐิติพร เจาะจง และ พิสิษฐ์ มณีโชติ. (2558) ประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก. *สัททอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 2, 51 -56.
- นคร ทิพย์วงศ์. (2553). *เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ส.ส.ท..
- บริษัทอินสตรอน (ประเทศไทย) จำกัด. (n.d.). Retrieved from มอดูลัสแตกหักของหินประดับ (ASTM C99): <http://www.instron.co.th/wa/solutions/ASTM-C99-Modulus-of-Rupture-of-Dimension.aspx>
- ปรีชา ช่างยิ้ม. (ธันวาคม 2556). *ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการผลิตโปรติวเซอร์แก๊สของเตาแก๊สชีวมวล*. เอกสารนำเสนอในที่ประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10, นครปฐม.
- พิสิษฐ์ มณีโชติ, ประพัทธ์ ธารักษ์, วิภาณต์ วันสูงเนิน และ ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ. (2557) การพัฒนาห้องเผาไหม้เตาชีวมวลจากเซรามิก. *J Sci Technol MSU*, Vol 33 No 5, 480-484.
- พิสิษฐ์ มณีโชติ. (2556). *เตาแก๊สชีวมวลรูปทรงเผาประสิทธิภาพสูง*. อนุสิทธิบัตร เลขที่ 8736.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). *เนื้อดินเซรามิก*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- มณฑล ฉายอรุณ. (2531). *ทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ*. กรุงเทพฯ: ยูไนเต็ด์บุ๊คส์.
- ราตรี สรรพศรี. (2539). การศึกษากระบวนการทำหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียนจังหวัดนครราชสีมา. คณะบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาครุศาสตร์ (ศิลปศึกษา).
- วรรณ ข้างสว่าง. (2553). *พลังงานหมุนเวียน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริรัตน์ รัตนจันทร์ และคณะ. (2545). การศึกษาคุณภาพดินในจังหวัดนครราชสีมาเพื่อใช้งานด้านเซรามิก. นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิกสำนักงานวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (n.d.). ห้องปฏิบัติการเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชันและเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์.

Retrieved from <http://www.mtec.or.th/laboratory/xrdxrf/>

สถาบันนวัตกรรมและพัฒนาระบบการเรียนรู้มหาวิทยาลัยมหิดล. (n.d.). Retrieved from นานาเทคโนโลยี:

<http://www.atom.rmutphysics.com/charud/scibook/nanotech/Page/Unit4-5.html>

สถาบันวัฒนธรรมศึกษากัลยาณิวัฒนา. (2553). ร้อยเรื่องราวชุมชนวัฒนธรรมปลายด้ามขวาน. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

สนธิ ปิ่นสกุล. (2555). การพัฒนาอิฐทนไฟนวนจากเถ้าแกลบ. *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social sciences*, 55-61.

สมมาส แก้วล้วน, ดำรงค์ดี จันโทสี, สุรัชย์ จันทรศรี และ เวคิน ปิยรัตน์. (2556). การทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวล ขนาด 20 kW. *SWU Engineering Journal*, 8, 24 – 33.

สัทยา ทองสาร, บงกช ประสิทธิ์, วิกานต์ วันสูงเนิน และ ชัยญานุช แรงเขตกรรม. (2558). เปรียบเทียบการใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับเตาแก๊สชีวมวลโดยใช้วัสดุดิบที่หาง่ายในชุมชน. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 23, 66 – 78.

สิริลักษณ์ เจียรการ. 2552. ศูนย์ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุทธิพร เนียมหอม, นิติรงค์ พงษ์พานิช. (ธันวาคม 2556). การพัฒนาประสิทธิภาพของเตาชีวมวลโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ. เอกสารนำเสนอในที่ประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10, นครปฐม.

อายุวัฒน์ สว่างผล. (2536). เชรามิกส์เบื้องต้น. กำแพงเพชร: คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันราชภัฏ กำแพงเพชร.

Bhattacharya, S. C. and Salam, P. A. (2002). Low greenhouse gas biomass options for cooking in the developing countries. *Biomass and Energy*, 22, 305 – 317.

Bureau of Energy Efficiency. (2005). Energy Efficiency in Thermal Utilities. India: Ministry of Power.

Grimsby, L. K., Rajabu, H. M. and Treiber, M. U. (2016). Multiple biomass fuels and improved cook stoves from Tanzania assessed with the Water Boiling Test. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 14, 63 - 73.

Panwar, N. L. (2009). Design and performance evaluation of energy efficient biomass gasifier based cookstove on multi fuels. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 14, 627 – 633.

Tryner, J., Willson, B. D. and Marchese, A. J. (2014). The effects of fuel type and stove design on emissions and efficiency of natural-draft semi-gasifier biomass cookstoves. *Energy for Sustainable Development*, 23, 99 – 109.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เกิดองค์ความรู้จากการบูรณาการภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาที่เหมาะสมกับการสร้างห้องเผาไหม้เตาชีวมวลประหยัดพลังงาน

- ประดิษฐ์เตาชีวมวลที่มีประสิทธิภาพจากภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาโรงอ่าง ที่มีศักยภาพเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในชุมชนเขากลอย

- ส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ปลุกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงานในชุมชนเขากลอย

- ลดการใช้พลังงานหลัก สร้างจิตสำนึกการใช้พลังงานทางเลือกในการประกอบอาหารในครัวเรือน และ
วิสาหกิจระดับครัวเรือนในชุมชนเขากลอย

การนำไปใช้ประโยชน์ในด้าน

- ด้านวิชาการ
- ด้านนโยบาย
- ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์/อุตสาหกรรม
- ด้านสังคมและชุมชน

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ชุมชนเขากลอย ตำบลท่าข้าม อำเภอบางใหญ่ จังหวัดสงขลา

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

- จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาชีวมวลประหยัดพลังงาน จำนวน 2 ครั้ง เพื่อใช้ใน
ครัวเรือน และวิสาหกิจชุมชน ที่ชุมชนเขากลอย

13. วิธีการดำเนินการวิจัย

13.1 วัสดุการทดลอง

1. ถังเหล็กทรงกระบอก
2. ดินเหนียว
3. ขี้เถ้าแกลบ
4. น้ำกลั่น
5. เชื้อเพลิงชีวมวล

13.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. หม้อเบอว์ 28
2. อุปกรณ์ยึดจับหลอดทดลอง
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. โพรบเทอร์โมคัปเปิลชนิด K
5. เครื่องชั่ง

13.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเตาชีวมวล การเผาไหม้ และเชื้อเพลิงชีวมวล
2. ศึกษาลักษณะโดยทั่วไปของชุมชน โดยทำการศึกษาวิถีชีวิต การใช้พลังงานความร้อนในการประกอบ
อาหาร และความต้องการเตาชีวมวล และศึกษาปัญหาการใช้เตาชีวมวลในชุมชนเขากลอย
3. หาเงื่อนไขที่ขีที่เหมาะสมของการผสม และขึ้นรูปดินเหนียวที่ใช้ทำห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวล มีวิธีการ
ดังต่อไปนี้

3.1 ใช้ตัวอย่างดินเหนียวและเถ้าแกลบจาก จ.ปัตตานี

3.2 ทดสอบสมบัติเบื้องต้น ของดินเหนียวและเถ้าแกลบ

3.2.1 สมบัติทางแร่: XRD

3.2.2 องค์ประกอบทางเคมี: XRF/SEM-EDX

3.2.3 สมบัติทางเชิงความร้อน: TGA และ DTA

3.3 ผสมดินเหนียว กับเถ้าแกลบตามอัตราส่วนในตารางที่ 4 อัตราส่วน ดินเหนียว :เถ้าแกลบ

3.4 ทดสอบสมบัติของตัวอย่าง ดินเหนียว :เถ้าแกลบ เพื่อหา อัตราส่วนที่เหมาะสม

3.4.1 สมบัติทางแร่: XRD

3.4.2 องค์ประกอบทางเคมี: XRF/SEM-EDX

3.4.3 สมบัติทางเชิงทางกายภาพ

- สมบัติก่อนเผา ได้แก่ ขนาดและการกระจายของอนุภาค (ASTM C 325-81 หรือLaser Particle Size), ความแข็งแรงก่อนเผา (ASTM C 689-93),การหดรัดตัวก่อนเผา (ASTM C 326-82) และโครงสร้างจุลภาค(SEM)

- สมบัติหลังเผา ได้แก่ ความแข็งแรงหลังเผา (ASTM C 674-88), การหดรัดตัวหลังเผา (ASTM C 326-82), การดูดซึมน้ำ (ASTM C 373-88), ความทนไฟ (มอก.), โครงสร้างจุลภาค (SEM) และสมบัติทางเชิงความร้อน (TGA และ DTA)

ตารางที่ 4 อัตราส่วน ดินเหนียว : เถ้าแกลบ

Clay	90	80	70	60	50	40	20	10
RHA	10	20	30	40	50	60	80	90

4. ประกอบเตาชีวมวลซึ่งห้องเผาไหม้ทำจากดินเหนียว และทดสอบปัจจัยเตาชีวมวลเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และความต้องการของชุมชน ได้แก่ ขนาดของช่องอากาศทุติยภูมิ ความหนาของห้องเผาไหม้ และรูปแบบของห้องเผาไหม้ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาชีวมวลโดยการต้มน้ำ (water boiling test: WBT) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific Energy consumption: SEC) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจำเพาะ (specific cost consumption: SCC) มลพิษเกิดขึ้นขณะใช้งานเตาชีวมวลได้แก่ PM และ CO ต้นทุนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์เตาชีวมวล และจุดคุ้มทุน (break even point: B.E.P.) ของการใช้งานเตาชีวมวล โดยนำมาเปรียบเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

5. ทดสอบปัจจัยเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการใช้งานเตาชีวมวลประหยัดพลังงาน ได้แก่ ชนิดของไม้ ขนาด,ปริมาตรของเชื้อเพลิง การจัดเรียงเชื้อเพลิง และความชื้นของเชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบระยะเวลาการเกิดโปรตีนเซอร์แก๊ส

6. เมื่อได้เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับเตาชีวมวลแล้ว นำเตาชีวมวลที่ประกอบแล้วไปทดลองใช้ในชุมชนเขากลอย เพื่อตรวจสอบข้อดี และข้อเสียของเตาชีวมวล และนำมาปรับปรุงแก้ไขชุดเตาชีวมวล

7. ถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาชีวมวลแก่ชุมชนเขากลอย และติดตามผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

13.4 สถานที่ทำการทดลอง เก็บข้อมูล

1. อาคารเรียน 55 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา
2. อาคารเรียน 62 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา
3. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
- 4.ชุมชนโรงอ่าง ตำบลสะบารัง อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี
5. หมู่ 8 บ้านเขากลอย ตำบลท่าข้าม อำเภอนาทม จังหวัดสงขลา

14. ระยะเวลาการวิจัย

ระยะเวลาโครงการ1 ปี0เดือน

วันที่เริ่มต้น1 ตุลาคม 2560วันที่สิ้นสุด30 กันยายน 2561

สถานที่ทำการวิจัย

ในประเทศ/ ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/ จังหวัด	พื้นที่ที่ทำวิจัย	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	สงขลา	ห้องปฏิบัติการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา
ในประเทศ	สงขลา	ภาคสนาม	ชุมชนเขากลอย
ในประเทศ	ปัตตานี	ห้องปฏิบัติการ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ในประเทศ	ปัตตานี	ภาคสนาม	ชุมชนโรงอ่าง

แผนการดำเนินงานวิจัย

ปี	กิจกรรม	ด.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2560	1. ศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง	X											
2560	2. ศึกษาลักษณะโดยทั่วไปของชุมชน โดยทำการศึกษาวิถีชีวิต การใช้พลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร และความต้องการเตาชีวมวล และศึกษาปัญหาการใช้เตาชีวมวลในชุมชนเขากลอย		X	X									
2560	3. ศึกษาเตาชีวมวล และเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีอยู่ทั่วไป		X	X									
2561	4. หาเงื่อนไขที่ใช่ที่เหมาะสมของการผสม และขึ้นรูปดินเหนียวที่ใช้ทำห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวล				X	X	X						
2561	5. ประกอบเตาชีวมวลซึ่งห้องเผาไหม้ทำจากดินเหนียว และทดสอบปัจจัยเตาชีวมวลเพื่อหาเงื่อนไขที่ใช่ที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และความต้องการของชุมชน						X	X	X				
2561	6. ทดสอบปัจจัยเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อหาเงื่อนไขที่ใช่ที่เหมาะสมกับการใช้งานเตาชีวมวล						X	X	X				
2561	7. นำเตาชีวมวลที่ประกอบแล้วไปทดลองใช้ในชุมชนเขากลอย เพื่อตรวจสอบข้อดี และข้อเสียของเตาชีวมวล และนำมาปรับปรุงแก้ไขชุดเตาชีวมวล										X		
2561	8. ถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาชีวมวลแก่ชุมชนเขากลอย และติดตามผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี											X	
2561	6. เขียนรายงานการวิจัย				X	X	X	X	X	X	X	X	X

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะปัจจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

ประเภท	ชื่อครุภัณฑ์/ สิ่งก่อสร้าง	สถานภาพใน หน่วยงาน	รายละเอียด	เหตุผลและความ จำเป็น	ประมาณการ ราคา
ครุภัณฑ์		ไม่มี			
สิ่งก่อสร้าง		ไม่มี			

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

ปี	ประเภทงบประมาณ	รายละเอียด	จำนวน (บาท)
2561	งบดำเนินการ : ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทนนักวิจัย	25,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจัดงานเสวนาและอบรมเชิงปฏิบัติการ	19,000
		ค่าจ้างทำแบบ	5,000
		ค่าจ้างเหมาเตรียมตัวอย่าง	5,000
		ค่าจ้างประกอบชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศ	15,000
		ค่าตรวจสอบมลพิษทางอากาศ	30,000
		ค่าจ้างเหมาประกอบเตาชีวมวล	20,000
		ค่าตรวจสอบ SEM XRF TGA DTA FTIR	20,000
		ค่าจ้างเผาตัวอย่าง	8,000
		ค่าจ้างการขึ้นรูป	4,000
		ค่าทดสอบความเป็นฉนวนความร้อน	8,000
		ค่าทดสอบความทนไฟ	5,000
		ค่าทดสอบความแข็งแรง	5,000
		ค่าจ้างเหมาในการทำรายงานฉบับสมบูรณ์	3,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	กระดาษ A4 5 รีม รีมละ 150 บาท	750
		กระดาษติดฉลาก 5 แพ็ค แพ็คละ 100 บาท	500
		ปากกา permanent 5 กล่อง กล่องละ 150 บาท	750
		แผ่น CD บันทึกข้อมูล 4 แพ็ค แพ็คละ 250 บาท	1,000
		ถังเหล็กทรงกระบอก 10 ใบ ใบละ 150 บาท	1,500
		แผ่นฉนวนกันความร้อน 10 แผ่น แผ่นละ 700 บาท	7,000
		แผ่นอะลูมิเนียม 10 แผ่น แผ่นละ 500 บาท	5,000
		เหล็กเส้น 10 เส้น เส้นละ 500 บาท	5,000
		ปูนทนไฟ 2 ถัง ถังละ 1,500 บาท	3,000
		ชุดดอกสว่าน 2 ชุด ชุดละ 500 บาท	1,000
		เมมเบรนสำหรับเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศ 20 แผ่น แผ่นละ 1,000 บาท	20,000
		ถุงเก็บตัวอย่างแก๊ส 20 ใบ ใบละ 1,000 บาท	20,000
		ถาดรองเซรามิกส์อุณหภูมิสูง 2 ใบ ใบละ 4,500 บาท	9,000
		โคนสำหรับตรวจสอบอุณหภูมิ	15,000
		หน้ากากกันฝุ่น 5 กล่อง กล่องละ 300 บาท	1,500
		สารผสมสำหรับขึ้นรูปดินเหนียว	4,000

ปี	ประเภทงบประมาณ	รายละเอียด	จำนวน (บาท)
		ดินเหนียว	4,000
		กล่องพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง 10 ใบ ใบละ 200 บาท	2,000
		ใบตัดโลหะ 10 ใบ ใบละ 200 บาท	2,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าสาธารณูปโภค	ค่าสาธารณูปโภค	25,000
	รวม		300,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าจ้างเหมา ดำเนินการ		
2562	งบดำเนินการ : ค่าธรรมเนียม อุดหนุนสถาบัน		
	รวม		
	รวมตลอดโครงการ		

หมายเหตุ ; ขอถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

17. ผลสำเร็จ

ปี	ผลสำเร็จที่คาดว่าจะได้รับ	ประเภท
2561	- เกิดองค์ความรู้การทำดินเหนียวให้ทนความร้อน และเป็นฉนวนความร้อนสำหรับการประกอบเตาชีวมวล - ได้เตาชีวมวลที่เกิดจากภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เป็นทางเลือกของการประหยัดพลังงาน - ชุมชนเขากลอยได้รับองค์ความรู้เตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในครัวเรือน และใช้ในวิสาหกิจชุมชน	Primary Result
2562		Primary Result

18. โครงการวิจัยต่อเนื่อง (คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในปีงบประมาณที่ผ่านมา)

.....

.....

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

20. ลงลายมือชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย พร้อมวัน เดือน ปี

ลงชื่อ.....

(นายพลชัย ขาวนวล)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

แบบประเมินข้อเสนอโครงการวิจัย / แผนงานวิจัย**ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561**

ชื่อ โครงการวิจัย การพัฒนาเตาชีวมวลจากภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาเมืองเก่าปัตตานี

ชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย นายพลชัย ขาวนวล คณะ / วิทยาลัย ศิลปศาสตร์

1.) ความเข้าใจของโครงการ

☐ เข้าใจ☐ ไม่เข้าใจ

ความเห็น / ข้อเสนอแนะ.....

2.) คุณค่าทางปัญญาของโครงการวิจัย (ประเด็นที่ต้องพิจารณา)

2.1 ปัจจัยการวิจัย (Input)

☐

ควรปรับปรุง

☐

ไม่ต้องปรับปรุง

2.1.1 หัวเรื่องของการวิจัยน่าสนใจ เป็นประเด็นเร่งด่วน (hot issue) ที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องทำวิจัย

2.1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม

2.1.3 มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการตรวจสอบเอกสารอ้างอิงสมบูรณ์

2.1.4 จัดทำแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัยได้ชัดเจนและเป็นรูปธรรม

2.1.5 มีความพร้อมด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

2.1.6 งบประมาณที่ใช้ทำการวิจัยมีความเหมาะสม

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง.....

2.2 กระบวนการวิจัย (Process)

☐

ควรปรับปรุง

☐

ไม่ต้องปรับปรุง

2.2.1 ระบุกลยุทธ์การเชื่อมโยงขั้นตอนการวิจัยอย่างสมบูรณ์ ถูกต้อง ชัดเจน และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

2.2.2 แสดงแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย ชัดเจน

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง.....

2.3 ผลผลิตการวิจัย (Output)

☐ ควรปรับปรุง ☐ ไม่ต้องปรับปรุง

งานวิจัยที่จะก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ / แสดงผลสำเร็จที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัยได้ชัดเจน /
ระบุกลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ และผลกระทบจากผลงานวิจัยที่คาดว่าจะเกิดขึ้น / แสดงจำนวนนักวิจัยรุ่นใหม่ที่จะเกิดจากการดำเนินงานวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง.....

3.) ผลกระทบของโครงการวิจัย (impact)

☐ ควรปรับปรุง ☐ ไม่ต้องปรับปรุง

4.) อื่นๆ