การศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรมปุ๋ย ด้วยวิธีการทางไอโอที

The study and increase the efficiency of heat energy in the Fertilizer Industry by IOT methods

สิริพร ลีถิรไพบูลย์ [1], ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์ [2], อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ [2], สุขใจ พรมประสานสุข [1] และ วิกร ธนรัตฉัตร [1]

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี
140 หมู่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมือง ปทุมธานี 12000 โทร. +6629756967 E-mail: psookjai@ptu.ac.th
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2410/2 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักรกรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-1111ต่อ 2272 E-mail: teepagron.ku@spu.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาร่วมกับการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรให้สูงขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร และวิเคราะห์การทำงานของสายการผลิตหรือบางส่วนของสายการผลิตให้เป็น Automation System Integrator เพื่อพัฒนาให้การบริหารจัดการธุรกิจ อย่างมีประสิทธิภาพจากทางเลือกในการปรับปรุงพัฒนาสถานประกอบการ ดังนั้นทางผู้วิจัยวิจัยได้รับความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจาก หจก.รังสิตเศรษฐกิจการเกษตร ในการเก็บผลข้อมูลผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (IOT) โดยมีการรับส่งข้อมูลของค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง คือ แกลบ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในการทำความร้อนให้กับระบบเพื่อไล่ความชื้นในกระบวนการเป่าลมร้อน ซึ่งสามารถให้ค่าพลังงานความร้อนอยู่ในช่วงประมาณ 1100 ถึง 1200 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปุ๋ยในกระบวนการเป่าลมร้อนเพื่อไล่ความชื้นลดลงได้ถึงร้อยละ 3 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ก่อนเข้าสู่กระบวนการบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ในการดำเนินงานอยู่ที่ประมาณ 40 ตันต่อครั้งการดำเนินงาน อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในกระบวนการเป่าลมร้อนด้วยแกลบนี้สูง ดังนั้นจึงใช้เชื้อเพลิงทดแทนแกลบ ซึ่งได้จากไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่หาได้ในพื้นที่ ซึ่งผลที่ได้คือผลิตภัณฑ์ในการดำเนินงานอยู่ที่ประมาณ 26 ตันต่อครั้งการดำเนินงาน ซึ่งลดลงจากเดิม โดยผลที่ได้จากการทดสอบ พบว่า ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสลดลงเหลือประมาณ 600 ถึง 650 องศาเซลเซียส ทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิง ทำให้ได้ค่าความร้อนสูงจากเดิม 70 ถึง 120 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้นจากเดิมร้อยละ 7 และส่งผลให้ได้มูลค่าเพิ่มขึ้นต่อการผลิตหนึ่งครั้งดำเนินงานสูงจากเดิม ซึ่งผลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ผ่าน IOT ทำให้ได้ผลที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเดิมอีกทั้งยังสามารถตรวจสอบการดำเนินการ และวิเคราะห์ผลได้อย่าง Real-Time อีกด้วย

คำหลัก: ค่าพลังงานความร้อน, กระบวนการเป่าลมร้อน, บอมบ์แคลอริมิเตอร์, อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง

Abstract

Due to the introduction of technology to improve machine efficiency to increase the efficiency of the machine and analyze the operation of the production line or parts of the production line to be an Automation System Integrator to develop business management efficiently from the choice to improve the workplace. Therefore, the researcher has the courtesy of collecting data from Rangsit LP. Agricultural Economics to collect data via the Internet (IOT), with the transmission of heat energy from the fuel, namely graphite, which is the

fuel for heating the system to expel moisture in the hot air blowing process which can provide the thermal energy in the range of 1100 to 1200 degrees Celsius, resulting in fertilizer in the hot air blowing process to reduce moisture up to 3 to 5 percent before entering the packaging process Resulting in operating products at approximately 40 tons per operation, However, the cost of this hot air blowing process is high. Therefore, the use of renewable fuels which is obtained from eucalyptus wood Which is a fuel that can be found in the area Which results in an operational product of approximately 26 tons per operation Which is reduced from the original From the results of the tests, it was found that the heat energy from the eucalyptus wood was reduced to about 600 to 650 degrees Celsius and the researcher then proceeded to increase the fuel efficiency. Resulting in higher calorific value from 70 to 120 degrees Celsius, resulting in a 7 percent higher product and resulting in increased value per production, once operating from the original the results from data collection through IoT result in higher efficiency than before, and can also check the operation. And analyze results with Real-Time as well

Keywords: Calorific value, hot air blowing process, calorimeter bomb, internet of thing (IOT)

1 บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนา และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเพิ่มสูงมากขึ้น ส่งผลให้ธุรกิจที่ให้บริการด้านการเชื่อมต่อระบบ และเทคโนโลยีให้เป็น Automation System Integrator (SI) มีบทบาทที่สำคัญมากขึ้นทั้งทางด้าน การเพิ่มกำลังการผลิต การลดต้นทุนกรผลิต เพิ่มการส่งเสริม สนับสนุน และพัฒนาให้การบริหารการจัดการธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำระบบอัตโนมัติมาใช้อย่างเหมาะสม และคุ้มค่ากับการลงทุน ทางผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจาก หจก.รังสิตเศรษฐกิจการเกษตร โดยการสอบถามถึงปัญหาและอุปสรรคของสถานประกอบการ หจก.รังสิตเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า จากปัญหาน้ำท่วมในปี 2554 ทำให้เครื่องจักร หรืออุปกรณ์บางส่วนเกิดความเสียหาย จึงมีความต้องการในเรื่องของการพัฒนาปรับปรุงเครื่องจักรที่ซ่อมหลังเกิดอุทกภัย และผลผลิตลดลงจากเดิม 40 ตันต่อเดือน เหลือ 26 ตันต่อเดือน จึงได้เข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมการเพิ่มผลิตภาพของ SMEs ด้วยระบบ Visualize เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำงานของเครื่องจักร อย่างไรก็ตามในงานวิจัยฉบับนี้ได้แสดงถึงการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนด้วยเทคนิค Bomb Calorimeter เพื่อหาค่าทางความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ในเตาเผาก่อนเข้าสู่ระบบการทำงานของเครื่องจักร

2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาค่าทางความร้อนของเชื้อเพลิง (Heat Value of Fuel) ที่ใช้ในระบบการเป่าลมร้อน โดยทำการทดสอบค่าความร้อนด้วยเทคนิค Bomb Calorimeter จากเชื้อเพลิงไม้ยูคาลิปตัส และทำการเก็บข้อมูลผ่านทางระบบอินเตอร์เนต (IOT : Internet Of Thing)

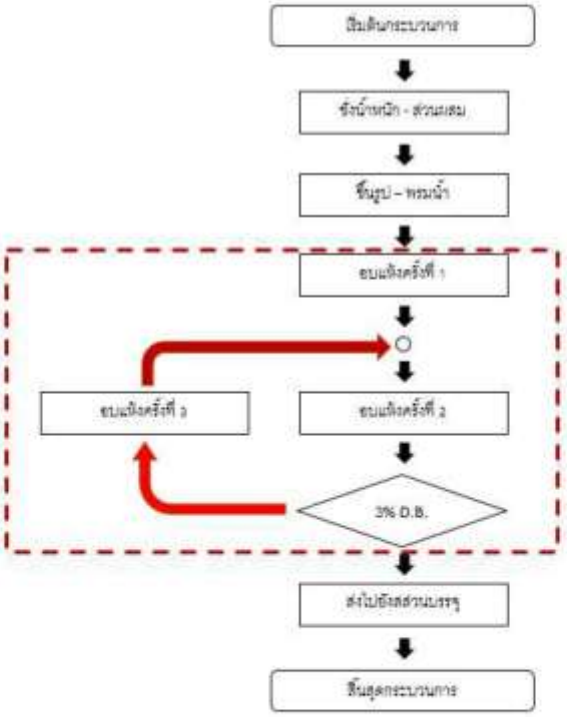
3 ขอบเขตและเงื่อนไขของการวิจัย

ไม้ยูคาลิปตัสบดละเอียด 1 กรัม, เครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter), Oxygen tank, ignition unit, Fuse Wire ในการเผาไหม้ 70 มิลลิเมตร, เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด Triple Beam Balance (OHAUS) และนาฬิกาจับเวลา และทำการเก็บข้อมูลผ่านทางระบบ IOT เป็นระยะเวลา 1 เดือน

4 วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ดำเนินการศึกษาวินิจฉัยสถานประกอบการ ทางผู้วิจัยได้เข้าร่วมประชุมร่วมกับผู้บริหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร และวิเคราะห์การทำงานของ

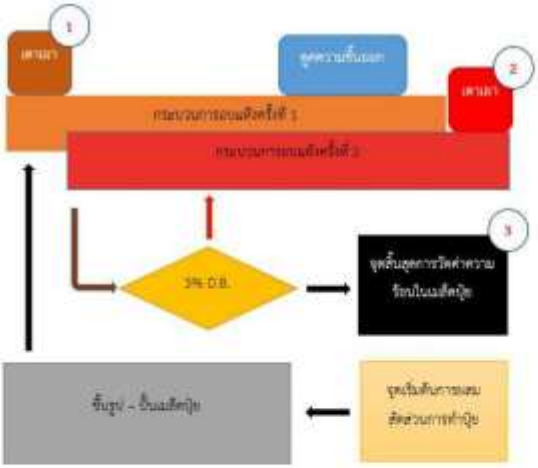
สายการผลิต เพื่อส่งเสริม สนับสนุน และพัฒนาให้การบริหารจัดการธุรกิจ อย่างมีประสิทธิภาพจากทางเลือกในการปรับปรุงพัฒนาสถานประกอบการ การวินิจฉัยในการปรับปรุงและการพัฒนาแสดงการทำงานของกระบวนการผลิตปุ๋ย โดยขั้นตอนการดำเนินงานของกระบวนการผลิตปุ๋ย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานของกระบวนการผลิตปุ๋ย

4.2 การกำหนดและติดตั้งอุปกรณ์_กับเครื่องจักร ติดตั้งเซนเซอร์ในกระบวนการผลิตปุ๋ย โดยจุดที่ 1 และ 2 เป็นจุดที่ทำการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบหัววัด (TC : Thermocouple probe) เพื่อหาค่าอุณหภูมิภายในเตาเผาที่ได้หลังการเผาไม้ยูคาลิปตัสที่แปรสภาพให้เล็กลงจากเดิม จุดที่ 3 แสดงการวัดโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบแสง (IR-Temperature sensor) แสดงดังรูปที่ 2 เพื่อวัดค่าความร้อนภายในกองปุ๋ยที่ผ่านการอบแห้งให้ได้อุณหภูมิที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียส

4.3 การวิเคราะห์ และพัฒนาระบบในสถานประกอบการ ให้ความรู้ ความเข้าใจ และสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของการใช้ระบบอัจฉริยะเฝ้าติดตามและตรวจสอบดูแลการทำงานของเครื่องจักร ด้วยการนำหลักความรู้ทางดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ภายในสถานประกอบการ โดยการวิเคราะห์หาแนวทางเพิ่มการผลิต รวมถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับเครื่องจักร หรือระบบการผลิต โดยข้อมูลที่ตรวจจับได้จะถูกประมวลผลโดยซอฟต์แวร์ในระบบคลาวด์ผ่านอินเทอร์เน็ตแบบเฉพาะ และข้อมูลจะถูกแสดงผลบนสมาร์ทโฟน หรือคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ โดยแสดงหลักการประมวลผลด้วยระบบคลาวด์



รูปที่ 2 แสดงจุดติดตั้งเซนเซอร์

4.4 การทดสอบหาค่าทางความร้อนของเชื้อเพลิง โดยวิธีการทดสอบ Bomb Calorimeter ในการทดสอบโดยใช้ ไม้ยูคาลิปตัสบดหยาบ จำนวน 1 กรัม

คำนวณหาปริมาณความร้อนโดยใช้

$$Q = mC_p \Delta T \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (แคลอรี่)

m คือ มวลของสาร (กรัม)

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของสาร (แคลอรี่/กรัม-องศาเซลเซียส)

Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (องศาเซลเซียส)

คำนวณหาปริมาณทางความร้อนที่ต้องการโดยใช้

$$Q_{HHV} = Q_F / M_F \quad (2)$$

เมื่อ Q_{HHV} คือ ค่าทางความร้อนที่ต้องการ (แคลอรี่/กรัม)

Q_F คือ ปริมาณทางความร้อนที่จุดระเบิด (แคลอรี่)

M_F คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิง

คำนวณหาปริมาณทางความร้อนการจุดระเบิด โดยการหาค่าความต่างของอุณหภูมิ และหาปริมาณความร้อนจากสมการที่ 3 และ 4

$$\Delta T = tc - t_a - r_1(b-a) - r_2(c-b) \quad (3)$$

$$Q_F = (m_w - m_{eq}) \cdot C_p \cdot \Delta T - Q_{อุณหภูมิ} \quad (4)$$

เมื่อ Q_F คือ ค่าทางความร้อนของเชื้อเพลิง (แคลอรี่)

t_c คือ อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)

t_a คือ อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)

r_1 คือ อัตราเพิ่มของอุณหภูมิในช่วง 5 นาทีแรกก่อนการจุดระเบิด (^oC/min)

r_2 คือ อัตราการลดลงช่วง 5 นาทีสุดหลังอุณหภูมิลดลง (^oC/min)

a คือ เวลาที่เริ่มจุดระเบิด (นาที)

b คือ เวลาร้อยละ 60 ของอุณหภูมิทั้งหมดที่เพิ่ม (นาที)

c คือ เวลาที่เริ่มจุดระเบิด

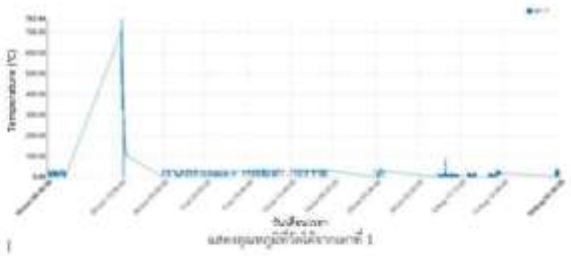
จากการทดสอบจะนำไปสู่กระบวนการหาค่าทางความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ส่งผลต่อการลดความชื้นด้วยลมร้อนในระบบ

5 ผลการทดสอบ และการวิเคราะห์ผล

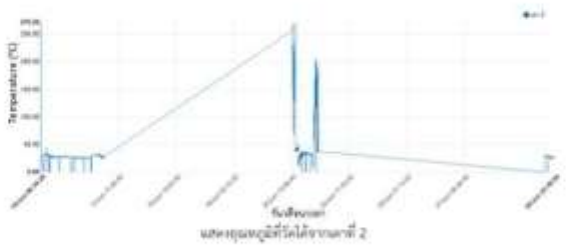
5.1 ผลการกำหนด และติดตั้งอุปกรณ์ของโครงการกับเครื่องจักร โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์แบบวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาที่ 1 และเตาเผาที่ 2 เพื่อทำการวัดอุณหภูมิลมร้อนที่ไหลผ่านเข้าสู่กระบวนการอบแห้งครั้งที่ 1 เพื่อลดความชื้นให้เหลือประมาณร้อยละ 26 หลังจากเข้าสู่กระบวนการอบแห้งครั้งที่ 2 เพื่อให้เหลือความชื้นในเม็ดปุ๋ยประมาณร้อยละ 3 บนฐานแห้ง และสายพานลำเลียงเม็ดปุ๋ย ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ 3 ตำแหน่ง คือ เตาเผาตัวที่ 1, เตาเผาตัวที่ 2 และสายพานลำเลียงปุ๋ย

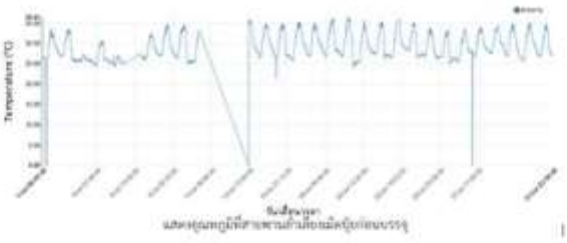
ระบบสามารถแสดงผลผ่านหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์ ซึ่งแสดงรายงานสรุปสถานะการทำงานการวัดความดันที่อ่านค่าได้ในขณะนั้นและในช่วงเวลาที่ผ่านมารวมทั้งค่าเฉลี่ยใน 1 ชม.ที่ผ่านมาด้วย การติดตั้งระบบอัจฉริยะเฝ้าติดตามและตรวจสอบดูแลการทำงานของเครื่องจักรทำให้ตรวจพบปัญหาในการผลิตและสามารถเข้าแก้ไขได้ตรงจุด โดยทำการติดตั้ง 3 ตำแหน่ง ได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนเตาเผาที่ 1 อุณหภูมิลมร้อนเตาเผาที่ 2 และ สายพานลำเลียงเม็ดปุ๋ย ดังแสดงในรูปที่ 4 5 และ 6



รูปที่ 4 อุณหภูมิที่วัดได้จากเตาตัวที่ 1



รูปที่ 5 อุณหภูมิที่วัดได้จากเตาตัวที่ 2



รูปที่ 6 อุณหภูมิที่วัดได้จากสายพานลำเลียงปุ๋ยที่ผ่านการอบ

จากรูปที่ 4, 5 และ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ กับวันเวลาที่ดำเนินการ ซึ่งสามารถแสดงอุณหภูมิตำแหน่งต่าง ๆ ผ่านหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน หรือคอมพิวเตอร์ โดยทางผู้ประกอบการจะใช้ระยะเวลาในการดำเนินการแล้วเสร็จประมาณ 1 อาทิตย์ก่อนเก็บบรรจุ ซึ่งพบว่า ในช่วงการอบแห้งของเตาเผาตัวที่ 1 ลมร้อนอุณหภูมิประมาณ 783 องศาเซลเซียส ในขณะที่เตาตัวที่ 2 ลมร้อนอุณหภูมิประมาณ 270 เนื่องจากในเตาตัวที่ 2 มีระบบที่ลมเกิดเกิดปล่อยออกระหว่างทางซึ่งตรวจวัดได้ดังที่แสดงในรูปที่ 6 และจากรูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิของปุ๋ยหลังจากลำเลียงบนสายพานก่อนเข้าสู่กระบวการบรรจุ ซึ่งอุณหภูมิที่วัดได้อยู่ที่ 36 องศาเซลเซียส

5.2 การวิเคราะห์ และพัฒนาระบบในสถานประกอบการ การติดตั้งอุณหภูมิของลมร้อนที่เตาเผาที่ 1 เป็นการวัดอุณหภูมิที่สามารถทำได้สูงสุดจากไม้ยูคาลิปตัสประมาณ 783 องศาเซลเซียส โดยภายหลังการเข้าให้คำปรึกษาคำแนะนำในเรื่องการตากไม้ยูคาลิปตัสให้แห้งมากขึ้นก่อนนำเผา และให้เพิ่มปริมาณพื้นผิวที่สัมผัสโดยการตัดซอยไม้ยูคาลิปตัสให้เล็กลง พบว่า อุณหภูมิที่สามารถทำได้เมื่อเทียบกับของเดิมเพิ่มขึ้นจาก 700 องศาเซลเซียส เป็น 783 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 11.24 การติดตั้งอุณหภูมิของลมร้อนที่ได้จากเตาเผาที่ 2 เพื่อลดค่าความชื้นของเม็ดปุ๋ยหลังปั้นขึ้นรูปเป็ดเม็ดปุ๋ยแล้วลำเลียงส่งเข้าถังอบแห้งไล่ความชื้นในครั้งที่ 1 เพื่อให้ความชื้นลดลงจากเดิมเพื่อให้ได้ค่าความชื้นอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 20-27 โดยหลังจากนี้จะผ่านการดูดอากาศร้อนออกและเข้าสู่กระบวนการอบครั้งที่สอง พบว่าอุณหภูมิทีทำได้เกิดความผิดพลาด เป็นเพราะเนื่องจากการทำงานของเครื่องจักรพบว่ามีการสั่นสะเทือนและการรั่วในระบบห้องเป่าลมร้อนของเตาที่ 2 ซึ่งจากการสอบถามผู้ประกอบการได้แจ้งว่าอุณหภูมิที่ได้จากเตาที่สองน่าจะมีปริมาณพลังงานที่ได้ใกล้เคียงกับเตาที่ 1 เนื่องจากอยู่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันกับกรณีที่ 1 คือแหล่งที่มาเดียวกัน ความชื้นภายในไม้ยูคาลิปตัสใกล้เคียงกัน การเก็บรักษาเหมือนกันแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพที่ได้น่าจะมีความใกล้เคียงกันโดยเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 11.24 ± 10% ซึ่งค่าที่ได้คาดว่าประมาณร้อยละ 10.08 – 12.32 จากการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างดังค่าประมาณ เป็นไปตามเป้าประสงค์คือเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรร้อยละ 3 และการติดตั้งวัดอุณหภูมิเม็ดปุ๋ยบนสายพานลำเลียงก่อนการบรรจุ ซึ่งผลที่ได้พบว่า เม็ดปุ๋ยที่ผ่านการเป่าลมเย็นเพื่อระบายความร้อนตามลำดับ มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 36 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะกับสมตามหลักการณ์ของอุณหภูมิคงค้างในเม็ดปุ๋ยก่อนการบรรจุภัณฑ์ และมีค่าความชื้นที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 3 ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ทำให้ไม่เสียมูลค่าทางการค้า

5.3 ผลการทดสอบหาค่าทางความร้อนของเชื้อเพลิง โดยวิธีการทดสอบ Bomb Calorimeter จากการทดสอบการเผาไหม้ของไม้ยูคาลิปตัส พบว่า ปริมาณทางความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ที่ได้คือ Q_{H+V} มีค่าประมาณ 4505.75 Cal/g หากทำ เมื่อทำการเทียบผลที่ได้จากการทดสอบการหาค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ เทียบกับค่ามาตรฐานของกรมป่าไม้ [2] พบว่า ไม้ยูคาลิปตัส ให้ค่าความร้อนที่ 4599 Cal/g ทำให้สามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์ความต่าง ระหว่างค่าการทดสอบจริงของไม้ที่ได้จากตัวอย่างกับค่ามาตรฐาน จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างร้อยละ 2.03 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นการทดสอบด้วยเทคนิคบอมบ์แคลอริมิเตอร์มีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้งานได้จริง

6 สรุปผลงานวิจัย

ผลที่ได้จากการทดสอบการหาค่าความร้อนของไม้ยูคาลิปตัสด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ เทียบกับค่ามาตรฐานของกรมป่าไม้ สามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างร้อยละ 2.03 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นการทดสอบด้วยเทคนิคบอมบ์แคลอริมิเตอร์มีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้งานได้จริง จากการทดสอบไม้ยูคาลิปตัสที่จะนำมาใช้สำหรับการให้พลังงานทางความร้อนทดแทนพลังงานแกลบ และก๊าซหุงต้ม ภายหลังการให้คำแนะนำกับทางผู้ประกอบการ พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่วัดได้มีค่าสูงจากเดิมกว่า 70 - 100 องศาเซลเซียส หรือประมาณร้อยละ 7 ซึ่งทั้งการใช้เทคนิคการเพิ่มพื้นที่หรือการตัดให้เล็กลง ยังต้องมีการทำให้ไม้ยูคาลิปตัสแห้งให้มากที่สุดก่อนที่จะนำมาทำเป็นเชื้อเพลิง เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากการเผาแกลบเป็นมาตรฐาน พบว่าหลังจากเปลี่ยนเป็นไม้ยูคาลิปตัสก่อนให้คำปรึกษาค่าอุณหภูมิจาก 1200 องศาเซลเซียส ลดลงเหลือ 700 องศาเซลเซียส คิดเป็นร้อยละ 41.7 ส่งผลต่อปริมาณปุ๋ย และมูลค่าที่ได้ แต่ภายหลังให้คำปรึกษาลดลงเหลือร้อยละ 34.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเดิมร้อยละ 7 การเพิ่มประสิทธิภาพในเตาเผาที่ 1 และ 2 พบว่าลดลงเหลือ 33.7 ถึง 35.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเดิมร้อยละ 6.1 ถึง 8.0 ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพในเตาเผา ส่วนในสายพานลำเลียงเม็ดปุ๋ย เป็นดัชนีชี้ให้เห็นว่าไม่ต้องมีการทำงานซ้ำขั้นตอนอีก จะทำให้ลดต้นทุนลงร้อยละ 9 ลดการเวลา การสูญเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าจากเดิม เมื่อเทียบกับปริมาณปุ๋ยที่ได้จากเดิม 40 ตัน/รอบการผลิต ลดลงเหลือ 26 ตัน หลังจากเปลี่ยนเชื้อเพลิง และหลังให้คำปรึกษาเป็นการใช้เชื้อเพลิงจากไม้ยูคาลิปตัส แต่ปรับเปลี่ยนวิธีการ คาดว่าจะสามารถเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ได้จากเดิม 26 ตัน เพิ่มได้อีก 1.56-2.08 ตัน เป็น 27.56 ถึง 28.08 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่าหากราคาปุ๋ยอยู่ที่ตันละ 5,240 บาท มีโอกาสเพิ่มมูลค่าอีกประมาณ 8,174.40 ถึง 10,899.20 บาท ซึ่งผลที่ได้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปุ๋ยได้สูงขึ้น

7 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หจก.รังสิตเศรษฐกิจการเกษตร และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ ทำให้งานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

8 เอกสารอ้างอิง

[1] ทรรศนีย์ กิติรัตน์ตระการ. 2529, ปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 81น.

[2] งานพัฒนาพลังงานจากไม้, 2550. รวมบทคัดย่องานวิจัย พ.ศ. 2525-2550, กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิจัยและพัฒนากรมป่าไม้, กรมป่าไม้

[3] ธีรชัย จันทรเสนา. 2528. การผลิตถ่าน และคุณภาพของถ่านจากไม้ป่าชายเลนโดยใช้เตาอิฐขนาดเล็ก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 75น.

[4] Parr Instruments Company. Instruction for the 1241 Calorimeter. Manual No.165. 21153 Street, Moline, Illinois.61265 U.S.A

[5] อ้างอิงจากเวปไซต์ http://e-book.ram.edu/ebook/f/FY473(51)/FY473-13.pdf เข้าสืบค้นเมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2562 เวลา 12.45