เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยราสเบอร์รี่พายสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน

Paddy Dehumidifier based on Raspberry Pi for Households Industries

วิชยุตม์ งามเจริญถาวร[1,*], เจษฎากร เจียมจิตต์[1], ภาณุวัฒน์ สมคิด[1] และ เศรษฐกาล โปร่งนุช[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
*ผู้ติดต่อ: s61122519033@ssru.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 094 668 4447

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยราสเบอร์รี่พายสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยมีความสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยครีบแบบสามเซกเมนต์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นให้มากขึ้นประมาณ 12 – 14 เปอร์เซ็นต์ความชื้นตามมาตรฐาน การตรวจจับความชื้นในข้าวเปลือกด้วยเครื่องวัดความชื้นข้าวโดยเฉพาะ อ่านค่าความชื้นผ่านกล้องความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ประมวลผลด้วยโอเพนซีวีบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องลดความชื้นแบบอัตโนมัติและตามคำสั่งต่าง ๆ ผ่านหน้าจอสัมผัส เครื่องลดความชื้นมีความสูง 120 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร และยาว 110 เซนติเมตร ตัวถังบรรจุข้าวเปลือกสามารถบรรจุได้สูงสุด 10 กิโลกรัม โดยทดสอบกับข้าวเปลือกน้ำหนัก 5 กิโลกรัม มีความชื้นระหว่าง 17-20 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 18 นาทีต่อรอบการทำงาน ประโยชน์ของเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นสามารถช่วยยกระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน ช่วยแก้ปัญหาการใช้พื้นผิวจราจรในการตากข้าวเปลือก

คำสำคัญ: เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก, ครีบแบบสามเซกเมนต์, โอเพนซีวี, บอร์ดราสเบอร์รี่พาย

Abstract

The paper presents the design and creation of a paddy dehumidifier based on the Raspberry Pi board for household industry. It has the ability to reduce moisture in paddy with three-segmented fins to increase the efficiency dehumidification to about 12 - 14 percent of the standard humidity. The moisture in the paddy is detected by a dedicated paddy moisture meter. The moisture values detected through a 5-megapixel camera were read and processed with the OpenCV on the Raspberry Pi board. To control the operation of the dehumidifier automatically and according to various commands via touch screen. Dehumidifier height 120 cm., width 80 cm. and length 110 cm. Paddy bins can hold up to 10 kg. A dehumidifier was tested on 5 kg. of paddy with humidity between 17-20 percent, taking an average of 2 hours and 18 minutes per cycle. The benefits of a dehumidifier can help upgrade a household industry. It solves the problem of using road surfaces for paddy drying.

Keywords: paddy dehumidifier, three-segmented fins, OpenCV, Raspberry Pi board

1. บทนำ

เนื่องด้วยปัญหาเมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นมากเกินไป ซึ่งการทำให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณ 12 - 14 เปอร์เซ็นต์ [1] มีขั้นตอนที่ซับซ้อน โดยต้องนำข้าวเปลือกไปตากที่ลานกลางแจ้ง 3 – 4 แดด [2] ส่งผลให้พื้นผิวจราจรที่ใช้ในการตากข้าวอาจเกิดการจราจรติดขัดหรือก่อให้เกิดเหตุอันตรายกับผู้ขับขี่รถยนต์บนท้องถนน อีกทั้งยังผิดกฎหมายพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 มาตรา 35 มาตรา 72 [3] และในบางครั้งการตากข้าวได้ความชื้นที่ไม่เหมาะสม ทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นหรือเมล็ดข้าวเกิดรอยร้าว เมื่อนำไปสีเมล็ดข้าวเปลือกจะหัก เมล็ดข้าวไม่สวยงาม มีกลิ่น มีสีเหลืองคล้ายมีราและระยะเวลาที่ใช้เก็บรักษาสั้นลง จนถูกกดราคาส่งผลกระทบต่อเกษตรกร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาข้างต้น ได้แก่ การพัฒนาเครื่องไล่ความชื้นข้าวเปลือกในครัวเรือนควบคุมอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino [4] โดยเครื่องวัดความชื้นที่ใช้เป็นเครื่องวัดความชื้นในอากาศ งานวิจัยถัดมาเรื่องการศึกษาสภาวะการลดความชื้นและคุณภาพของข้าวด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์แบบพองขนาดเล็ก [5] ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นมากกว่าเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีหมุน และงานวิจัยเรื่องการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งแบบเป่าพ่นในท่อฟันปลา [6] มีจุดเด่นในการลดความชื้นด้วยความรวดเร็ว แต่อุณหภูมิที่ใช้ลดความชื้นสูง

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเป็นเทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ควบคุมเครื่องลดความชื้นในปัจจุบัน อาทิเช่น บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก [7] ซึ่งมีขนาดเล็ก ต้นทุนต่ำและประหยัดพลังงาน เหมาะแก่การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยราสเบอร์รี่พายสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน เป็นอุตสาหกรรมการผลิตขนาดเล็กในครอบครัวหรือหมู่บ้าน เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่สร้างขึ้นเน้นความสะดวกในการใช้งาน สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกให้มีความชื้นที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ด้วยครีบแบบสามเซกเมนต์ มีการแสดงผลค่าความชื้นผ่านกล้องความละเอียด 5 ล้านพิกเซล จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความชื้นข้าวโดยเฉพาะ ประมวลผลโดยใช้โอเพนซีวี และสามารถหยุดการทำงานอัตโนมัติเมื่อลดความชื้นเสร็จสิ้น

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัยและขอบเขตการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยราสเบอร์รี่พายสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน

2. ทดสอบและประเมินผลเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยราสเบอร์รี่พายสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน

2.2. ขอบเขตการวิจัย

1. เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกมีความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 110 เซนติเมตร และความสูง 120 เซนติเมตร

2. สามารถควบคุมความชื้นในข้าวเปลือกให้ลดลงอยู่ที่ประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยใช้ครีบแบบสามเซกเมนต์ สามารถหยุดการทำงานอัตโนมัติเมื่อลดความชื้นเสร็จสิ้น

3. ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตัวถังลดความชื้นและฐานรองถังลดความชื้น วัสดุที่ใช้ในการสร้างได้แก่ เหล็กฉากที่ใช้สำหรับรองรับตัวถังลดความชื้น ถังสำหรับบรรจุข้าวเปลือก และเหล็กแผ่นสำหรับทำครีบสามเซกเมนต์

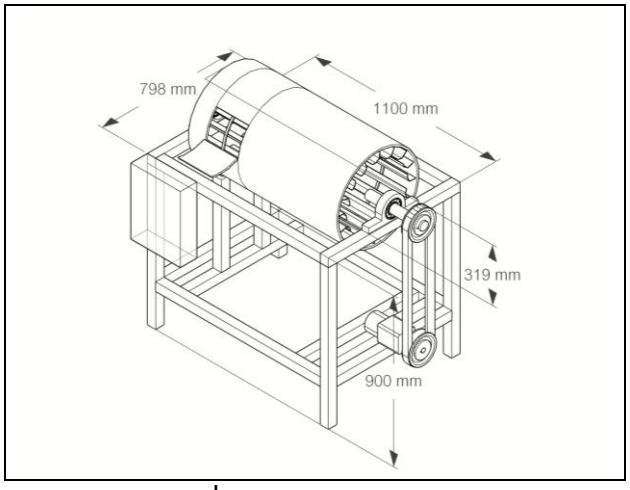
4. รองรับการควบคุมผ่านระบบสัมผัสบนหน้าจอ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

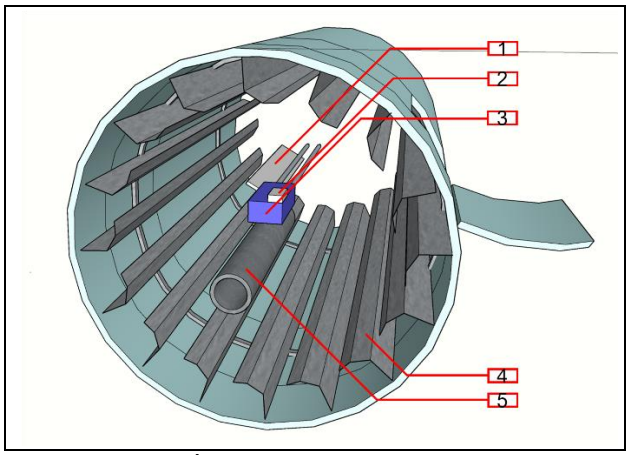
3.1 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยโปรแกรม SketchUp [5] ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย ถังลดความชื้น ภายในถังลดความชื้นจะมีเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกโดยเฉพาะ ครีบแบบสามเซกเมนต์ มอเตอร์ สายพาน ตู้ควบคุม และอื่น ๆ

โครงสร้างภายในตัวถังลดความชื้น ได้แก่ 1) ครีบแบบสามเซกเมนต์ ช่วยในการลดความชื้นข้าวเปลือก 2) เครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแสดงผล



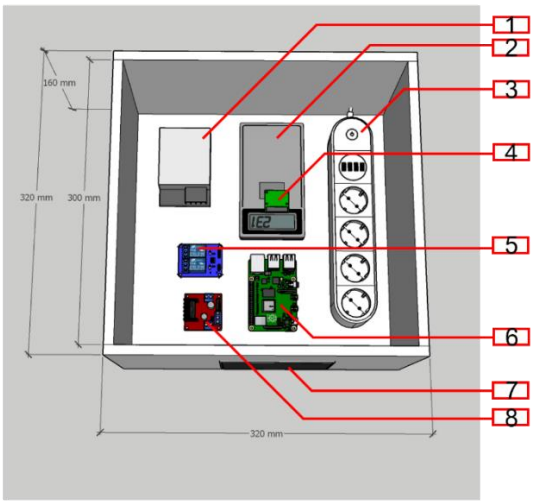
รูปที่ 1 โครงสร้างภายนอก



รูปที่ 2 โครงสร้างภายในตัวถัง

เป็นตัวเลขให้กล้องตรวจจับ 3) แผ่นสำหรับรองรับข้าวเปลือก 4) เครื่องวัดอุณหภูมิ SHTC3 ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในตัวถังลดความชื้น และ 5) เหล็กเส้นสำหรับค้ำถังลดความชื้น ดังรูปที่ 2

การจัดวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม ดังนี้ 1) ตัวแปลงไฟ 220 เป็น 12 โวลต์ 2) เครื่องแสดงผลตัวเลขวัดความชื้นข้าวเปลือก 3) ปลั๊ก 4) กล้องความละเอียด 5 ล้านพิกเซล 5) รีเลย์ 2 ช่อง 6) บอร์ดราส-

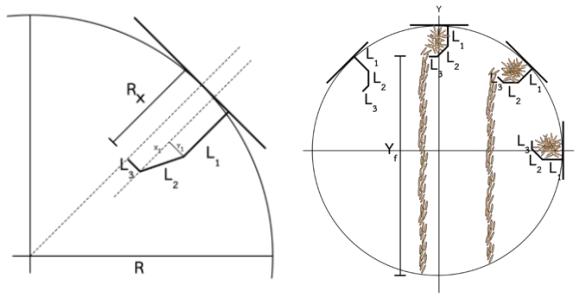


รูปที่ 3 การจัดวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม

เบอร์รี่พาย 7) หน้าจอสัมผัส LED ขนาด 5 นิ้ว 8) บอร์ดควบคุมมอเตอร์ L298N แสดงดังรูปที่ 3

3.2 การประยุกต์ใช้ครีบแบบสามเซกเมนต์

การประยุกต์ใช้ครีบแบบสามเซกเมนต์ [8] โดยลักษณะครีบแบบสามเซกเมนต์ L_1 L_2 และ L_3 ติดตั้งภายในถัง หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาดังรูปที่ 4 (ก) มุมมองของครีบแบบสามเซกเมนต์ และ (ข) เงื่อนไขลักษณะของครีบสามเซกเมนต์ที่มีการโปรยของอนุภาคของแข็ง



(ก) (ข)

รูปที่ 4 ลักษณะของครีบแบบสามเซกเมนต์

การคำนวณหาความยาวของเซกเมนต์ทั้งสามของครีบ กำหนดให้ 1) เซกเมนต์ที่ 3 มีความยาว 20 มิลลิเมตร 2) เซกเมนต์ที่ 2 มีความยาว 3 เท่าของเซกเมนต์ที่ 3 3) เส้นผ่านศูนย์กลางถังสำหรับหมุน 400 มิลลิเมตร 4) รัศมี 200 มิลลิเมตร 5) มุม Ω = 0 องศา 6) มุม a = 55 องศา 7) จำนวนครีบ 10 ครีบ และ 8) ความยาวถังสำหรับหมุน 56 มิลลิเมตร

การคำนวณหาระยะโปรยสูงสุด Y_f มีค่าโดยประมาณร้อยละ 85 ของเส้นผ่านศูนย์กลางถังหมุน [8] แล้วแทนค่าในสมการที่ 1

$$Y_f = 0.85 \times Q = \frac{2R - L_1 - L_2 sin(a_1)}{cos(\Omega)} \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ เส้นผ่านศูนย์กลางถังหมุน, mm
R คือ รัศมี, mm
L_1 คือ ความยาวเซกเมนต์ที่ 1, mm
L_2 คือ ความยาวเซกเมนต์ที่ 2, mm

ขนาดความยาวของเซกเมนต์ L_1 = 11 มิลลิเมตร ความยาวของเซกเมนต์ L_2 และ L_3 ได้แก่ 20 และ 60 มิลลิเมตร สามารถคำนวณหาระยะโปรย Y_f จากสมการที่ 1 จะได้ Y_f = 340 มิลลิเมตร

การคำนวณหาพื้นที่สูงสุดในครีบสามเซกเมนต์โดยแทนค่าในสมการที่ 2 [8]

$$A_f = L_1L_3 + L_2L_3 \sin(a_1) + L_1L_2 \cos(a_1) + \frac{1}{2}L_2^2 \sin(a_1)\cos(a_1) \quad (2)$$

เมื่อ L_3 คือ ความยาวเซกเมนต์ที่ 3, mm

ดังนั้น จะได้พื้นที่สูงสุดในครีบสามเซกเมนต์ A_f = 243 ตารางมิลลิเมตร

การคำนวณหาปริมาตรภายในครีบสามเซกเมนต์ V_f ในสมการที่ 3 [8]

$$V_f = \frac{N_f}{2}(A_f \times \text{Length}) \quad (3)$$

เมื่อ N_f คือ จำนวนครีบทั้งหมดภายในถังหมุน, ครีบ

Length คือ ความยาวถังหมุน, mm

ดังนั้น จะได้ปริมาตรภายในครีบสามเซกเมนต์ V_f = 680,400 ลูกบาสก์มิลลิเมตร

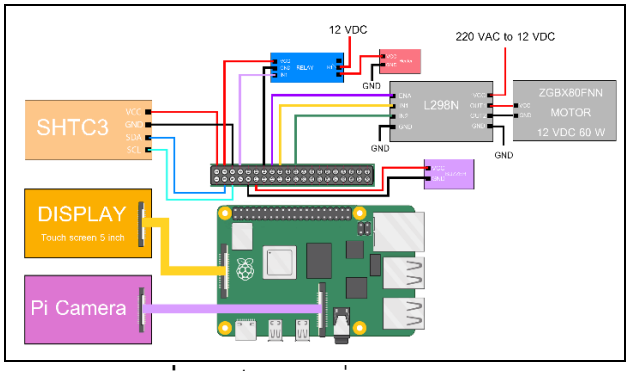
3.3 การออกแบบการทำงานและอุปกรณ์

ลำดับการทำงานของเครื่องลดความชื้นตั้งแต่เริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานในรูปแบบรหัสเทียม (Pseudocodes) ดังรูปที่ 5 โดยโปรแกรม Paddy_dehumidifier_0 ประกอบด้วย บรรทัดที่ 2 กำหนดตัวแปร humd, temp และ roll เริ่มต้นการทำงาน อ่านค่าข้อมูล humd และ temp ในบรรทัดที่ 3 บรรทัดที่ 4-7 วนลูปการทำงานเพื่อนำข้อมูลมาตรวจสอบเงื่อนไข บรรทัดที่ 6 แสดงผลข้อมูล humd, temp และ roll บรรทัดที่ 8 แสดงผลทางหน้าจอว่า STOP ROLL และบรรทัดที่ 9 สิ้นสุดการทำงาน

```
ALGORITHM Paddy_dehumidifier_0
VARIABLES : humd, temp, roll
BEGIN
    READ humd, temp
    WHILE (temp <= 50) && (humd > 14) DO
        READ humd, temp
        OUTPUT humd, temp, roll
    END WHILE
    OUTPUT "STOP ROLL"
END Paddy_dehumidifier_0
```

รูปที่ 5 ลำดับขั้นตอนการทำงานแบบรหัสเทียม

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ กับบอร์ดประมวลผลราสเบอร์รี่พาย 4 โมเดลบีในรูปแบบบล็อก ภายในเครื่องลดความชื้น แสดงดังรูปที่ 6 ดังนี้ 1) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ SHTC3 2) หน้าจอสัมผัสขนาด 5 นิ้ว 3) กล้องความละเอียด 5 ล้านพิกเซล 4) บอร์ดควบคุมมอเตอร์ L298N5) มอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 60 วัตต์ 6) เครื่องทำความร้อน และ 7) บัสเซอร์



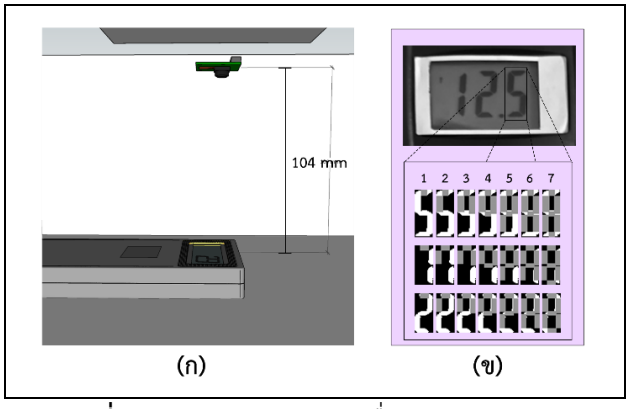
รูปที่ 6 บล็อกการเชื่อมต่ออุปกรณ์

3.4 ระบบปฏิบัติการที่เลือกใช้งาน

เลือกใช้ระบบปฏิบัติการราสเบียนบัสเตอร์ (Raspbian Buster) เป็นระบบปฏิบัติการที่มีรากฐานจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) สำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

3.5 การออกแบบการตรวจจับความชื้น

การออกแบบการตรวจจับความชื้น เลือกใช้เครื่องวัดความชื้นที่มีเซนเซอร์มาตรฐาน จึงไม่สามารถดัดแปลงเครื่องวัดความชื้นได้ เนื่องจากอาจทำให้ค่าที่ได้ไม่ตรงตามมาตรฐานของเครื่องเดิม จึงใช้กล้องตรวจจับตัวเลขดิจิทัลจากเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือก และนำมาประมวลผลด้วยโอเพนซีวีเวอร์ชัน 4.8 ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ [9] ดังรูปที่ 7 (ก) แสดงการติดตั้งกล้องกับเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือก มีระยะห่าง 10 เซนติเมตร (ข) แสดงวิธีการตรวจจับตัวเลข ด้วยถ่ายภาพจากกล้องแล้วนำมาประมวลผลภาพในแต่ละบล็อกของตัวเลขแบ่งเป็น 7 ส่วน



รูปที่ 7 แสดงการออกแบบเพื่อตรวจจับตัวเลข

3.6 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

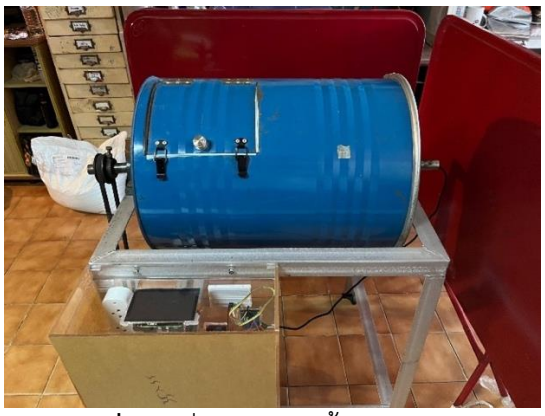
ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ดังรูปที่ 8 ประกอบด้วย ปุ่มควบคุมการเริ่ม และหยุดทำงาน คำแนะนำการใช้งาน และส่วนการแสดงผล ได้แก่ ค่าความชื้นข้าวเปลือก อุณหภูมิภายในเครื่อง ค่าความชื้นอากาศ สถานะการทำงาน และระยะเวลา

รูปที่ 8 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยราสเบอร์รี่พายสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือนที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

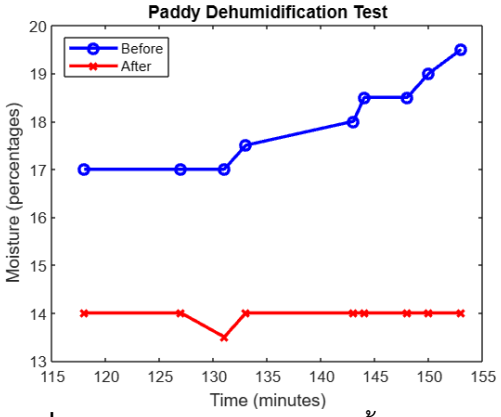
การทดลองการทำงานแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังตารางที่ 1 ได้แก่ 1) การควบคุมผ่านหน้าจอสัมผัสสามารถควบคุมได้ร้อยละ 100 2) การตรวจจับตัวเลขค่าความชื้นผ่านกล้อง สามารถตรวจจับได้ร้อยละ 90 เนื่องจากแสงที่ตกกระทบทำให้ภาพที่กล้องถ่ายไม่ชัดเจน จึงเป็นอุปสรรคต่อการตรวจจับ 3) การแสดงผลผ่านหน้าจอสัมผัสร้อยละ 100 และ 4) การหยุดการทำงานอัตโนมัติสามารถหยุดได้เมื่อเครื่องทำงานเสร็จสิ้นหรือขัดข้องได้ร้อยละ 100

4.2 การทดลองลดความชื้นข้าวเปลือก

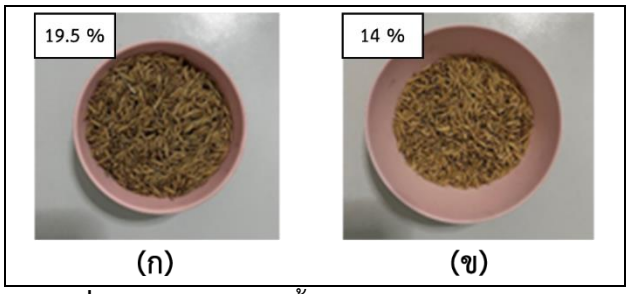
การทดลองลดความชื้นข้าวเปลือกน้ำหนัก 5 กิโลกรัม มีความชื้นระหว่าง 17 – 20 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังรูปที่ 10 และผลลัพธ์เฉลี่ยระยะเวลาที่ได้คือ 2 ชั่วโมง 18 นาทีต่อรอบการทำงาน จากการทดลองจำนวน 10 ครั้ง

ตารางที่ 1 ผลการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

หัวข้อ	ผลลัพธ์
การควบคุมผ่านหน้าจอสัมผัส	100%
การตรวจจับตัวเลขค่าความชื้นผ่านกล้องขนาด 5 ล้านพิกเซล	90%
การแสดงผลผ่านหน้าจอสัมผัส	100%
การหยุดเครื่องอัตโนมัติเมื่อการทำงานเสร็จสิ้นหรือขัดข้อง	100%



รูปที่ 10 ผลการทดลองลดความชื้นข้าวเปลือก



รูปที่ 11 ผลลัพธ์ความชื้นข้าวเปลือกก่อนและหลัง

จากรูปที่ 11 แสดงผลลัพธ์ความชื้นข้าวเปลือก (ก) ข้าวเปลือกก่อนลดความชื้น มีความชื้น 19.5 เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ข) ข้าวเปลือกหลังลดความชื้น มีความชื้นอยู่ที่ 14 เปอร์เซ็นต์ความชื้น

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยราสเบอร์รี่พายสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ตัวเครื่องประกอบด้วยตัวถังลดความชื้น และฐานรองถังลดความชื้น สามารถควบคุมผ่านระบบสัมผัสบนหน้าจอสัมผัส สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกให้อยู่ในความชื้นที่เหมาะสมที่ 12 – 14 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ด้วยระยะเวลาเฉลี่ยที่ 2 ชั่วโมง 18 นาทีต่อรอบการทำงาน อีกทั้งสามารถหยุดการทำงานอัตโนมัติเมื่อเครื่องลดความชื้นเสร็จสิ้นและสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กองส่งเสริมโครงการพระราชดำริ. (2560). การจัดการข้าวเปลือกเพื่อลดการสูญเสีย. เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน. เข้าถึงได้จาก http://www.royalagro.doae.go.th/wp-content/uploads/2 0 1 7 / 0 8 /Management-of-paddy-to-reduce-losses.pdf

[2] กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2565). วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. เข้าถึงเมื่อ 22 ตุลาคม. เข้าถึงได้จาก http://webold.ricethailand.go.th/rkb3/Postharvest.htm

[3] พระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535.

[4] สุชีวา สิทธิจินดา, คงฤทธิ์ รีวงษ์ และธราธิป ภู่ระหงษ์. (2559). “การพัฒนาเครื่องไล่ความชื้นข้าวเปลือกในครัวเรือนควบคุมอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino.” การประชุมวิชาการระดับชาติ ม.ราชภัฏกำแพงเพชร 3: 436-443.

[5] พัชราภรณ์ อินริราย, นรกมล แก้วสระแสน, ดลยา หรศาสตร์ และ สุรินทราพร ชั่งไชย. (2566). “การศึกษาสภาวะการลดความชื้นและคุณภาพของข้าวด้วยเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์แบบพองขนาดเล็ก.” วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ม.บูรพา ปีที่ 28: 292-310.

[6] ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา และทวิช จิตรสมบูรณ์. (2565). “การศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งแบบเป่าพ่นในท่อฟันปลา.” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ม.ศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 17: 53-63.

[7] มรุธพล จันทราศรี, วราวุธ สุริวงค์, ศักรินทร์ เพ็งแจ่ม, เศรษฐกาล โปร่งนุช และขวัญเรือน รัศมี. (2563). “การพัฒนาหุ่นยนต์ประชาสัมพันธ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.” การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 11 ม.ราชภัฏนครราชสีมา, 21 สิงหาคม.

[8] สุชาดา สิทธิ์จงสถาพร. (2561). “การออกแบบครีบแบบสามเซกเมนต์ภายในท่ออบแห้งแบบหมุนระดับอุตสาหกรรม.” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ม.เชียงใหม่ 25: 147-155.

[9] A. Rosebrock (2017). Recognizing digits with OpenCV and Python. เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน. เข้าถึงได้จาก https://pyimagesearch.com/2017/0 2 / 1 3 / recognizing-digits-with-opencv-and-python/