

“เตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์หุงบ่อแป้น” รูปแบบนวัตกรรม การจัดการพลังงานโดยนวัตกรรมการกระบวนการ

บทความวิจัย

รวิภา ยงประยูร^{1*} วราคม วงศ์ชัย¹ และ วีระ พันอินทร์²

วันที่รับบทความ:

18 มีนาคม 2562

วันแก้ไขบทความ:

5 มิถุนายน 2562

วันตอบรับบทความ:

6 กรกฎาคม 2562

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

²สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

*ผู้เขียนหลัก อีเมล: sauraya_y@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์หุงบ่อแป้น โดยเปรียบเทียบกับเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด ประหยัดพื้นที่เป็นโครงสร้างเหล็ก ในกลุ่มวิสาหกิจ ชุมชนบ้านหุงบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวัด ลำปาง และเพื่อเผยแพร่ภูมิปัญญาชุมชนด้วย หลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ตั้งแต่ ร่วมกันออกแบบนวัตกรรม จัดเก็บข้อมูลการใช้จริง และปรับเปลี่ยนเตาไอน้ำรูปแบบเดิม ให้มีกลไกการทำงานตามรูปแบบของเตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์หุงบ่อแป้น ผลวิจัยพบว่า เตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์หุงบ่อแป้น มีพฤติกรรมการผลิตไอน้ำ และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน ร้อยละ 8.80 ซึ่งใกล้เคียงกับเตาไอน้ำชุดท่อ 2 ทบ และจากการปรับเปลี่ยนเตาไอน้ำรูปแบบเดิมซึ่งเป็นเตาไอน้ำรูปแบบถัง 200 ลิตร เป็นเตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์ หุงบ่อแป้น ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการประหยัด พื้นที่ 2,910 บาทต่อคนต่อครั้ง หรือ 3 บาทต่อก่อน

โดยประมาณ เมื่อคำนวณในภาพรวม หากสมาชิก นึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดเฉลี่ยเดือนละ 3 ครั้ง ภายใน 1 ปี จะมีรายได้เพิ่มขึ้น 104,760 บาทต่อคน นอกจากนี้เมื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของเตาไอน้ำ พบว่า การเปลี่ยนเตาของสมาชิก 1 คน จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลงเท่ากับ 8,307.68 kgCO₂/ปี เมื่อคิดในภาพรวม ของสมาชิกทั้ง 10 คน จะสามารถลดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกได้ 83 tonCO₂/ปี นอกจากนี้ ชุมชนวางแผนการเผยแพร่ภูมิปัญญาด้วยการรวม กลุ่ม “สล่า” ซึ่งเป็นช่างของชุมชนเพื่อดูแล ช่อม บำรุง และให้คำแนะนำเมื่อเกิดปัญหาการใช้งาน เตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์หุงบ่อแป้น และทำหน้าที่ เป็นวิทยากรขยายความรู้ให้กับผู้ที่สนใจหรือชุมชน ใกล้เคียง

คำสำคัญ: จังหวัดลำปาง บ้านหุงบ่อแป้น เตา ไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด ภูมิปัญญาชาวบ้าน นวัตกรรมการจัดการพลังงาน



Received:

18 March 2019

Revised:

5 June 2019

Accepted:

6 July 2019



“D.I.Y. Boiler in Thung Bo Paen Style” Innovative Energy Management Model by Process Innovation

Rawipha Yongprayun^{1,*}, Warakhom Wongchai¹ and Weera Punin²

¹Department of Energy Technology, Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University, Muang District, Lampang Province, Thailand 52100

²Department of Physics, Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, Muang District, Lampang Province, Thailand 52100

*Corresponding author's E-mail: sauraya_y@hotmail.com

Abstract

This research aims to 1) evaluate the efficiency of “D.I.Y. Boiler in Thung Bo Paen Style” in comparison with an old-styled steel energy-saving furnace for mushrooms steaming in Ban Thung Bo Paen Community Enterprise Group, Hang Chat district, Lampang province; 2) to disseminate the community wisdom by Participatory Action Research (PAR) process. The process include sharing the innovative design, collecting actual data and adjusting the mechanism of the old-styled steam stove to fit the newly invented the “D.I.Y. Boiler in Thung Bo Paen Style”. The results indicate that the mechanism of steam production against the average efficiency value of the “D.I.Y. Boiler in Thung Bo Paen Style” counts for 8.80% and is equivalent to that in a double pass boiler which is the same type of low-pressure steam stove in the provincial energy project. The replacement of the original stove, a 200-liter tank-style stove, with the “D.I.Y. Boiler in Thung Bo Paen Style”, raises the income by saving firewood

cost of 2,910 baht per person per time, or approximately 3 baht per mushroom cube. Considering the overview if members steam the mushroom material three times per month on average, within a year they will earn an additional income of 104,760 baht per person. Also, when applying “D.I.Y. Boiler in Thung Bo Paen Style”, the greenhouse gas emissions are calculated to be reduced by 8,307.68 kgCO₂ per person per year. Thus, a total of 10 members will reduce greenhouse gas emissions by 83 tonCO₂ per year. Last but not least, the community has proposed to form “Sala” group, consisting of community technicians for maintenance and advice in case of problem with the use of “D.I.Y. Boiler in Thung Bo Paen Style”. The group will promote product sustainability and knowledge dissemination to those interested or nearby communities.

Keywords: Lampang province, Ban Thung Bo Paen, Steam mushrooms stoves, Local wisdom, Innovative energy management

สถานการณ์ที่เป็นอยู่เดิม

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึงปัจจุบัน กลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งปอแป้น ตำบลปลงยางคก อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดลพบุรี ได้มีโอกาสทำงานร่วมกับนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี เพื่อหาวิธีกำจัดก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดในลักษณะการทำงานร่วมกัน ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participation action research: PAR) ระหว่างกลุ่มสมาชิกผู้เพาะเห็ดบ้านทุ่งปอแป้นจำนวน 22 ครอบครัว กับ คณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี จนสามารถแปรรูปก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่คือ ปุ๋ยอินทรีย์แบบไม่พลิกกลับกองจากก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ด ตลอดจนการแปรรูปเห็ดนางฟ้าให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่มีปริมาณผลผลิตในท้องตลาดจำนวนมาก โดยแปรรูปเป็น “เห็ดสวรรค์” “เห็ดสมุนไพร” และ “เห็ดอบเนย” รวมถึงการแปรรูปเห็ดนางฟ้าเป็น “ขนมจีนน้ำยาเห็ด”

ในช่วงปี พ.ศ. 2558–2559 สมาชิกของกลุ่มซึ่งมีเตาไอน้ำของตนเอง ประสบปัญหาการนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด ทั้งจากเตาไอน้ำรูปแบบถัง 200 ลิตร (ภาพที่ 1) ที่ต้องนำก้อนวัสดุเพาะเห็ดวางเรียงบนตะแกรงภายในถึงที่บรรจุน้ำ และจุดฟืนเพื่อต้มน้ำให้ได้ไอน้ำ ซึ่งสมาชิกใช้เวลาในการนึ่ง 3–4 ชั่วโมง และสามารถบรรจุก้อนวัสดุเพาะเห็ดได้ไม่เกิน 200 ก้อนต่อถัง และเตาไอน้ำนี้ยังใช้ก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดฟืนที่เป็นโครงสร้างหลัก ที่เรียกว่า “เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดฟืน” (ภาพที่ 2) ที่มีการผลิตไอน้ำจากตัวเตาซึ่งต่อเข้ากับห้องปิด และภายในบรรจุก้อนวัสดุเพาะเห็ด

จำนวน 1,200–2,000 ก้อน ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งปอแป้น

ภายใต้โครงการเพิ่มสมรรถนะด้วยการบริหารและการจัดการพลังงานครบวงจรในชุมชนระดับตำบล ประจำปีงบประมาณ 2558 ของสำนักงานพลังงานจังหวัดลพบุรี ที่มีการสำรวจข้อมูลร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏลพบุรี ระหว่างวันที่ 17–24 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ในประเด็นการสำรวจการใช้พลังงานในกระบวนการ ขั้นตอนการเพาะเห็ดด้วยโรงเรือนภายในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน (ภาพที่ 3) ได้แก่ การทำเชื้อเห็ด การเตรียมก้อนวัสดุสำหรับเพาะเห็ด การใส่เชื้อเห็ด การเก็บเห็ดขาย และการกำจัดก้อนเห็ดที่ใช้แล้ว ทำให้ทราบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานของกลุ่มวิสาหกิจในขั้นตอนการเตรียมก้อนวัสดุสำหรับเพาะเห็ดจำเป็นต้องมีการนึ่งฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในก้อนวัสดุเพาะเห็ดด้วยไอน้ำของเตาผลิตไอน้ำที่ใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) มีค่าสูงถึงร้อยละ 80 ของกระบวนการผลิตทั้งหมด คิดเป็นมูลค่า 216,000 บาทต่อปีต่อสมาชิกหนึ่งคน หรือเท่ากับ 6 บาทต่อก้อนวัสดุเพาะเห็ด

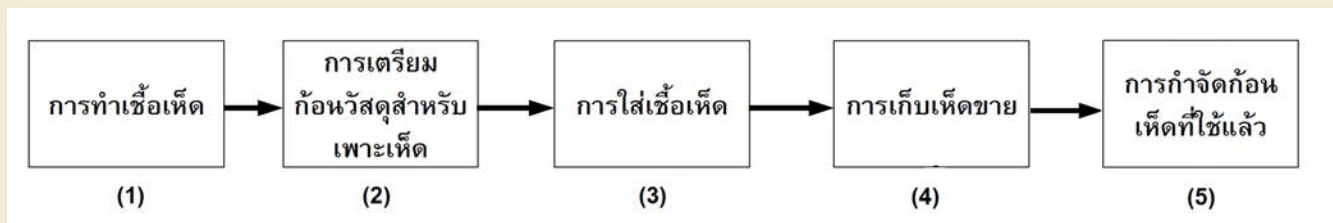
จากข้อมูลข้างต้น ทำให้สมาชิกกลุ่มสมัครใจเปลี่ยนการใช้งานจากเตาไอน้ำรูปแบบเดิมซึ่งเป็นเตาไอน้ำรูปแบบถัง 200 ลิตร เป็น “เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดฟืน” จำนวนทั้งสิ้น 10 คน จากสมาชิกทั้งหมด 22 คน ซึ่งผลการดำเนินงานตามโครงการของสำนักงานพลังงานจังหวัดลพบุรี แม้จะช่วยให้สมาชิกกลุ่มลดการใช้เชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) และมูลค่าพลังงานเทียบกับต้นทุนได้ถึงร้อยละ 50 ของกระบวนการผลิต คิดเป็นมูลค่า 108,000 บาทต่อปีต่อสมาชิกหนึ่งคน หรือเท่ากับ 1.2 บาทต่อก้อนวัสดุเพาะเห็ด (รวิภา ยงประยูร และคณะ, 2560) แต่สมาชิกก็ยังประสบปัญหาเงินลงทุน



ภาพที่ 1 เตาไอน้ำรูปแบบเดิมซึ่งเป็นเตาไอน้ำรูปแบบถัง 200 ลิตร



ภาพที่ 2 ที่มาและความสำคัญของนวัตกรรมการจัดการพลังงานโดยชุมชน ก) สมาชิกที่สมัครใจใช้งานเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด ๒) การติดตั้งเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด ๓) สภาพเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดพื้นที่เป็นโครงสร้างหลัก เมื่อใช้งานแล้ว 2 ปี



ภาพที่ 3 แผนผังสรุปขั้นตอนการเพาะเห็ด

เนื่องจากราคา “เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดพื้นที่” มีราคาสูงสำหรับการลงทุนของสมาชิก 1 คน

จากการระดมความคิดเห็นร่วมกันระหว่างนักวิชาการกับชุมชนสรุปแนวทางการทำงานคือ การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์และสร้างนวัตกรรมใหม่เพื่อลดการใช้พลังงาน ซึ่งประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เพิ่มขึ้นคำนวณจากสัดส่วนของพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ (พัฒนา บุญญาประภา และคณะ, 2560) ดังนี้ ปริมาณไอน้ำที่ผลิตเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อโรคในก้อนวัสดุเพาะเห็ด (Useful energy) ต่อพลังงานความร้อนที่ป้อนเข้าเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดพื้นที่ ซึ่งก็คือ ปริมาณพื้นที่ใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อการนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแต่ละครั้ง (Input energy) และการเพิ่มจำนวนชุดท่อไอน้ำในการพาความร้อนจากแหล่งเชื้อเพลิง จาก 2 ทบ เป็น 3 ทบ (ภาพที่ 4ก) เพื่อรับพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของฟืน พร้อมทั้งได้สร้างเตา

ไอน้ำที่มีจำนวนชุดท่อไอน้ำ 1 ทบ (ภาพที่ 4ค) ไว้สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการสร้างเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดพื้นที่ ซึ่งสามารถใช้งานกับเชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) และก๊าซหุงต้ม (ภาพที่ 4ข) ลักษณะของไอน้ำที่ผลิตได้จากเตาชนิดนี้มีไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดไอน้ำที่เป็นไอน้ำแห้งหรือไอน้ำแบบยิ่งยวด โดยก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากไอน้ำแบบยิ่งยวดนี้ เมื่อนำไปเปิดดอกเห็ดและรดน้ำในโรงเรือนที่เตรียมไว้พบว่าก้อนเชื้อเห็ดออกดอกทุกก้อนหรือร้อยละก้อนเชื้อเห็ดเสียเท่ากับศูนย์ (สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ, 2559) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่านวัตกรรมที่เกิดขึ้นนี้ล้วนเกิดจากการออกแบบและจัดสร้างโดยคณะทำงานจากมหาวิทยาลัย และติดตั้งต้นแบบเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด ณ บ้านประธานกลุ่ม เพื่อให้เป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้ของสมาชิกคนอื่นๆ ในชุมชน



ก



ข



ค

ภาพที่ 4 นวัตกรรมจัดการพลังงานที่ออกแบบโดยนักวิชาการ ก) เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดฟืนชุดท่อน้ำ 3 ทบ ข) เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่สามารถใช้งานกับเชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) และก๊าซหุงต้ม ค) เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดฟืนชุดท่อน้ำ 1 ทบ

แม้ที่ผ่านมาได้มีความพยายามจากหน่วยงานหลายภาคส่วนในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์และสร้างนวัตกรรมใหม่เพื่อลดใช้พลังงานในขั้นตอนของการเตรียมก้อนวัสดุเพาะเห็ด ซึ่งมีการใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) ของเตาผลิตไอน้ำถึงร้อยละ 80 ของกระบวนการผลิตทั้งหมดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งปอแป้นอย่างต่อเนื่องและหลากหลาย แต่สมาชิกกลุ่มก็ยังประสบปัญหาเรื่องการดูแลรักษาและซ่อมแซมเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดฟืน อีกทั้งต้นทุนของนวัตกรรมยังมีราคาสูงเกินกว่าจะลงทุนด้วยเงินส่วนตัวได้ เนื่องจากเตาผลิตไอน้ำที่นำมาติดตั้งนั้นต้องใช้ช่างฝีมือในการเชื่อมและสร้างเตา อีกทั้งสมาชิกกลุ่มไม่ได้มีส่วนร่วมในการออกแบบเตาผลิตไอน้ำตั้งแต่เริ่มแรก ทำให้สมาชิกกลุ่มต้องเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) จากฟืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-50 เซนติเมตร เป็นกิ่งไม้หรือฟืนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 20 เซนติเมตร ด้วยขนาดฟืนที่เล็กลงทำให้สมาชิกกลุ่มต้องคอยเติมเชื้อเพลิงตลอดเวลา ไม่สามารถทำกิจกรรมอื่นในช่วงเวลานึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดได้ ซึ่งปัญหาการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เตาไอน้ำ และการซ่อมบำรุงเตาไอน้ำเมื่อเกิดการชำรุด ตลอดจนงบประมาณ จึงทำให้ชุมชนต้องการปรับเปลี่ยนเตาไอน้ำของตนเอง เป็นเตาไอน้ำที่มีนวัตกรรมจัดการพลังงานที่ออกแบบโดยชุมชน

กระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงและการยอมรับของชุมชนเป้าหมาย

จากการเรียนรู้ร่วมกับหน่วยงานหลายภาคส่วน ทำให้สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกิดแนวความคิดการผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับองค์ความรู้ทางวิชาการ ในรูปแบบ Do it yourself (D.I.Y.) โดยทำสิ่งต่างๆ ด้วยตัวเองหรือชุมชน ใช้วัสดุที่หาง่ายและราคาไม่แพง ซึ่งการทำงานแบบนี้มีข้อดีคือ เกิดการมีส่วนร่วมในการสร้างรูปแบบนวัตกรรมโดยชุมชนเพื่อแก้ปัญหาในชุมชน ทำให้ชุมชนมีความภาคภูมิใจและมีคุณค่าทางจิตใจไปพร้อมกัน โดยในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 มีการประชุมระดมความคิดเห็นและออกแบบเตาไอน้ำที่ทุกคนในชุมชนสามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ร่วมกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ทบทวนและสังเคราะห์ข้อมูลและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้นวัตกรรมเดิมในพื้นที่อย่างละเอียด ซึ่งพบว่านวัตกรรมที่นำมาใช้ในกระบวนการเพาะเห็ดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งปอแป้น ตำบลปลายางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง มี 4 ชนิด ได้แก่ เตาผลิตไอน้ำความดันต่ำแบบประหยัดฟืน

ระบบให้น้ำกึ่งอัตโนมัติแบบหัวพ่นหมอก เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก และปุ๋ยก้อนเห็ดที่ใช้แล้วไม่กลับกอง ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นผลลัพธ์จากการดำเนินการร่วมกันในรูปแบบของงานวิจัยเชิงพื้นที่และงานบริการวิชาการจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งนี้พบว่าสมาชิกกลุ่มจำนวน 5 คน จากจำนวน 22 คนเท่านั้นที่มีโอกาสใช้งานนวัตกรรม เนื่องจากมีความสนใจที่จะเรียนรู้นวัตกรรมและมีบทบาทเป็นผู้นำในชุมชน โดยสะท้อนข้อเสนอแนะต่อผู้วิจัยใน 2 ประเด็นหลักคือ 1) ความต้องการนวัตกรรมใหม่ และ 2) การปรับปรุงนวัตกรรมเดิมในรูปแบบ D.I.Y. เพื่อให้สามารถยกระดับกระบวนการเพาะเห็ดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2) การถอดบทเรียนจากนวัตกรรมที่ผ่านมา ทำให้เกิดการเรียนรู้วิธีการตลอดจนรูปแบบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของนวัตกรรม โดยการถอดบทเรียนนี้ทำให้นักวิชาการทราบถึงช่องว่างของการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนต่อนวัตกรรมที่ถูกใช้ในกระบวนการผลิตในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จนเกิดการสร้าง

นวัตกรรมการจัดการพลังงานโดยชุมชน ด้วยการดัดแปลงเตาไอน้ำรูปแบบถัง 200 ลิตรของสมาชิกกลุ่ม โดยนำลักษณะบางประการของเตาไอน้ำนี้ก่อนวัสดุเพาะเห็ดประหยัดพื้นที่ที่มีโครงสร้างเหล็กในโครงการของสำนักงานพลังงานจังหวัดลำปางมาประยุกต์ใช้จนได้ต้นแบบ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์ทุ่งบ่อแป้น” สำหรับนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน ติดตั้ง ณ บ้านของคุณลุงชูชาติ ปันทะรส สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง (ภาพที่ 5) นักวิชาการได้เข้ามาช่วยลดช่องว่างโดยให้ความรู้ความเข้าใจวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพและสร้างความมั่นใจให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในการใช้ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สไตล์ทุ่งบ่อแป้น” เพื่อลดการใช้พลังงานในขั้นตอนการเตรียมก้อนวัสดุเพาะเห็ด

การจัดเวทีคืนข้อมูลให้กับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในวันเสาร์ที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2560 (ภาพที่ 6) ด้วยการนำชุดข้อมูลผ่านการทบทวนและสังเคราะห์จากกิจกรรมการเรียนรู้การสอน



ภาพที่ 5 การสร้างนวัตกรรมการจัดการพลังงานโดยชุมชน “คุณลุงชูชาติ ปันทะรส”



ภาพที่ 6 บรรยายภาคการจิตเวทีคืนข้อมูลในวันเสาร์ที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2560

ตลอดจนการถอดบทเรียนจากนวัตกรรม มาคืนข้อมูลในด้าน พฤติกรรมการผลิตไอน้ำของ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูปอแป้น” ซึ่งมีความรวดเร็วในการผลิตไอน้ำ เปรียบเทียบกับเตาผลิตไอน้ำ แบบต่างๆ โดยมีนักวิชาการช่วยสร้างความมั่นใจ และทำให้สมาชิก กลุ่มที่ยังมีความลังเลสงสัยกับความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้ง “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูปอแป้น” เกิดการยอมรับ จากการนำเสนอ แนวคิดการยกระดับเตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูปอแป้น สู่การสร้าง อัตลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น อย่างยั่งยืนในการประชุมร่วมกับชุมชน ทำให้สมาชิกกลุ่มจำนวน 10 คน จากจำนวนสมาชิกทั้งหมด 22 คน สนใจทำการปรับเปลี่ยน เตาไอน้ำเป็น “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูปอแป้น” คิดเป็นร้อยละ 45 โดยสมาชิกกลุ่มทั้ง 10 คนนี้มีความพร้อมทั้งงบประมาณและสถานที่ ประกอบกับพินมีราคาสูงขึ้น ซึ่งการติดตั้งเตาไอน้ำจะทำให้ ประหยัดพิน เป็นการสร้างความยั่งยืนในการบำรุงรักษา และไม่ได้ เปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตของสมาชิก นอกจากนี้ยังเป็นเตาที่ ถูกคิดค้นโดยผู้ที่เพาะเห็ด และได้รับการรับรองคุณภาพเตาไอน้ำ โดยมหาวิทยาลัยด้วย

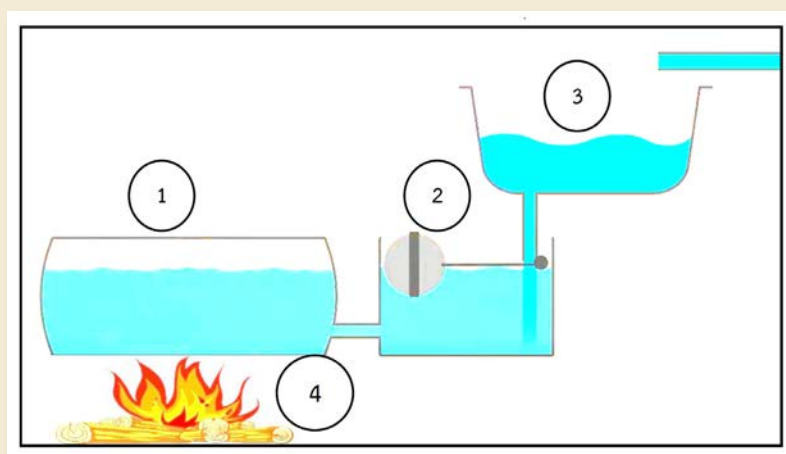
การดำเนินโครงการนี้ ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจได้เข้ามามีส่วนร่วม ดังนี้

1) **งานต้นน้ำ** คือ การร่วมคิด ร่วมสร้าง ตลอดจนร่วม ออกแบบนวัตกรรมระหว่างสมาชิกกลุ่มกับนักวิชาการมหาวิทยาลัย โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนในกิจกรรมรายวิชาแหล่งพลังงาน และการแปรรูปพลังงาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โดย โครงสร้างของเตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูปอแป้น ดังภาพที่ 7

เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูปอแป้นประกอบด้วย 1) ถังพักน้ำ ความจุ 100 ลิตรทำจากแกลอนเหล็กตัดครึ่ง พร้อมติดตั้งวาล์ว

จ่ายน้ำทำหน้าที่เติมน้ำเข้าถาดพักน้ำ 2) ถาดพักน้ำติดตั้งลูกลอย ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมต่อกันเป็นกระบะ ทำหน้าที่อุ่นน้ำก่อนเติม เข้าสู่ถังต้มน้ำทำให้เกิดการเติมน้ำอย่างต่อเนื่อง ป้องกันการระเหย ของถังต้มน้ำ 3) ถังต้มน้ำความจุ 100 ลิตรทำจากเหล็กแผ่นม้วน ทำหน้าที่ผลิตไอน้ำสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนวัสดุเพาะเห็ด และ 4) เตาเผาพินทำจากปูนซีเมนต์ทำหน้าที่ผลิตความร้อนและนำ ความร้อนจากการเผาพินไปสู่ถาดพักน้ำ โดยถังต้มน้ำถูกออกแบบ ให้วางบนเตา เพื่อรับความร้อนในการผลิตไอน้ำเข้าสู่ท่อไอน้ำที่ต่อ กับห้องนึ่งที่บรรจุก้อนวัสดุเพาะเห็ดอยู่ภายใน ขั้นตอนการทำงาน ของน้ำในเตาไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบภูมิปัญญา ชาวบ้าน เริ่มจากนำจากถังพักน้ำไหลเข้าสู่ถาดพักน้ำตามระดับของ ลูกลอยที่เป็นตัวบังคับปริมาณน้ำเข้าสู่ระบบ นอกจากนี้ในถาด พักน้ำยังถูกอุ่นจากการเผาไหม้ของพิน จากเตาเผาอีกทางหนึ่ง น้ำจากถาดพักน้ำเข้าสู่ถังต้มน้ำด้วยหลักแรงดูดคาปิลลารี เพื่อ แทนที่น้ำที่กลายเป็นไอน้ำผ่านท่อเหล็กที่เชื่อมต่อระหว่างถาดพักน้ำ กับถังต้มน้ำ

2) **งานกลางน้ำ** คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจทั้ง 22 คน ร่วมกันออกแบบการจัดเก็บข้อมูลเชิงปฏิบัติการร่วมกับนักวิชาการ หน่วยงานราชการ อาทิสํานักงานพลังงานจังหวัดลำปาง สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และ สาขาวิชา ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในประเด็น ตัวแปรการใช้งานจริงของเตาไอน้ำ ได้แก่ พฤติกรรมการผลิตไอน้ำ และการลดปริมาณการใช้พิน ตลอดจนต้นทุนที่ลดลง โดยมีสมาชิก กลุ่มที่ปรับเปลี่ยนเตาไอน้ำ จำนวน 10 คน เป็นผู้บันทึกข้อมูลเวลาที่ ใช้ในการผลิตไอน้ำ อุณหภูมิของน้ำ ตลอดจนปริมาณพินที่ใช้ใน แต่ละครั้ง ทำซ้ำ 5 ครั้ง ส่วนการจัดเก็บข้อมูลตัวแปรเพื่อวิเคราะห์



ภาพที่ 7 แผนผังการทำงาน “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูปอแป้น” โดยที่หมายเลข 1 คือ ถังพักน้ำ หมายเลข 2 คือ ถาดพักน้ำ ติดตั้งลูกลอย หมายเลข 3 คือ ถังต้มน้ำ และหมายเลข 4 คือ เตาเผาพิน

ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน และการลด CO_2 จากการเผาในที่โล่ง นั้นมาจากการทำงานร่วมกันของสมาชิกและนักวิชาการ โดยสมาชิกทั้ง 10 คน ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณฟืนจากการใช้เตาในแต่ละครั้ง ระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด ปริมาณน้ำที่หายไปจากระบบ และนักวิชาการคำนวณค่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

3) **งานปลายน้ำ** คือ การถ่ายโอนความรู้จากภาควิชาการ ไปสู่ชุมชนเพื่อยกระดับเตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ทุ่งปอแป้น ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือด้วยข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ และได้รูปแบบการ สร้างเตาไอน้ำที่ถูกต้องสำหรับการขยายผลต่อไป และสมาชิก กลุ่มวิสาหกิจได้เรียนรู้การใช้งานนวัตกรรมด้านการจัดการพลังงาน และปรับเปลี่ยนเตาไอน้ำให้มีกลไกการทำงานตามรูปแบบของ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ทุ่งปอแป้น” เพิ่มมากขึ้น จนสามารถลด ต้นทุนในกิจกรรมของกลุ่ม ตลอดจนความยั่งยืนของการใช้งาน คือมีการใช้งานอย่างต่อเนื่องโดยคนในชุมชนเป็นผู้ดำเนินการหลัก

ความรู้หรือความเชี่ยวชาญที่ใช้

เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดในปัจจุบันใช้หลักการการทำงานของหม้อต้มไอน้ำ หรือ บอยเลอร์ (Boiler) ซึ่งก็คือ เครื่องกำเนิดไอน้ำชนิดภาชนะปิดที่ทำด้วยเหล็กกล้าหรือวัสดุอื่นๆ และได้รับการออกแบบ ตลอดจนการสร้างอย่างแข็งแรงถูกต้องตามหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม เมื่อหม้อต้มไอน้ำได้รับพลังงานความร้อน จะส่งผ่านพลังงานความร้อนไปยังน้ำในหม้อต้มไอน้ำจนกระทั่งน้ำกลายเป็นไอน้ำ หม้อต้มไอน้ำสามารถแบ่งตามลักษณะการถ่ายเทความร้อน เป็น 2 ชนิด ดังนี้

1) **แบบท่อไฟ (Fire tube boiler)** คือ หม้อต้มไอน้ำที่ถูกออกแบบให้ความร้อนอยู่ในท่อเหล็ก โดยน้ำที่อยู่ล้อมรอบท่อเหล็กร้อนจะได้รับการถ่ายเทความร้อนจนน้ำกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งหม้อต้มไอน้ำชนิดนี้มีกำลังการผลิตไอน้ำ ขนาด 500 กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง ถึง 50 ตันต่อชั่วโมง

2) **แบบท่อน้ำ (Water tube boiler)** คือ หม้อต้มไอน้ำที่ถูกออกแบบให้น้ำอยู่ในท่อเหล็ก โดยพลังงานความร้อนจะอยู่ ล้อมรอบท่อน้ำ น้ำในท่อจะได้รับการถ่ายเทความร้อนจนกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งหม้อต้มไอน้ำชนิดนี้มีกำลังการผลิตไอน้ำ ขนาด 100–300 ตันต่อชั่วโมง หรือแรงดัน 20 บาร์ ขึ้นไป

ชนิดของเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่ใช้ในงานในปัจจุบัน จำแนกเป็น 3 ลักษณะตามประสิทธิภาพการทำงานดังนี้

1) เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบถึง 200 ลิตร เป็นการดัดแปลงถึงเหล็กปริมาตร 200 ลิตร โดยการทำตะแกรงยกสูงจาก

กันถึงประมาณ 50–80 เซนติเมตร เพื่อวางก้อนวัสดุเพาะเห็ดขณะทำการนึ่งฆ่าเชื้อโรค

2) เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบเตาเหล็กสี่เหลี่ยม เป็นการนำหลักการการทำงานของเตาไอน้ำแบบถึง 200 ลิตร มาขยายรูปแบบเป็นปริมาตรลูกบาศก์ พร้อมทั้งปรับเปลี่ยนแหล่งเชื้อเพลิงจากไม้ฟืนเป็นแก๊สหุงต้ม

3) เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบประยุกต์ เป็นการออกแบบเตาไอน้ำที่มีการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิศวกรรมให้มีการส่งผ่านความร้อนในปริมาณที่น้อย แต่สามารถผลิตไอน้ำปริมาณมาก ซึ่งจากงานวิจัยของ วีระวัฒน์ ศรีชา และคณะ (2557) ได้ออกแบบเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่มีระบบลูกลอยเติมน้ำ ซึ่งออกแบบเตาไอน้ำให้ประยุกต์ใช้งานกับตู้นึ่งแบบต่างๆ ของเกษตรกร (ภาพที่ 8) โครงสร้างของเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดนี้มีความคล้ายคลึงกับเตาเหล็กสี่เหลี่ยม บริเวณผนังโดยรอบทั้งสามด้านทำหน้าที่กักเก็บน้ำเพื่อขยายพื้นที่ห้องเผาไหม้ให้กว้างขึ้นเพื่อให้ต้มน้ำในปริมาณที่น้อย ด้านล่างของเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดจะเป็นท่อที่รับความร้อนและถูกออกแบบให้เป็นตะกรับแบบเอียง เพื่อช่วยต่อการบ้อนฟืนและกำจัดขี้เถ้า ส่วนกลางของเตาจะเป็นห้องเผาไหม้ ในขณะที่ด้านบนจะมีท่อที่คอยรับความร้อนจากการเผาไหม้ เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ในผนังทั้งสามด้านของเตานึ่ง โดยน้ำที่ได้รับความร้อนจะเหวี่ยงขึ้นไปด้านบนซึ่งมีท่อกักเก็บไอน้ำ ก่อนที่จะถูกปล่อยไปตามท่อเข้าสู่ตู้นึ่งของเกษตรกร การเติมน้ำเตานึ่งเห็ดแบบประหยัดฟืนนี้ใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำเข้าไปแทนที่ โดยการใช้ลูกลอยที่ติดตั้งในกระบอกด้านหลังเตานึ่งเป็นตัวควบคุม

เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบประยุกต์ได้ถูกนำมาถ่ายทอดขยายผลโดยสำนักงานพลังงานจังหวัดลำปาง ภายใต้โครงการเพิ่มสมรรถนะด้านการบริหารและพลังงานครบวงจรในชุมชนระดับตำบล ปี 2558 การคำนวณประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด สำหรับใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ทุ่งปอแป้นมีดังนี้

$$\eta = \frac{mC_p(T_2 - T_1) + (m - m_1)L}{m_1 H_f} \quad (1)$$

โดยที่

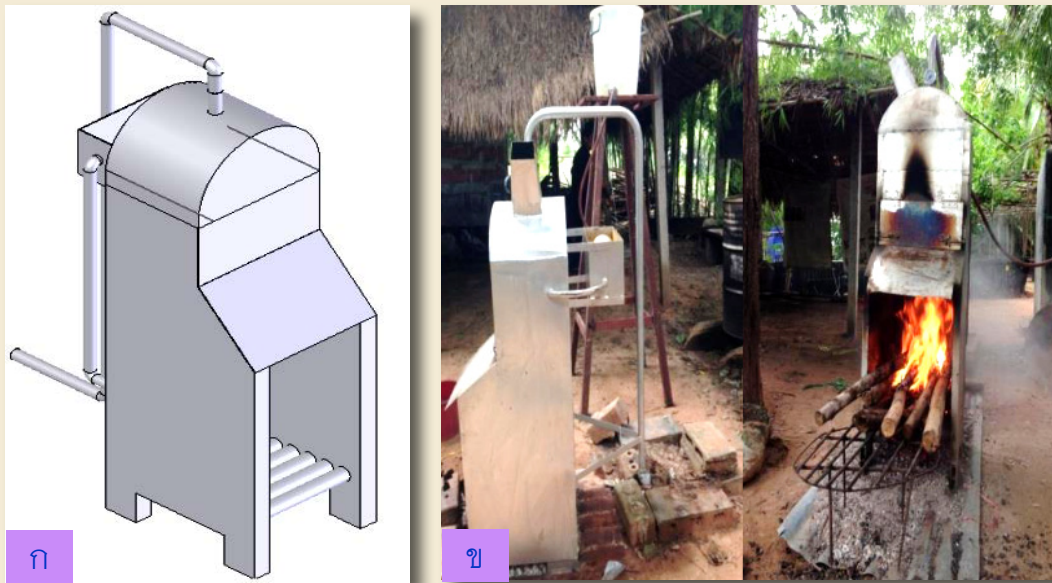
m คือ น้ำหนักของน้ำก่อนต้ม (กิโลกรัม)

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.186 กิโลจูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)

T_1 คือ อุณหภูมิที่น้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

T_2 คือ อุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม (องศาเซลเซียส)

m_1 คือ น้ำหนักของน้ำที่เหลือ (กิโลกรัม)



ภาพที่ 8 เตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบประยุกต์ ก) ภาพวาด ข) ภาพจริง (วิระวัฒน์ ศรีชา และคณะ, 2557)

L คือ ความร้อนแฝงของน้ำ (2,257 กิโลจูล/กิโลกรัม)

m_t คือ น้ำหนักพื้น (กิโลกรัม)

H_t คือ ค่าความร้อนที่ได้จากพื้น (20,766 กิโลจูล/กิโลกรัม)

หากนำสมการ (1) มาเขียนในรูปของค่าพลังงานที่นำเข้า (Input) และผลิตได้จากระบบ (Output) สำหรับการประเมินเพื่อใช้บ่งบอกระดับการทำงานของเตาไอน้ำ สามารถคำนวณได้จากค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency) ซึ่งอธิบายความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปสู่พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ณัฐพงษ์ ตาปัญญา และคณะ, 2561) ดังสมการ (2)

$$\text{Efficiency}(\%) = \left(\frac{\text{Output}}{\text{Input}} \right) \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

Output คือ ค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากระบบถูกนำไปใช้ในการนึ่งก้อนเห็ด หน่วย กิโลจูล (kJ) ซึ่ง

$$\text{Output} = mC_p(T_2 - T_1) + (m - m_t)L$$

Input คือ ค่าพลังงานความร้อนที่นำเข้าสู่ระบบมาจากการเผาพื้น หน่วย กิโลจูล (kJ) ซึ่ง

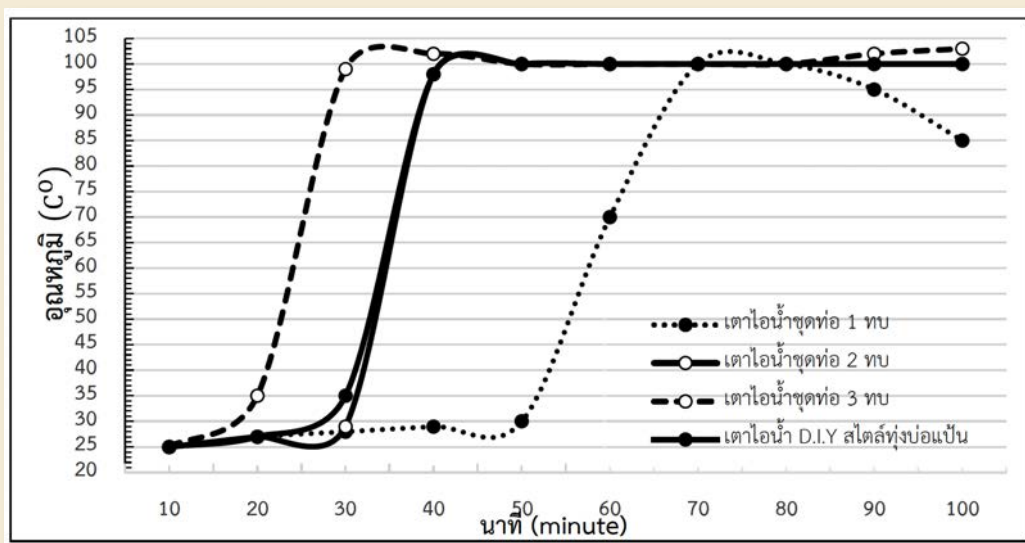
$$\text{Input} = m_t H_t$$

สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบต่างๆ นั้น ต้องติดตั้งเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำของระบบเติมน้ำด้วยระบบลูกลอยก่อนเข้าสู่หม้อผลิตไอน้ำ (ภาพที่ 9ก) จากนั้นทำการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple type K) (ภาพที่ 9ข) ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (ภาพที่ 9ค) เพื่อใช้วัดอุณหภูมิ น้ำ ไอน้ำ และห้องที่บรรจุก้อนวัสดุเพาะเห็ด ในการทดสอบจะต้องทำการชั่งไม้พื้นโดยใช้ตาชั่งน้ำหนักไม่เกิน 150 กิโลกรัม จากนั้นทำการทดสอบนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดเพื่อเปรียบเทียบกับระบบต่างๆ

จากการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิ น้ำ ที่ออกจากเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบต่างๆ นำมาเปรียบเทียบในประเด็นพฤติกรรมการผลิตไอน้ำ โดยคณาจารย์พร้อมนักศึกษารหัส 59 สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานในกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ของรายวิชาแหล่งพลังงานและการแปรรูปพลังงาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 เมื่อวันที่เสาร์ที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2560 ในรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning หรือ PBL) จากภาพที่ 10 พบว่า เตาไอน้ำชุดท่อ 3 ทบ (Triple pass) สามารถผลิตไอน้ำภายในเวลา 30 นาที และรักษาอุณหภูมิไอน้ำได้คงที่ยาวนานจนเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูล ขณะที่เตาไอน้ำ D.I.Y. สตีลทุ่งบ่อแป้น และเตาไอน้ำชุดท่อ 2 ทบ (Double pass) ผลิตไอน้ำ



ภาพที่ 9 อุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณในสมการค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (ณัฐพงษ์ ตาปัญญา และคณะ, 2561)



ภาพที่ 10 กราฟพฤติกรรมการผลิตไอน้ำของเตาแบบต่างๆ

ได้ภายในเวลา 40 นาที และรักษาอุณหภูมิไอน้ำได้คงที่ยาวนานจนเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลได้เช่นกัน ในขณะที่เตาไอน้ำชุดท่อ 1 ทบ ผลิตไอน้ำได้ภายในเวลา 70 นาที โดยเตาไอน้ำชุดท่อ 1 ทบ (Single pass) รักษาอุณหภูมิไอน้ำได้ยาวนาน 10 นาที หลังจากนั้นมันเริ่มมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

จากการใช้งานสมการ (2) เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบต่างๆ นั้น สรุปได้ว่า

เตาไอน้ำชุดท่อ 1 ทบ มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 5.78 หมายถึง ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาฟืน 100 ส่วน กลายเป็นค่าพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ในการนึ่งก้อนเห็ด 5.78 ส่วน มีการสูญเสียของพลังงานความร้อน 94.22 ส่วน

เตาไอน้ำชุดท่อ 2 ทบ มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 8.87 หมายถึง ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาฟืน 100 ส่วน กลายเป็นค่าพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ในการนึ่งก้อนเห็ด 8.87 ส่วน มีการสูญเสียของพลังงานความร้อน 91.13 ส่วน

เตาไอน้ำชุดท่อ 3 ทบ มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 17.37 หมายถึง ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาฟืน 100 ส่วน กลายเป็นค่าพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ในการนึ่งก้อนเห็ด 17.37 ส่วน มีการสูญเสียของพลังงานความร้อน 82.63 ส่วน

เตาไอน้ำ D.I.Y. สไลด์ทุ้งบ่อแป้น มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 8.80 หมายถึง ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาฟืน 100 ส่วน กลายเป็นค่าพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ในการนึ่งก้อนเห็ด 8.80 ส่วน มีการสูญเสียของพลังงานความร้อน 91.20 ส่วน

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการผลิตไอน้ำและค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบต่างๆ พบว่ามีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันคือ หากเตาไอน้ำชนิดใดมีพฤติกรรมการผลิตไอน้ำที่ใช้เวลา “น้อย” จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน “มาก” เช่น เตาไอน้ำชุดท่อ 3 ทบ ในกรณีของ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สไลด์ทุ้งบ่อแป้น” นั้น มีทั้งพฤติกรรมการผลิตไอน้ำและค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงและคล้ายคลึงกับเตาไอน้ำชุดท่อ 2 ทบ การเปลี่ยนเตารูปแบบถึง 200 ลิตร เป็นเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบต่างๆ นั้น ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากประหยัดฟืนมากขึ้น ในกระบวนการนึ่งเห็ดของ นายอรุณ ปินใจ ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีจำนวนโรงเรือนเพาะเห็ดมากที่สุดพบว่า ใช้ระยะเวลาในการนึ่งนานถึง 6 ชั่วโมง และข้อมูลจากนายชูชาติ ปันทะรส สมาชิกกลุ่มที่คัดค้านต้นแบบ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สไลด์ทุ้งบ่อแป้น” ดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 ต้นทุนจากการใช้เชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) ลดลงถึงร้อยละ 50 ทำให้สมาชิกของกลุ่มมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการประหยัดฟืน นอกจากนี้เมื่อใช้งานเตาไอน้ำนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ดที่มีการปรับปรุงและปรับเปลี่ยน ยังช่วยลดเวลาในการนึ่งถึงร้อยละ 33 ทำให้สมาชิกกลุ่มมีเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้มีเวลาทำงานในขั้นตอนอื่นๆ ในกระบวนการเพาะเห็ดในโรงเรือนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

สำหรับการสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชน เพื่อสร้างรูปแบบนวัตกรรมการจัดการพลังงานโดยนวัตกรรมกระบวนการให้เกิด

ผลลัพธ์ที่ดีและยั่งยืนนั้น ต้องอาศัยการทำงานบูรณาการร่วมกันหลายฝ่าย อาทิ หน่วยงานปกครองในพื้นที่ กลุ่มผู้นำชุมชน ประชาชนเจ้าของจิตวิทยา และนักวิชาการในสาขาต่างๆ เช่น งานวิจัยที่ต้องการแก้ปัญหาหมอกพิษทางอากาศในชุมชนเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ของ พัฒนา บุญญาประภา และคณะ (2560) ด้วยการบูรณาการการจัดการศึกษาเพื่อท้องถิ่นในการแก้ปัญหาหมอกพิษทางอากาศ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การปรับกระบวนการทัศนคติของนักศึกษาและชาวบ้านต่อชุมชน การศึกษาปัญหาหมอกพิษทางอากาศจากชีวมวล และการให้ประชาชนและนักศึกษาร่วมกันออกแบบทางเลือกในการแก้ปัญหาหมอกพิษทางอากาศ นำไปสู่การแก้ปัญหาหมอกพิษทางอากาศด้วยเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน การเพิ่มความรู้ความเข้าใจให้กับประชาชนเกี่ยวกับปัญหาหมอกพิษทางอากาศ ตลอดจนการนำชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรมาเปลี่ยนสภาพเป็นพลังงานทดแทน โดยขั้นตอนสุดท้ายของงานคือการดำเนินการแก้ปัญหาแบบบูรณาการในทุกมิติที่สอดคล้องกับความต้องการของชุมชน ซึ่งผลของการบูรณาการการจัดการศึกษาเพื่อท้องถิ่นกับนักศึกษานำไปสู่การสร้างจิตวิทยาวัย หัวข้อ “การศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพของเตาต้มเห็ดรูปแบบใหม่โดยใช้เศษกิ่งลำไยเป็นเชื้อเพลิง” ทั้งนี้สามารถพัฒนาเตาต้มเห็ดประเภทเห็ดฟางและเห็ดโคนน้อย ให้ผลิตปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้เพิ่มจากเดิมร้อยละ 28.49 เป็นร้อยละ 37.45 ส่งผลให้ประหยัดฟืนและลดมลพิษทางอากาศ พร้อมทั้งลดต้นทุนการผลิตทางหนึ่งด้วย

นอกจากนี้การนำนวัตกรรมมาใช้ในการกระบวนการผลิตของชุมชนจากงานวิจัยของ วริภา ยงประยูร และคณะ (2561) ที่นำนวัตกรรมด้านพลังงานมาใช้ในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดของกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดและแปรรูปเห็ดบ้านสวนแม่ทะ จังหวัดลำปาง ประกอบด้วย เตาผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเห็ดชุดท่อ 3 ทบ เตาแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไหลลงรูลงสุดพลัง และตูอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ดังสมการ (3)

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการประหยัดฟืน

หัวข้อ	ก่อนเปลี่ยนเตาไอน้ำ	หลังเปลี่ยนเตาไอน้ำ
ปริมาณเชื้อเพลิง (ฟืน) ที่ใช้	500 กิโลกรัม ต่อ ก้อนเห็ด 1,000 ก้อน	167 กิโลกรัม ต่อ ก้อนเห็ด 1,000 ก้อน
มูลค่าเชื้อเพลิง (ฟืน) ที่ใช้	6,000 บาท ต่อ ครั้ง	1,200 บาท ต่อ ครั้ง
มูลค่าเชื้อเพลิง (ฟืน) เทียบกับต้นทุน	6 บาท/ก้อน	3 บาท/ก้อน
เวลาที่ใช้ในการนึ่ง	เฉลี่ย 6 ชั่วโมง	เฉลี่ย 4 ชั่วโมง

$$GHG\ emission\ or\ removals = (AD) \times (EF) \quad (3)$$

โดยที่

AD (Activity data) คือ ข้อมูลกิจกรรมทั้งข้อมูลปฐมภูมิหรือข้อมูลทุติยภูมิ

EF (Emission factor) คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน *AD* เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากงานวิจัยข้างต้นสามารถคำนวณข้อมูลกิจกรรมโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มก่อนนำนวัตกรรมด้านพลังงานมาใช้ จำนวน 155 ถัง/ปี โดยที่แก๊สหุงต้ม 1 ถัง มีมวลแก๊ส 15 กิโลกรัม = 2,325 กิโลกรัม/ปี

2) ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มหลังนำนวัตกรรมด้านพลังงานมาใช้ จำนวน 114 ถัง/ปี โดยที่แก๊สหุงต้ม 1 ถัง มีมวลแก๊ส 15 กิโลกรัม = 1,710 กิโลกรัม/ปี

3) ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มที่ลดได้ 41 ถัง/ปี โดยที่แก๊สหุงต้ม 1 ถัง มีมวลแก๊ส 15 กิโลกรัม = 615 กิโลกรัม/ปี

ซึ่งข้อมูล *EF* ของแก๊สหุงต้ม จะใช้ค่า *EF* ของแก๊สหุงต้มที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4254 kgCO₂/kg และค่า *EF* ของแก๊สหุงต้มเผาไหม้แบบอยู่ก้นที่มีค่าเท่ากับ 3.1133 kgCO₂/kg (อบก ฉลาดคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, 2562) เมื่อนำค่าคงที่ที่เปลี่ยน *AD* ของปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มที่ลดได้ 41 ถัง/ปี ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 2,176.31 kgCO₂/ปี โดยทางกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดและแปรรูปเห็ดบ้านสวนแม่ทะ นำข้อมูลดังกล่าวไปขึ้นทะเบียนฉลาดลดคาร์บอนให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ด เพราะสามารถลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตได้ถึงร้อยละ 10 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้น โดยเฉพาะการนำไปสู่การวิเคราะห์หาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมขององค์กร/หน่วยงานของรัฐบาล งานวิจัยเรื่อง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบยั่งยืนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรณีศึกษาสำนักงานเขตบางแค ของนันทญา เขียวแสง และคณะ (2561) ทำการศึกษาปริมาณและที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงาน และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมขององค์กรพบว่า การเดินทางไป-กลับของบุคลากรของสำนักงานเขตบางแค เป็นแหล่งกำเนิดหลักในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีปริมาณ 3,216.48 tonCO₂/ปี จึงควรมีการรณรงค์และมีมาตรการในการประหยัดพลังงานในส่วนดังกล่าว เช่น การจัดการรับ-ส่งข้าราชการและลูกจ้างในเส้นทางหลัก

สถานการณ์ใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

สมาชิกที่มีการปรับปรุงเตาไอน้ำตามแบบ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์หุงบ่อแป้น” มีจำนวน 10 คน จากสมาชิกทั้งหมด 22 คน และพบว่า ค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมการผลิตไอน้ำของเตาที่ปรับปรุงเท่ากับ 37.5 นาฬิกา และค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ ร้อยละ 8.71 ทั้งนี้การปรับปรุงเตาไอน้ำทำให้สมาชิกลดการใช้ฟืนโดยเฉลี่ยร้อยละ 48.5 ดังตารางที่ 2 และจากตารางที่ 1 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการประหยัดฟืนพบว่า มูลค่าเชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) ก่อนการปรับปรุงเตาของสมาชิกเท่ากับ 6,000 บาทต่อครั้ง คิดเป็นมูลค่าเชื้อเพลิงแข็ง (ฟืน) เทียบกับต้นทุน เท่ากับ 6 บาทต่อก่อน เมื่อทำการปรับปรุงตามแบบของ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์หุงบ่อแป้น” สำหรับสมาชิกทั้ง 10 คน จะทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการประหยัดฟืนเฉลี่ยเท่ากับ 2,910 บาทต่อคนต่อครั้ง หรือเท่ากับ 3 บาทต่อก่อนโดยประมาณ หากคิดในภาพรวมเมื่อสมาชิกใช้งานเตาไอน้ำนี้ถึงกอนวัสดูเพาะเห็ดเฉลี่ยเดือนละ 3 ครั้ง ภายใน 1 ปี รายได้ที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 104,760 บาทต่อคน

นอกจากนี้การปรับปรุงเตาไอน้ำตามแบบ “เตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์หุงบ่อแป้น” ของสมาชิกในกลุ่มจำนวน 10 คน เมื่อนำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ดังสมการ (3) พบว่า ค่า *AD* มีค่าการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟืนของสมาชิก 1 คน อยู่ที่ 18,000 กิโลกรัม/ปี แต่เมื่อมีการปรับปรุงเตาไอน้ำ มีค่าการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟืน เท่ากับ 6,012 กิโลกรัม/ปี ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟืนที่ลดลงของสมาชิก 1 คน ที่ทำการปรับปรุงเตาไอน้ำ เท่ากับ 11,988 กิโลกรัม/ปี สำหรับค่า *EF* ของการเผาไหม้สารชีวมวลเท่ากับ 0.6930 kgCO₂/kg (อบก ฉลาดคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, 2562) ดังนั้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของสมาชิก 1 คน เท่ากับ 8,307.68 kgCO₂/ปี หากคิดในภาพรวมของสมาชิกทั้ง 10 คน จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 83 tonCO₂/ปี

ผลกระทบและความยั่งยืนของการเปลี่ยนแปลง

สำหรับการใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องของการปรับปรุงเตาไอน้ำแบบเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้เป็น เตาไอน้ำ D.I.Y.

ตารางที่ 2 การประเมินผลการปรับปรุงเตาไอน้ำ

ที่	ชื่อ-นามสกุล	พฤติกรรม การผลิตไอน้ำ	ค่าประสิทธิภาพ เชิงความร้อน (ร้อยละ)	การลดใช้ฟืน (ร้อยละ)
1	นายมันวณ มะโนคำ	45 นาที	8.70	50
2	นางบุญนำ มหาวรรณ	40 นาที	8.85	45
3	นายสัมพันธ์ ชัยเรืองเดช	40 นาที	8.07	55
4	นายนิรติ หอมสุวรรณ	40 นาที	8.55	50
5	นางกัลยา ธรรมยา	30 นาที	9.17	40
6	นางลำดวน หม้อบุญมี	40 นาที	8.65	47
7	นายสุคำ ปินใจ	15 นาที	9.55	55
8	นายคำมูล ราชชา	40 นาที	8.75	45
9	นางทองสาย ภาดา	45 นาที	8.15	50
10	นางบังอร ธรรมยา	40 นาที	8.70	48
ค่าเฉลี่ย		37.5 นาที	8.71	48.5

หมายเหตุ เป็นการทดลองกับห้องนั่งเล่น จำนวน 5 ซ้ำ

สโตร์ฟูป้อแป้น เกิดขึ้นขณะที่นักศึกษาในรายวิชาแหล่งพลังงาน และการแปรรูปพลังงาน ได้ทำการคืนข้อมูลประสิทธิภาพของเตาไอน้ำที่ปรับปรุงแล้ว โดยนักศึกษานำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เข้าใจง่ายในรูปแบบตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของอุปกรณ์ กราฟที่แสดงพฤติกรรมไอน้ำจากเตาที่ปรับปรุงแล้ว ทำให้สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกิดความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญขององค์ความรู้ที่เกิดขึ้นในครั้งนี้ ตลอดจนรายได้ที่เพิ่มขึ้นในภาพรวมของสมาชิกในกลุ่มภายใน 1 ปี มีค่าเท่ากับ 104,760 บาทต่อคน นอกจากนี้เมื่อทำการชักชวนสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้ร่วมกันวางแผนในสิ่งที่ชุมชนจะดำเนินการต่อ เพื่อสร้างความยั่งยืนของอัตลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านฟูป้อแป้น พบว่า ชุมชนมีการวางแผนที่จะรวมกลุ่ม “สล่า” ซึ่งเป็นช่างของชุมชนเพื่อดูแล ซ่อมบำรุง และให้คำแนะนำเมื่อเกิดปัญหาการใช้งานเตาไอน้ำ D.I.Y. สโตร์ฟูป้อแป้น และ

ทำหน้าที่เป็นวิทยากรขยายความรู้ให้กับผู้ที่สนใจหรือชุมชนใกล้เคียง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง การใช้นวัตกรรมด้านพลังงานในการบริหารจัดการชุมชนอย่างยั่งยืน กรณีศึกษา “ปงยางคกโมเดล” สัญญาทุนเลขที่ 004/2561 ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประจำปีงบประมาณ 2561 เรื่องการวิจัยและนวัตกรรมในกลุ่มโครงการการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างความเข้มแข็งด้านสังคม ชุมชน ความมั่นคง และคุณภาพชีวิตประชาชน ตามยุทธศาสตร์ของประเทศ (วิจัยพื้นฐาน)

บรรณานุกรม

- ณัฐพงษ์ ตาปัญญา, ธนวัฒน์ โสภารัตน์, คุณากร เครืออ่อน, และ รวิภา ยงประยูร. (2561). การประเมินสมรรถนะของเตาผลิตไอน้ำแบบสามกลับในการนึ่งก้อนวัสดุเพาะเห็ด: กรณีศึกษากลุ่มอาชีพเพาะเห็ดแบบบรรจุถุงพลาสติก จังหวัดลำปาง. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 17 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, น. 309-312.
- นันทญา เขียวแสง, จินตนา อมรสงวนสิน, และ วรางคณา ศรีนิล. (2561). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบยั่งยืนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรณีศึกษาสำนักงานเขตบางแค. *วิศวกรรมสาร มก*, 30(102), 61-72.
- พัฒนา บุญญประภา, สุรศักดิ์ นุ่มมีศรี, และ สมศักดิ์ บุญแจ้ง. (2560). การบูรณาการการจัดการศึกษาเพื่อท้องถิ่นในการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศในชุมชนเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารบัณฑิตวิจัย*, 8(2), 51-66.
- รวิภา ยงประยูร, ธานินทร์ คูพลทรัพย์, และ พรชัย เอี่ยมสาย. (2560). โครงการประเมินสถานะที่เหมาะสมในการใช้งานเตาหมักก้อนเห็ดแบบใช้ความร้อน 1 กลับ 2 กลับ และ 3 กลับ สำหรับกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดแบบก้อนในจังหวัดลำปาง (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). ลำปาง: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 120 น.
- รวิภา ยงประยูร, ศิริกาญจน์ วิบูลย์ผล, จารุวรรณ ทินวัง, และ พรทิพา สิงห์แก้ว. (2561). การประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดแปรรูปบ้านสวนแม่ทะ จังหวัดลำปาง. การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18 และลำปางวิจัย ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, น. 137 – 145.
- วีระวัฒน์ ศรีชา, นุชิตา สิวแพทย์, และ โสภา แคนลี. (2557). การพัฒนาหม้อผลิตไอน้ำโดยใช้ไม้พินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, น. 180 – 186.
- สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ. (2559). การทดสอบสมรรถนะของหม้อนึ่งก้อนเชื้อเห็ดไอน้ำร้อนยิ่งยวด. *วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 6(1), 17-30.
- อบก ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. (2562). Emission Factor. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2562, จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_emission/products_emission.pnc.