



การพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับการย้อมผ้าแบบวิถีถิ่นเดิมด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC
DEVELOPMENT OF BIOMASS FURNACE FOR TRADITIONAL ENDEMIC FABRIC DYEING
WITH THE APPLICATION OF DMAIC METHOD

ราชนย์ วงษ์ทวี¹ อามินท์ หล้าวงศ์¹ ศุภกิจ เสกศิริ^{1*} และไทยทัศน์ สูดสวนสี¹

¹อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*Corresponding author, E Mail: ensupakit@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเตาชีวมวลสำหรับการย้อมผ้าแบบวิถีถิ่นเดิม กรณีศึกษากลุ่มทอผ้าพื้นเมืองบ้านคองน้อย อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งประสบปัญหาการแตกร้าวของเตาชีวมวลหลังจากการใช้งานและมีอุณหภูมิความร้อนต่อปริมาณเชื้อเพลิงต่ำซึ่งทำให้เกิดต้นทุนในการซื้อเตาใหม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับการออกแบบเตาชีวมวล และทดสอบเชื้อเพลิง 4 ชนิดได้แก่ ไม้ไผ่ เหง้ามันสำปะหลัง ไม้กระถิน และไม้ยางพารา โดยมีขั้นตอนงานวิจัยดังนี้ 1) การค้นหาและระบุปัญหา 2) การวัดผล 3) การวิเคราะห์ 4) การปรับปรุง และ 5) การควบคุม จากผลการทดลองพบว่าเตาชีวมวลที่ได้ ออกแบบให้สามารถลดเวลาในการต้มน้ำย้อมสีลดลงจากเดิม 30% และลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการต้มน้ำลดลง 60% ต่อน้ำ 8 ลิตร ซึ่งเตาชีวมวลที่ได้พัฒนาและออกแบบสามารถให้ผลตอบสนองต่อชุมชนในท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เตาชีวมวล; วิธีการ DMAIC; ชุมชนในท้องถิ่น

ABSTRACT

This research aims to develop a biomass furnace for traditional fabric dyeing, a case study of Ban Dong Noi group, Mueang Kalasin District, Kalasin Province. The group found the problem of cracking of the biomass furnace. This is because the furnace has a short lifetime and the fuel used has a low heating value, which means it takes a long time to burn. For this reason, the new furnace must be replaced, resulting in increased costs. The researcher therefore applied the DMAIC method to design new furnaces and studied 4 types of biomass fuels, namely bamboo, cassava rhizome, acacia, and rubber wood. The research steps are as follows 1) finding and identifying problems 2) measurement 3) analysis 4) improvement and 5) control. The results showed that the newly designed biomass furnace has 30% time less than. It also uses 60% less biomass fuel for heating in water at 8 liters. The newly designed biomass furnace can be effective in responding to community use.

KEYWORDS: Biomass Furnace; DMAIC Method; Local Communities

1. บทนำ

จากโครงการพัฒนาชุมชนในท้องถิ่นที่ทางมหาวิทยาลัยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากภาครัฐให้ดำเนินการจัดทำโครงการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุมชนในท้องถิ่นภายในจังหวัด [1] โดยทางมหาวิทยาลัยจัดเป็นภารกิจหนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพของคณะ ของสาขาวิชาที่สามารถต่อยอดการพัฒนาโครงการต่าง ๆ ในชุมชนท้องถิ่น ดังนั้นทีมงานอาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมจึงมีการวางแผนและเลือกชุมชนเป้าหมายที่มีการผลิตสินค้า OTOP ในแต่ละชุมชน เพื่อที่จะได้เข้าไปลงพื้นที่ในชุมชนและทำการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ และการสัมภาษณ์กลุ่มที่ทำการผลิตสินค้าและส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง นำมาซึ่งการค้นพบและระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนนั้น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละชุมชนที่มีการผลิตสินค้าและบริการ โดยที่เป็นการบูรณาการความร่วมมือของชุมชนกับมหาวิทยาลัยในการพัฒนาด้านนวัตกรรมการผลิต การแปรรูปผลิตภัณฑ์ หรือการสร้างมูลค่าของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งการหาช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์หรือในรูปแบบอื่น ๆ โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยสนับสนุนข้อมูลในด้านต่าง ๆ ต่อชุมชนในท้องถิ่น เพื่อก่อให้เกิดความมั่นคง มั่งคั่ง และมีความยั่งยืนต่อชุมชนในท้องถิ่น

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกชุมชนที่ได้มีการผลิตสินค้าของกลุ่มทอผ้าพื้นเมืองบ้านดงน้อย อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นสถานที่ในการดำเนินโครงการในครั้งนี้ มีกระบวนการผลิตเริ่มต้นจาก การต้มสีย้อมจากธรรมชาติโดยใช้เตาปูนซิเมนต์ที่มีขายในท้องถิ่น ใช้ไม้พินเป็นเชื้อเพลิงในการต้มหรือเปลือกไม้หรือใบ ไม้เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของสีย้อมตามที่ต้องการ จึงนำฝ้ายซึ่งฟอกสีขาวแล้วเอามาต้มสีธรรมชาติปัญหาเรื่องเตาต้มน้ำย้อมผ้าฝ้ายอุณหภูมิความร้อนในการต้มเปลือก ไม้ไม่เพียงพอ ทำให้ใช้เวลาในการต้มนานถึง 2-3 ชั่วโมง และเตามีอายุการใช้งานน้อย ราคาสูง 300-350 บาทต่อตัว ใช้งานไม่ถึงเดือนก็มีรอยแตกร้าว ดังแสดงในรูปที่

1



ก. รอยแตกร้าวของเตาแบบดั้งเดิมที่ผ่านการใช้งานมานาน



ข. รูปร่างเตาชีวมวลแบบดั้งเดิมที่ทำจากปูนซิเมนต์

รูปที่ 1 เตาชีวมวลเดิมที่กลุ่มแม่บ้านบ้านดงน้อยใช้ต้มน้ำย้อมผ้า

จากรูปที่ 1 เตาชีวมวลเกิดการแตกร้าวภายหลังจากใช้งานในระยะเวลาหนึ่ง และทำให้ความแข็งแรงของเตาชีวมวลลดลง และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ โดยเชื้อเพลิงที่ใช้จะหาได้ในท้องถิ่น ได้แก่ ไม้กระถิน ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา และเหง้ามันสำปะหลังตากแห้ง[2] เป็นต้น โดยนำเชื้อเพลิงที่หาได้มาป้อนเข้าที่ใต้เตาแล้วจุดไฟ ลักษณะเตาแบบดั้งเดิมใส่ไม้ฟืนเข้าไปได้น้อยจากการวิเคราะห์สภาพปัญหาเบื้องต้น พบปัญหาสองอย่างคือ การแตกร้าวของเตาชีวมวลหลังจากการใช้งานซึ่งมีปริมาณเชื้อเพลิงมากแต่มีอุณหภูมิที่ต่ำ [3] ทำให้เกิดต้นทุนในการซื้อเตาใหม่ ซึ่งกลุ่มแม่บ้านจะมีการแบ่งหน้าที่ในการซื้อวัสดุธรรมชาติสำหรับเส้นใยฝ้ายและเส้นใยไหม โดยแหล่งวัตถุดิบที่นำมาเป็นสืจากธรรมชาติสามารถหาได้ในท้องถิ่น ได้แก่ ใบहुกวาง มะเกลือ แก่นฝาง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลและบทบาทหน้าที่ของกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มต่อการใช้เตาชีวมวลแบบดั้งเดิม

หน้าที่	คนต้มสี	คนย้อม	คนทอผ้า
บทบาทหน้าที่	จุดไฟต้มน้ำด้วยไม้ฟืนปริมาณ 12 กิโลกรัม และน้ำใส่ปี๊บขนาด 8 ลิตร	ผสมสารมอร์แดนเทลงผสมกับสีธรรมชาติและย้อมเส้นด้าย	ทอผ้าโดยเลือกสีจากด้ายที่แห้งแล้วตามแบบ
การทำงาน	ติดไฟด้วยไม้ฟืนและต้มวัตถุดิบเพื่อให้ได้สีธรรมชาติ	ผสมสารมอร์แดนที่เตรียมไว้และต้มผสมกับสีย้อม เมื่อได้อุณหภูมิ น้ำพอเหมาะจึงย้อมด้าย	ทอผ้าตามแบบให้ได้สีสันทและลวดลายที่ออกแบบไว้
การส่งมอบงาน	ส่งน้ำสีย้อมไปยังคนย้อม	นำด้ายที่ย้อมแล้วไปตาก	เก็บเข้าตู้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับการออกแบบเตาชีวมวล [4, 5] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบรูปร่างของเตาชีวมวลให้มีรูปร่างสอดคล้องกับความต้องการในการย้อมสีของกลุ่มแม่บ้าน

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ขั้นตอนการวิจัย

วิธีการ DMAIC เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ [6, 7] และการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ [8-10] อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

(1) การค้นหาและระบุปัญหา (Define phase) คือการกำหนดปัญหาที่มีความสำคัญจากเก็บข้อมูลที่มีศึกษาในการผลิตแล้วสรุปปัญหา ซึ่งชุมชนในท้องถิ่นมีสองปัญหาของเตาชีวมวลคือ การแตกร้าวของเตาชีวมวลหลังจากการใช้งานและมีอุณหภูมิความร้อนต่อปริมาณเชื้อเพลิงต่ำ

(2) การวัดผล (Measure phase) คือการเก็บข้อมูลเพื่อสะท้อนสภาพปัญหาในปัจจุบันที่เกิดขึ้นจริงก่อนการปรับปรุงของชุมชน ดังรูปที่ 2 เพื่อนำไปสร้างความสัมพันธ์ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุ



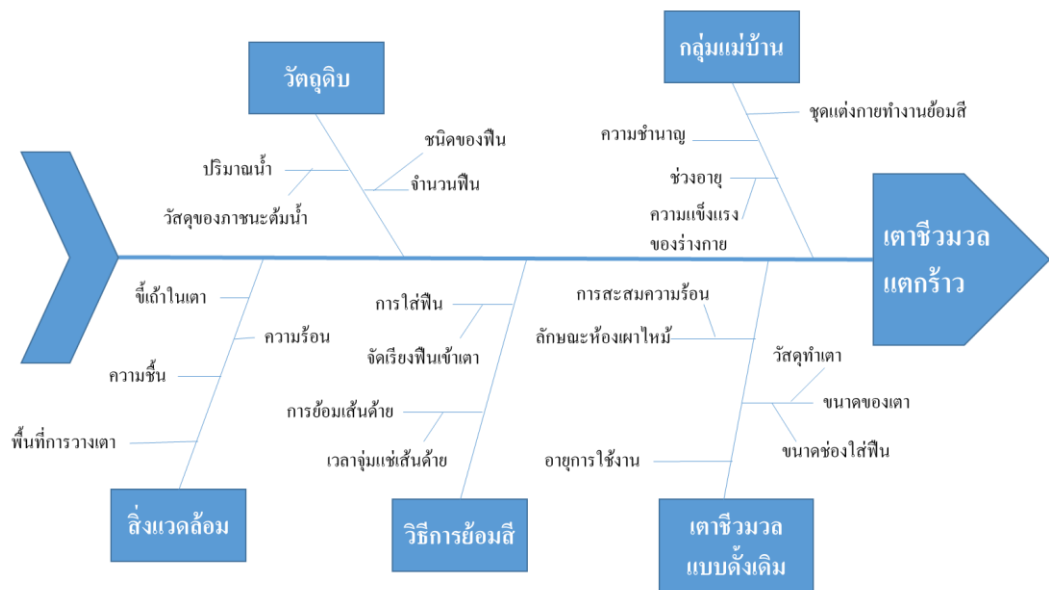
ก. การออกเสียงความต้องการต่อคุณลักษณะของเตา ข. การจัดเรียงถ้อยคำความต้องการให้เข้าใจง่าย

รูปที่ 2 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลปัญหาพร้อมกับชุมชน

(3) การวิเคราะห์ (Analyze phase) คือการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสังเกตหรือการใช้เครื่องมือคุณภาพ [11, 12] จากขั้นตอนการวัดผล สามารถระบุสาเหตุของปัญหาการแตกร้าวของเตาชีวมวล โดยแยกประเด็นสาเหตุออกเป็น 5 ข้อได้แก่ เตาชีวมวลแบบดั้งเดิม วิธีการย้อมสี กลุ่มแม่บ้าน วัตถุประสงค์ และสิ่งแวดล้อม สามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์ของสาเหตุการแตกร้าวของเตาแบบดั้งเดิม ในรูปแบบของแผนภูมิแก๊งปลาที่ 3 โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับวัสดุที่ใช้ทำเตาชีวมวลเป็นหลัก เนื่องจากมีผลต่อการแตกร้าว และปริมาณความร้อนที่ได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับขนาดและรูปร่างของเตา ส่งผลต่อการเผาไหม้ภายในเตา ดังตารางที่ 2

(4) การปรับปรุง (Improve phase) คือการวิเคราะห์แผนภูมิแก๊งปลาที่พบสาเหตุของปัญหาในการปรับปรุงและออกแบบเตาชีวมวลที่ไม่เหมาะสมต่อกิจกรรมการย้อมสีแบบดั้งเดิมของกลุ่มแม่บ้านดังตารางที่ 3 ตามความต้องการของกลุ่มแม่บ้านต่อการออกแบบเตาชีวมวล ซึ่งความชำนาญการย้อมสีของกลุ่มแม่บ้าน นำมาใช้เป็นเหตุผลและน้ำหนักที่มีผลต่อการออกแบบเตาชีวมวลในการพัฒนาสร้างจุดสำคัญที่แตกต่างจากเตาแบบดั้งเดิมดังแสดงในรูปที่ 4

Cause and Effect Diagram



รูปที่ 3 แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของปัญหาการแตกร้าวของเตา

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการแตกร้าวของเตา

สาเหตุ	การวิเคราะห์	แนวทางการแก้ปัญหา
วัสดุที่ใช้ทำเตาซีมมวล	1.ความชื้นภายในวัสดุ 2.การแข็งตัวในแบบพิมพ์ 3.ความร้อนสะสมภายในวัสดุ 4.การหดตัวของวัสดุ 5.ส่วนผสมของวัสดุ	1.เปลี่ยนวัสดุเป็นโลหะ
ปริมาณความร้อน	1.การเผาไหม้ในห้องเผาไม่สมบูรณ์ 2.อากาศภายในมีน้อย 3.การไหลเวียนของอากาศไม่สมบูรณ์	1.ออกแบบรูปร่างเตาให้มีช่องอากาศไหลผ่านมากขึ้น

คณะผู้วิจัยจึงเลือกเอาลำดับของรูปร่างเตาเป็นจุดแรกซึ่งประกอบด้วย วัสดุที่ใช้ทำเตาซีมมวล โดยสัมพันธ์กับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในการต้มน้ำด้วย และในการพิจารณาออกแบบให้เป็นไปตามหลักการของเตาซีมมวลแบบก๊าซ ได้อาศัยข้อมูลเชื่อมโยงระหว่างความต้องการของกลุ่มแม่บ้าน

วิธีการซ่อม และลักษณะของเชื้อเพลิงที่เป็นวัสดุคิพที่หาได้จากท้องถิ่น เป็นสำคัญ โดยเน้นให้สามารถใช้กับไม้ฟืนที่เป็นเชื้อเพลิงที่หาได้ในแหล่งพื้นที่ ได้แก่ ไม้กระถิน ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา และแห้งมันสำปะหลังตากแห้งนำมาต้ม น้ำ ดังแสดงในตารางที่ 3 ที่เน้นเพื่อการออกแบบเตาซีมมวล

ตารางที่ 3 ความต้องการของกลุ่มแม่บ้านต่อการออกแบบเตาซีมมวล

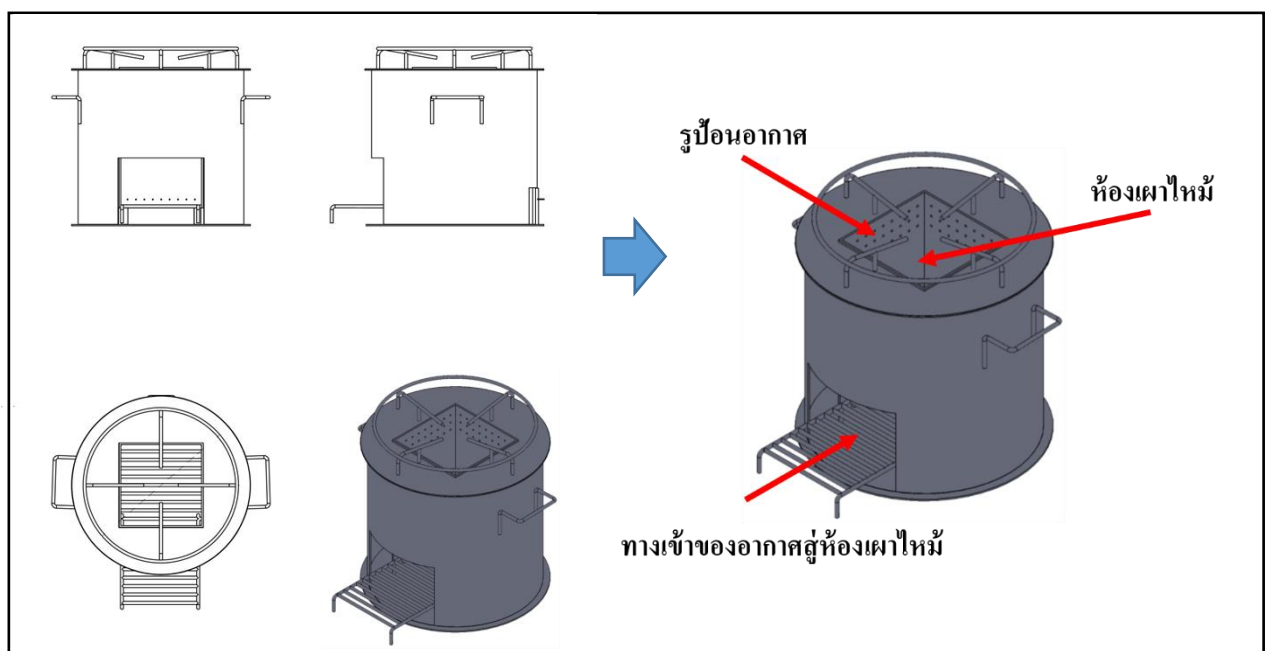
ความต้องการของกลุ่มแม่บ้าน	การออกแบบเตาซีมมวล
ประสิทธิภาพการต้มน้ำของเตา	ขนาดของห้องเผาไหม้
ความแข็งแรง	ขาเตียงวงแหวนรองรับภาชนะต้มน้ำ
วัสดุเตา	ขนาดของห้องเผาไหม้
รองรับน้ำหนักในการข้อมสีกและด้าย	ขนาดของห้องเผาไหม้
รูปร่างของเตา	ช่องทางออกของขี้เถ้า
ความสะดวก	หูจับ
ความปลอดภัย	ขาเตียงวงแหวนรองรับภาชนะต้มน้ำ

โดยลักษณะของเตาที่ตรงกับความต้องการนั้นเป็นเตา 2 ชั้นที่มีห้องเผาไหม้อยู่ตรงกลางมีลักษณะเป็นห้องเผาไหม้สี่เหลี่ยม และมีช่องให้อากาศไหลผ่านด้านข้างเข้าสู่ที่เจาะด้านบนของผนังห้องเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้ค่อนข้างสมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้ช่องใส่ฟืนด้านล่างยังสามารถให้อากาศไหลผ่านเข้ามาเพื่อการลุกไหม้ของฟืนได้ดีอีกด้วย นอกจากนั้นแล้วลักษณะของเตาได้ออกแบบให้มีจุดทางออกของขี้เถ้าซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญของเตาซีมมวล นอกจากนั้นยังคำนึงถึงความกว้างของขนาดห้องเผาไหม้ต้องให้พลังงานความร้อนที่สูง และสุดท้ายเมื่อวางภาชนะต้มน้ำข้อมเส้นด้ายหรือผ้าต้องมีจุดขาเตียงวงแหวนรองรับที่แข็งแรงมั่นคง มุ่งเน้นไปที่ความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตามงบประมาณในการสร้างเตาเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแบบต่างๆที่มีขายอยู่

ห้องตลาดมีราคาสูง [13] เนื่องด้วยวัสดุเตาทำจากเหล็กกล้า และกระบวนการผลิต ได้แก่การขึ้นรูปโลหะ การเชื่อม การตัดพลาสติกมาประกอบขึ้นเป็นเตาชีวมวลต้นแบบที่ได้จากการพัฒนาโดยมาจากความต้องการของกลุ่มแม่บ้านเป็นหลัก จึงมีราคาที่สูงเมื่อเทียบกับเตาดั้งเดิมที่ทำจากปูนซีเมนต์โดยมีรูปร่างตามแบบดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ยของการต้มน้ำ โดยใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาชีวมวลในเวลา 60 นาที

เวลา (นาที)	ไม้ยาง (°C)	ไม้กระถิน (°C)	ไม้ไผ่ (°C)	เหง้ามัน (°C)
5	60.33	58.33	40	43.67
10	78.67	73.33	83.33	49.33
15	92.67	95.67	97.67	68.33
20	96	97.67	97.67	87.67
25	94.67	98	96	92
30	93	97	96.33	93.33
35	92	96.33	94.67	91.67
40	86.67	93.67	92	86.67
45	82	92	87.67	82.67
50	80.67	88	83.67	81.33
55	75	86.33	80.67	79
60	71.67	83.33	76.33	75



รูปที่ 4 เตาชีวมวลที่ได้ออกแบบโดยเปลี่ยนวัสดุเป็นโลหะและรูปร่างเตาให้มีช่องอากาศไหลผ่านมากขึ้น

(5) การควบคุม (Control phase) คือการทดลองประสิทธิภาพเตาชีวมวลภายหลังจากการออกแบบ โดยการทดสอบเชื้อเพลิง 4 ชนิดได้แก่ ไม้กระถิน ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา และเห้งน้ำมันสำปะหลัง โดยชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงเฉลี่ยครั้งละ 7.2 กิโลกรัม โดยการทดลองได้นำเชื้อเพลิงมาจุดเตาเพื่อต้มน้ำให้เดือด ซึ่งกำหนดเวลาในการทดลองต้มน้ำเป็น 60 นาที จากนั้นบันทึกผลจากการอ่านค่าวัดอุณหภูมิในการต้มน้ำ ทั้งนี้ในการทดลองได้ใช้เทอร์โมคัปเปิล Type K วัดอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ของเตาชีวมวลและวัดอุณหภูมิของน้ำดังแสดงในรูปที่ 5



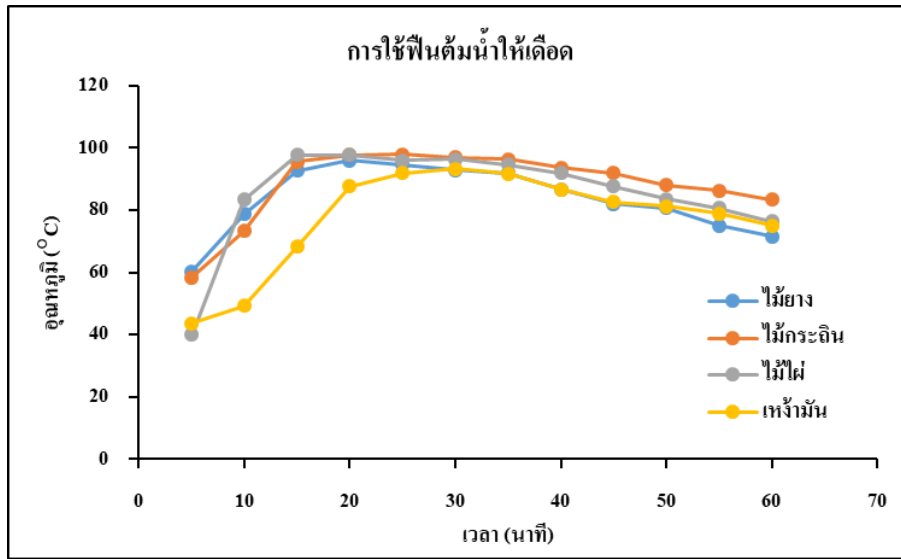
ก. การทดลองต้มน้ำด้วยเตาที่ออกแบบไว้

ข. การศึกษาอุณหภูมิภายในเตาขณะต้มน้ำ

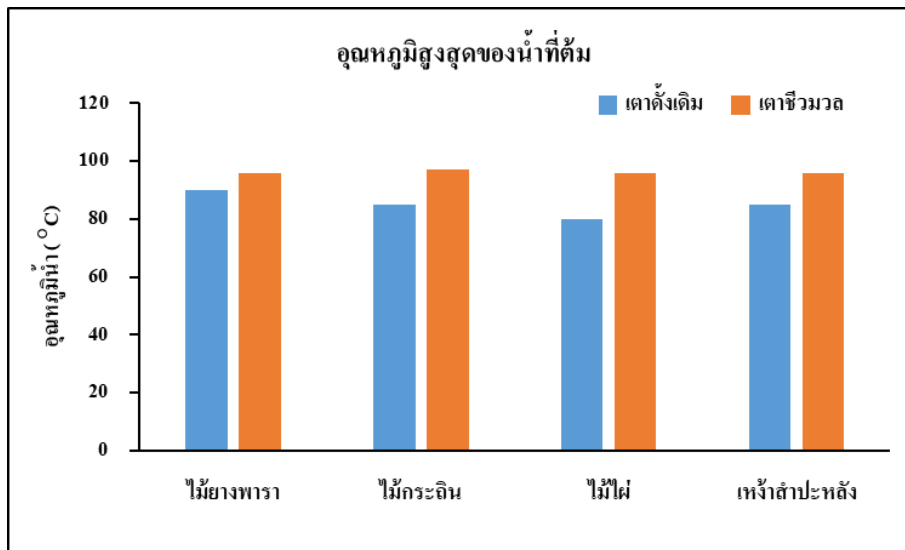
รูปที่ 5 สภาพการต้มน้ำให้เดือดด้วยเตาชีวมวล

3. ผลการวิจัย

จากการทดลองต้มน้ำโดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ต้มน้ำจนเดือด มีอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ดังนี้ ไม้ไผ่มีค่าเฉลี่ย 683 องศาเซลเซียส เห้งน้ำมันสำปะหลังมีค่าเฉลี่ย 710 องศาเซลเซียส ไม้กระถินมีค่าเฉลี่ย 756 องศาเซลเซียส และ ไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ย 765 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และในการทดลองต้มน้ำของเตาชีวมวลนั้นใช้เวลาในการต้มน้ำ 8 ลิตร และน้ำเดือดใช้เวลาทั้งสิ้น 15 นาที ยกเว้นเห้งน้ำมันสำปะหลังที่ต้องใช้เวลา 25 นาที ในเวลาการทดลองโดยเฉลี่ย 54 นาที ดังแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 และเมื่อเกษตรกรใช้เตาชีวมวลเมื่อเปรียบเทียบกับผลการต้มน้ำกับเตาชีวมวลแบบเดิม พบว่าเตาชีวมวลแบบเดิมที่ใช้ประสบปัญหาการแตกตัวของเตาหลังจากการใช้งานและมีใช้พื้นที่น้อย ต้มน้ำให้เดือดต้องใช้เวลาานานมาก ซึ่งทำให้เสียเวลาและต้องเติมฟืนอยู่บ่อยครั้ง รวมไปถึงต้องซื้อเตาใหม่บ่อยครั้ง จากการประยุกต์วิธีการ DMAIC ในการออกแบบเตาชีวมวลสำหรับการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างเป็นระบบ เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบพบว่าเตาชีวมวลที่ทำจากเหล็กให้อุณหภูมิสูงจนทำให้น้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแบบเดิมดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 ช่วงเวลาในการต้มน้ำให้เดือดทดลองกับไม้พิน 4 ชนิด



รูปที่ 7 เปรียบเทียบการต้มน้ำให้เดือดทดลองกับ ไม้พิน 4 ชนิดด้วยเตาทั้ง 2 ชนิด

4. สรุปผล

ผู้วิจัยได้ประยุกต์วิธีการ DMAIC เพื่อออกแบบเตาชีวมวลสำหรับการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเปลี่ยนวัสดุเป็น โลหะทำให้มีความทนต่อความร้อนสูง และรูปร่างเตาได้เพิ่มช่องอากาศไหลผ่านสะดวก อีกทั้งการออกแบบยังเสริมตะแกรงเพื่อให้สะดวกต่อการเติมเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ และมีขนาดของช่องใส่เชื้อเพลิงขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามเมื่อคิดจากสัดส่วนของเวลาในการต้มน้ำที่เวลาต้มน้ำ 60 นาที เตาชีวมวลที่พัฒนาจากวิธีการ DMAIC สามารถต้มน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับเตาดั้งเดิมในแต่ละประเภทของไม้พินได้แก่ ไม้ย่างพารา ไม้กระถิน ไม้ไผ่ และเหม้งมันสำหรับหลังจากรูปที่ 6 สามารถลดเวลาในการต้มน้ำข้อมสลดลงจากเดิม 30% โดยนำค่าเฉลี่ยมาคิดจาก $((54/(3 \times 60) \times 100)$ และจากรูปที่ 7 เมื่อคิดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้พบว่าสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการต้มน้ำลดลง 60% ซึ่งคิดค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้พินที่ทำให้ให้น้ำเดือดจาก $((7.2/12) \times 100)$ ต่อน้ำ 8 ลิตร ซึ่งเตาชีวมวลที่ได้พัฒนาและออกแบบสามารถใช้งานที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชนในท้องถิ่นได้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างดี

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่ให้งบประมาณในการดำเนินโครงการชุมชนสร้างชาติ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ประจำปี 2563 และกลุ่มแม่บ้าน บ้านดงน้อย อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Klorklear, W. et al. Efficiency Improvement of the Pottery Production Process to Reduce Waste and Increase the Production Quality: Case Study of HUAYWANGNONG Pottery Group, Ubonratchathani, *UBU Engineering Journal*, 2016, 9(2), pp. 38 -46.
- [2] Vincent, O. et al. The potential of cassava biomass and applicable technologies for sustainable biogas production in South Africa: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014,39, pp. 1035-1052. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.142.
- [3] Suphachai, K. et al. *Development of Grate Kiln to improve thermal performance for drying of Paka-Umpul Rice Grain in Surin Province*, 2020, 6(1), pp. 10-19.
- [4] Bhattacharya, S. C., Hla, S. S., and Pham, H. L. A study on a multi-stage hybrid gasifier engine system. *Biomass and Bioenergy*, 2001, 21(6), pp. 455-460.
- [5] Krit, M. et al. The Design and Build Husk Furnace Heat Automatic Shut-Off. *RMUTL Engineering Journal*, 2016, 2(1), pp. 22-28.
- [6] Runchana, S. et al. Efficiency Improvement in the Inventory Based on DMAIC Methodology. *Naresuan University Journal*, 2018, 2(26), pp.96 - 109.
- [7] Siva, V., and Natha, K. Productivity Improvement of Electronics Part by Using DMAIC Technique A Case Study of Printed Circuit Board Assembly Manufacturing. *Journal of Engineering RMUTT*, 2013, 1(1), pp.23-36.
- [8] Tritos, L. et al. Implementation of DMAIC for Extraordinary Improvement: A Case Study of Ceramic Sanitary Ware Manufacturing Company. *Engineering Journal of Research and Development*, 2008, 19(4), pp. 36 -44.
- [9] Walaiporn, H., and Rapee, K. Defect reduction from brake pads production by using DMAIC method. *Journal of Engineering*, 205, 2(3), pp.33-46.
- [10] Supakorn, C., and Kanyawee, T. Spare Parts Disbursement Documenting Time Reduction by Using DMAIC Concept. *Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University*, 2019, 10(1), pp. 124 -56.
- [11] Amin, L., and Charannarong, S. Factors and optimal operating condition of process factors affecting the quality of polyethylene terephthalate bottle. *KKU Research Journal*, 2014, 19(3), pp. 358-398.
- [12] Pullpis, N. et al. Efficiency Improvement of Cosmetic Tube Filling Machine by Applying QC Tools. *Thai Industrial Engineering Network Journal*, 2021, 7(1), pp. 32-41.
- [13] Parinya, P., and Nonglak, L. Breakeven Point Analysis for Investment in Machinery for Design of Material Handling Systems in the Production Line of Animal Feed a Case Study of Betagro Company. *Engineering Journal of Research and Development*, 2021, 32(3), pp. 97 -42.

