

การประยุกต์ใช้แก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก
Utilization of Compressed Biomass Gas in a Small Noodle Shop
Business

บุญธง วสุริย์¹, สัณญา ควรรคิด², ธาณิล ม่วงพูล³ และ วริยา เย็นเปิง^{4*}

Boonthong Wasuri¹, Sanya Kuankid², Thanin Muangpool³ and Variya Yenpoeng^{4*}

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์^{1,4}, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า² และสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์³

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Program of Industrial Art^{1,4}, Program of Electrical Engineering², Program of Computer Technology³

Nakhon Pathom Rajabhat University

E-Mail: Variya1234@webmail.npru.ac.th^{4*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก 2) ทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก และ 3) ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มเป้าหมายตามทฤษฎี TAM กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มธุรกิจก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 15 ร้าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก 2) แบบประเมินประสิทธิภาพ และ 3) แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีตามทฤษฎี TAM สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

ผลการวิจัยพบว่า 1) แก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) ส่วนควบคุมและแจ้งเตือน จะทำหน้าที่ควบคุมและแจ้งเตือน ให้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ และ (2) ส่วนโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถัง จากการทดสอบแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถัง (1) การอัดและการเก็บแก๊สชีวมวลเข้าถังที่แรงดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาเฉลี่ย 23 นาที (2) ค่าความร้อนในการต้มเฉลี่ย 15 นาที น้ำให้ความร้อนเฉลี่ย 84 องศาเซลเซียส (3) การใช้แก๊สชีวมวลอัดถังขนาด 50 ลิตร ใช้งานได้เฉลี่ย 3 ชั่วโมง ที่ความร้อนของน้ำลวกก๋วยเตี๋ยวเฉลี่ย 83 องศาเซลเซียส และ (4) การประเมินประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถัง จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 ท่าน พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายตามทฤษฎี TAM พบว่า กลุ่มเป้าหมายจำนวน 15 ร้านค้า มีความพึงพอใจต่อการทดลองใช้แก๊สชีวมวลอัดถัง อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: พลังงานชีวมวล, แก๊สชีวมวล, เตาชีวมวล, ธุรกิจก๋วยเตี๋ยว

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to develop compressed biomass gas cylinders for a small noodle shop business. 2) to test the efficiency of compressed biomass gas, and 3) to study the technology acceptance of the small noodle business in U-Thong District, Suphan Buri Province,

according to TAM theory. The research tools were: 1) Compressed Biomass Gas for Small Noodle Shop Businesses, 2) an Efficiency Assessment Questionnaire, and 3) a Technology Acceptance Questionnaire based on TAM theory. The statistics were percentage, mean, standard deviation, and Analysis of Variance (ANOVA).

The research results showed that 1) compressed biomass gas for a small noodle shop business consists of two parts: (1) the control and warning part will perform the control and warning functions as specified, and (2) the biomass gas structure from the biomass compressed gas cylinder test for a small noodle shop business can work as specified. 2) Results of the Efficiency Evaluation of Compressed Biomass Gas (1) compressing and storing biomass gas in the tank at 100 pounds per square inch pressure. It took an average of 23 minutes; (2) the average heat value for boiling was 15 minutes, and the average water heating was 84 degrees Celsius; (3) the use of compressed biomass gas in a 50-liter cylinder could be used for an average of 3 hours at an average water heating of 83 degrees Celsius; and (4) the evaluation of the efficiency of biomass gas by all 10 experts found that it was at the highest level., and 3) The results of the satisfaction assessment of the target group of 15 small noodle shop business according to the TAM theory showed that the target group was very satisfied with the biomass compressed gas trial.

Keywords: Biomass energy, Biomass gas, Biomass stove, Noodle business

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันมีความต้องการที่เพิ่มสูงมากขึ้นใน ทุก ๆ ปี ทำให้ต้องจัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ โดยในแต่ละปีประเทศไทยต้องจ่ายเงินจำนวนมากในการจัดหาพลังงาน ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอก ประเทศเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มที่จะสูงมากขึ้น พลังงานก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ถูกนำใช้กันมาก ของภาคครัวเรือนถึง 36 เปอร์เซ็นต์ ประชากรใช้สำหรับการปรุงอาหาร [1]

ธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยว เป็นธุรกิจประเภทอาหารทางเลือกหนึ่งของการบริโภคอาหารจานด่วนของคนไทย ซึ่งในกระบวนการทำก๋วยเตี๋ยวแต่ละชามนั้น ต้องใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) จากการลงสำรวจอย่างไม่เป็นทางการ ในเขตอำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ในการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) สำหรับร้านก๋วยเตี๋ยว พบว่า ใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) ถึงขนาด 15 kg ราคา 380 บาท เดือน ๆ ละ 3 ถัง หรือ 1,140 บาท/เดือน 13,680 บาท/ปี ซึ่งก๊าซหุงต้ม (LPG) 1 ถัง สามารถขายได้ 1,200 ชาม ได้เงิน 18,000 บาท ซึ่งราคาของก๊าซหุงต้มที่มีราคาแพงอยู่แล้ว และมีการปรับราคาขึ้นตลอดเวลา ทำให้เพิ่มต้นทุนขึ้นตามไปด้วย จึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างด้านพลังงาน การศึกษาค้นคว้าเพื่อหาพลังงานทดแทนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่าย [3]

ปัจจุบันมีการส่งเสริมเทคโนโลยีเตาแก๊สชีวมวลเข้าไปในครัวเรือน ซึ่งเป็นการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการเผาไหม้มาประยุกต์ใช้ โดยการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ

เศษไม้จากการตัดแต่งกิ่งไม้ผล เช่น ลำไยหรือไม้โตเร็ว ให้เกิดเป็นแก๊สเชื้อเพลิง และมีการนำแก๊สที่ได้มาเผาซ้ำอีกครั้ง เพื่อเป็นพลังงานทดแทน LPG ในครัวเรือน ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาเตาแก๊สชีวมวลกันหลากหลายรูปแบบต่าง ๆ แต่ยังขาดการนำมาประยุกต์ใช้งานจริงในรูปแบบแก๊สชีวมวลอัดถังที่สามารถใช้งานได้สะดวก และปลอดภัยกับชุมชน [4]

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการวิจัยเพื่อการประยุกต์ใช้แก๊สชีวมวลอัดถังร่วมกับก๊าซหุงต้ม (LPG) โดยนำองค์ความรู้และทักษะปฏิบัติทางด้านงานเครื่องกลโยธา และไฟฟ้า มาสร้างระบบควบคุมการอัดแก๊สชีวมวลเข้าถังที่เหมาะสม และพัฒนาชุดควบคุมการจ่ายแก๊สกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ซึ่งจะสร้างประโยชน์ให้แก่ผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก และสามารถจะเกิดแรงกระตุ้นให้ชุมชนหันมาสนใจและเล็งเห็นความสำคัญของพลังงานจากชีวมวลที่เป็นของเหลือทิ้งในชุมชนของตนเอง ซึ่งสามารถนำไปสู่การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างประโยชน์แก่ชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไป

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1. เพื่อพัฒนาแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก
- 1.2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก
- 1.3. เพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มเป้าหมายตามทฤษฎี TAM

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

พลังงานชีวมวล เป็นพลังงานทางเลือกที่ช่วยลดการใช้ น้ำมันปิโตรเลียมหรือแก๊สจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งมีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลาย โดยพลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์รวมถึงกากของเสียอื่น ๆ ที่เหลือใช้ เช่น เศษไม้ มูลสัตว์ และขยะชุมชน เป็นต้น รูปแบบการใช้ชีวมวลแบ่งเป็น 3 ลักษณะ 1) ชีวมวลแบบของแข็ง (Solid Biomass) เช่น เศษไม้ เศษกระดาก รวมไปถึงเปลือกเมล็ดพืชต่าง ๆ 2) ชีวมวลแบบของเหลว (Liquid Biomass) คือ เชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตจากชีวมวลของแข็ง เช่น เอทานอล เมทานอล น้ำมันไบโอดีเซล และ 3) ชีวมวลแบบก๊าซธรรมชาติ (Biomass) เช่น เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซที่ผลิตได้จากกระบวนการที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความดัน [3]

แก๊สชีวภาพ (Biogas) เป็นพลังงานทดแทนจากการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบในการผลิต เมื่อเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic digestion) ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพ ซึ่งมีอัตราส่วนขององค์ประกอบหลักคือ แก๊สมีเทน (CH_4) ปริมาณร้อยละ 50-70 และแก๊สอื่น ๆ เป็นส่วนผสม เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อนำแก๊สชีวภาพมาผ่านกระบวนการกรองเพื่อปรับปรุงให้มีความสะอาด ก็จะสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน [4] เนื่องจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นระบบปิดจึงเป็นการลดการแพร่กระจายของแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะเรือนกระจกที่มีผลต่อภาวะโลกร้อน และเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากของเสียจากการเกษตร [16]

เตาแก๊สชีวมวล เป็นเตาหุงต้มอาหารในครัวเรือนที่ใช้ชีวมวลหรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง เช่น เศษไม้ ชังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง กะลามะพร้าว และเปลือกเมล็ดปาล์ม เป็นต้น เชื้อเพลิงที่ใช้มีลักษณะเป็นก้อน ๆ ประมาณ 12 ลูกบาศก์นิ้ว เมื่อใช้เตาแก๊สชีวมวลเชื้อเพลิงจำพวกเศษไม้ที่มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม จะสามารถใช้งานได้นานประมาณ 40 นาทีโดยใช้หลักการทำงานเช่นเดียวกับการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น (Updraft Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วนแล้วไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื้ออื่น ๆ ทำให้ได้แก๊สเชื้อเพลิงต่าง ๆ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H₂) และแก๊สมีเทน (CH₄) เป็นต้น [1]

ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) ถูกพัฒนาโดย Davis [22] เป็นทฤษฎีที่พัฒนามาจากทฤษฎีการกระทำด้วยเหตุผล (Theory of Reasoned Action: TRA) ของ Fishbein & Ajzen [24] จะเน้นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการยอมรับหรือการตัดสินใจที่จะใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ปัจจัยหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมของผู้ใช้ ได้แก่ “การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน” (Perceived Ease of Use: PEOU) และ “การรับรู้ถึงประโยชน์ที่เกิดจากการใช้” (Perceived Usefulness: PU) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ “ความตั้งใจเชิงพฤติกรรมในการใช้เทคโนโลยี” (Behavioral Intention) มีทั้งสิ้น 4 ปัจจัย ได้แก่ 1) ตัวแปรภายนอก (External Variables) 2) การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) 3) การรับรู้ประโยชน์ที่เกิดจากการใช้ (PU) และ 4) ทศนคติ (Attitude) [11] โดยการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานมีอิทธิพลต่อทัศนคติในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ขณะเดียวกันการรับรู้ความง่ายในการใช้งานยังมีอิทธิพลต่อการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งานด้วย [15]

Internet of Things (IoT) หมายถึง การที่นำสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ในชีวิตประจำวันมาเชื่อมต่อกัน สื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้มนุษย์สามารถสั่งการ ควบคุมการทำงาน และใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ [9] IoT มีการนำมาใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เช่น ระบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) [10] ระบบบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) [25] กระดานดำอัจฉริยะ (Smart Blackboard) ที่ใช้ในการเรียนการสอน [21] ที่ใช้ในการทางการแพทย์ [2] รวมไปถึงระบบขนาดใหญ่อย่างเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่มีการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ทั่วทั้งเมือง [23]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุปรานี วุ่นศรี, นพดล โพธิ์กาเหน็ด และภาณุณีย์ สามพิมพ์ [18] ได้พัฒนาเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปขนมซึ่งน้ำค้างของชุมชนตำบลบางเหริ่ง อำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลา จากการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยการต้มน้ำเดือด ปริมาตร 12 ลิตร พบว่า เตาชีวมวลต้นแบบใช้เวลา 17–20 นาที ใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพารา 15 ± 1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยร้อยละ 28.02 ± 0.94 สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยร้อยละ 50 และจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีเตา ชีวมวลสู่ชุมชน พบว่า ชุมชนมีศักยภาพในการแปรรูปขนมซึ่งน้ำค้างเพิ่มขึ้น สามารถลดรายจ่ายด้าน เชื้อเพลิงจาก 2,500–3,500 บาท/เตา/เดือน เป็น 1,500–2,000 บาท/เตา/เดือน

วัชรกร ใจตรง และมนตรี วงศ์ศิริวิทยา [17] ได้ศึกษาผลการเผาไหม้ชีวมวลโดยตรงในเตาเผาเชื้อเพลิงระบบหัวเผาจากการอัดอากาศของพัดลมหอยโข่ง จากการทดลองใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิดได้แก่ ชี้เลื่อยอัดแท่ง

เศษถ่านไม้ และซังข้าวโพด พบว่า อุณหภูมิเปลวไฟจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่งวัดได้ 910 องศาเซลเซียส ที่อัตราการป้อนคงที่ 300 กรัมต่อชั่วโมง เศษถ่านไม้กับซังข้าวโพด วัดอุณหภูมิเปลวไฟได้ 855 และ 651 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราการป้อนคงที่ 500 กรัมต่อชั่วโมง โดยเตาเผาเชื้อเพลิงในระบบหั่วเผาที่เหมาะสมแก่การนำไปประยุกต์ใช้กับระบบอบแห้ง หรือระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อนได้

Mysior et al. [26] ได้สร้างแบบจำลอง และการตรวจสอบการบีบอัดเพื่อจัดเก็บก๊าซชีวภาพดิบ โดยทำการทดลองอัดก๊าซชีวภาพแบบดิบเกี่ยวกับปริมาตรก๊าซชีวภาพที่สามารถเก็บไว้ในกระบอกสูบได้ภายใต้แรงกดดัน 20 เมกะปาสคาล และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับแบบจำลองที่ใช้ ในการศึกษาการทดสอบแรงกด 6 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า ที่ความดัน 20 เมกะปาสคาล และได้รับอุณหภูมิ 319.9 องศาเซลเซียส และสามารถทำนายปริมาตรของการบีบอัดได้ก๊าซร้อยละ 4.81

Szpica and Kuszniar [28] ได้ศึกษาการแปรสภาพเป็นแก๊สชีวมวลเพื่อใช้ประโยชน์เป็นเส้นทางเทอร์โมเคมีที่ใช้กันทั่วไปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีมูลค่าสูงและการใช้งานที่มีศักยภาพ ไม่เพียงแต่วัตถุดิบที่มีต้นทุนต่ำเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊สชีวมวลได้ แต่ของเสียอินทรีย์จำนวนมาก เช่น ขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลสามารถบำบัดเพื่อผลิตพลังงานที่ใช้กันได้ เทคนิคการแปรสภาพเป็นแก๊สที่ล้ำสมัย สร้างสรรค์ และคุ้มค่าที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการขยายเทคโนโลยี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 แก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก
- 1.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก
- 1.3 แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีตามทฤษฎี TAM

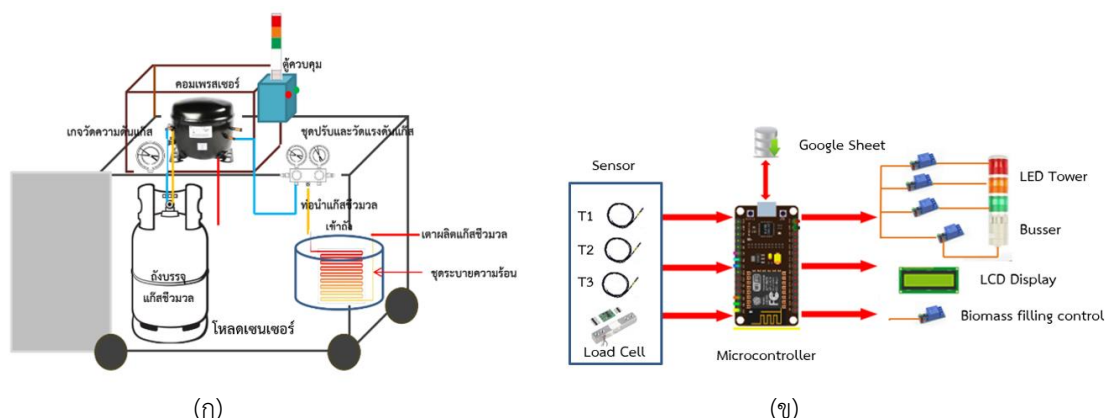
2. กลุ่มเป้าหมาย

ธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กในเขตอำเภออุทุมพร จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 15 ร้าน

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาความเป็นไปได้ การกำหนดปัญหา และองค์ความรู้ต่าง ๆ ในการจัดทำแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก จากตำรา เอกสารวิชาการ หลักการทำงานทางเครื่องกล เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยนำเอาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหา เป็นฐานแนวคิดในการพัฒนาแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก

3.2 ออกแบบโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก จากการศึกษาที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ 1) การออกแบบโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก และ 2) การออกแบบระบบตรวจวัดและแจ้งเตือน การออกแบบส่วนนี้ผู้วิจัยได้แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การออกแบบระบบตรวจวัดอุณหภูมิ และ (2) การออกแบบระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงและแสง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังและระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบแจ้งเตือน

จากภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังและระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบแจ้งเตือน ในภาพ (ก) แสดงโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วย ถังแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG Tank) สำหรับบรรจุแก๊สชีวมวล คอมเพรสเซอร์ ชุดปรับและวัดแรงดันแก๊ส หัวเติมแก๊ส เกจวัดความดันแก๊ส ล้อที่ติดตั้งบริเวณฐาน และตู้ควบคุมกึ่งอัตโนมัติ ภาพ (ข) การออกแบบระบบตรวจวัดและแจ้งเตือน จากโครงสร้างของระบบจะประกอบด้วย 1) input จะเป็น Sensor อุณหภูมิ 3 ตัว จะทำหน้าที่รับค่าอุณหภูมิจากท่อแก๊สเข้า (T1) ระบบระบายความร้อน (T2) และปั๊มลม (T3) ส่วน Load Cell Sensor จะทำหน้าที่รับน้ำหนักจากถังแก๊สปิโตรเลียมเหลว เซนเซอร์ทั้งสามจะส่งค่าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป 2) Process ในระบบงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลเพื่อควบคุมค่าต่าง ๆ ตามที่ได้กำหนด และส่งค่าที่ได้ไปเก็บในฐานข้อมูล Google Sheet และ 3) Output ในส่วนนี้จะมีส่วน แจ้งเตือน แสดงผล และส่วนเปิด-ปิดการบรรจุแก๊สชีวมวลลงในถังแก๊สปิโตรเลียมเหลว

3.3 การพัฒนาแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก จากการศึกษาที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ

1) การสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยอาศัยหลักการคำนวณที่ กลิ่นประทุม ปัญญาปิง และคณะ ที่ได้ศึกษาการอัดก๊าซชีวภาพในถังบรรจุก๊าซและการใช้หุ้ดัม [4] ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้แล้ว สำหรับแก๊สชีวมวลอัดถังที่มีการพัฒนาขึ้นนี้จะพิจารณาการใช้สำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ประสิทธิภาพในการใช้งานโดยใช้ถังขนาด 15 กิโลกรัม บรรจุแก๊สชีวมวลไม่เกิน 50 ลิตร

2) ส่วนการควบคุมและแจ้งเตือน ขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบโดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino เชื่อมต่อกับโหลดเซนเซอร์ เซนเซอร์อุณหภูมิ บัสเซอร์ และไฟ LED ทาวเวอร์แลมป์ โดยใช้ภาษาซีในการพัฒนาระบบเพื่อทำการประมวลผลและทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประมวลผล

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพและการทดลองประยุกต์ใช้งานแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก คณะผู้วิจัยได้แยกดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) คณะผู้วิจัยได้นำแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพจำนวน 10 คน โดยแยกการประเมิน 2 ระบบ คือ (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกลโรงงาน จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินแก๊สชีวมวลอัดถัง และ (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินการส่วนควบคุมและการทำงานของระบบ นำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2) ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเก็บแก๊สชีวมวลอัดถัง ได้แบ่งการทดสอบ ดังนี้

2.1) การทดสอบการอัดและการเก็บแก๊สชีวมวลเข้าถัง ผู้วิจัยได้วางแผนการทดสอบทดสอบระบบเก็บแก๊สชีวมวลอัดถังที่พัฒนาขึ้น โดยกำหนดความดันที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ลงในถังบรรจุแก๊สปิโตรเลียมเหลว ขนาด 15 กิโลกรัม เปิดวาล์วที่หัวถังให้แก๊สชีวมวลไหลเข้าถังตามหัวจ่ายแก๊สชีวมวลที่ติดตั้งอยู่ที่ถัง เปิดระบบ เพื่อเริ่มทำการอัด บันทึกเวลาที่ใช้ในการอัด อุณหภูมิท่อแก๊สเข้า (T1) ระบบระบายความร้อน (T2) และปั๊มลม (T3) เพื่อหาปริมาณแก๊สในถัง ทำการทดสอบแต่ละแรงดัน จำนวน 3 ครั้ง นำผลการทดสอบมาหาค่าปริมาณการอัด และการเก็บแก๊สชีวมวล [7, 12, 14, 16, 19, 27] ดังสมการที่ 1 และสมการที่ 2

$$C_s = \frac{V}{t} \quad (1)$$

เมื่อ C_s แทน ปริมาณการอัดและเก็บแก๊สชีวมวล (ลิตร/นาท.); V แทน ปริมาตรแก๊สที่ใช้อัด (ลิตร) และ t แทน เวลาที่ใช้ในการอัด (นาท.)

$$V = M \quad (2)$$

เมื่อ V แทน ปริมาตรของแก๊สที่อัดในถัง (ลูกบาศก์เมตร); M แทน น้ำหนักของถังแก๊ส (กิโลกรัม) และ p แทน ความหนาแน่นของแก๊สชีวมวล มีค่า 1.15 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2) การทดสอบหาค่าความร้อน นำถังที่บรรจุแก๊สชีวมวลแล้วมาทดสอบความร้อนด้วยการต้มน้ำ ปริมาตร 1 ลิตร วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนการต้ม เริ่มต้มจนถึงอุณหภูมิสูงสุดไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำการบันทึกเวลา ทำการทดสอบ จำนวน 3 รอบ การประเมินประสิทธิภาพทางความร้อน โดยการทดสอบการเดือดของน้ำ (water boiling test, WBT) ได้จากการนำค่าปริมาณพลังงานในการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้น จนกระทั่งเดือดหารด้วยปริมาณความร้อนที่จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง [7, 12, 14, 16, 19, 27] ดังในสมการที่ (3)

$$= \frac{m_i c_p (t_b - t_i) + m_e L}{m_f c_f} \times 100\% \quad (3)$$

เมื่อ m_i แทน มวลน้ำเริ่มต้น (kg); c_p แทน ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.190 kJ/kg °C); m_e แทน มวลน้ำที่กลายเป็นไอน้ำ (kg); t_b แทน อุณหภูมิน้ำเดือด (°C); t_i แทน อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (°C); L แทน ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (2,260 kJ/kg); m_f แทน มวลของชีวมวลที่ถูกเผาไหม้ (kg); c_f แทน ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (kJ/kg).

3) ผู้วิจัยได้นำแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กไปใช้งานกับกลุ่มเป้าหมายร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 15 ร้านค้า และทำการเก็บข้อมูลความคิดเห็นการยอมรับของกลุ่มเป้าหมาย นำผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ANOVA นำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน [5] ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก

ผลการออกแบบองค์ประกอบของแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก คณะผู้วิจัยได้ศึกษาบริบท สภาพปัญหา วิธีการแก้ไขปัญหา เทคโนโลยีที่นำมาแก้ไขปัญหา และนำข้อมูลต่าง ๆ มาออกแบบองค์ประกอบของแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

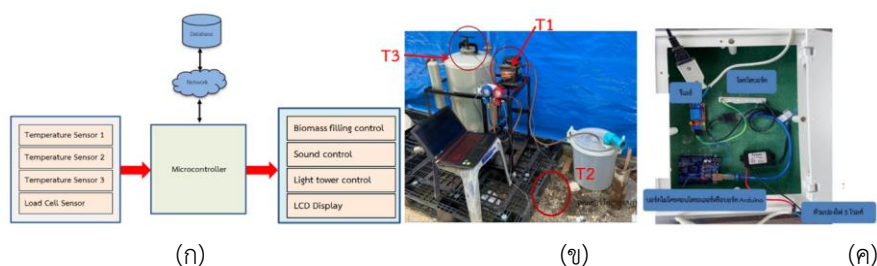
1) ผลการสร้างโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก

จากภาพที่ 2 แสดงผลการสร้างโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก กระบวนการสร้างตามทฤษฎีที่ กลิ่นประทุม ปัญญาปิง และคณะ [4] ที่ได้ศึกษาการอัดก๊าซชีวภาพในถังบรรจุก๊าซและการใช้หุงต้ม

2) ผลการพัฒนาส่วนการควบคุมและแจ้งเตือน ขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนา ระบบโดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino เชื่อมต่อกับโหลดเซนเซอร์ เซนเซอร์อุณหภูมิ บัสเซอร์ และไฟ LED ทาวเวอร์แลมป์ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การพัฒนาในส่วนควบคุมและระบบแจ้งเตือน

จากภาพที่ 3 แสดงผลการพัฒนาในส่วนระบบควบคุมและระบบแจ้งเตือน ในภาพ (ก) แสดงโครงสร้างของระบบ ประกอบด้วย 1) input จะเป็น Sensor อุณหภูมิ 3 ตัว จะทำหน้าที่รับค่าอุณหภูมิจากท่อแก๊สเข้า (T1) ระบบระบายความร้อน (T2) และปั๊มลม (T3) ส่วน Load Cell Sensor จะทำหน้าที่รับน้ำหนักจากถังแก๊สปิโตรเลียมเหลว ดังภาพ (ข) เซนเซอร์ทั้งสามจะส่งค่าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป 2) Process ในระบบงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลเพื่อควบคุมค่าต่าง ๆ ตามที่ได้กำหนด และส่งค่าที่ได้ไปเก็บในฐานข้อมูล Google Sheet และ 3) Output ในส่วนนี้จะเป็นส่วน แจ้งเตือน แสดงผล และส่วนเปิด-ปิดการบรรจุแก๊สชีวมวลลงในถังแก๊สปิโตรเลียมเหลว และภาพ (ค) แสดงการประกอบอุปกรณ์ในส่วนควบคุม

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก

การทดสอบประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถังที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก คณะผู้วิจัยได้แยกทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

1) การทดสอบการอัดและการเก็บแก๊สชีวมวลเข้าถัง ผู้วิจัยได้วางแผนการทดสอบทดสอบระบบเก็บแก๊สชีวมวลอัดถังที่พัฒนาขึ้น โดยกำหนดความดันที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ลงในถังบรรจุแก๊สปิโตรเลียมเหลว ขนาด 15 กิโลกรัม เปิดวาล์วที่หัวถังให้แก๊สชีวมวลไหลเข้าถังตามหัวจ่ายแก๊สชีวมวลที่ติดตั้งอยู่ที่ถัง เปิดระบบ เพื่อเริ่มทำการอัด บันทึกเวลาที่ใช้ในการอัด อุณหภูมิท่อแก๊สเข้า (T1) ระบบระบายความร้อน (T2) และปั๊มลม (T3) เพื่อหาปริมาณแก๊สในถัง ทำการทดสอบแต่ละแรงดัน จำนวน 3 ครั้ง นำผลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการอัดและการเก็บแก๊สชีวมวลเข้าถัง

แรงดัน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	จำนวนทดสอบ (ครั้ง)	เวลาที่ใช้ในการ อัดเข้าถัง (นาท)	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
			ท่อแก๊สเข้า (T1)	ระบบระบายความร้อน (T2)	ปั๊มลม (T3)
20	3	2.83±0.57	55.75±6.25	30.10±0.52	31.50±0.25
40		6.17±0.07	59.25±0.25	40.50±0.50	25.75±0.90
60		9.45±0.10	63.42±0.15	40.25±0.27	26.66±0.10
80		15.08±0.38	72.43±0.16	40.30±0.27	29.20±0.39
100		23.11±0.09	93.10±0.49	48.50±0.25	40.20±0.63

หมายเหตุ: มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบการอัดและการเก็บแก๊สชีวมวลเข้าถัง พบว่า แรงดันลมที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ ใช้เวลาในการอัดเข้าถัง อุณหภูมิท่อแก๊สเข้า อุณหภูมิระบบระบาย ความร้อน และอุณหภูมิปั๊มลม มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2) การทดสอบหาค่าความร้อน นำถังที่บรรจุแก๊สชีวมวลแล้วมาทดสอบความร้อนด้วยการต้มน้ำ ปริมาตร 1 ลิตร วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนการต้ม เริ่มต้มนจนถึงอุณหภูมิสูงสุดไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำการบันทึกเวลาทำการทดสอบ จำนวน 3 รอบ ดังภาพที่ 4 และตารางที่ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 การทดสอบหาค่าความร้อน

ตารางที่ 2 ผลทดสอบหาค่าความร้อนของน้ำ

แรงดัน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	จำนวนทดสอบ (ครั้ง)	เวลาที่ใช้ในการต้ม (นาที)	อุณหภูมิของน้ำต้ม (องศาเซลเซียส)
20	3	3.38±0.32	41.00±1.00
40		4.51±0.15	60.00±1.00
60		6.83±0.38	68.00±0.00
80		10.28±0.76	78.00±1.00
100		15.28±0.25	84.33±1.15

หมายเหตุ: มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลทดสอบหาค่าความร้อน พบว่า แก๊สชีวมวลที่อัดด้วยความดันที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ จะใช้เวลาในการต้มน้ำ เฉลี่ยอยู่ที่ 3.38, 4.51, 6.83, 10.28 และ 15.28 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และอุณหภูมิของน้ำต้ม เฉลี่ยอยู่ที่ 41.00, 60.00, 68.00, 78.00 และ 84.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3) ผลการทดสอบประยุกต์ใช้แก๊สชีวมวลอัดถึงในร้านก๋วยเตี๋ยว โดยอัดแก๊สแก๊สชีวมวลลงในถังให้มีความจุ 50 ลิตร มาต่อเข้ากับหัวเตาแก๊สในร้านก๋วยเตี๋ยว จากนั้นทำการทดสอบใช้ต้มก๋วยเตี๋ยวจนแก๊สชีวมวลจนหมดถึง ทำการทดสอบ 3 รอบ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังภาพที่ 5 และตารางที่ 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 การทดสอบการใช้แก๊สชีวมวลความจุ 50 ลิตร ต้มน้ำก๋วยเตี๋ยว

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประยุกต์ใช้แก๊สชีวมวลอัดถึงในร้านก๋วยเตี๋ยว

ปริมาณชีวมวล (ลิตร)	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำลวกก๋วยเตี๋ยว (ชั่วโมง)	อุณหภูมิของน้ำลวกก๋วยเตี๋ยว (องศาเซลเซียส)
50	3.08±0.07	83.33±1.52

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบประยุกต์ใช้แก๊สชีวมวลอัดถึงในร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กที่ อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดสุรินทร์พบว่า ปริมาณชีวมวลที่บรรจุในถัง 50 ลิตร สามารถต้มน้ำลวกก๋วยเตี๋ยวได้ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 83.33 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการต้มน้ำลวกก๋วยเตี๋ยว เฉลี่ยอยู่ที่ 3.08 ชั่วโมง

3) ผลการประเมินประสิทธิภาพแก๊สชีวมวลอัดถึงที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน โดยแยกการประเมิน 2 ระบบ คือ (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกลโรงงาน จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินเตาเผาขยะติดเชื้อ และ (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินการส่วนควบคุมและการทำงานของระบบ ผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถึงที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
เตาเผาโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถึง	4.52	0.50	ระดับมากที่สุด
1. การออกแบบโครงสร้างแต่ละส่วนมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
2. อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
3. ขั้นตอนการใช้งานเหมาะสมกับการใช้งานจริง	4.40	0.49	ระดับมาก
4. การบำรุงรักษาทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากต่อการทำความสะอาด	4.40	0.49	ระดับมาก
5. ภาพรวม มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
ระบบควบคุมและการทำงาน	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
1. มีระบบการทำงานที่สะดวก ใช้งานง่ายเหมาะสมสำหรับผู้ใช้งาน	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
2. มีระบบควบคุมผลแสดงให้ผู้ใช้งานตรวจสอบได้อย่างสะดวก และแจ้งเตือนได้เหมาะสม	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
3. มีส่วนประกอบอื่น ๆ ของระบบควบคุม มีความเหมาะสมสำหรับผู้ใช้งาน	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
4. การดูแลรักษา และซ่อมบำรุงระบบควบคุมทำได้ง่ายต่อผู้ใช้งาน	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
5. ภาพรวมของระบบ มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
ภาพรวมเฉลี่ย	4.65	0.45	ระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดถึงที่เหมาะสมกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก จากผู้เชี่ยวชาญภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.65, S.D. = 0.45) เมื่อพิจารณาแต่ละส่วนพบว่า ในส่วนของโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถึง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.50) และในส่วนระบบควบคุมและการแจ้งเตือน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.40)

3. ผลของการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มเป้าหมายตามทฤษฎี TAM

คณะผู้วิจัยได้นำแก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กไปใช้งานกับกลุ่มเป้าหมายร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 15 ร้านค้า ทดสอบใช้และแจกแบบสอบถาม นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผล ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การยอมรับของเทคโนโลยีตามทฤษฎี TAM ของกลุ่มเป้าหมาย

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความง่ายต่อการใช้งาน (Perceived ease of use)	4.39	0.67	ระดับมาก
1.1 มีความง่ายต่อการใช้งาน	4.40	0.71	ระดับมาก
1.2 มีความสะดวกต่อการใช้งาน	4.47	0.62	ระดับมาก
1.3 ขั้นตอนการใช้งานมีความเหมาะสมไม่ซับซ้อน	4.40	0.61	ระดับมาก
1.4 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	4.33	0.70	ระดับมาก
1.5 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.33	0.70	ระดับมาก
2. ด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน (Perceived usefulness)	4.44	0.75	ระดับมาก
2.1 ความสามารถในการใช้งานกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก	4.47	0.72	ระดับมาก
2.2 ช่วยลดต้นทุนให้กับร้านก๋วยเตี๋ยวได้จริง	4.40	0.80	ระดับมาก
2.3 สามารถทดแทนแก๊สปิโตรเลียมเหลวได้	4.42	0.81	ระดับมาก
2.4 ช่วยยกระดับรายได้ให้กับครัวเรือนได้	4.47	0.62	ระดับมาก
2.5 ประโยชน์โดยรวมที่มีต่อชุมชน	4.40	0.80	ระดับมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	4.20	0.71	ระดับมาก

จากตารางที่ 5 พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีตามทฤษฎี TAM ของกลุ่มเป้าหมายร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 15 ร้านค้า โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.71) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า ด้านความง่ายต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.39$, S.D. = 0.67) และด้านประโยชน์ต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.75)

อภิปรายผลการวิจัย

1. แก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนควบคุมและแจ้งเตือน จะทำหน้าที่ควบคุมและแจ้งเตือน ให้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ และ 2) โครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถัง ได้ออกแบบและสร้างโครงสร้างแก๊สชีวมวลอัดถัง โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ กลิ่นประทุม ปัญญาปิง และคณะ [4] ได้มีการปรับโครงสร้างให้เหมาะสมสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ผลจากพัฒนาพบว่า แก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ นั่นเป็นเพราะว่า คณะผู้วิจัยได้ศึกษา และทดสอบระบบทุกขั้นตอนเพื่อให้แก๊สชีวมวลอัดถังสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ กลิ่นประทุม ปัญญาปิง และคณะ [4] ที่ได้มีการอัดก๊าซชีวภาพในถังบรรจุก๊าซและการใช้หุงต้ม เพื่อหาปริมาณการอัดและเก็บก๊าซชีวภาพ และหาค่าความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพในถังบรรจุก๊าซที่ความดัน

4 บาร์ ทำการทดลองรวมจำนวน 3 ชุดทดลอง โดยใช้ถังบรรจุน้ำขนาด 4, 6 และ 15.8 กิโลกรัม ผลการศึกษาพบว่าถังขนาด 6 กิโลกรัม มีปริมาณการอัดและเก็บก๊าซสูงที่สุด 12.07 ลิตรต่อนาที มีค่าความร้อนสูงและต่ำของก๊าซชีวภาพ 33,318.00 และ 29,452.22 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ผลการศึกษาที่ได้นี้แสดงว่าถังขนาด 6 กิโลกรัม มีความเหมาะสมในการใช้หุงต้มในภาคสนาม และสอดคล้องกับ ธนาพล ตันติสัตยกุล และคณะ [8] ที่ได้ศึกษาความเหมาะสมของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสัปะรด ผลของการศึกษาพบว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 9.4 % มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 12,551 บาท มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6 ปี 6 เดือน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการลงทุน ซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการบริหารจัดการและมีผลตอบแทนของโครงการมากที่สุดได้แก่ จำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ต่อวัน ค่าแรง จำนวนวันที่ผลิต และราคาของเครื่องจักรตามลำดับ

2. ผลของการประเมินประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดแท่งสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก พบว่า 1) การอัดและการเก็บแก๊สชีวมวลเข้าถังที่แรงดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะใช้เวลาในการอัดถังเฉลี่ย 23 นาที 2) ค่าความร้อนที่ได้จากแก๊สชีวมวลอัดแท่ง ในการต้มเฉลี่ย 15 นาที น้ำให้ความร้อนเฉลี่ย 84 องศาเซลเซียส 3) ผลการทดสอบการใช้แก๊สชีวมวลอัดแท่งบรรจุน้ำขนาด 50 ลิตร สามารถใช้งานได้เฉลี่ย 3 ชั่วโมง ที่ความร้อนของน้ำลวกก๋วยเตี๋ยวเฉลี่ย 83 องศาเซลเซียส และ 4) ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลอัดแท่งสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 ท่าน พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด นั้นเป็นเพราะว่า แก๊สชีวมวลอัดแท่งสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงสร้างมีความมั่นคงแข็งแรง เหมาะสำหรับนำไปใช้งานกับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุปราณี วุ่นศรี, นพดล โพธิ์กำเหนิด และภรณ์ธิยา สามพิมพ์ [18] ได้มีการพัฒนาเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปขนมซึ่งน้ำดังของชุมชนตำบลบางเหริ่ง อำเภอกวนเจียง จังหวัดสงขลา ในการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยการต้มน้ำเดือด ปริมาตร 12 ลิตร พบว่า เตาชีวมวลต้นแบบใช้เวลา 17–20 นาที ใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพารา 15 ± 1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยร้อยละ 28.02 ± 0.94 เตาชีวมวลต้นแบบสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยร้อยละ 50 และสอดคล้องกับ เชิดชูเกียรติ ผาคำ [6] ได้พัฒนาและประเมินสมรรถนะของเตาชีวมวลแบบไหลลงและศึกษาขนาดที่เหมาะสมของเชื้อเพลิง พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาผลิตแก๊สชีวมวลจากซังข้าวโพดเท่ากับ 65% จากไม้ลำไย 72% และจากถ่านไม้ 78% ตามลำดับโดยมีค่าความร้อนประมาณ 3.5-4.1 MJ/Nm³ มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพด 8 kg/h จากไม้ลำไย 6 kg/h และจากถ่านไม้ 4 kg/h ตามลำดับ

3. ผลการยอมรับเทคโนโลยีตามทฤษฎี TAM ของกลุ่มเป้าหมาย พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก นั้นแสดงว่าแก๊สชีวมวลอัดแท่งสำหรับธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็ก ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน มีขั้นตอนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน สามารถใช้งานเพื่อทดแทนแก๊สปิโตรเลียมได้ ยังสามารถลดต้นทุนเพื่อยกระดับรายได้ในครัวเรือนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญธง วสุรีย์ สัญญา ควรคิด และธานีล ม่วงพูล [13] ได้พัฒนาระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อมพบว่าการยอมรับระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อมอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาต่อยอดระบบเก็บแก๊สชีวมวลอัดแท่งให้มีรูปร่างลักษณะที่เหมาะสมกับการใช้งานในธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวขนาดเล็กหรือธุรกิจที่สนใจ

2. ควรออกแบบและสร้างระบบควบคุมให้ยง่ายต่อการใช้งานขึ้นภายในธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยขนาดเล็ก
3. ควรพัฒนาให้สามารถตรวจสอบการอัดแก๊สชีวมวลอัดถึงผ่านแอปพลิเคชัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) และกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย นักศึกษาสาขาอุตสาหกรรมศิลป์ที่ช่วยดำเนินการพัฒนาแก๊สชีวมวลอัดถึงจนแล้วเสร็จ และธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยขนาดเล็กในเขตอำเภออุ้มผาง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่เข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย รวมถึงผู้เชี่ยวชาญที่อนุเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพตามเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). พลังงานชีวมวล. จาก <http://www.dede.go.th>.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (ออนไลน์). อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร การให้บริการด้านการแพทย์ผ่านอินเทอร์เน็ตและสมาร์ทโฟน. จาก <https://www.deede.go.th/download/general64/4Medical.pdf>.
- [3] ฤกษ์งาม คุระมูล, อุษา โพธิ์สุวรรณ, กฤตยชญ์ คำมิ่ง และกิตติโชติ ศุภกานิต. (2562). เตาชีวมวลผลิตเชื้อเพลิงแก๊สให้กับเตาเผาเซรามิกส์. วารสารวิจัยและพัฒนาโดยลงกรรม ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 14(2), 102-111.
- [4] กลิ่นประทุม ปัญญาปิง, รสสุคนธ์ จະวะนะ, ชนิษฐา ราชบันเทิง, อิดารัตน์ พิสิฐชัยกร และธีรเมธ นาปรัง. (2564). การอัดก๊าซชีวภาพในถังบรรจุก๊าซและการใช้หุงต้ม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 6(1), 12-18.
- [5] จักรี ทำมาน และ มานิตย์ อาษานอก. (2561). ผลการศึกษาองค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 5(1), 122-132.
- [6] เชิดชูเกียรติ ผาคำ. (2560). พัฒนาและประเมินสมรรถนะของเตาชีวมวลแลกลไกลงและศึกษาขนาดที่เหมาะสมของเชื้อเพลิง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [7] ธนชาติ มหาวัน, ชูรัตน์ ธาดารักษ์, ณัฐภูมิ ดุษฎี, กิตติกร สาสุจิตต์ และนิกราน หอมดวง. (2559). สมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลไร้ควันเมื่อใช้ขี้ข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12, โรงแรมวังจันทร์เรอริว, พิษณุโลก. 626-631.
- [8] ธนาพล ตันติสตัยกุล กะขามาต สายคำ สุตติตรา ภู่งสี และศิวพร เงินเรืองโรจน์. (2558). การศึกษาความเหมาะสมการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 23(5), 754-773.
- [9] ธานิล ม่วงพล และวริยา เย็นเป้ง. (2065). การพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที. วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ". 8(2), 7-16.
- [10] อิตติศักดิ์ โพธิ์ทอง, ประสิทธิ์ เมฆอรุณ และสิทธิชัย ชูสำโรง. (2562). การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิดอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารเกษตรนเรศวร. 16(2), 10-17.
- [11] อีพล สิบสมภู และประมุข สุขสกวม่อง. (2565). การพัฒนาแอปพลิเคชันเส้นทางศึกษาธรรมชาติป่าชุมชนเฉลิมพระเกียรติป่าโคกท่าสี่และป่าชุมชนบ้านหนองเม็ก. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 8(1), 44-55.
- [12] นิกราน หอมดวง, นฤมล ทิศใต้, กนกวรรณ ศรีคำว้าง, เสริมสุข บัวเจริญ, กิตติกร สาสุจิตต์ และณัฐภูมิ ดุษฎี. (2560). สมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลแบบป้อนต่อเนื่องและป้อนเป็นช่วงเมื่อใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, โรงแรมดิเอ็มเพรส, เชียงใหม่. 228-236.

- [13] บุญธ ฐวสุริย์ สัญญา ควรคิด และธานิล ม่วงพูล. (2565). การพัฒนาระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิล สำหรับงานเชื่อม. *วารสารวิชาการ “การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม”*, 9(1), 49-60.
- [14] พลชัย ขาวนวล, สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์ และ สุณารี บดีพงศ์. (2563). การพัฒนาสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD ระดับครัวเรือน. *วารสารวิจัยราชชมงคลกรุงเทพ*, 14(1), 52-62.
- [15] พิรภพ จันทรแสนตอ, บัณฑิต บุชบา, อนุรักษ อาทิตยกวิน และอารยา อริยา. (2563). การยอมรับเทคโนโลยีของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา เว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวิสาหกิจชุมชน กลุ่มน้ำพริกเผาผลไม้ตามฤดูกาล บ้านเวียงสุวรรณ ตำบลแม่เมาะ อำเภอมะนัง จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 6(2), 82-94.
- [16] ลดาวัลย์ วัฒนะจิระ, ณรงค์ศักดิ์ ลาปิ่น, วิภาวดี ชัชวาลย์, อานันท์ ธัญญเจริญ และภาคภูมิ รักร่วม. (2559). การพัฒนาก่อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 39(2), 239-255.
- [17] วัชรกร ใจตรง และมนตรี วงศ์ศิริวิทยา. (2561). ได้ศึกษาผลการเผาไหม้ชีวมวลโดยตรงในเตาเผาเชื้อเพลิงระบบหัวเผาจากการอัดอากาศของพัดลมหอยโข่ง. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 21(3), 191-198.
- [18] สุปรณี รุ่งศรี, นพดล โพธิ์กาเหน็ด และภาณุณี สามพิมพ์. (2564). การพัฒนาเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปขนมขึ้นฉ่ายของชุมชนตำบลบางเหริ่ง อำเภอกวนเจียง จังหวัดสงขลา. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 12(1), 66-76.
- [19] อาทิตย แสงโสภา, ดิณกร ภูวดิน, วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ปัญญา, ไหมตรี พลสงคราม และปรีชา ชันติโกมล. (2559). การศึกษาเตาแก๊สสูงต้มแรงดันสูง KB-5 ที่ใช้แก๊สชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 30*, สงขลา.
- [20] อุบล ต้นสม, สมภพ เกาทอง, ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย, และ นิสาพร มุหะมัด. (2564). การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลบางโกระและตำบลช้างให้ตก จังหวัดปัตตานี. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 12(3), 207-222.
- [21] Akar, H. (2020). The effect of smart board use on academic achievement: A meta-analytical and thematic study. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*, 8(3), 261-273.
- [22] Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-339. DOI: 10.2307/249008.
- [23] Dominika Šuljová and Milan Kubina. (2022). *TRENDS IN SMART CITIES 2022*. Conference: Quaere 2022 At: Hradec Králové, The Czech Republic, 12. From https://www.researchgate.net/publication/361906927_TRENDS_IN_SMART_CITIES_2022
- [24] Fishbein, M. & Ajzen, I. (1977). *Beliefs, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research Reading*. MA: Addison-Wesley.
- [25] Mada Albany, Enas Alsahafi, Itidal Alruwili, Salim Elkhediri. (2022). A review: Secure Internet of thing System for Smart Houses. *Procedia Computer Science*, 201, 437-444.
- [26] Mysior M., Stepień P. and Koziotek S. (2020). Modeling and Experimental Validation of Compression and Storage of Raw Biogas. *Processes*, 8(12), 1556 From <https://doi.org/10.3390/pr8121556>.
- [27] Rasoulkhani, M., Ebrahimi-Nik, M., Abbaspour-Fard, M. H., and Rohani, A. (2018). Comparative evaluation of the performance of an improved biomass cook stove and the traditional stoves of Iran. *Sustainable Environment Research*, 28(6), 438-443.
- [28] Szpica D. and Kuszniar M. (2020). Modelling of the Low-Pressure Gas Injector Operation. *acta mechanica et automatica*, 14(1), 29-35. From <https://doi.org/10.2478/ama-2020-0005>.