# ผลของความชื้นต่อประสิทธิภาพการสีข้าวขาวของเครื่องสีขนาดเล็ก

# Effect of Paddy Moisture Content on Milling Rice Recovery of Small Milling Machine

สมพจน์ คำแก้ว
ห้องปฏิบัติการนวัตกรรมวิศวกรรมอบแห้งทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
เลขที่ 1 หมู่ที่ 6 ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
Sompot Khomkaew
Drying-Agri-Innovation Engineering Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus,
1 M.6 Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom 73140, Thailand.
Email: Sku18me@gmail.com
(Received: November 1, 2021; Revised: April 29, 2022; Accepted: April 29, 2022)

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของความชื้นข้าวเปลือกต่อประสิทธิภาพการสีข้าวโดยนำข้าวเปลือกสายพันธุ์หอมมะลิ 105 มาทดสอบกับเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่สามารถสีข้าวเปลือกได้ครั้งละไม่เกิน 10 กิโลกรัม ค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 11.8 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าความชื้นที่เหมาะของข้าวเปลือกมีค่าเท่ากับ 12.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหลข้าวเปลือกเฉลี่ย 2.85 กิโลกรัมต่อนาที ผลของความชื้นของข้าวเปลือกมีผลต่อประสิทธิภาพการสีข้าวได้ข้าวขาวเต็มเมล็ดเฉลี่ย 3.89 กิโลกรัม ข้าวหักเฉลี่ย 0.69 กิโลกรัม ข้าวลีบเฉลี่ย 1.32 กิโลกรัม รำข้าวเฉลี่ย 1.19 กิโลกรัม แกลบข้าวเฉลี่ย 2.09 กิโลกรัม สิ่งเจือปน 1.21 กิโลกรัม และค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวของข้าวเฉลี่ย 0.63 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาเฉลี่ยทั้งหมดในการสีข้าวมีค่าเท่ากับ 4.74 นาที

**คำสำคัญ:** เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ความชื้น ประสิทธิภาพการสีข้าว

**ABSTRACT**

This research aimed to study the effect of paddy moisture on milling rice recovery. Thai Hom Mali rice 105, varieties were tested with a small rice milling machine. Not more than 10 kg, the average initial moisture content was 11.8 % and the average time of milling was 4.74 minutes, the average paddy flow rate was 2.85 kg/min. It was found that the milling Rice recovery was 3.89 kg, average broken rice 0.69 kg, average withered rice 1.32 kg, rice bran 1.19 kg, rice husk average 2.09 kg, impurity 1.21 kg, and whiteness of average rice 0.63%.

**Keywords:** Small milling machine, Moisture content, Milling Rice Recovery.

## 1. บทนำ

ในกระบวนการแปรสภาพผลิตผลทางการเกษตรของข้าวเปลือกยังไม่สามารถทำได้ด้วยตนเองต้องพึ่งพาเครื่องจักรกลการเกษตร โดยนำไปให้โรงสีข้าวขนาดเล็กขนาดกลางและขนาดใหญ่ในการแปรสภาพข้าวเปลือก ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อสภาพของข้าวขาวนั้นคือค่าความชื้นข้าวเปลือก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ศึกษาผลของความชื้นต่อประสิทธิภาพการสีข้าวเปลือกครั้งละประมาณ 10 กิโลกรัม สำหรับครัวเรือนโดยทั่วไปสามารถสีข้าวไว้บริโภคเองในครัวเรือน อันเป็นแนวทางของหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กโดยมีชุดลูกกลิ้งยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ยาว 75 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชุด ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า สามารถสีได้ครั้งละ 1 กิโลกรัม หลังจากสีข้าวกล้องออกมาแล้ว มีการสุ่มข้าวกล้องที่สีได้ออกมา 10 กรัม เพื่อนำมาตรวจวัดนับจำนวนเมล็ดข้าวที่ดีและที่เสีย พบว่าจากการทดลอง 3 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเท่ากับ 85.14 เปอร์เซ็นต์ และได้มีการพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดกลางแบบ 2 ระบบ คือ สามารถสีได้ทั้งข้าวกล้องและข้าวขัดขาวโดยมีชุดลูกกลิ้งยาง จำนวน 3 ชุด สามารถสีข้าวเปลือกได้ครั้งละ 10 กิโลกรัม โดยสามารถสีข้าวกล้องได้ในเวลา 24 นาที และสามารถสีข้าวขาวได้ในเวลา 35 นาที [1]

ต่อมามีการใช้ความเข้มแสงสูง (EBI) เพื่อตรวจความขาวข้าวกล้องภายหลังเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงเล็กน้อยขนาด 5 กิโลเกรย์ ทำให้สีข้าวกล้อง ($P > 0.05$) และการขัดขาว ($P < 0.05$) ค่าอะมิโลสและความเหนียวของข้าวลด ($P < 0.05$) โครงสร้างผลึกข้าวไม่มีการเปลี่ยนรูปแต่ค่าจุลภาคของข้าวตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสงลดลง ($P < 0.05$) ผลที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องเก็บตัวอย่างข้าวในช่วงการเก็บรักษาข้าวกล้องและข้าวขาว 120 วัน ทำให้กรดไขมันอิสระของตัวอย่างข้าวที่ฉายรังสีเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ฉายรังสี ฤทธิ์ของไลเปสถูกยับยั้งสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรียที่ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ (EBI) ในการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวกล้องและข้าวขาวในระหว่างการเก็บ [2]

ซึ่งคุณสมบัติของแป้งจากข้าวขัดมันที่ผ่านกรรมวิธีสีข้าวเหนียว มีผลให้อะมิโลสต่ำและสูงด้วยความเร็วรอบที่ระดับต่างกันคือ 1050, 950 และ 750 รอบ/นาที ที่ช่วงเวลาที่ 20, 40 และ 60 วินาที เพื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวกล้องและความสามารถในการละลายของแป้งข้าวเหนียวที่ต่ำกว่าแป้งข้าวกล้องอย่างมาก แต่สำหรับแป้งข้าวเจ้าที่มีอะมิโลสต่ำและที่มีอะมิโลสสูงจะไม่เปลี่ยนแปลง ความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวเจ้าที่มีอะมิโลสต่ำและสูงมีผลมากจากระยะเวลาการสีมากขึ้น ในขณะที่ความหนืดมีผลมาจากความเร็วรอบสูงขึ้นส่งผลให้คุณสมบัติการวางของ (WRF) มีผลมากกว่า(LARF) และ (HARF) ระยะเวลาการสีเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางความร้อนมากกว่าความเร็วการสีข้าว ซึ่งพบว่าทั้งระยะเวลาการสีข้าวและความเร็วรอบส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการย่อยของแป้งข้าวเจ้าในระดับที่แตกต่างกัน [3]

การรักษาคุณภาพผลผลิตของเมล็ดพืชเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการผลิตข้าวเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของเทคนิคการจัดการน้ำแบบต่างๆ ต่อคุณภาพเมล็ดพืช และการดูดซึมปรอทในข้าวภายใต้ระบบการผลิตเมล็ดตรงและแบบปลูกถ่ายข้าวหอมมะลิสองสายพันธุ์ (บาสมาติ-515 และเจนับบาสมาติ) ข้าวที่ปลูกในบ่อ (TPR) และข้าวเมล็ดโดยตรงแห้ง (DDSR) ระบบบริหารจัดการการให้น้ำ 3 ระบบ โดยยึดตามความตึงของความชื้นในดิน (SMT) น้ำท่วมต่อเนื่อง (> – 10 kPa SMT) ทำให้เปียกและแห้งแบบ (AWD,– 20 kPa SMT) และข้าวแอโรบิก (– 40 kPa SMT) การปลูกข้าวในระบบ (DDSR) ทำได้เทียบเท่ากับ (TPR) เปอร์เซ็นต์ของข้าวหัก เมล็ดชอล์ค เมล็ดแห้งและเมล็ดทึบแสงสูงกว่า 5–8 เปอร์เซ็นต์, 20, 19 เปอร์เซ็นต์, 2 เปอร์เซ็นต์ภายใต้ระบบ (DDSR) อย่างไรก็ตาม ปริมาณอะไมโลเพคตินจากเคอร์เนลและการดูดซึมปรอทลดลงเท่ากับ 9 เปอร์เซ็นต์และ11 เปอร์เซ็นต์ภายใต้ระบบ (DDSR) ในการจัดการชลประทาน (AWD) พบว่าเปอร์เซ็นต์คุณภาพของข้าวหัก

ข้าวกล้องเพิ่มขึ้นเท่ากับ 11 เปอร์เซ็นต์ความขาวเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ปริมาณโปรตีนเมล็ดเท่ากับ 11 เปอร์เซ็นต์ [4]

อนึ่งการศึกษาเพื่อดัดแปลงพื้นผิวข้าวขาวและการดูดซับวิตามินในสภาพแวดล้อมอัลตราโซนิกปรับพื้นผิวจากเรียบเป็นผิวรูพรุน ในการวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาพบว่า Sonication มีผลต่อการกระจายตัวและการทำลายของเปลือกพื้นผิวข้าวและเหนี่ยวนำแม่สนามแม่เหล็กนำให้เกิดการก่อตัวของไมโครพอร์ผนังเซลล์และการสลายตัวของเอนโดสเปิร์มที่เป็นแป้งลงในเม็ดแป้งแต่ละเม็ด เทคนิคการแช่ข้าว (Sonication) ในสารละลายของกรด (Pantothenic vitamin B5) ทำให้สามารถดูดซับวิตามินเข้าไปในเมล็ดข้าวขาวได้และการดูดซึมวิตามินบี 5 ในข้าวขาวโซนิเคตสูงกว่าข้าวขาวที่ไม่โซนิเคตถึง 14.0 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาจลนศาสตร์บ่งชี้ว่าอัตราการดูดซับในข้าวขาวที่มีรูพรุนสูงกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการกรอง 93.9 เปอร์เซ็นต์ การตรวจสอบการดูดซับพบว่ากลไกการดูซับที่ต่างกันซึ่งบ่งชี้บทบาทที่สำคัญของการปรับเปลี่ยนพื้นผิวรูพรุนของเมล็ดข้าวขาวในกระบวนการผลิต [5]

ดังนั้นการพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กแบบเปิดสำหรับครัวเรือน โดยสามารถสีข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ จำนวน 5 กิโลกรัม ได้ข้าวเฉลี่ย 3.65 กิโลกรัม ในเวลา 15 นาที และ สามารถสีข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 จำนวน 5 กิโลกรัม ได้ข้าวเฉลี่ย 3.75 กิโลกรัม ในเวลา 13.7 นาที เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด มีชุดลูกกลิ้งยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร ยาว 44.45 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชุด ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/3 แรงม้า มีกำลังการผลิต 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รุ่น MS 50 BM มีชุดลูกกลิ้งยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร ยาว 40.64 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชุด ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า มีกำลังการผลิต 50-60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และรุ่น MS 100 BM มีชุดลูกกลิ้งยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.40 มิลลิเมตร ยาว 76.20 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชุด ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1แรงม้ามีกำลังการผลิต 150-160 กิโลกรัมต่อชั่วโมง [6]

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

*2.1 ประสิทธิภาพการสีข้าว (Milling Rice Recovery)*

ประสิทธิภาพการสีข้าวหาได้จากสมการที่ (1) [1]

$$MRR = \left( \frac{A + B + C + D}{T} \right) \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ

MRR คือ ประสิทธิภาพการสีข้าว (%)

A คือ ปริมาณปลายข้าว (kg/hr)

B คือ ปริมาณข้าวเต็ม (kg/hr)

C คือ ปริมาณต้นข้าว (kg/hr)

D คือ ปริมาณข้าวหัก (kg/hr)

T คือ ปริมาณป้อนข้าวเปลือก (kg/hr)

*2.2 ประสิทธิผลการสีข้าว (Head Rice Recovery)*

ประสิทธิผลการสีข้าวหาได้จากสมการที่ (2) [1]

$$HRR = \left( \frac{B + C}{T} \right) \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ

HRR คือ ประสิทธิผลการสีข้าว (%)

B คือ ปริมาณข้าวเต็ม (kg/hr)

C คือ ปริมาณต้นข้าว (kg/hr)

T คือ ปริมาณป้อนข้าวเปลือก (kg/hr)

*2.3 ปริมาณการขัดสี (Degree of polish)*

ปริมาณการขัดสีหาได้จากสมการที่ (3) [1]

$$DOP = \left( 1 - \frac{W_1}{W_2} \right) \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ

DOP คือ ปริมาณการขัดสี (%)

$W_1$ คือ น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด (g)

$W_2$ คือ น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดข้าวกล้อง (g)

*2.4 สมรรถนะการสีข้าวเปลือก (Milling Capacity of Paddy)*

สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 [1]

$$MC_p = \left(\frac{T}{t}\right) \quad (4)$$

เมื่อ

$MC_p$ คือ สมรรถนะการสีข้าวเปลือก (kg of paddy/hr)

T คือ ปริมาณเมล็ดข้าวเปลือกที่ถูกป้อน (kg)

t คือ เวลาที่ใช้ในการสีข้าว (hr)

*2.5 สมรรถนะการสีข้าวสาร (Milling Capacity of Rice)*

สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 [1]

$$MC_r = \left(\frac{R}{t}\right) \quad (5)$$

เมื่อ

$MC_r$ คือ สมรรถนะการสีข้าวสาร (kg of rice/hr)

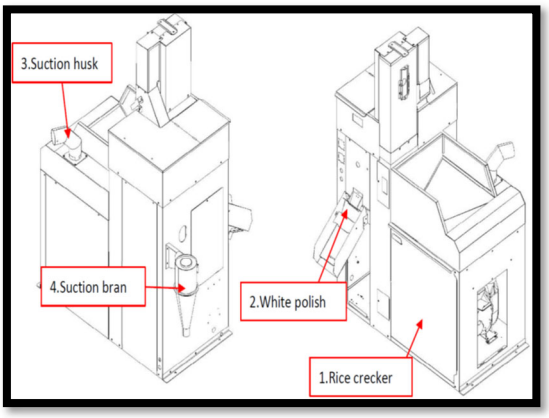
R คือ ปริมาณเมล็ดข้าวสารทั้งหมดที่สีได้ (kg)

T คือ เวลาที่ใช้ในการสีข้าว (hr)

การหาค่าความขาวของข้าวด้วยเครื่องวัดความขาวของข้าวสารด้วยเครื่อง Kett C-600 Whiteness Tester เปอร์เซ็นต์การสีข้าวได้ช่วงการวัด 5.0~69.9 (ค่าความละเอียด 0.1) อุณหภูมิการทำงานอุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียตและความชื้น 30-85% RH

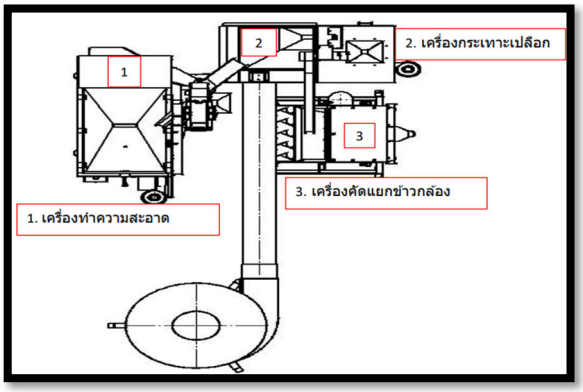
## 3. ระเบียบวิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดสอบตรวจสอบเครื่องสีข้าวให้อยู่ในสภาพใช้งานได้นำข้าวเปลือกชั่งน้ำหนักก่อนป้อนเข้าสู่ช่องบรรจุ (Hopper) ตามรูปที่ 1 เครื่องสีข้าวเปลือกและจับเวลาในการทำงานและทำสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจากช่องทางที่ข้าวผ่านจำนวน 3 ตัวอย่างใน หนึ่งรอบการทดสอบ




รูปที่ 1 แสดงต้นแบบระบบเครื่องสีข้าวกล้องและข้าวขาว

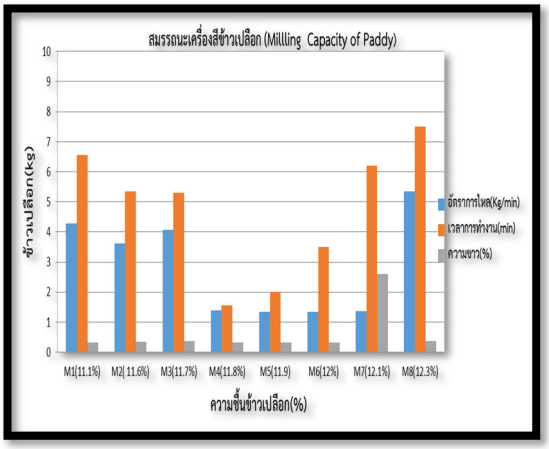
หาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของ ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กโดยหาความเร็วรอบของระบบการกะเทาะข้าวเปลือกระบบขัดขาว ระบบคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องและทำความสะอาดข้าวเปลือกก่อนทำการทดสอบ โดยใช้ข้าวเปลือกจำนวน 10 กิโลกรัม มาทำการคัดแยกสิ่งเจือปนตามรูปที่ 2 จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้งต่อ 3 ตัวอย่าง



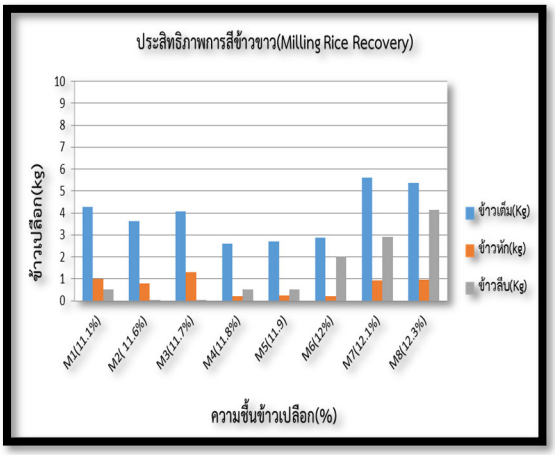

รูปที่2 แสดงอุปกรณ์คัดแยกทำความสะอาดข้าวเปลือก

การวัดค่าความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องมือวัดค่าความชื้น (Moisture meter) ยี่ห้อ Kett รุ่น PM-450 แบบระบบดิจิตอล โดยเปิดสวิทช์เครื่องวัดความชื้นนำข้าวเปลือกป้อนเข้าสู่ช่องบรรจุ (Hopper) กดปุ่มวัดความชื้นอ่านค่าและบันทึกผลทำซ้ำจำนวน 3 ครั้งตามรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแบบต้านไฟฟ้า




รูปที่ 4 Effect of moisture content on milling capacity of paddy



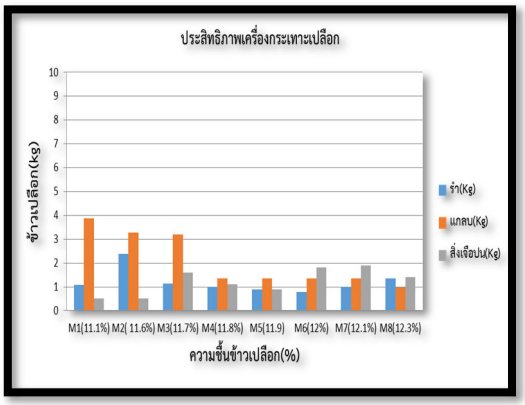

รูปที่ 5 Relationship between moisture content and head rice recovery

## 4. ผลการทดลอง

กำหนดค่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 ที่นำมาทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องสีข้าว ความสามารถเพิ่มความความขาวของข้าวขาวและประสิทธิภาพการสีลดการแตกหักของข้าวขาว ผลจากค่าความชื้นของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กมีค่าความชื้น 11.1 เปอร์เซ็นต์ 11.6 เปอร์เซ็นต์ 11.7 เปอร์เซ็นต์ 11.8 เปอร์เซ็นต์ 11.9 เปอร์เซ็นต์ 12.0เปอร์เซ็นต์ 12.1 เปอร์เซ็นต์ และ 12.3 เปอร์เซ็นต์ โดยการป้อนข้าวเปลือกครั้งละ 10 กิโลกรัม จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับเปอร์เซ็นต์ ความชื้นเหมาะสมสำหรับข้าวเปลือกเพื่อหาสมรรถนะเครื่องสีข้าวเปลือกขนาดเล็กทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.888-2532 พบว่าความขาวสูงสุด 2.61 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นข้าวเปลือก 12.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหลของข้าวเปลือก 1.36 กิโลกรัมต่อนาที และใช้เวลาในการสีข้าวทั้งสิ้น 6.2 นาที ตามรูปที่ 4

จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือกเพื่อหาสมรรถนะเครื่องสีข้าวเปลือกขนาดเล็ก พบว่าน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด 5.6 กิโลกรัม ค่าความชื้นข้าวเปลือกที่ 12.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักข้าวหัก 0.93 กิโลกรัม ข้าวลีบ 2.92 กิโลกรัมและใช้เวลาในการสีข้าว 6.2 นาที ตามรูปที่ 5

จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นข้าวเปลือกที่ลดลง เพื่อหาสมรรถนะเครื่องสีข้าวเปลือกขนาดเล็กพบว่าน้ำหนักสิ่งเจือปนข้าวน้อยที่สุด 0.5 กิโลกรัม และค่าความชื้นเปลือก 11.1 เปอร์เซ็นต์ และ11.6 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแกลบ 3.575 กิโลกรัม ซึ่งค่าเฉลี่ยน้ำหนักรำข้าว 1.725 กิโลกรัม และใช้เวลาเฉลี่ยในการสีข้าวสารทั้งสิ้น 5.955 นาที ตามรูปที่ 6




รูปที่ 6 Relationship between moisture content and milling rice recovery

## 5. สรุป

การศึกษาด้านประสิทธิผลการสีข้าวของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสัมพันธ์กับอิทธิพลค่าความชื้นข้าวเปลือกที่เพิ่มขึ้นและลดลง จากการทดลองพบว่าความชื้นเหมาะของข้าวเปลือกมีค่าเท่ากับ 12.1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ข้าวสารมีค่าความขาวเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.61 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักข้าวหัก 0.93 กิโลกรัม และข้าวลีบ 2.92 กิโลกรัม ซึ่งใช้เวลาในการสีข้าว 6.2 นาที หลังจากนั้นทำการลดค่าความชื้นข้าวเปลือกมาที่ 11.1 เปอร์เซ็นต์ และ 11.6 เปอร์เซ็นต์พบว่าค่าเฉลี่ยสิ่งเจือปนมีค่าเท่ากับ 0.5 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแกลบ 3.575 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรำข้าว 1.725 กิโลกรัม และใช้เวลาเฉลี่ยในการสีข้าวทั้งสิ้น 5.955 นาที

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางบริษัท ซีแอลพี เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่นำต้นแบบระบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กมาทดสอบที่ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Kalsirisilp, S. Aliusmanan and J. Langkapin, “ Testing and Evaluation of Rice Milling Machine Based on ThaiIndustrial Standard”, *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi,* vol. 18, issue 2, pp. 2651-2289, 2019.

[2] X. Luo, Y. Li, D. Yang, J. Xing, ,M. Yang, R. Wang, L. Wang, Y. Zhang and Z. Chenc, “ Effects of electron beam irradiation on storability of brown and milled rice”, *Journal of Stored Products Research*, vol. 81, pp. 22-30, 2019.

[3] C. Qiu, P. Li, Z. Li, H. Corke and Z. Sui, “ Combined speed and duration of milling affect the physicochemical properties of rice flour”, *Food Hydrocolloids,* vol. 89, pp. 188-195, 2019.

[4] M. Ishfaq, N. Akbar, U. Zulfiqar, N. Ali, M. Ahmad, S. A. Anjum and M. Farooq, “ Influence of water management techniques on milling recovery, grain quality and mercury uptake in different rice production systems” , *Agricultural Water Management,* vol. 243, pp. 1230-1237, 2021.

[5] A. P. Bontoa, K. Sammuel I. Camachob and D. H. Camachoa, “ Increased vitamin B5 uptake capacity of ultrasonic treated milled rice: A new method for rice fortification” , *LWT - Food Science and Technology*, vol. 95, pp. 32-39, 2018.

[6] S. Bangpan and P. Bangpan, “ Small Rice Milling Machine Open Type” , in *13rd TSAE International Conference on AME18*, Chiang mai University, Chiangmai, Thailand, 2012, pp. 128-134.

[7] R. G. Buttery, L. C. Ling, B. O. Juliano, and J. G. Turnbaugh, “ Cooked Rice Aroma and 2-

Acetyl- 1-pyrroline”,*J. Agric. Food Chem*, vol 31, no.4, pp. 823 - 826, 1983.

[8] E. T. Champagne, K. L. Bett- Garber, B. T. Vinyard, B. D. Webb, A. M. McClung, F. E. Barton, B.G. Lyon, K. Moldenhauer, S. Linscombe and D. Koheway, “Effect of drying conditions, final moisture content and degree of milling on rice flavor” , *Cereal Chem*, vol.74, pp. 566 - 570, 1997.

[9] S. Mahatheeranont, S. Keawsaard and K. Dumri, “ Quantification of the rice aroma compound, 2 – acetyl – 1 - pyrroline, in uncooked Khao Dawk Mali 105 brown rice” , *J. Agric. Food Chem*, vol 49, pp. 773- 779, 2001.

[10] S. Mahatheeranont, S. Promdang and A. Chiampiriyakul, “Volatile Aroma Compounds of Khao Dawk Mali 105” , *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, vol. 29, pp. 508 - 514, 1995.