

การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากใบอ้อยและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Study on the Production of Biomass Pellet Fuel Blended from Sugarcane Leaves and Agricultural Waste Materials

นรุตม์ บุตรพลอย¹ ภาคิน มณีโชติ^{2*} นิวดี คลังสีดา³ และกนกวรรณ เขียววัน⁴

Narut Butploy¹ Pakin Maneechot² Nivadee Klungsida³ and Kanokwan Khiewwan⁴

^{1,2,3,4} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร 62000

^{1,2,3,4} Faculty of Industrial Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University 62000

Abstract

This study investigates the production of biomass briquettes from sugarcane leaves and other agricultural waste, with sugarcane leaves serving as the primary raw material. The widespread practice of burning sugarcane leaves by farmers, which affects over 70% of cultivated areas, significantly contributes to air pollution, including particulate matter (PM-10) and carbon monoxide emissions, posing serious public health risks. In this experiment, sugarcane leaf residues were combined with cassava rhizomes in varying proportions to determine the optimal formulation for briquette production. The results indicate that a 90:10 ratio of sugarcane leaves to cassava rhizomes produced the highest calorific value, reaching 6864.72 cal/g; however, this formulation lacked the necessary cohesion for briquette formation. Conversely, a 30:60:10 ratio of sugarcane leaves, starch paste, and cassava rhizomes achieved a heat energy value of 3006.11 cal/g and successfully formed briquettes. Among the 25 tested formulations, the mixture containing 30% sugarcane leaves, 60% starch paste, and 10% cassava rhizomes demonstrated the most favorable combination of high calorific value and structural integrity.

These findings underscore the potential of agricultural waste utilization in producing sustainable biomass fuel. Furthermore, the proposed technology offers a viable solution for reducing sugarcane leaf burning while enhancing the economic value of agricultural by-products, making it suitable for community-level implementation.

Keywords: Biomass Pellets, Management of Agricultural Residues, Mitigation of Post-Harvest Burning Challenges for Farmers

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากใบอ้อยและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยมีใบอ้อยเป็นวัตถุดิบหลัก เนื่องจากการเผาใบอ้อยของเกษตรกรกว่า 70% ของพื้นที่เพาะปลูกก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น PM-10 และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน การทดลองนี้จึงได้นำเศษใบอ้อยและเหง้ามันสับปะหลังมาผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าอัตราส่วน 90:10 (ใบอ้อย:เหง้ามัน) ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 6864.72 cal/g แต่ไม่สามารถขึ้นรูปได้ ส่วนอัตราส่วน 30:60:10 (ใบอ้อย:น้ำแป้ง:เหง้ามัน) ให้ค่าความร้อนที่ 3006.11 cal/g และสามารถขึ้นรูปได้สำเร็จ จากการทดสอบทั้ง 25 สูตรพบว่าสูตรผสมที่ใช้ใบอ้อย 30%, น้ำแป้ง 60%, และเหง้ามัน 10% เป็นสูตรที่มีค่าความร้อนสูงสุดในขณะที่ยังคงความสามารถในการขึ้นรูปได้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในการผลิตเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชนเพื่อลดปัญหาการเผาใบอ้อยและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง, วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, การลดปัญหาการเผาหลังเกี่ยวเกษตรกร

บทนำ

จังหวัดกำแพงเพชรเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยสูง โดยมีพื้นที่เพาะปลูก 533,895 ไร่ [1] แต่หลังจากการเก็บเกี่ยวเกษตรกรกำจัดใบอ้อยด้วยวิธีการเผา ซึ่งจากการฐานข้อมูลงาน Big Data ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรได้เก็บข้อมูลคร่าวๆในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรและจังหวัดตากพบถึงปัญหาด้านสุขภาพเกิดจากการเผาอ้อย [2] ที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย รวมทั้งฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10) แก้วควัน และเขม่า ซึ่งล้วนแต่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน [3] ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมระบุว่า ในปีนี้พื้นที่เผาใบอ้อยในอำเภอชาวมุสลิมมีมากถึง 1,306 ไร่ในเดือนมกราคมและ 554 ไร่ในเดือนกุมภาพันธ์ โดยยังพบพื้นที่เผาในอำเภออื่น ๆ เช่น เมือง ไทรงาม และบึงสามัคคี ซึ่งรวมเป็นสัดส่วนของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั้งหมด [4] เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งหรือเชื้อเพลิงชีวเป็นกระบวนการนำชีวมวลหรือของเสียทางชีวภาพมาอัดแท่งแล้วนำไปใช้งานโดยตรงไม่ต้องมีขั้นตอนการเผาเหมือนเช่นถ่านอัดแท่ง ข้อดีของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งได้แก่ การที่ไม่ต้องตัดไม้ทำลายป่ามาทำเป็นฟืนและเผาถ่าน แต่เป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงสะอาดการเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง [5] ในการแสวงหาแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ดีเนื่องจากมีลักษณะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่จากเศษวัสดุเหลือใช้เป็นทางเลือกพลังงานที่สะอาดขึ้น

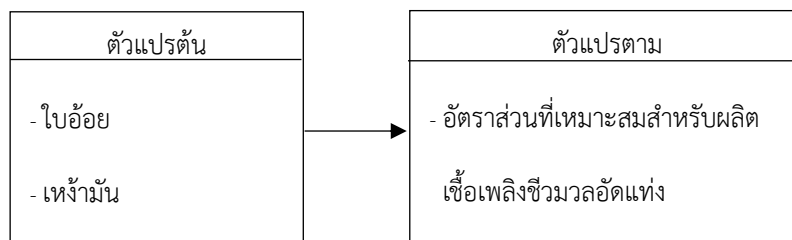
งานวิจัยของ [6] ศึกษาความเหมาะสมในการจัดการเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในชุมชนผลการศึกษาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,235-3,389 kcal/kg งานวิจัยของ [7] ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผสมกับชีวมวลอื่นพบว่าคุณลักษณะที่ดีของวัสดุเหลือใช้เปลือกมะม่วงหิมพานต์มีคุณลักษณะที่ดีที่สุดโดยมีปริมาณสารระเหยสูงถึง ร้อยละ 73.20 ค่าคาร์บอนคงตัวร้อยละ 17.20 และค่าความชื้นต่ำที่สุดคือร้อยละ 9.5 งานวิจัยของ [8] ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากฟืนขานอ้อยและฟืนใบอ้อย พบว่าฟืนขานอ้อยให้ค่าความร้อนที่ 1,455.77 - 1,513.66 kcal/kg ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการผลิต จากที่กล่าวมาผู้วิจัยมุ่งไปที่การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งโดยเน้นไปที่ส่วนผสมของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากใบอ้อยโดยมีวัตถุประสงค์และศึกษา

อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งและเพื่อหาส่วนผสมการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ให้ค่าพลังงานสูงสุดโดยมีใบอ้อยเป็นวัตถุดิบหลัก

วิธีการวิจัย

กรอบการวิจัย

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานการวิจัย คือ เศษวัสดุเหลือใช้ได้แก่ใบอ้อยและเหง้ามันสามารถนำมาทำเป็นพลังงานชีวมวลอัดแท่งได้โดยที่ให้ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 2,000 Cal/g ต่อกิโลกรัม และการขึ้นรูปทางกายภาพ ซึ่งกรอบการวิจัยแสดงดังภาพที่ 1

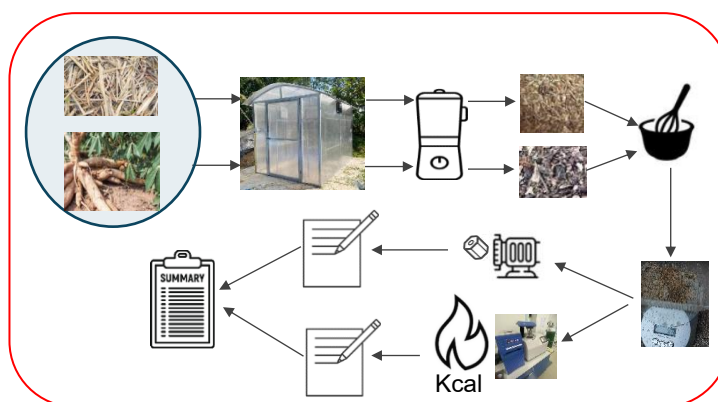


ภาพที่ 1 กรอบการวิจัย

ภาพที่ 1 แสดงกรอบการวิจัยโดยผู้วิจัยกำหนดตัวแปรต้นได้แก่ใบอ้อย เหง้ามัน และน้ำยาประสานใช้แป้งมัน นำมาผ่านกระบวนการผลิตดังภาพที่ 2 จากนั้นนำไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

ขั้นตอนการผลิต

การทดลองผู้วิจัยใช้เศษใบอ้อยจากการเก็บเกี่ยวและเหง้ามันนำมาผ่านกระบวนการลดความชื้นและทำให้แห้งเตรียมน้ำยาประสานโดยใช้แป้งมัน วิธีการวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากใบอ้อยมีวิธีการดำเนินการดังภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ 1) การเตรียมอุปกรณ์และตัวอย่าง ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำวัตถุดิบได้แก่ ใบอ้อยและเหง้ามันสับปะหลัง มาตากแดดที่ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 4 วัน ในช่วงเวลา 9.00-15.00 น. จากนั้นนำมาสับและหั่นจนละเอียดซึ่งวัตถุดิบแล้วนำไปอบในตู้อบอีก 2 วัน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อยู่ที่ 50 °C จนน้ำหนักของวัตถุดิบลดลงจนมีค่าคงที่ 2) การเตรียมส่วนผสม นำวัตถุดิบมาผสมเพื่อเตรียมขึ้นรูปซึ่งมีส่วนผสมดังตารางที่ 1 จากนั้น 3.) การอัดแท่งและการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เมื่อได้ส่วนผสมแล้วนำแต่ละสูตรมาขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด เพื่อให้ได้ความหนาแน่นมากที่สุดจากนั้นนำไปเข้าตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความร้อนจนความชื้นลดลง



ภาพที่ 2. ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ส่วนผสมซึ่งประกอบไปด้วยเศษใบอ้อยจากการเก็บเกี่ยว เหง้ามัน น้ำประสาน ทั้งหมด 25 สูตรซึ่งกำหนดให้วัตถุดิบเป็นตัวแปร x_1 - x_3 โดยใช้อัตราส่วน ใบอ้อย : น้ำประสานแ่งมัน : เหง้ามัน

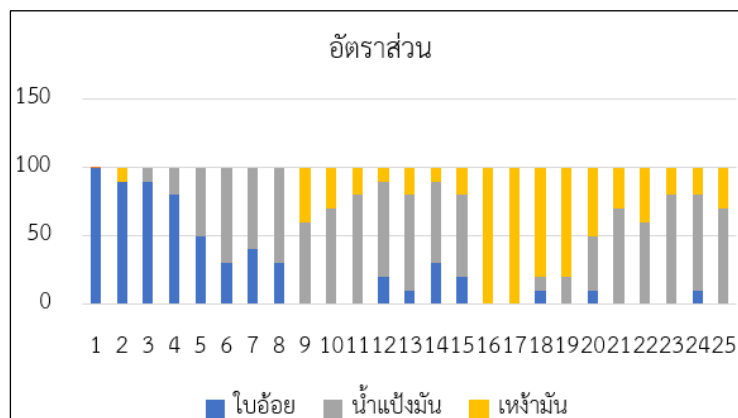
การทดสอบการขึ้นรูปอัดแท่งและหาค่าหาค่าความร้อน

1. การทดสอบการขึ้นรูปอัดแท่ง ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยส่วนผสมต่าง ๆ มารวมกันแล้วขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดถ่านมือเพื่อให้ทราบถึงสูตรใด ๆ ที่สามารถนำไปขึ้นรูปได้จริงตามต้องการ

2. การหาประสิทธิภาพการให้ความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ IKA® C 6000 isoperibol Calorimeter Isoperibol 22 °C ASTM Method

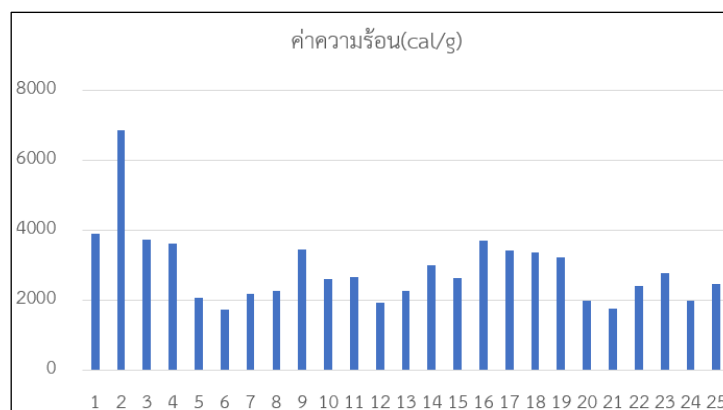
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากกรอบการวิจัยที่ผู้วิจัยกำหนดตัวแปรต้นได้แก่ ใบอ้อย เหง้ามัน และน้ำยาประสานด้วยแ่งมันแล้วนำมาผสมเพื่ออัดเป็นแท่งจากนั้นนำตัวอย่างแต่ละสูตร (สูตร 1-25) มาทดสอบขึ้นรูปและหาค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3. อัตราส่วนและผลการทดสอบค่าความร้อน

ภาพที่ 3 แสดงอัตราส่วนผสมและผลการทดสอบค่าความร้อน โดยภาพที่ 3 แสดงอัตราส่วน องค์ประกอบสูตรเชื้อเพลิงได้แก่ ใบอ้อย : น้ำประสานแ่งมัน : เหง้ามัน



ภาพที่ 4. ค่าความร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ภาพที่ 4 แสดงค่าความร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งทดสอบหลังอัดแท่งทิ้งไว้ 14 วัน อัตราส่วนของตัวแปรสูตรที่ 2 ให้ค่าพลังงานสูงสุดที่ 6864.72 cal/g เมื่อพิจารณาอัตราส่วนผสมพบที่ใช้ใบอ้อยที่ 90 ส่วน และใช้เห้งมันที่ 10 ส่วน และสูตรผสมที่ 6 ให้ค่าพลังงานความร้อนต่ำสุดที่ 1726.86 cal/g แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพเพื่อขึ้นรูปอัดแท่งแล้วพบว่าส่วนผสมที่ 2 ไม่สามารถนำมาอัดขึ้นรูปได้จริงในการทดลองเมื่อทิ้งไว้อัตราส่วนดังกล่าวนี้เกิดการแตกไม่รวมก้อน และจากการทดลองขึ้นรูปทั้ง 25 สูตรทดลองพบว่าอัตราส่วนที่นำมาอัดขึ้นรูปและเกาะติดเป็นแท่งได้นั้นได้แก่ สูตรผสมที่ (8) 20 : 80 : 0 , สูตรผสมที่ (12) 20 : 70 : 10, สูตรผสมที่ (14) 30 : 60 : 10 , สูตรผสมที่ (23) 0 : 40 : 20, และ สูตรผสมที่ (25) 0 : 70 : 30 ซึ่งในส่วนนี้สูตรผสมที่ 14 ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 3006.11 เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการให้ความร้อนของส่วนผสมพบว่ามีส่วนผสมของน้ำและแฉะทำให้สามารถยึดจับกันเป็นก้อนได้แต่ทั้งนี้ในตัวถ่านอัดแท่งยังคงมีความชื้นถึงแม้ว่าจะนำไปตากทิ้งไว้ 14 วัน แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับค่าความชื้นของเชื้อเพลิงที่ว่าถ้าค่าความชื้นมากมีแนวโน้มค่าความร้อนที่น้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ [9] ที่ศึกษากระบวนการแปรรูปชีวมวลมีการประเมินคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงดังเช่นในงานวิจัยนี้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีความจำเป็นเนื่องจากปัญหามลพิษที่เกิดจากการเผาใบอ้อยในพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ในการกำจัดเศษวัสดุหลังการเก็บเกี่ยว ใบอ้อยที่ถูกเผาทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่น PM-10 และก๊าซพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง โดยใช้ใบอ้อยเป็นวัตถุดิบหลัก ร่วมกับเห้งมันสำปะหลังและน้ำแฉะ เพื่อสร้างเชื้อเพลิงทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลการทดลองพบว่าสูตรผสมที่มีอัตราส่วนใบอ้อย 30%, น้ำแฉะ 60%, และเห้งมัน 10% ให้ค่าพลังงานความร้อนที่เหมาะสมและสามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้อย่างมั่นคง ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในขณะที่สูตรที่ให้ค่าพลังงานสูงสุดที่ 6864.72 แคลอรีต่อกรัม (อัตราส่วนใบอ้อย 90% และเห้งมัน 10%) กลับไม่สามารถขึ้นรูปได้ ข้อค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าสูตรที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงความสมดุลระหว่างค่าพลังงานและความสามารถในการขึ้นรูป เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ในเรื่องของการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน และสามารถตอบโจทย์กลุ่มเป้าหมายในระดับชุมชน โดยเฉพาะเกษตรกรและกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการจัดการวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร งานวิจัยนี้ยังมีศักยภาพในการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อช่วยลดปัญหาการเผาใบอ้อยและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ในห้องถิ่น ซึ่งจะช่วยสร้างรายได้และลดมลพิษทางอากาศที่มีผลต่อสุขภาพของประชาชน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรสนับสนุนงบประมาณภายใต้งานวิจัยศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากใบอ้อยและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

- [1] เกษตรและสหกรณ์ จังหวัดกำแพงเพชร, สำนักงาน. (2563). **พื้นที่ปลูก (ไร่) และคาดการณ์ผลผลิต (ตัน) พืชเศรษฐกิจ (ข้าว มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) จังหวัดกำแพงเพชร จากดาวเทียม ณ วันที่ 15 ตุลาคม 2563**. [Online]. Available: <https://www.opsmoac.go.th/kamphaengphet-dwl-preview-422791791907>. [2566, พฤษภาคม 9].

- [2] ราชภัฏกำแพงเพชร, มหาวิทยาลัย. (2563). **ฐานข้อมูลครัวเรือนในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรและจังหวัดตาก งาน Big Data ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร**. [Online]. Available: <https://register.kpru.ac.th/dataset/> [2566, เมษายน 28].
- [3] นิคม สิงห์สร้อย. (2556). **มาตรการลดปัญหาละเมิดสิทธิทางอากาศจากการเผาอ้อยของจังหวัดกำแพงเพชร**. กำแพงเพชร: สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดกำแพงเพชร.
- [4] สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2565). **จำนวนพื้นที่การเผาเศษวัสดุการเกษตรในไร่อ้อย**. [Online]. Available: <https://gdcatalog.go.th/dataset/gdpublish-dataset-10-71> [2566, มีนาคม 28].
- [5] นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล. (2557, มกราคม-มิถุนายน). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร และครัวเรือน. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ(สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)**, 6(11), 66-77.
- [6] ธนาพล ตันติสัตยกุล. (2558, ฉบับพิเศษ). ศึกษาความเหมาะสมการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 23(5), 754-773.
- [7] ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ ศรีศักดิ์ สุนทรไชย และสุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์. (2560). การผลิตเชื้อเพลิงชีวจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ผสมกับชีวมวลอื่น. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 14** (น.142-147). นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- [8] เอกวรพงศ์ โชติคุณวัฒน์. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากฟ่อนขานอ้อยและฟ่อนใบอ้อย: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวล. ใน **การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12** (น. 222-236). 6-8 พฤศจิกายน 2562. พิษณุโลก: วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
- [9] วิราช กิ่งวิจิต. (2560). **การผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร** (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยการทัพบก.