การพัฒนาเตาเผาข้าวหลามหนองมนต้นแบบโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

A Development of Biomass fuelled Oven for Khao-Larm Baking in Nong-Mon

ณพฤกษ์ สุเนตร เอกชัย สิทธิชู บรรพต ชมพูเพชร วรรณพล พิทักษ์สมบัติ
กายร์ฏิรัตน เลิศดารารัศมี อัษฎาวุฒิ ทาปลัด ภราดร นามโลมา และ ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ*
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
โทร 038 745 900 ต่อ 3385, 3386 *Email: pawinee@buu.ac.th

Napruk Sunate, Akachai Sithichu, Wanapon Pithaksombat, Kaytirat Lertdararasamee,
Adsadawut Thapalad, Paradorn Narmloma and Pawinee Suksuntornsiri*
Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering Burapha University, Chonburi 20131, Thailand
Tel: 038 745 900 ext.3385, Fax: 039-745806, *E-mail: pawinee@buu.ac.th

บทคัดย่อ

ในการผลิตข้าวหลามหนองมนแบบดั้งเดิมนั้นเป็นการเผาบนลานบ้านโดยใช้ชีวมวลเหลือทิ้ง และ ฟืน เป็นเชื้อเพลิงในการเผา ซึ่งใช้พื้นที่มาก ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจำนวนมากเนื่องจากมีความร้อนสูญเสียปริมาณมาก จะมีควันออกมามากกระจายไปทั่วบริเวณข้างเคียง แต่ผลผลิตจะเป็นที่นิยมเนื่องจากจะมีสีกระบอก รสชาติและกลิ่นแบบดั้งเดิม ปัจจุบันผู้ผลิตข้าวหลามส่วนใหญ่ได้หันมาเผาโดยใช้เตาเผาแบบแก๊ส LPG เพื่อให้สามารถผลิตป้อนตลาดได้ทันเนื่องจากความต้องการข้าวหลามมีมากขึ้นซึ่งใช้พื้นที่ในการเผาน้อยลง ไม่มีควันรบกวน สะดวก แต่ต้นทุนเชื้อเพลิงสูง ส่งผลให้ต้นทุนรวมสูงขึ้น และจะไม่มีกลิ่นแบบดั้งเดิม โครงงานนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเตาเผาข้าวหลามหนองมนโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเหลือทิ้ง เพื่อให้ผลผลิตข้าวหลามได้กลิ่นของกาบมะพร้าวและฟืนแบบดั้งเดิมโดยออกแบบเตาให้สามารถป้องกันความร้อนสูญเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลและทำให้เตามีราคาที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เหมาะสมกับชาวบ้านผู้ผลิตข้าวหลาม ขนาดบรรจุของเตาเผาข้าวหลามต้นแบบนี้ประมาณ 150 กระบอก จะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพียงประมาณ 30 kg ปริมาณความร้อนสูญเสียเพียง 35 % คุ้มทุนที่ 34 ครั้ง เทียบกับการเผาแบบลานซึ่งใช้เชื้อเพลิง 70 – 80 kg ความร้อนสูญเสียถึง 67 % แต่คุ้มทุนที่ 5 ครั้ง ส่วนเตาแก๊ส LPG มีปริมาณความร้อนสูญเสีย 33.5 % คุ้มทุนที่การเผา 44 ครั้ง

Abstract

There are two methods for Khao-Larm baking in Nong-Mon. The classical method is baking on the floor. Using wasted biomass and fuelled wood makes the product preferred by smell, taste and appearance. In the other hand, it requires large area and a lot of fuel while issuing a lot of smoke. Nowadays, the producer turns to bake it in an LPG stove, because of high marketing demand, and limited baking area. Less smoke is issued, but fuel cost is higher and the particular classical features could not be achieved. To maintain the preferred features under limited baking area, the first developed biomass baking oven has been designed and constructed in order to provide a user-friendly oven that conserves energy and maintains the preferred product features. The investment cost was also aimed to be reduced by using acquirable cheaper materials in order to make it easy-to-invest for such a low-income Khao-Larm producer. The batching capacity of the prototype is approx 150 Khao-Larm's units. While the classical method requires 70-80 kg biomass fuel per batch because of 67 % total heat loss, the prototype requires only 30 kg since the heat loss could be reduced to 32 %. Payback period of the classical baking is 5 batches excluding the land cost .With 33.5 % heat loss of the LPG baking; the payback period is 44 batches. The pay back period of the prototype is 34 batches.

1. บทนำ

ในการเผาข้าวหลามที่ตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี ในปัจจุบันมีการเผาอยู่ 2 แบบ คือการเผาลานบนพื้นบ้านซึ่งเป็นวัฒนธรรมดั้งเดิมของชาวหนองมน (ดูรูปที่ 1) [1] [2] โดยจะวางกระบอกข้าวหลามเรียงยาวบนลานกว้างซึ่งจะใช้พื้นที่มากจะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เนื่องจากมีความร้อนสูญเสียสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณที่สูง และมีควันฟุ้งกระจายไปรอบ ๆ บริเวณใกล้เคียงในการเผาข้าวหลามแบบนี้จะ

สามารถผลิตได้คราวละไม่มากแต่จะได้ผลผลิตที่ได้จะมีรสชาติและกลิ่นแบบดั้งเดิม ในปัจจุบันได้มีการเผาข้าวหลามอีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมของผู้ผลิตข้าวหลามส่งในปัจจุบันคือการใช้เตาเผาแบบใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง(ดูรูปที่ 2) [1] จะทำให้ผู้ผลิตข้าวหลามส่งสามารถผลิตได้สะดวก รวดเร็วมากขึ้น โดยสามารถผลิตได้วันละมากๆ และใช้พื้นที่น้อยลง แต่มีต้นทุนของเชื้อเพลิงที่สูงกว่าการเผาแบบดั้งเดิมรวมไปถึงกลิ่นที่แตกต่างจากการเผาแบบดั้งเดิมอีกด้วย [1] [2] จากการสืบค้นข้อมูลทางวิชาการพบว่าวิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ตและวิทยาลัยเทคนิคภูเก็ตได้ร่วมกันทำการวิจัยและพัฒนาเตาเผาข้าวหลามในจังหวัดภูเก็ต [3] โดยเป็นเตาแบบใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงในลักษณะคล้ายคลึงกับเตา LPG ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ใช้อุณหภูมิในเตาประมาณ 180-200 $^{\circ}$C

จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตข้าวหลาม [1] [2] พบว่าผู้ผลิตข้าวหลามอยากได้ผลผลิตที่มีลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติดั้งเดิมที่เป็นการเผาแบบลาน แต่มีความจำเป็นต้องผลิตส่งให้ทันต่อความต้องการของตลาด จึงได้เปลี่ยนมาใช้เตา LPG แทน อีกทั้งการเผาแบบลานนั้นต้องใช้ทักษะความชำนาญเป็นพิเศษจึงจะได้ผลผลิตที่สามารถนำไปจำหน่ายได้ ซึ่งในปัจจุบันเหลืออยู่เพียงไม่กี่คนเท่านั้น โครงการนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเตาเผาข้าวหลามหนองมนโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเหลือทิ้งและฟืนเป็นเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวหลามที่มีกลิ่นแบบดั้งเดิม โดยทำการออกแบบเตาให้สามารถป้องกันความร้อนสูญเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้เชื้อเพลิง และลดพื้นที่ในการเผาลง ซึ่งชาวบ้านผู้ผลิตที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่จะสามารถผลิตข้าวหลามที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลได้มากขึ้น และเตาต้นแบบนี้ควรมีราคาที่คุ้มค่าในการลงทุน และราคาเหมาะสมกับเศรษฐกิจของชาวบ้านผู้ผลิตข้าวหลาม

2. วัตถุประสงค์

1. พัฒนาออกแบบและสร้างเตาเผาข้าวหลามต้นแบบที่สามารถผลิตข้าวหลามหนองมนที่มีรสชาติและกลิ่นแบบดั้งเดิมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

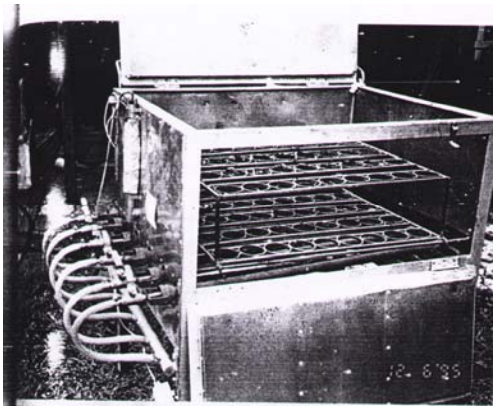
2. พัฒนาออกแบบและสร้างเตาเผาข้าวหลามต้นแบบให้มีความร้อนสูญเสียน้อยเพื่อลดต้นทุนเชื้อเพลิง และยังสามารถลดปริมาณควันลงได้อีกด้วย

3. พัฒนาออกแบบและสร้างเตาเผาข้าวหลามต้นแบบให้มีความง่ายต่อการใช้งาน

4. พัฒนาออกแบบและสร้างเตาเผาข้าวหลามต้นแบบให้มีต้นทุนเตาไม่สูงจนเกินไปเพื่อให้ต้นทุนรวมในการผลิตข้าวหลามจากเตาต้นแบบสามารถแข่งขันกับเตาอื่น ๆ ได้

รูปที่ 1 การเผาข้าวหลามหนองมนแบบดั้งเดิม [1]

รูปที่ 2 การเผาข้าวหลามในเตา LPG ในปัจจุบัน [1]



รูปที่ 3 เตาเผาข้าวหลามจังหวัดภูเก็ตที่ใช้ก๊าซ LPGเป็นเชื้อเพลิง [3]

3. การพัฒนาเตาเผาข้าวหลาม

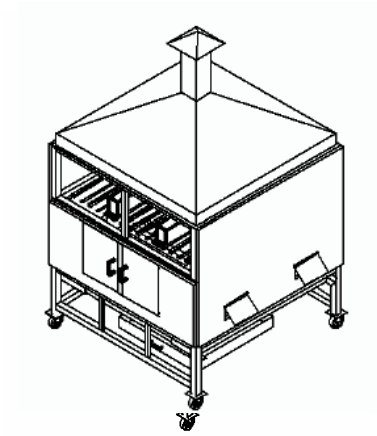
เตาเผาข้าวหลามต้นแบบรุ่นที่ 1 ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเป็นครั้งแรกในปี 2546 [3] โดยยังคงใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแบบดั้งเดิมไว้เพื่อให้กลิ่นคงเดิม ใช้พื้นที่ในการผลิตเท่ากับการเผาด้วยเตา LPG ซึ่งสามารถผลิตได้คราวละมากๆ แต่ยังคงกลิ่นแบบดั้งเดิมได้ แต่ยังพบปัญหาว่าผลการทดสอบการเผาจะมีเปลวไฟไหม้กระบอกข้าวหลาม หากผู้ผลิตข้าวหลามไม่สามารถควบคุมเปลวไฟได้ ทางคณะผู้จัดทำวิจัยจึงดำเนินการปรับปรุงการออกแบบและสร้างเตาเผาข้าวหลามโดยทำการออกแบบเตาให้มีขนาดที่สามารถผลิตได้คราวละมากๆ โดยมีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวหลามของผู้ผลิตข้าวหลามส่งในปัจจุบัน ลดการสูญเสียความร้อนที่ไม่จำเป็นให้เหลือน้อยที่สุด และสร้างเตาต้นแบบที่มีราคาไม่สูงจนเกินไป เพื่อให้ผู้ผลิตข้าวหลามสามารถการลงทุนทำเตาเองหรือจ้างทำได้ เตาต้นแบบนี้จะประหยัดเนื้อที่ที่ใช้ในการเผาข้าวหลาม โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เช่น กาบมะพร้าวและเศษไม้ เพื่อประหยัดต้นทุนของเชื้อเพลิง อีกทั้งรักษากลิ่นให้เหมือนกับการเผาแบบดั้งเดิมไว้ได้ แต่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลลดลงกว่าการเผาแบบลาน

จากการศึกษาข้อบกพร่องของเตาเผาต้นแบบรุ่นที่1 จึงได้มีการพัฒนาเป็นเตาเผาข้าหลามต้นแบบรุ่นที่ 2 ได้มีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

1. ปรับปรุงวัสดุที่ทำผนังและประตูเตาจากสแตนเลสมาใช้สังกะสีแทนเนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่า ทำให้มีต้นทุนในการสร้างต่ำกว่าเตาเผาต้นแบบรุ่นที่1 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวัสดุที่ทำผนังมีผลต่อค่าความร้อนที่ทำให้ข้าวหลามสุกน้อยที่สุด
2. ปรับปรุงขนาดของห้องเผาไหม้ให้มีความสูงเพียงพอต่อความสูงของเปลวไฟและติดตะแกรงเหล็ก เพื่อป้องกันเปลวไฟไม่ให้ไหม้ข้าวหลามได้ จากการทดสอบถ้ามีอุณหภูมิสูงมาก ๆ แสดงว่ามีเปลวไฟที่สูงมาก จึงทำให้ข้าวหลามไหม้ได้
3. ปรับปรุงและออกแบบตำแหน่งของประตูและผนังให้มีความสะดวกสบายมากขึ้น จากผลการทดสอบค่าความร้อนที่ทำให้ข้าวหลามสุกมีค่ามาก แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงและออกแบบตำแหน่งของประตูและผนังมีผลต่อค่าความร้อนที่ทำให้ข้าวหลามสุก
4. การปรับปรุงและออกแบบเตาเผาข้าวหลามต้นแบบให้มีราคาต้นทุนที่ผู้ประกอบการสามารถนำไปลงทุนสร้างได้ในราคาที่คุ้มค่า และประหยัดต้นทุนในการผลิตข้าวหลาม
ในแต่ละครั้งด้วย

4. การออกแบบ

ในการหาขนาดของเตานั้นจะออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณการผลิตของผู้ผลิตข้าวหลามในแต่ละวันโดยปกติแล้วผู้ผลิตข้าวหลามจะผลิตข้าวหลามวันละประมาณ 15 ลิตรหรือเทียบได้ประมาณ 150 กระบอก ดังนั้นจึงออกแบบเตาให้มีของเผาไหม้อยู่ด้านล่างและห้องบรรจุข้าวหลามอยู่ด้านบนแล้วมีปล่องอยู่ด้านบนของห้องบรรจุข้าวหลามและมีถาดรองขี้เถ้าอยู่ด้านล่างของห้องเผาไหม้ตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 ภายในและด้านข้างของเตาเผาข้าวหลามชีวมวลต้นแบบ

ห้องบรรจุข้าวหลามที่ออกแบบมีขนาด 1.5 x 1.5 x 0.5 m^3 มีผนังและประตูเปิดปิดที่บุฉนวนใยหินหุ้มปิดด้วยสังกะสีอย่างมิดชิดเพื่อลดการสูญเสียความร้อน เพื่อความสะดวกในการเปิดดูข้าวหลามจะทำประตูไว้ 2 ฝั่งตรงกันข้ามกัน โดยแบ่งเป็นประตูบานเล็ก ๆ ฝั่งละ 4 บาน เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนมากเกินไปในระหว่างการเปิดดูสภาพข้าวหลาม ภายในห้องบรรจุข้าวหลามมีกล่องบรรจุข้าวหลาม 16 กล่อง สามารถเลื่อนเข้าเลื่อนออกได้

รูปที่ 5 เตาเผาข้าวหลามต้นแบบ

ห้องบรรจุข้าวหลามที่ออกแบบมีขนาด 1.5 x 1.5 x 0.5 m^3 มีผนังและประตูเปิดปิดที่บุฉนวนใยหินหุ้มปิดด้วยสังกะสีอย่างมิดชิดเพื่อลดการสูญเสียความร้อน เพื่อความสะดวกในการเปิดดูข้าวหลามจะทำประตูไว้ 2 ฝั่งตรงกันข้ามกัน โดยแบ่งเป็นประตูบานเล็ก ๆ ฝั่งละ 4 บาน เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนมากเกินไปในระหว่างการเปิดดูข้าวหลาม ภายในห้องบรรจุข้าวหลามมีกล่องบรรจุข้าวหลาม 16 กล่อง สามารถเลื่อนเข้าเลื่อนออกได้ ดังรูปที่ 4

ส่วนห้องเผาไหม้มีขนาด 1.5 x 1.5 x 0.6 m^3 มีผนังที่ทำด้วยอิฐทนไฟ และบุฉนวนใยหินโดยหุ้มสังกะสีอย่างมิดชิด และมีประตูเปิดปิดที่ทำด้วยฉนวนใยหินหุ้มสังกะสี ทำประตูไว้ 2 ฝั่งตรงกันข้ามกัน มีประตูฝั่งละ 2 บาน เพื่อใส่เชื้อเพลิงและก่อไฟ ในอีก 2 ฝั่งด้านข้างเป็นผนังบุฉนวนใยหินหุ้มด้วยสังกะสีอย่างมิดชิดโดยเจาะรูไว้ด้านละ 2 ช่องไว้สำหรับเขี่ยไฟให้สม่ำเสมอ และสามารถใช้ดูความสูงของเปลวไฟ

ส่วนปล่องควันมีเพื่อระบายอากาศออกจากห้องบรรจุข้าวหลาม และมีถาดรองขี้เถ้าที่มีความชันเพื่อให้ขี้เถ้าไหลลงมาที่ถาดให้สามารถนำขี้เถ้าไปทิ้งได้อย่างสะดวก เตาต้นแบบที่สร้างเสร็จแล้วแสดงในรูปที่ 5

ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตา อ้างอิงจาก [5] และ [6] การคำนวณการสูญเสียความร้อนที่ปล่องไอเสีย (flue gas loss) อ้างอิงจาก [7] ส่วนการคำนวณความแข็งแรงของชิ้นส่วนเตาอ้างอิงจาก [8]

5. ผลการทดสอบเตาต้นแบบ

หลังจากสร้างเตาเสร็จแล้วจำเป็นต้องมีการทดลองเผาข้าวหลามจริง เพื่อหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในเตา โดยทำการเผาข้าวหลามจำนวน 15 ลิตร (ประมาณ 150 - 200 กระบอก) ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาข้าวหลามให้อยู่ระหว่าง 200 - 250 $^{\circ}C$ พบว่าจะต้องใช้เวลาในการเผาให้ข้าวหลามสุกประมาณ 110 นาที ซึ่งจะเร็วกว่าเตาเผาแบบใช้แก๊ส LPG โดยทำการวัดปริมาณออกซิเจนของไอเสียและบันทึกอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ภายในเตาเพื่อคำนวณปริมาณความร้อนที่สูญเสีย เปรียบเทียบกับการเผาแบบแก๊ส LPG และ การเผาแบบลาน

จากการทดสอบเตาเผาข้าวหลามชีวมวลต้นแบบ จะได้ ข้าวหลามที่สุกแล้วหลังจากการเผาด้วยเตาเผาต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ข้าวหลามที่สุกแล้วหลังจากการเผาด้วยเตาเผาต้นแบบ

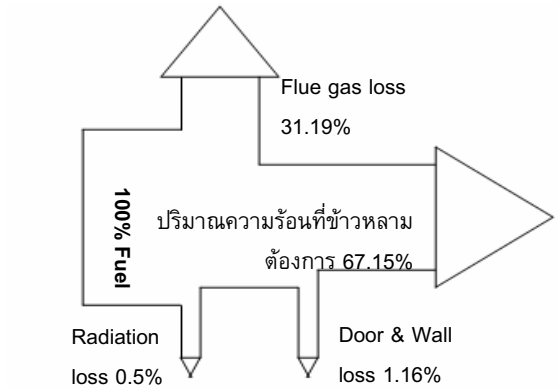
เมื่อเปรียบเทียบการเผาข้าวหลามด้วยเตาต้นแบบกับการเผาแบบลานและใช้แก๊ส LPG จะได้ผลตามที่แสดงในตารางที่ 1

ปกติแล้วในการเผาแบบลานจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 70-80 kg ส่วนในการเผาด้วยเตาต้นแบบ 2 จะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพียงประมาณ 30 kg เนื่องจากปริมาณความร้อนสูญเสียเพียง 32 % จะคุ้มทุนที่ 34 ครั้ง เทียบกับการเผาแบบลานซึ่งมีปริมาณความร้อนสูญเสีย 67 % หากไม่คิดค่าที่ดินจะคุ้มทุนที่ 5 ครั้ง ส่วนการเผาเตาแก๊ส LPG มีปริมาณความร้อนสูญเสีย 33.5 % คุ้มทุนที่การเผา 44 ครั้ง

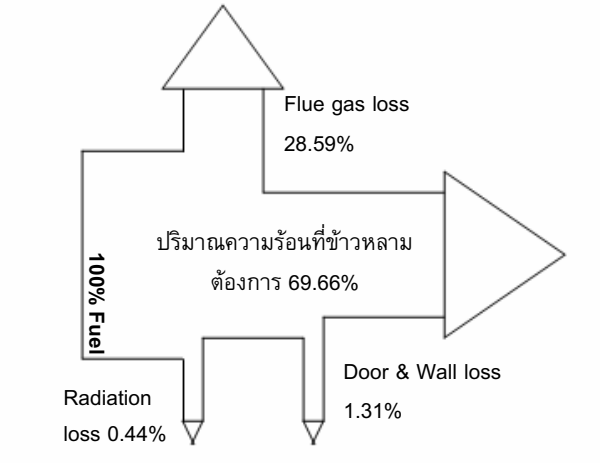
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการเผาข้าวหลามในเตาแต่ละแบบจากการเผาข้าวหลาม 15 ลิตร

	เผาลาน	LPG	เตาต้นแบบ 1	เตาต้นแบบ 2
เวลาในการเผา	180 นาที	180 นาที	90 นาที	110 นาที
เชื้อเพลิงที่ใช้	ไม้,กะลา กาบมะพร้าว	แก๊ส LPG	ไม้,กะลา กาบมะพร้าว	ไม้,กะลา กาบมะพร้าว
รสชาติข้าวหลาม	รสชาติดี มีกลิ่นหอม	รสชาติดี -	รสชาติดี มีกลิ่นหอม	รสชาติดี มีกลิ่นหอม
ต้นทุนเชื้อเพลิง	11.5 บาท/ลิตร	14 บาท/ลิตร	3.05 บาท/ลิตร	3.33 บาท/ลิตร
ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง	494 MJ	494 MJ	358 MJ	389 MJ
ความร้อนสูญเสีย				
- ที่ผนังเตา	-	5.08 %	1.31 %	1.16 %
- ไอเสีย	67.31 %	19.28 %	28.59 %	31.19 %
- การแผ่รังสี	-	9.14 %	0.44 %	0.50 %
อุณหภูมิในเตา ($^{\circ}C$)	150-250	180-200	200-250	200-250
อุณหภูมิผนัง ($^{\circ}C$)	-	70-100	40-50	40-60

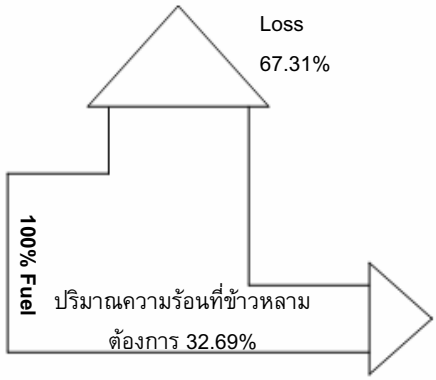
จากการคำนวณสมดุลพลังงาน พบว่าพลังงานความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งหมด 544.10 MJ สูญเสียออกไปกับไอเสีย 180.94 MJ คิดเป็น 31.19 % สูญเสียไปกับผนังและประตูของเตาส่วนบนและส่วนล่าง 6.66 MJ คิดเป็น1.16 % สูญเสียไปกับการแผ่รังสีความร้อนของผนังและประตูเตาทั้งส่วนบนและส่วนล่างเท่ากับ 2.77 MJ คิดเป็น 0.50 % คงเหลือความร้อนที่นำไปใช้ในการเผาข้าวหลาม 389.44 MJ คิดเป็น 67.15 % ดังแสดงในรูปที่ 7 และเตาเผาต้นแบบ 1 แสดงในรูปที่ 8 การเผาแบบลาน แสดงในรูปที่ 9 และ เตาเผาโดยใช้แก๊ส LPG แสดงในรูปที่ 9 ตามลำดับ



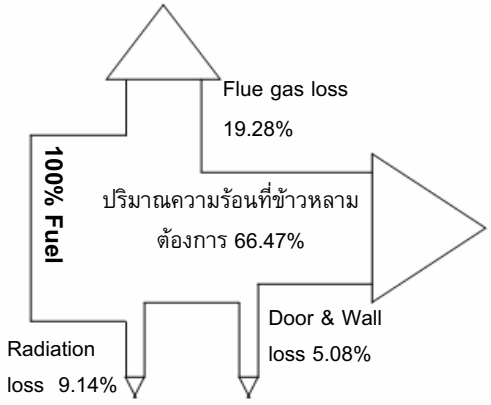
รูปที่ 7 สมดุลพลังงานเตาเผาข้าวหลามชีวมวลต้นแบบรุ่นที่ 2



รูปที่ 8 สมดุลพลังงานเตาเผาข้าวหลามชีวมวลต้นแบบรุ่นที่ 1



รูปที่ 9 สมดุลพลังงานเตาเผาแบบลาน



รูปที่ 10 สมดุลพลังงานเตาเผาแบบแก๊ส LPG

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการลงทุนของการเผาข้าวหลามด้วยการเผาแบบต่าง ๆ โดยผู้ผลิตจะขายข้าวหลามเป็นลิตร ๆ ละ 150 บาท ต้นทุนผันแปรประกอบด้วยมูลค่าเชื้อเพลิงและวัตถุดิบในการทำข้าวหลาม ส่วนการเผาแบบลานนั้นไม่รวมมูลค่าที่ดินที่ใช้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของการเผา แบบต่าง ๆ

วิธีการเผา	ต้นทุนเตา (บาท)	ต้นทุนแปรผัน(บาท/ลิตร)	จุดคุ้มทุน (ครั้ง)
แบบลาน	6,000	73.0	5
เตาเผาแบบแก๊ส LPG	50,000	75.7	44
เตาเผาต้นแบบ 1	46,505	64.5	36
เตาเผาต้นแบบ 2	43,700	64.5	34

การเผาในเตาต้นแบบนี้จะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลน้อยกว่าการเผาแบบลาน (แบบดั้งเดิม)ที่ต้องใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 70 – 80 kg ต่อการเผาข้าวหลามในปริมาณที่เท่ากัน ปริมาณความร้อนสูญเสียของไอเสีย ประตูและผนังเตา และการแผ่รังสีคิดเป็นร้อยละของปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 31.19 % 1.16 % 0.52 % ตามลำดับ โดยจุดคุ้มทุนของเตาเผาข้าวหลามต้นแบบ จะเร็วกว่าเตาเผาข้าวหลามแบบแก๊ส LPG

6. สรุป

จากการทดสอบเตาเผาข้าวหลามต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ พบว่าผลผลิตข้าวหลามจะมีกลิ่นแบบดั้งเดิมเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงแบบเดียวกับการเผาแบบดั้งเดิม แต่จะใช้เชื้อเพลิงน้อยลงเนื่องจากการลดปริมาณความร้อนสูญเสียลง และใช้พื้นที่ในการเผาน้อยกว่าการเผาแบบดั้งเดิม ซึ่งจะเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่บ้านที่มีจำกัดในปัจจุบัน ราคาต้นทุนของเตาต้นแบบมีราคาใกล้เคียงกับเตาเผาแบบแก๊ส LPG ซึ่งน่าจะจูงใจให้ผู้ผลิตข้าวหลามตัดสินใจมาลงทุนใช้เตาต้นแบบได้ จุดคุ้มทุนของเตาเผาข้าวหลามต้นแบบ จะเร็วกว่าเตาเผาข้าวหลามแบบแก๊ส LPG

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้สนับสนุนทุนจากงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ 2546 ในการดำเนินโครงการวิจัยระดับปริญญาตรีในการทดลองสร้างเตาในรุ่นที่ 1 และ ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรีประจำปี 2548 (IRPUS) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ในการพัฒนาเตาเผาข้าวหลามในรุ่นที่ 2 จนสามารถประดิษฐ์เตาที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงต่อไป

ขอขอบพระคุณร้านป้าวิไล และร้านแม่นิยม ผู้ผลิตข้าวหลามหนองมน ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการเผาและการปรุงรสชาติของข้าวหลาม และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ บุคลากร และสถานที่ในการทำโครงงาน รวมทั้งสนับสนุนงบประมาณบางส่วนให้โครงงานนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ป้าวิไล ผู้ผลิตข้าวหลามส่งร้านค้าปลีกในหนองมน, 2548. ถนนเนตรดี ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. ข้อมูลจากการสัมภาษณ์และสถานที่จริง.

[2] ร้านแม่นิยม ผู้ผลิตข้าวหลามขาย และ ส่งร้านค้าปลีกในหนองมน, 2548. ถนนเนตรดี ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. ข้อมูลจากการสัมภาษณ์และสถานที่จริง.

[3] ณพฤกษ์ สุเนตร ฤกษ์ชัย วณิชประภาพร เอกชัย สิทธิชู บรรพต ชมภูเพชร วรรณพล พิทักษ์สมบัติ. 2546. เตาเผาข้าวหลามต้นแบบโดยใช้วัสดุชีวมวลเหลือทิ้งเป็นเชื้อเพลิง. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยบูรพา. รายงานโครงงานทางวิศวกรรม.

[4] กายร์ฏิรัตน เลิศดารารัศมี อัษฎาวุฒิ ทาปลัด ภราดร นามโลมา. 2548. การพัฒนาเตาเผาข้าวหลามชีวมวลต้นแบบ. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยบูรพา. รายงานโครงงานทางวิศวกรรม

[5] William C. Turner and Joh F. Molloy. 1981. *Thermal insulation handbook*. New York : McGraw-hill Company

[6] Yunus A. Cengel. 1998. *Heat Transfer* . McGraw-Hill Companies Inc.

[7] Garry L. Borman.1998.*Combustion Engineering.* Singapore: McGrawHill.

[8] R.C. HIBBELER. 2002.*Mechanic of Materials I*. Bangkok: Pearson Education Indochina ltd.