

## การพัฒนารถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย DEVELOPMENT OF A SOLAR-POWERED PADDY SPREADING AND TURNING MACHINE WITH A WIRELESS REMOTE CONTROLLER

ภูเบศร์ พิพิธธิรณการ\*, วุฒิพล เพ็ญสวัสดิ์ และ อภิสิต คำสุพรม

Phubet Phiphithirankarn, Wuttipon Phensawat and Aphisit Khamsuprom

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology and Engineering,

Udonthani Rajabhat University

Received: 4 April 2026

Revised: 23 April 2026

Accepted: 27 April 2026

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างรถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สายและหาประสิทธิภาพการทำงานของรถเกลี่ยข้าวที่สร้างขึ้น งานวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ การออกแบบและสร้างรถเกลี่ยข้าว การทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ การทดลองการควบคุมและการขับเคลื่อน การปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว และการทดลองการลดความชื้นในข้าว

จากผลการวิจัย พบว่า (1) รถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย ประกอบด้วย โครงสร้างตัวรถ ระบบควบคุมไร้สาย ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบควบคุมและการขับเคลื่อน ทุกระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง (2) ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยได้เท่ากับ 654.44 Wh สอดคล้องกับพลังงานรวมของแบตเตอรี่ที่จัดเก็บได้ คือ 600 Wh ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งาน (3) ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อน พบว่า ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้าและการถอยหลัง และการบรรทุก

\* Corresponding author: ภูเบศร์ พิพิธธิรณการ

E-mail: dr.phubet@gmail.com

ข้าวเปลือกส่งผลให้รถเกลี่ยข้าวใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น (4) ผลการทดลองการปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว พบว่า การปล่อยข้าวทำให้ข้าวเปลือกไหลลงพื้นได้อย่างต่อเนื่อง เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน ร่องฟันของใบเกลี่ยทำให้ข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น (5) ผลการทดลองการลดความชื้นในข้าว พบว่า หลังการเกลี่ยและตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ข้าวเปลือกมีน้ำหนักลดลงและความชื้นของข้าวเปลือกลดลงจากเดิม 9.4% (wb)

**คำสำคัญ:** รถเกลี่ยข้าว, การตากข้าว, เซลล์แสงอาทิตย์, การควบคุมไร้สาย

### Abstract

This research aimed to develop a solar-powered paddy spreading and turning machine with a wireless remote controller and to evaluate its operational performance. The study was divided into six parts: machine design and construction, wireless control system testing, electrical power generation from a photovoltaic system, control and driving performance, paddy releasing and spreading/turning processes, and moisture reduction testing.

The results showed that: (1) the developed machine consisted of a structural frame, a wireless control system, a solar power generation system, and a control and drive system, all of which operated correctly. (2) The photovoltaic system generated an average total energy production of 654.44 Wh, which was consistent with the battery storage capacity of 600 Wh. The system was able to generate and store electrical energy in a balanced and efficient manner. (3) In terms of energy consumption, the highest power usage in the control system occurred during the opening of the paddy container, while the highest power consumption in the driving system occurred during forward and backward movement. Additionally, carrying paddy increased the overall energy consumption of the machine. (4) The paddy releasing process allowed continuous discharge of paddy onto the ground with uniform distribution. The spreading and turning process increased the distribution area, reduced grain

density, and enabled the lower layers of paddy to be exposed to sunlight more effectively due to the structure of the spreading blade. (5) After spreading and sun drying for 6 hours, the paddy weight decreased, and the moisture content was reduced by 9.4% (wb).

**Keywords:** Paddy Spreading and Turning Machine, Paddy Drying, Solar Energy, Wireless Remote Control

## บทนำ

การปลูกข้าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจและวัฒนธรรมของประเทศไทย ขั้นตอนการปลูกข้าวเริ่มจากการเตรียมดินให้พร้อมสำหรับการหว่านเมล็ด ซึ่งต้องผ่านการไถพรวนและปล่อยน้ำเข้าพื้นที่ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูก เมล็ดข้าวจะถูกหว่านลงในดินที่ชื้นและอุดมสมบูรณ์ หลังจากนั้นต้องดูแลรักษาให้ปราศจากโรคและศัตรูพืชให้ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโต จนกระทั่งข้าวเจริญเติบโตเต็มที่และพร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560) การเก็บเกี่ยวจะใช้เครื่องจักรหรือเก็บเกี่ยวใช้มือขึ้นอยู่กับความสะดวกเกษตรกรและขนาดของพื้นที่ปลูกข้าว หลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะต้องจัดเก็บข้าวและนำข้าวออกมาตากให้แห้ง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2561)

การตากข้าวถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะหลังการเก็บเกี่ยวข้าวจะถูกนำมาตากแดดเพื่อให้แห้งสนิท การตากข้าวจะช่วยลดความชื้นในเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดเชื้อราและช่วยให้เก็บรักษาข้าวได้นานขึ้น วิธีการเกลี่ยข้าวคือการกระจายเมล็ดข้าวให้ทั่วบนพื้นที่การตาก การเกลี่ยข้าวให้สม่ำเสมอจะช่วยให้เมล็ดข้าวได้รับแสงแดดอย่างทั่วถึงและแห้งเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังต้องหมั่นเกลี่ยข้าวกลับไปกลับมาเพื่อให้ทุกส่วนได้รับการตากแดด (สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, 2562) การตากข้าวมักทำในพื้นที่โล่งแจ้งมีแสงแดดส่องถึงตลอดทั้งวัน ส่วนใหญ่เกษตรกรจะตากข้าวบนพื้นคอนกรีตหรือพื้นดินที่มีความสะอาด ช่วยลดการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกต่างๆ และมักจะเตรียมผ้าใบหรือผ้าคลุมข้าวเพื่อป้องกันฝนตก (กรมการข้าว, 2563)

การตากข้าวมักประสบปัญหาในหลายด้าน เช่น สภาพอากาศที่ไม่แน่นอน ฝนตก อากาศมีความชื้นสูงทำให้การตากข้าวใช้เวลานานขึ้นเสี่ยงต่อการเกิดเชื้อรา การตากข้าวในที่โล่งแจ้งอาจเสี่ยงต่อการถูกลมพัดหรือสัตว์ต่างๆ เข้ามารบกวน นอกจากนี้ การเกลี่ยข้าวต้อง

อาศัยแรงงานคน ต้องใช้เวลาและความทุ่มเทในการเปลี่ยนให้สม่ำเสมอทั่วถึง ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ เช่น การใช้เครื่องตากข้าวแบบอัตโนมัติ, การสร้างโรงเรือนสำหรับการตากข้าวเพื่อลดความเสี่ยงจากสภาพอากาศ, เครื่องตากข้าวอัตโนมัติที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ เป็นต้น ซึ่งการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และเทคโนโลยีสมัยใหม่ อาจเป็นทางออกที่ดีในการแก้ปัญหา แต่ต้องมีการศึกษาและการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการตากข้าวและการเปลี่ยนข้าว คือ การใช้เครื่องเปลี่ยนข้าวช่วยลดปัญหาการใช้แรงงานคนและเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนข้าวให้สม่ำเสมอ หรือการใช้เครื่องเปลี่ยนข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน แรงงานคน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือการใช้เครื่องเปลี่ยนข้าวที่สามารถควบคุมความเร็วและปรับระดับความหนาของข้าวที่เปลี่ยนได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นให้ดีขึ้น นอกจากนี้ การพัฒนาเครื่องเปลี่ยนข้าวควบคุมแบบไร้สายจะช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและการตรวจสอบการทำงานของเครื่องผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้สะดวกยิ่งขึ้น หากเสริมด้วยอุปกรณ์ที่ทันสมัยมีคุณภาพยิ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากขึ้น ดังนั้น การสร้างเครื่องเปลี่ยนข้าวที่มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การออกแบบที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน ความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อม ความยืดหยุ่นในการใช้งาน การดูแลรักษาง่าย และที่สำคัญคือต้องตอบโจทย์ความต้องการใช้เครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนารถเปลี่ยนข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย เพื่อช่วยในเรื่องการตากข้าว การเปลี่ยนข้าว และการลดความชื้นในข้าวเปลือก รถเปลี่ยนข้าวมีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถควบคุมและขับเคลื่อนด้วยรีโมทไร้สาย ภายในตัวรถมีกล่องสำหรับบรรจุข้าวเปลือกและใบเปลี่ยนข้าว ซึ่งช่วยให้การตากข้าว การเปลี่ยนข้าว และการลดความชื้นในข้าว ทำได้สะดวก รวดเร็วมีประสิทธิภาพมากขึ้น

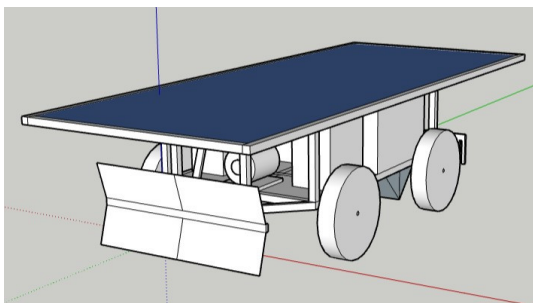
## วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 1. การออกแบบและสร้างรถเปลี่ยนข้าว

จากการศึกษาหลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบรถเปลี่ยนข้าวจะพิจารณาจากโครงสร้างตัวรถ มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน ระบบควบคุมไร้สาย และระบบผลิตพลังงาน

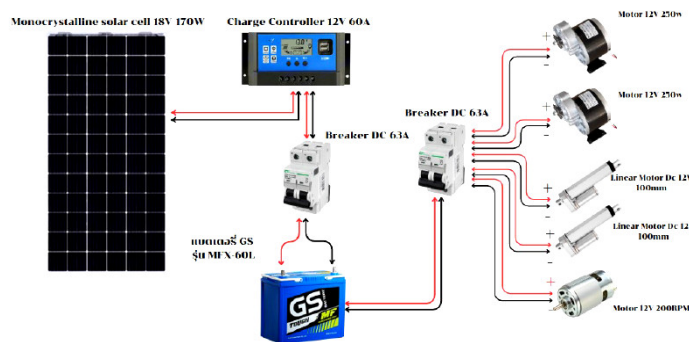
ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นทำการออกแบบรถเกลี่ยข้าวด้วยโปรแกรม SketchUp ดังรูปที่ 1 โดยกำหนดขนาดของรถ (กว้าง x ยาว x สูง) เท่ากับ  $70 \times 150 \times 50$  เซนติเมตร โครงสร้างตัวรถใช้เหล็กกล่องขนาด  $2 \times 2$  นิ้ว เพื่อความแข็งแรง น้ำหนักเบา และรองรับน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมดได้ รถเกลี่ยข้าวขับเคลื่อนล้อหลังด้วยมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ตัว ล้อหน้าสามารถบังคับเลี้ยวซ้าย-ขวาได้ โดยล้อทั้ง 4 ใช้ล้อยางตันขนาด 10 นิ้ว ส่วนระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลึกเดี่ยว (Monocrystalline) ขนาด 170 วัตต์ พร้อมแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ ความจุ 50 Ah จำนวน 2 ลูก และใช้วงจรควบคุมการชาร์จขนาด 60 A ด้านหน้ารถจะติดตั้งใบดินข้าว (ใบไถข้าว) ขนาด (กว้าง x สูง) เท่ากับ  $50 \times 30$  เซนติเมตร ด้านหลังรถจะติดตั้งใบเกลี่ยข้าวขนาด (กว้าง x สูง) เท่ากับ  $50 \times 30$  เซนติเมตร



รูปที่ 1 แบบจำลองรถเกลี่ยข้าวที่ออกแบบด้วยโปรแกรม SketchUp

## 2. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

บริเวณด้านบนรถเกลี่ยข้าวได้ออกแบบและติดตั้งแผ่นวางเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เหล็กฉากเจาะรูขนาด (กว้าง x ยาว) เท่ากับ  $70 \times 148$  เซนติเมตร เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ทำการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับวงจรควบคุมการชาร์จและแบตเตอรี่ ทำการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการวัดค่ากระแสไฟฟ้า (A) แรงดันไฟฟ้า (V) อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) และความเข้มแสง (Lux) ในช่วงเวลา 09:00 – 17:00 น. ของวันที่มีแดดปกติ (ท้องฟ้าโปร่ง) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้น นำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า (W) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 2 แผนภาพระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

### 3. การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยช้าว

หลังจากติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และผลิตพลังงานไฟฟ้าชาร์จเก็บไว้ที่แบตเตอรี่จนเพียงพอแล้ว ทำการทดลองควบคุมและขับเคลื่อนเกี่ยช้าว เพื่อหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละส่วน การควบคุมและการขับเคลื่อน ได้แก่ การเดินหน้า, การถอยหลัง, เลี้ยวซ้าย, เลี้ยวขวา, ใบเกี่ยช้าวเลื่อนขึ้น, ใบเกี่ยช้าวเลื่อนลง, ใบต้นข้าวเลื่อนขึ้น, ใบต้นข้าวเลื่อนลง, เปิดฝากล่องบรรจุข้าว, และปิดฝากล่องบรรจุข้าว โดยทำการทดลองบนลานพื้นปูนที่มีลักษณะราบเรียบ ทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง บันทึกกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละส่วน จากนั้น นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า (W) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ในการทดลองนี้ เพื่อให้เห็นลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนได้ชัดเจนขึ้น จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณี คือ การควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยช้าวเปล่า (ไม่บรรจุทุกข้าวเปลือก) และการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยช้าวที่บรรจุทุกข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม

### 4. การทดลองการปล่อยข้าวและการเกี่ยช้าว

ภายในรถเกี่ยช้าวได้ออกแบบให้มีกล่องสำหรับบรรจุข้าวเปลือกขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) เท่ากับ 45 x 25 x 25 เซนติเมตร ซึ่งสามารถบรรจุข้าวเปลือกได้สูงสุด 10 กิโลกรัม บริเวณด้านล่างกล่องบรรจุข้าวติดตั้งกลไกสำหรับเปิด-ปิดฝากล่องบรรจุข้าว โดยใช้มอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ จำนวน 1 ตัว ยึดแกนมอเตอร์เข้ากับบอลสกรูผ่านตัวคัปปลิ่งและปลายบอลสกรูเชื่อมต่อกับฝากล่องบรรจุข้าว ซึ่งสามารถเปิดได้สูงสุด 30 องศา ทำให้สามารถควบคุมปริมาณการไหลของข้าวได้ จากนั้น ทำการทดลองปล่อยข้าวเปลือก

โดยบรรจุข้าวเปลือกลงในรถเกลี่ยข้าวจำนวน 10 กิโลกรัม แล้วควบคุมรถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่เป็นแนวตรงพร้อมกดปุ่ม R1 เพื่อเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ทำให้ข้าวเปลือกไหลลงสู่พื้นจนหมด ลักษณะกองข้าวที่ได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำการทดลองซ้ำจนได้กองข้าวครบ 4 กอง บันทึกผลการวัดขนาดกองข้าวและประเมินความสม่ำเสมอกระจายตัวของข้าวบนพื้นด้วยการสังเกต จากนั้น ทำการทดลองการเกลี่ยข้าว โดยควบคุมรถเกลี่ยข้าวให้เคลื่อนที่ผ่านกองข้าวแต่ละกองตามแนวยาวพร้อมกดปุ่ม X สั่งให้ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลงเพื่อทำการเกลี่ยข้าว หลังการเกลี่ยบันทึกผลการวัดขนาดกองข้าวหลังเกลี่ยและประเมินความสม่ำเสมอกระจายตัวของข้าวบนพื้นด้วยการสังเกต

### 5. การทดลองการลดความชื้นในข้าวเปลือก

บริเวณด้านหลังรถเกลี่ยข้าวได้ติดตั้งใบเกลี่ยข้าวที่สามารถเลื่อนขึ้น-ลงได้ด้วยลิเนียร์ แอคทูเอเตอร์ (Electric Linear Actuator) โดยควบคุมผ่านการกดปุ่ม Triangle (ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนขึ้น) และปุ่ม X (ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลง) ที่อยู่บน Joystick PS2 เริ่มทำการทดลองโดยชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกที่เตรียมไว้ประมาณ 10 กิโลกรัมและวัดความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกด้วยเครื่องวัดความชื้นเมล็ดพืช ยี่ห้อ Yieryi รุ่น YY-1011 จากนั้น เทข้าวเปลือกลงในกล่องบรรจุข้าว แล้วบังคับให้รถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่เป็นแนวตรงบนลานตากข้าวพร้อมกดปุ่ม R1 เพื่อปล่อยข้าวเปลือกลงบนพื้นจนหมด จากนั้น บังคับรถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่ถอยหลังกลับในแนวเดิมพร้อมกดปุ่ม X สั่งให้ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลงจนเกือบถึงพื้น (สูงจากพื้น 1 เซนติเมตร) เพื่อทำการเกลี่ยข้าว ทำการทดลองในลักษณะเดียวกันซ้ำจนได้กองข้าวจำนวน 5 กอง จากนั้น ปล่อยให้ข้าวเปลือกตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (09:00 – 15:00 น.) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ทำการเก็บรวบรวมข้าวเปลือกโดยใช้ไบตันข้าว (หรือไบโถข้าว) ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านหลังรถเกลี่ยข้าวเพื่อดันข้าวให้รวมกันเป็นกองไว้สำหรับตักใส่กระสอบ จากนั้นชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกและวัดความชื้นหลังการตากทั้ง 5 กอง บันทึกผลการทดลอง เปรียบเทียบน้ำหนัก ความชื้นก่อนและหลังการตาก เพื่อวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของการเกลี่ยข้าวและการลดความชื้น

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 1. ผลการออกแบบและสร้างรถเกลี่ยข้าว

ผลการสร้างรถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย แสดงดังรูปที่ 3



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

### รูปที่ 3 รถเกลี่ยข้าวที่สร้างเสร็จ

(ก) ภาพมุมเอียง, (ข) ภาพด้านหลัง, (ค) ภาพด้านซ้าย, (ง) ภาพด้านขวา

รถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สายที่สร้างเสร็จแล้วประกอบด้วย โครงสร้างตัวรถ ระบบควบคุมไร้สาย ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบ ควบคุมและการขับเคลื่อน ทุกระบบทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

### 2. ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับวงจรควบคุมการชาร์จและแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4 ทำการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยนำรถเกลี่ยข้าวไปจอดกลางแจ้ง ในพื้นที่โล่งกว้างไม่มีอะไรบดบังแสงอาทิตย์ เลือกทำการทดลองในวันที่มีแสงแดดปกติ (ท้องฟ้า โปร่ง) เป็นเวลา 3 วัน โดยวัดค่ากระแสไฟฟ้า (A) แรงดันไฟฟ้า (V) อุณหภูมิ (°C) และความ ชัดแสง (Lux) ในช่วงเวลา 09:00 – 17:00 น. ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์ดังตารางที่ 1 – 3



รูปที่ 4 การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (14 กรกฎาคม 2568)

| เวลา     | ความเข้มแสง (Lux) | อุณหภูมิ (°C) | แรงดันไฟฟ้า (V) | กระแสไฟฟ้า (A) | กำลังไฟฟ้า (W) |
|----------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| 09:00 น. | 56900             | 28            | 14.28           | 5.20           | 74.25          |
| 10:00 น. | 66200             | 29            | 14.15           | 6.03           | 85.32          |
| 11:00 น. | 70900             | 31            | 15.38           | 6.54           | 100.58         |
| 12:00 น. | 86700             | 31            | 14.16           | 7.34           | 103.93         |
| 13:00 น. | 82300             | 32            | 14.21           | 7.19           | 102.23         |
| 14:00 น. | 79900             | 32            | 14.51           | 6.78           | 98.42          |
| 15:00 น. | 66700             | 32            | 15.12           | 5.98           | 90.49          |
| 16:00 น. | 54800             | 31            | 14.25           | 5.19           | 73.95          |
| 17:00 น. | 42000             | 31            | 14.15           | 4.70           | 66.50          |

จากตารางที่ 1 พบว่า ที่เวลา 12:00 น. เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด 103.93 W (แรงดันไฟฟ้า 14.16 V กระแสไฟฟ้า 7.34 A) ซึ่งช่วงเวลานั้นแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูงสุด 86700 Lux จากค่ากำลังไฟฟ้า (W) นำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้ารวมที่ผลิตได้ เท่ากับ 795.67 Wh

**ตารางที่ 2** ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (17 กรกฎาคม 2568)

| เวลา     | ความเข้มแสง (Lux) | อุณหภูมิ (°C) | แรงดันไฟฟ้า (V) | กระแสไฟฟ้า (A) | กำลังไฟฟ้า (W) |
|----------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| 09:00 น. | 52700             | 27            | 15.18           | 4.71           | 71.49          |
| 10:00 น. | 56800             | 28            | 14.10           | 5.27           | 74.30          |
| 11:00 น. | 68900             | 29            | 14.67           | 6.38           | 93.59          |
| 12:00 น. | 75400             | 31            | 15.51           | 6.61           | 102.58         |
| 13:00 น. | 72700             | 31            | 15.33           | 6.70           | 102.71         |
| 14:00 น. | 65800             | 31            | 14.90           | 6.83           | 101.77         |
| 15:00 น. | 63100             | 31            | 15.54           | 6.12           | 95.04          |
| 16:00 น. | 46700             | 30            | 15.25           | 5.18           | 78.99          |
| 17:00 น. | 38100             | 30            | 14.84           | 4.70           | 69.74          |

จากตารางที่ 2 พบว่าที่เวลา 13:00 น. เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด 102.71 W (แรงดันไฟฟ้า 15.33 V กระแสไฟฟ้า 6.70 A) ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงเวลา 12:00 น. ที่ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 102.58 W (แรงดันไฟฟ้า 15.51 V กระแสไฟฟ้า 6.61 A) จากค่ากำลังไฟฟ้า (W) นำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้ารวมที่ผลิตได้ เท่ากับ 790.21 Wh

**ตารางที่ 3** ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (18 กรกฎาคม 2568)

| เวลา     | ความเข้มแสง (Lux) | อุณหภูมิ (°C) | แรงดันไฟฟ้า (V) | กระแสไฟฟ้า (A) | กำลังไฟฟ้า (W) |
|----------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| 09:00 น. | 56900             | 27            | 15.61           | 5.85           | 91.26          |
| 10:00 น. | 59000             | 29            | 15.02           | 6.19           | 92.97          |
| 11:00 น. | 61600             | 28            | 15.65           | 6.45           | 100.87         |
| 12:00 น. | 81200             | 28            | 15.08           | 7.24           | 109.17         |
| 13:00 น. | 76200             | 31            | 14.91           | 7.04           | 104.95         |
| 14:00 น. | 75500             | 31            | 15.54           | 6.93           | 107.73         |
| 15:00 น. | 62700             | 32            | 15.42           | 6.31           | 97.34          |
| 16:00 น. | 42400             | 32            | 15.50           | 6.01           | 93.10          |
| 17:00 น. | 21700             | 31            | 15.18           | 4.67           | 70.89          |

จากตารางที่ 3 พบว่า ที่เวลา 12:00 น. เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด 109.17 W (แรงดันไฟฟ้า 15.08 V กระแสไฟฟ้า 7.24 A) ซึ่งช่วงเวลานั้นแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูงสุด 81200 Lux จากค่ากำลังไฟฟ้า (W) นำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้ารวมที่ผลิตได้ เท่ากับ 868.28 Wh

จากผลการทดลองตารางที่ 1 – 3 พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้แตกต่างกันตามช่วงเวลา และสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดในช่วงเวลา 12:00 – 13:00 น.

ซึ่งสอดคล้องกับช่วงที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงมากที่สุด เมื่อนำพลังงานรวมทั้ง 3 วันมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ 818.05 Wh (ช่วงเวลา 09:00 – 17:00 น.) และคิดประสิทธิภาพของระบบ 80% ดังนั้น พลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยที่ผลิตได้จะเท่ากับ 654.44 Wh เมื่อพิจารณาพลังงานรวมของแบตเตอรี่ 12 V x (50+50) Ah จะได้ 1200 Wh พลังงานที่ใช้ได้จริงสำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดประมาณ 50% (ถนอมแบตเตอรี่) ดังนั้น พลังงานรวมของแบตเตอรี่ที่ใช้ได้ เท่ากับ 600 Wh เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยที่ผลิตได้ จะเห็นว่า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกับพลังงานที่สามารถจัดเก็บ แสดงว่า ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้อย่างสมดุลมีประสิทธิภาพลดการสูญเสียพลังงานส่วนเกิน

### 3. ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนเกลียวข้าว

การวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจะทำการวัดแยกในแต่ละส่วน ส่วนการขับเคลื่อน ได้แก่ (1) จอดนิ่ง, (2) เดินหน้า, (3) ถอยหลัง, (4) เลี้ยวซ้าย, (5) เลี้ยวขวา, ส่วนการควบคุม ได้แก่ (6) ไบตันข้าวเลื่อนขึ้น, (7) ไบตันข้าวเลื่อนลง, (8) ไบเกลียวข้าวเลื่อนขึ้น, (9) ไบเกลียวข้าวเลื่อนลง, (10) เปิดฝากล่องบรรจุข้าว, (11) ปิดฝากล่องบรรจุข้าว, การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กระทำกับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในส่วนนั้น ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกลียวข้าวแสดงดังตารางที่ 4 – 5

**ตารางที่ 4** ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกลียวข้าว (ไม่บรรจุข้าวเปลือก)

| ครั้งที่       | แรงดันไฟฟ้า (V) / กระแสไฟฟ้า (A) |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
|----------------|----------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|                | (1)                              | (2)   | (3)  | (4)  | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  | (9)  | (10)  | (11) |
| 1              | 12.88                            | 3.46  | 3.59 | 4.92 | 4.91 | 9.74 | 9.74 | 9.59 | 9.58 | 9.66  | 9.66 |
|                | 0.11                             | 3.58  | 2.07 | 0.76 | 0.78 | 0.57 | 0.48 | 0.72 | 0.75 | 1.32  | 0.31 |
| 2              | 12.93                            | 3.48  | 3.58 | 4.92 | 4.92 | 9.73 | 9.72 | 9.58 | 9.60 | 9.65  | 9.65 |
|                | 0.11                             | 3.62  | 2.10 | 0.77 | 0.75 | 0.55 | 0.50 | 0.71 | 0.67 | 1.27  | 0.26 |
| 3              | 12.92                            | 3.51  | 3.58 | 4.92 | 4.92 | 9.73 | 9.74 | 9.58 | 9.58 | 9.66  | 9.65 |
|                | 0.12                             | 3.42  | 2.07 | 0.73 | 0.77 | 0.57 | 0.51 | 0.75 | 0.72 | 1.27  | 0.29 |
| 4              | 12.84                            | 3.43  | 3.58 | 4.92 | 4.91 | 9.73 | 9.73 | 9.59 | 9.59 | 9.66  | 9.64 |
|                | 0.14                             | 3.88  | 2.01 | 0.75 | 0.72 | 0.56 | 0.47 | 0.68 | 0.71 | 1.34  | 0.25 |
| 5              | 12.87                            | 3.45  | 3.58 | 4.92 | 4.92 | 9.73 | 9.74 | 9.60 | 9.59 | 9.66  | 9.65 |
|                | 0.10                             | 3.45  | 2.12 | 0.74 | 0.74 | 0.54 | 0.49 | 0.72 | 0.70 | 1.34  | 0.28 |
| ค่าเฉลี่ย      | 12.88                            | 3.46  | 3.58 | 4.92 | 4.91 | 9.73 | 9.73 | 9.58 | 9.58 | 9.65  | 9.65 |
|                | 0.11                             | 3.59  | 2.07 | 0.75 | 0.75 | 0.55 | 0.49 | 0.72 | 0.71 | 1.30  | 0.27 |
| กำลังไฟฟ้า (W) | 1.41                             | 12.42 | 7.41 | 3.69 | 3.68 | 5.35 | 4.76 | 6.89 | 6.80 | 12.54 | 2.60 |

**ตารางที่ 5** ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถ  
เกี่ยข้าว (บรรทุกข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม)

| ครั้งที่          | แรงดันไฟฟ้า (V) / กระแสไฟฟ้า (A) |       |       |      |      |      |      |      |      |       |      |
|-------------------|----------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|                   | (1)                              | (2)   | (3)   | (4)  | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  | (9)  | (10)  | (11) |
| 1                 | 12.84                            | 3.12  | 3.08  | 4.84 | 4.84 | 9.74 | 9.63 | 9.61 | 9.61 | 9.43  | 9.53 |
|                   | 0.14                             | 7.97  | 7.94  | 1.02 | 1.02 | 0.66 | 0.70 | 0.51 | 0.53 | 3.09  | 0.35 |
| 2                 | 12.84                            | 3.09  | 3.11  | 4.84 | 4.84 | 9.73 | 9.63 | 9.61 | 9.60 | 9.41  | 9.53 |
|                   | 0.15                             | 7.56  | 7.64  | 0.97 | 0.98 | 0.76 | 0.74 | 0.62 | 0.54 | 2.98  | 0.34 |
| 3                 | 12.84                            | 3.07  | 3.11  | 4.84 | 4.84 | 9.74 | 9.63 | 9.60 | 9.60 | 9.42  | 9.53 |
|                   | 0.15                             | 8.17  | 7.52  | 0.99 | 1.01 | 0.71 | 0.72 | 0.54 | 0.55 | 3.12  | 0.33 |
| 4                 | 12.84                            | 3.06  | 3.06  | 4.84 | 4.84 | 9.74 | 9.64 | 9.60 | 9.60 | 9.47  | 9.53 |
|                   | 0.15                             | 7.04  | 8.04  | 0.96 | 1.01 | 0.70 | 0.79 | 0.43 | 0.52 | 3.01  | 0.37 |
| 5                 | 12.84                            | 3.06  | 3.14  | 4.85 | 4.84 | 9.74 | 9.69 | 9.61 | 9.61 | 9.48  | 9.54 |
|                   | 0.15                             | 8.25  | 7.93  | 0.98 | 1.00 | 0.67 | 0.73 | 0.54 | 0.57 | 3.12  | 0.32 |
| ค่าเฉลี่ย         | 12.84                            | 3.08  | 3.10  | 4.84 | 4.83 | 9.73 | 9.64 | 9.60 | 9.60 | 9.44  | 9.53 |
|                   | 0.15                             | 7.80  | 7.81  | 0.98 | 1.00 | 0.70 | 0.73 | 0.52 | 0.54 | 3.06  | 0.34 |
| กำลังไฟฟ้า<br>(W) | 1.79                             | 24.02 | 24.21 | 4.74 | 7.83 | 6.81 | 7.03 | 4.99 | 5.18 | 28.88 | 3.24 |

จากตารางที่ 4 พบว่า ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้า ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว

จากตารางที่ 5 พบว่า ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้า (24.02 W) และถอยหลัง (24.21 W) ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว (28.88 W)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยข้าวในแต่ละส่วน ซึ่งแบบเป็น 2 กรณี คือ รถเกี่ยข้าวเปล่า (ไม่บรรทุกข้าวเปลือก) และรถเกี่ยข้าวที่บรรทุกข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม พบว่า การบรรทุกข้าวเปลือกส่งผลให้รถเกี่ยข้าวใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะส่วนการขับเคลื่อน ได้แก่ การเดินหน้าและถอยหลัง ส่วนการควบคุม ได้แก่ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว เนื่องจากน้ำหนักข้าวเปลือก (ภาระโหลด) ทำให้มอเตอร์ที่ใช้ในระบบขับเคลื่อนทั้ง 3 ส่วน ต้องใช้แรงมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่จากผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 109.17 W ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยข้าว

#### 4. ผลการทดลองการปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว

ขณะรถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่ กดปุ่ม R1 เพื่อเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ข้าวเปลือกจะไหลลงสู่พื้นลักษณะกองข้าวเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวต่อเนื่องเมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง ทำการวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ย จากนั้น ควบคุมรถเกลี่ยข้าวให้เคลื่อนที่ผ่านกองข้าวแต่ละกอง กดปุ่ม X สั่งให้ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลงเพื่อทำการเกลี่ยข้าว บันทึกผลการวัดขนาดกองข้าวหลังเกลี่ย ผลการวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ยและหลังเกลี่ยแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองการวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ยและหลังเกลี่ย

| ครั้งที่  | กองที่ | ขนาดกองข้าว |          |          |            |          |          |
|-----------|--------|-------------|----------|----------|------------|----------|----------|
|           |        | ก่อนเกลี่ย  |          |          | หลังเกลี่ย |          |          |
|           |        | กว้าง (cm)  | ยาว (cm) | สูง (cm) | กว้าง (cm) | ยาว (cm) | สูง (cm) |
| 1         | 1      | 55          | 295      | 2.0      | 56         | 340      | 1.8      |
|           | 2      | 53          | 294      | 2.2      | 58         | 296      | 2.0      |
|           | 3      | 53          | 278      | 2.0      | 56         | 320      | 1.7      |
|           | 4      | 52          | 280      | 2.1      | 58         | 318      | 1.8      |
| 2         | 1      | 51          | 308      | 2.1      | 56         | 340      | 1.6      |
|           | 2      | 51          | 305      | 2.0      | 59         | 350      | 1.8      |
|           | 3      | 52          | 310      | 2.1      | 58         | 340      | 1.8      |
|           | 4      | 54          | 310      | 2.1      | 56         | 334      | 1.7      |
| 3         | 1      | 53          | 302      | 2.0      | 56         | 340      | 1.8      |
|           | 2      | 54          | 290      | 2.0      | 55         | 304      | 1.8      |
|           | 3      | 54          | 329      | 2.0      | 55         | 375      | 1.7      |
|           | 4      | 56          | 320      | 2.1      | 58         | 350      | 2.0      |
| ค่าเฉลี่ย |        | 53.1        | 301.7    | 2.0      | 56.7       | 333.4    | 1.7      |

จากตารางที่ 6 พบว่า หลังการปล่อยข้าว (ก่อนเกลี่ย) กองข้าวมีขนาดความกว้างเฉลี่ย 53.10 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 301.70 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 2.0 เซนติเมตร เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง แสดงว่า ระบบการปล่อยข้าวทำให้ข้าวเปลือกไหลอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง ข้าวมีการกระจายตัวบนพื้นในลักษณะใกล้เคียงกันทุกกอง หลังการเกลี่ยกองข้าวมีขนาด กว้างเฉลี่ย 56.7 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 333.4 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 1.7 เซนติเมตร จากการสังเกต พบว่า การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน และข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น (สังเกตจากร่องฟันของใบเกลี่ยลึกเกือบถึงพื้น) ทำให้ข้าวแห้งเร็วขึ้น ช่วยลดเวลาในการตากข้าว



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

**รูปที่ 5** การวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ยและหลังเกลี่ย (ก) วัดความยาวก่อนเกลี่ย (ข) วัดความยาวหลังเกลี่ย (ค) วัดความกว้างก่อนเกลี่ย (ง) วัดความกว้างหลังเกลี่ย

### 5. ผลการทดลองการลดความชื้นในข้าวเปลือก

เมื่อปล่อยข้าวเปลือกลงบนพื้นจนครบ 5 กอง ทำการเกลี่ยข้าวทั้งหมด กองข้าวหลังเกลี่ยจะมีลักษณะดังรูปที่ 5 (ข) จากนั้น ตากข้าวเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (09:00 – 15:00 น.) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำข้าวเปลือกทั้ง 5 กองมาชั่งน้ำหนักและวัดความชื้น ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 พบว่า เริ่มต้นข้าวเปลือกมีน้ำหนักเฉลี่ย 10.48 กิโลกรัม ความชื้นเฉลี่ย 21.52% (wb) หลังจากการเกลี่ยและตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า ข้าวเปลือกมีน้ำหนักเฉลี่ย 9.90 กิโลกรัม ความชื้นเฉลี่ย 12.12% (wb) จะเห็นว่า ความชื้นหลังการตากลดลงจากเดิม 9.4% (wb) ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเกลี่ยข้าวช่วยให้ข้าวกระจายออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน และข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น

ตารางที่ 7 ผลการทดลองการลดความชื้นในข้าวเปลือก

| ครั้งที่  | ก่อนเกลี่ย                |                              | หลังตาก                   |                              |
|-----------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
|           | น้ำหนักข้าวเปลือก<br>(kg) | ความชื้นข้าวเปลือก<br>% (wb) | น้ำหนักข้าวเปลือก<br>(kg) | ความชื้นข้าวเปลือก<br>% (wb) |
| 1         | 10.5                      | 20.7                         | 10.0                      | 11.8                         |
| 2         | 10.6                      | 21.8                         | 10.1                      | 12.4                         |
| 3         | 10.4                      | 22.2                         | 9.8                       | 12.1                         |
| 4         | 10.3                      | 21.0                         | 9.5                       | 12.2                         |
| 5         | 10.6                      | 21.9                         | 10.1                      | 12.1                         |
| ค่าเฉลี่ย | 10.48                     | 21.52                        | 9.90                      | 12.12                        |

หมายเหตุ : หน่วยวัดความชื้นข้าวเปลือก คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก, % (wet basis) หรือ % (wb)

จากผลการวิจัยการพัฒนารถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สายสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

เนื่องจากการออกแบบรถเกลี่ยข้าวได้คำนึงถึงอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งบนตัวรถ ดังนั้นโครงสร้างตัวรถจึงใช้เหล็กกล่อง ซึ่งมีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ประกอบกับการจัดวางอุปกรณ์เพื่อกระจายน้ำหนักอย่างเหมาะสม ทำให้รถเกลี่ยข้าวสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบทางวิศวกรรมที่ระบุว่าการเลือกใช้โครงสร้างที่มีความแข็งแรงและน้ำหนักที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่และลดการสูญเสียพลังงาน

ส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้แตกต่างกันตามช่วงเวลาและความเข้มแสง โดยสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดในช่วงเที่ยงวัน และระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้อย่างสมดุลมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นไปตามหลักการของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับพลังงานแสงที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kumar (2025) ที่พบว่า ประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นกับความเข้มแสง

ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อน เมื่อบรรทุกข้าวเปลือกเป็นการเพิ่มภาระโหลดให้กับรถเกลี่ยข้าว ส่งผลให้รถเกลี่ยข้าวต้องการใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะส่วนที่รับภาระโหลดโดยตรง ได้แก่ การขับเคลื่อนเดินหน้าและถอยหลัง ส่วนการควบคุม ได้แก่ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ซึ่งทั้ง 3 ส่วนเห็นได้ชัดว่า เมื่อรถเกลี่ยข้าวบรรทุกข้าวเปลือกค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางฟิสิกส์

ที่เกี่ยวกับแรงและพลังงาน คือ เมื่อแรงต้านการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ระบบจำเป็นต้องใช้พลังงานมากขึ้นด้วย

ระบบการปล่อยข้าวช่วยทำให้ข้าวเปลือกไหลลงพื้นได้อย่างต่อเนื่อง เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน ร่องฟันของใบเกลี่ยช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศกับแสงแดด ทำให้ข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น ส่งผลให้ความชื้นลดลง ข้าวแห้งเร็วขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ LimpaiBoon & Wiriyaumpaiwong (2009) ได้ศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนธรรมชาติและเปรียบเทียบกับตากแดด พบว่าอัตราการแห้งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ พื้นที่ผิวสัมผัส และการกระจายตัวของวัสดุ

การลดความชื้นของข้าวเปลือกด้วยวิธีการเกลี่ยแล้วตากแดด แสดงเห็นว่า การเกลี่ยข้าวมีผลต่อประสิทธิภาพการลดความชื้นของข้าวเปลือกอย่างชัดเจน การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของกองข้าว เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศกับแสงแดด ทำให้ข้าวมีโอกาสได้รับแสงอย่างทั่วถึง ส่งผลให้ความชื้นระเหยได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการอบแห้งที่ระบุว่าอัตราการระเหยความชื้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสและสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ การลดความชื้นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการไหลของอากาศ และงานวิจัยของ Meesuk & Changjan (2021) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวที่ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า สามารถลดความชื้นของข้าวได้ต่อเนื่องและรวดเร็วกว่าวิธีการตากเพียงอย่างเดียว

### สรุปผลการวิจัย

การพัฒนารถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ (1) การออกแบบและสร้างรถเกลี่ยข้าว พบว่า รถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย ประกอบด้วย โครงสร้างตัวรถ ระบบควบคุมไร้สาย ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบควบคุมและการขับเคลื่อน ทุกระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง (2) การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดในช่วงเวลา 12:00 – 13:00 น. และผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยได้เท่ากับ 654.44 Wh ซึ่งสอดคล้องกับพลังงานรวมของแบตเตอรี่ที่เก็บได้ คือ 600 Wh ดังนั้น ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้อย่างสมดุลมีประสิทธิภาพ (3) การใช้พลังงานไฟฟ้า

สำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อน พบว่า ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้าและการถอยหลัง การบรรจุทุกข้าวเปลือกส่งผลให้รถเกลี่ยข้าวใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น (4) การปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว พบว่า การปล่อยข้าวทำให้ข้าวเปลือกไหลลงพื้นได้อย่างต่อเนื่อง เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน ร่องฟันของใบเกลี่ยทำให้ข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น ส่งผลทำให้ข้าวแห้งเร็ว (5) การลดความชื้นในข้าวเปลือก พบว่า หลังการเกลี่ยและตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ข้าวเปลือกมีน้ำหนักลดลงจากเดิม 0.58 กิโลกรัมและความชื้นลดลงจากเดิม 9.4% (wb) ซึ่งเป็นผลมาจากการเกลี่ยข้าวก่อนตาก

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือวัดและเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัย คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

### เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. (2563). *เทคโนโลยีการลดความชื้นและการตากข้าวเปลือก*. กรุงเทพมหานคร: กรมการข้าว.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). *คู่มือการปลูกข้าว*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2561). *การผลิตและการจัดการข้าว*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ. (2562). *การลดความชื้นและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวข้าว*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). *สถานการณ์แรงงานภาคเกษตรและแนวโน้มการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- Kumar, V. (2025). Assessment of energy conversion efficiency in solar cells: A photovoltaic performance characterization study. *International Research Journal on Advanced Engineering and Management*, 3(2), 203-211.

- Limpaiboon, K., & Wiriyaumpaiwong, S. (2009). Drying kinetics of steamed glutinous rice with a free convective solar dryer. *Walailak Journal of Science and Technology*, 6(2), 217-229.
- Meesuk, P., & Changjan, S. (2021). Development of a rice drying machine using solar energy combined with a heater. *Journal of Bansomdej Engineering and Industrial Technology*, 2(2), 28-41.