



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การหาค่าควบคุมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

Optimal Variable for Home Use Rice Milling Machine by Respond Surface Method

วรวิทย์ ปัญญาคำ*, ปราโมทย์ พลิคามิน, สมเกียรติ เดิมสุข และดุสิต สิงห์พรหมมาต

Voravee Punyakum, Pramote Palicamin, Somkiat Thermsuk and Dusit Singpommat

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่

แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

Received: 1 พ.ย. 59

Accepted: 9 ก.พ. 60

บทคัดย่อ

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กมักจะส่งผลให้ข้าวหักเกินค่ามาตรฐานและสีข้าวได้ปริมาณต่ำ การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดปริมาณข้าวที่หักและเพิ่มปริมาณข้าวที่สีได้ วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการสีข้าวขนาดเล็กทำได้โดยขั้นตอนแรกสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กให้สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์และอัตราการป้อน จากนั้นใช้การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียล 3^k และวิธีพื้นผิวตอบสนอง เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องที่ดีที่สุด ผลที่ได้จะเป็นดังนี้: ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 2087 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อนคิดเป็นร้อยละ 83.56 ซึ่งทำให้เป็นไปได้อย่างดีที่จะคาดการณ์ปริมาณของข้าวต่อนาทีที่มีค่าเท่ากับ 1,433 กรัมต่อนาทีและอัตราการหักของข้าวคิดเป็นร้อยละ 3.42

คำสำคัญ : เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก การทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^k วิธีพื้นผิวตอบสนอง

Abstract

Home use rice milling machine often resulted in broken rice up to standard and less the amount of product per minute. This research aims to decrease broken rice and increase the amount of product. The method to increase efficiency in home use rice milling machine. First step, Home use rice milling machine was adjusted to control the speed of the motor and the feed rate. Then applying an

experimental design 3k factorial design and Response surface method to obtain the performance of the machine. The result is as follows: Speed of milling was 2087 rpm and the feed rate was 83.56 percent, which this data can be used to predict rice yield which is equal to 1433 grams per minute and the rate of deduction is equal to 3.42 percent.

Keywords: Home use rice milling machine Experimental 3^k factorial design Response surface method

*ติดต่อ: อีเมล : voravee.p@mail.rmutk.ac.th, โทรศัพท์: 0854580963, โทรสาร: 022879639

1. บทนำ

จากปัญหาราคาข้าวตกต่ำรัฐบาลมุ่งแก้ปัญหา กำหนดให้จัดทำโครงการประชารัฐ ใช้แนวเศรษฐกิจพอเพียงเน้นโรงสีข้าวชุมชน ช่วยทำให้ GDP เพิ่มขึ้น 0.15% (ข้อมูล สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง) ซึ่งกลุ่มชาวนาจังหวัดสุรินทร์ทั้งดชายข้าวเปลือกให้กับโรงสีหรือพ่อค้าคนกลาง หันมารวมกลุ่มสีข้าวเปลือกจากโรงสีชุมชนและนำข้าวสารที่ได้ไปจำหน่ายเองโดย อบต.ประกันราคาให้ กก. ละ 20 บาท ชาวบ้านขายนำไปขาย กก.ละ 27 บาท (มารับข้าวเอง) บรรจุปริมาณข้าวถุงขนาด 5 กก. และขนาด 48 กก.[1] ส่งผลให้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กเป็นที่ต้องการสำหรับชาวนาในหลายๆ ตำบลของประเทศไทยที่หันมาพึ่งพาตนเองด้วยการสีข้าวขายตรงแก่ผู้บริโภคเพื่อแก้ปัญหาราคาข้าวตกต่ำด้วยตัวเอง [2] ด้วยเหตุผลข้างต้น คณะผู้วิจัย เห็นความสำคัญของเครื่องสีข้าวจึงได้ศึกษางานของ อนาวิน กรรณแก้ว และภูมิใจ เหล่าผิง นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (มทร.) ธัญบุรี ได้พัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน ได้ออกแบบควบคุมการ

ทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 ใช้หลักการแรงเสียดทานของลูกกลิ้ง ควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงด้วยสัญญาณ PWM จากชุดคำสั่ง Microcontroller จากการทดลองพบว่า ในการสีข้าวกลิ้ง ใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งขั้วที่ 390 rpm ความเร็วรอบลูกตามที 149 รอบ/นาที ใช้จำนวนรอบการกะเทาะข้าว 3 ครั้ง ส่วนในการขัดข้าวใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งขั้วที่ 394.5 รอบ/นาที ความเร็วลูกตามที 149 รอบ/นาที ทำให้การทำงานเครื่องสีข้าวเหมาะสมกับการสีข้าวกลิ้ง [3] ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัย ของสุรสิทธิ์ ช่อวงศ์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เรื่องการสร้างเครื่องสีข้าวกลิ้ง พบปัญหาว่า ในขณะนี้มีผู้สร้างเครื่องสีข้าวกลิ้งมาใช้แต่ยังมีจุดด้อยอยู่คือการออกแบบเครื่องสีข้าวกลิ้งแบบมือหมุน โดยใช้ลูกกลิ้งยางมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว มีการทำงาน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกการลำเลียงข้าวเปลือกลงสู่หน้าลูกกลิ้งยาง ควบคุมความเร็วในการปล่อยข้าวให้สัมพันธ์กับความเร็วในการหมุนเครื่องขั้นตอนที่สองการกะเทาะเปลือกโดยใช้ลูกกลิ้งยาง 2 ลูกหมุนเข้าหากันด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ขั้นตอนที่สาม การแยก

แบบใช้ลมเป่า จุดที่ต้องแก้ไขคือ การใช้มือหมุนจะทำให้ควบคุมความเร็วไม่ได้ ใช้ลูกกลิ้งลูกจะทำให้การกะเทาะข้าวเปลือกไม่ดี จึงได้เปลี่ยนมาใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังใช้ลูกกลิ้งลูกหมุนในความเร็วที่ต่างกันทำการกะเทาะเปลือกข้าวออกและมีชุดดูดแยกเอาแกลบออกไป พบว่าเครื่องสีข้าวกลิ้งมีคุณภาพอยู่ในระดับคุณภาพดีได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 85.14% การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่อง สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีจากการสีด้วยเครื่องสีข้าวกลิ้ง มีค่ามากกว่าการบดด้วยครกสีข้าวสำหรับการวิเคราะห์หาช่วงความเชื่อมั่นของการสีข้าวกลิ้งด้วยเครื่อง ที่ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95% จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของผลิตภัณฑ์ข้าวกลิ้งที่สีด้วยเครื่องสีข้าวกลิ้งในแต่ละครั้งมีค่าโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 84.29% ถึง 85.99% [4]

การแบ่งขนาดของโรงสีข้าว ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ สวทช. ได้แบ่งตามกำลังผลิตต่อวัน โดย โรงสีข้าวขนาดเล็ก < 100 ตัน / วัน โรงสีข้าวขนาดกลาง 100 – 200 ตัน / วัน โรงสีข้าวขนาดใหญ่ > 200 ตัน / วัน [5] ซึ่งกลุ่มขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 100 ตัน / วัน จึงเหมาะกับโรงสีข้าวขนาดเล็ก

ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงได้พัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ที่สามารถปรับอัตราการป้อนข้าวเปลือกและควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ โดยคณะผู้วิจัยได้ใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response surface method, RSM) เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ซึ่งวิธีพื้นผิว

ตอบสนองเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติที่เป็นประโยชน์ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ปัญหาที่จะแสดงผลตอบสนองต่อผลจากตัวแปรต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจุดค่าที่ดีที่สุดหรือความเหมาะสมต่อผลนั้น [6] ทั้งนี้วิธี RSM เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพกับกระบวนการที่มีความซับซ้อนทำให้ง่ายในการจัดการและการอธิบายผลเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น [7] ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมจากผลที่ได้จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k จะได้ค่าที่ดีที่สุด [8]

2. การสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ขั้นตอนการสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กแสดงได้ดังในรูปที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก เมื่อมีการจ่ายไฟเข้าสู่ตัวมอเตอร์จะทำการขับเคลื่อนให้ตัวเพลาลำโพงและใบมีดที่ใช้ในการสีข้าวหมุน ข้าวเปลือกจะทำการป้อนสู่ตัวเครื่อง ซึ่งจะถูกควบคุมปริมาณข้าวโดยลิ้นกั้นข้าวบริเวณช่องจ่ายข้าวเปลือก ดังรูปที่ 2 (ก)

ใบมีดจะทำการกะเทาะเปลือกข้าวออก ตะแกรงจะเป็นตัวคัดแยกข้าวสารดี ข้าวที่หัก รำ และแกลบ ออกจากตัวเครื่องในช่องที่ต่างกัน โดยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจะถูกติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive, VSD) และลิ้นเพื่อควบคุมอัตราการป้อนข้าวเปลือก ซึ่งเครื่องสีข้าวแสดงในรูปที่ 2 (ข)

3. ขั้นตอนการทำการทดลอง

ในงานนี้แบ่งขั้นตอนในการทำการทดลองเป็น 6 ขั้นตอน ซึ่งจะแบ่งขั้นตอนดังนี้

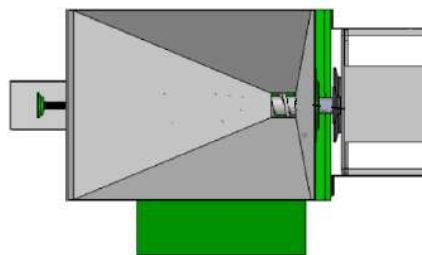
1. การตั้งเป้าหมาย: เป้าหมายคือ การหา ค่าที่ใช้ปรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ให้สามารถสีข้าว ไม่หักเกิน 5 % [9] และให้ได้ปริมาณข้าวที่สี ออกมามากที่สุดต่อหน่วยเวลา



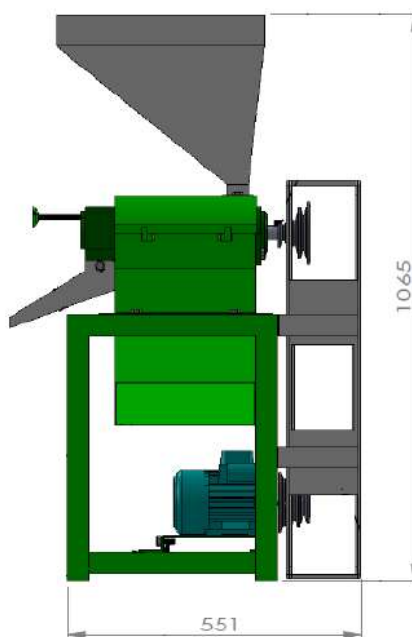
รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องสีข้าว
ขนาดเล็ก

2. ระบุตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณข้าว (Rice yield) และ อัตราการหัก (Broken rice rate) : จากการศึกษเครื่องสีข้าวจะทำให้ทราบตัวแปรที่มี ผลต่อการหักของข้าวและปริมาณข้าวที่สีได้ ดังต่อไปนี้คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (Speed of milling, A) และ อัตราการป้อนข้าวเปลือก (Feed rate, B) ในส่วนของเพลามัดนั้นไม่ได้นำมาเป็น ตัวแปรที่ส่งผลเนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องสีข้าว ขนาดเล็ก

(ก)



(ข)



รูปที่ 2 ก) ช่องป้อนข้าวเข้าสู่เครื่องสีข้าว
ข) เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

3. หาค่าต่ำสุดและสูงสุดของพารามิเตอร์: จากการทดลองใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจะทำให้เห็น แนวโน้มปริมาณข้าวจะลดลงไปตามความเร็วรอบ ของมอเตอร์ถ้าใช้ค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ ต่ำลง ดังนั้นจึงใช้ค่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ ต่ำสุดอยู่ที่ 1,400 รอบต่อนาที และความเร็วรอบ ของมอเตอร์สูงสุดอยู่ที่ 3,500 รอบต่อนาทีและจาก แนวโน้มปริมาณข้าวที่ได้จะลดลงตามอัตราป้อน

ดังนั้นจึงได้อัตราป้อนต่ำที่สุดอยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์

4. ออกแบบการทดลอง: ใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบ 3^k ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ โดยทำการทดลองที่ค่ากลางเท่ากับ 4 ซ้ำ ซึ่งแสดงตารางการออกแบบในตารางที่ 1

5. ปรับตั้งค่าเครื่องสีข้าวตามตารางที่ 1 และเก็บข้อมูล: โดยจะเก็บค่าทั้งหมด 3 ซ้ำในแต่ละลำดับการทดลอง ซึ่งผลในตารางที่ 1 จะแสดงเฉพาะค่าเฉลี่ย

6. หาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ที่สามารถสีข้าวที่มีข้าวหักน้อยที่สุด ควบคุมให้ไม่เกิน 5 % และให้ได้ปริมาณที่มากที่สุด โดยใช้โปรแกรม Design-Expert[®] version 7.0

ตารางที่ 1 ตารางการทดลองเครื่องสีข้าวโดยใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบ 3^k

ลำดับ	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราป้อน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณข้าว (กรัมต่อนาที)	อัตรา การหัก (เปอร์เซ็นต์)
	A	B		
1	2450	75	1414	3.8
2	2450	50	1164	3.15
3	3500	50	1059	5.99
4	3500	100	1227	17.15
5	1400	75	1279	2.4
6	2450	75	1436	3.84
7	2450	75	1405	4.18
8	2450	100	1494	6.23
9	1400	50	1077	1.88
10	3500	75	1172	9.9
11	1400	100	1274	3.46
12	2450	75	1397	3.78
13	2450	75	1429	3.9

4. ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ผลจากโปรแกรม Design-Expert[®] version 7.0 จะแสดงผลการหารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับสมการถดถอย ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นรูปแบบทางสถิติของปริมาณข้าวและอัตราการหักมีความเหมาะสมในเชิงเส้นโค้ง (quadratic model) ทั้งหมด โดยพิจารณาจากค่า p-value ของแต่ละรูปแบบมีค่าน้อยกว่า 0.05 (p-value เท่ากับ 0.001 และ 0.001) และค่า p-value ของการทดสอบ lack of fit มีค่ามากกว่า 0.05 (p-value เท่ากับ 0.065 และ 0.124) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการถดถอยของสมการที่ใช้ทำนายค่าตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับควบคุมกระบวนการ คือ ปริมาณข้าวและอัตราการหัก แสดงดังตารางที่ 4 โดยแต่ละสมการมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) และค่า predicted R^2 ของแต่ละรูปแบบมีค่าสูงกว่า 0.75 ซึ่งเป็นการยืนยันให้เห็นว่ารูปแบบการถดถอยที่ได้เป็นรูปแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์รูปแบบทางสถิติของปริมาณข้าว

model	R^2	$R^2_{pred.}$	p-value lack of fit	p-value model
Quadratic	0.929	0.785	0.065	0.001

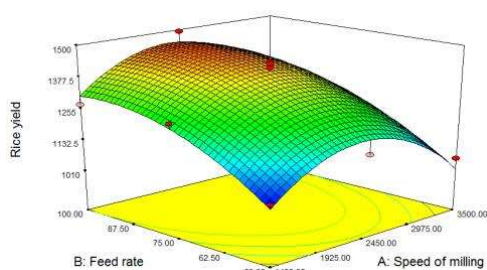
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์รูปแบบทางสถิติของอัตราการหัก

model	R^2	$R^2_{pred.}$	p-value lack of fit	p-value model
Quadratic	0.962	0.832	0.124	0.001

ตารางที่ 4 สมการที่ใช้ทำนายค่าตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

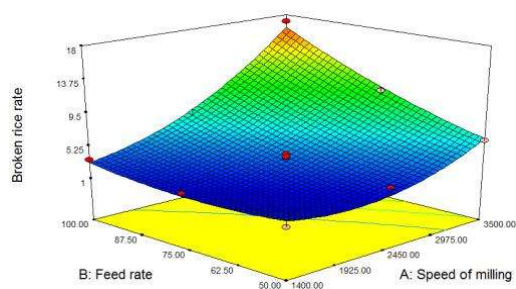
properties	regression	R ² _{pred.}
ปริมาณข้าว	$+9.95-28.67*A+115.83*B$ $-7.25*A*B-180.59*A^2-77.09B^2$	0.785
อัตราการหัก	$+3.88+4.22*A+2.64*B$ $+2.04*A*B+2.34*A^2+0.88B^2$	0.832

รูปที่ 3 แสดงพื้นผิวตอบสนองพื้นผิวตอบสนองของปริมาณข้าว จะเห็นได้ว่ากราฟมีรูปร่างคล้ายหลังเต่า ซึ่งก็แปลว่าเมื่อความเร็วรอบและอัตราการป้อนเข้าใกล้ค่ากึ่งกลางก็จะทำให้ปริมาณข้าวที่ได้ต่อนาทีมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 3 พื้นผิวตอบสนองของปริมาณข้าว

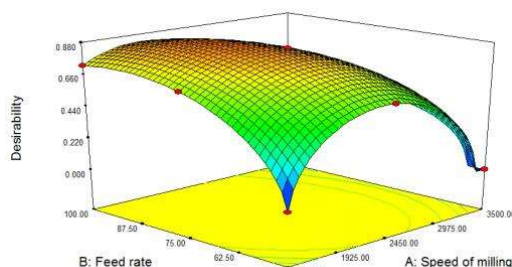
รูปที่ 4 แสดงพื้นผิวตอบสนองพื้นผิวตอบสนองของอัตราการหักของข้าว ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วรอบและอัตราการป้อนสูงขึ้นก็ยิ่งจะทำให้อัตราการหักสูงขึ้น



รูปที่ 4 พื้นผิวตอบสนองของอัตราการหักของข้าว

การวิเคราะห์ฟังก์ชันความพึงพอใจกำหนดให้ปริมาณข้าวที่ได้ต่อนาทีและปริมาณข้าว ที่หักน้อยที่สุด โดยที่ความเร็วรอบและอัตราการป้อน อยู่ในพิสัยที่เลือกได้ดังแสดงในตารางที่ 5

จากผลวิเคราะห์ฟังก์ชันความพึงพอใจในตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าค่าพึงพอใจอยู่ที่ 0.879 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเร็วรอบเท่ากับ 2087 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อนเท่ากับ 83.56 เปอร์เซ็นต์ เป็นค่าสำหรับใช้ควบคุมเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณข้าวเท่ากับ 1,433.2 กรัมต่อนาทีและอัตราการหักของข้าวอยู่ที่ 3.42 เปอร์เซ็นต์ โดยจะแสดงพื้นผิวตอบสนองของค่าความพึงปรารถนาดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 พื้นผิวตอบสนองของค่าความพึงปรารถนา

ตารางที่ 5 แสดงเป้าหมายในการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ชื่อ	เป้าหมาย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	range	1400	3500
อัตราป้อน (เปอร์เซ็นต์)	range	50	100
ปริมาณข้าว (กรัมต่อนาที)	maximize	1059	1494
อัตราการหัก (เปอร์เซ็นต์)	minimize	1.8	17.15

ตารางที่ 6 แสดงค่าตัวแปรที่ทำให้ค่าความพึงพอใจสูงสุด

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราป้อน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ ข้าว (กรัมต่อนาที)	อัตราการ หัก (เปอร์เซ็นต์)	Desirability (เปอร์เซ็นต์)
2087	83.56	1433	3.42	87.9

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงเครื่องสีข้าวขนาดเล็กและการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบ 3^k แฟคทอเรียล เพื่อนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ค่าตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่ปรับปรุงแล้วให้ได้ปริมาณข้าวต่อนาทีและอัตราการหักของข้าวขาวที่เหมาะสมที่สุด โดยตัวแปรที่ใช้ควบคุมนั้นประกอบด้วยความเร็วรอบและอัตราป้อน ผลการศึกษาพบว่าตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับใช้ควบคุมเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก คือ ความเร็วรอบเท่ากับ 2,087 รอบต่อนาทีและ อัตราการป้อนเท่ากับ 83.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ได้ปริมาณข้าวต่อนาทีที่ทำนายได้มีค่าเท่ากับ 1,433 กรัมต่อนาที และอัตราการหักมีค่าเท่ากับ 3.42 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ค่าความพึงพอใจเท่ากับ 87.9 เปอร์เซ็นต์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท ข้าวสด จำกัด. เรื่อง ชาวนาสุรินทร์ดขายข้าวให้พ่อค้า รวมกลุ่มสีข้าว - ขายเองกก. ละ 27 บาท. [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 28 พฤศจิกายน 2559]. เข้าถึงได้จาก https://www.khaosod.co.th/around-thai land/news_73731

[2] บริษัท ยูเรกา อะโกร แมชชีนเนอรี จำกัด. เรื่อง วิสาหกิจชุมชนก้าวไกลด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กไทยทำ. [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 25 พฤศจิกายน 2559]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.eurekaagro.co.th/index.php/news/26-2016-05-03-06-49-54>

[3] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (มทร.) ธัญบุรี เรื่อง หนูมีวิศวกรรมไฟฟ้า มทร.ธัญบุรีพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน. [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 20 พฤศจิกายน 2559]. [เข้าถึงได้จาก <http://www.news.rmUTT.ac.th/archives/54445>

[4] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2555

[5] สุรสิทธิ์ ช่อวงศ์. การสร้างเครื่องสีข้าวกลึง. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 2553; 2 : 133-143.

[6] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ สวทช. เครื่องสีข้าวกับชุมชน, การประชุมวิชาการประจำปี สวทช. ครั้งที่ 11; 2558.

[7] Gan, C.Y. & Latiff, A.A. Optimization of the solvent extraction of bioactive compounds from *Parkia speciosa* pod using response surface methodology. Food Chemistry 2011; 124: 1277-1283.

[8] Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments. 5th ed. New York: John Wiley & Sons; 2001.

[9] Myers, R.H. and Montgomery. D.G. Response Surface Methodology, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 2001