



การลดอุณหภูมิอากาศในกระบวนการกระเทาะเปลือกเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวตัน Reducing air temperature in paddy husker process to increase percent of whole grain

สมควร แวงดี¹ อภิชาติ อาจนาเสียว^{2*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40002

E-mail: aapich@kku.ac.th*

บทคัดย่อ

กระบวนการกระเทาะเปลือกเป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการสีข้าว เมื่อจากในกระบวนการนี้ข้าวมีการแตกหักมาก โดยมีปัจจัยที่สำคัญ คือ อุณหภูมิภายในเครื่องกระเทาะเปลือก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในกระบวนการกระเทาะเปลือกเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวตันของข้าวหอมมะลิ 105 จากการศึกษาพบว่า สำหรับเครื่องกระเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางที่ทำการติดตั้งเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องกระเทาะเปลือกแล้ว เมื่ออุณหภูมิอากาศในเครื่องกระเทาะลดลง เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในกระบวนการกระเทาะเพิ่มขึ้น และ การใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เมื่อคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า สามารถคืนทุนได้ในเวลาภายใน 1 เดือน

คำหลัก : ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวตัน กระบวนการกระเทาะ การแตกหัก

1. บทนำ

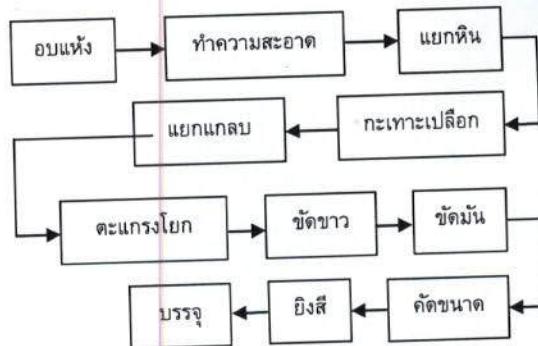
ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดย เมื่อปี 2552 ส่งออกคิดเป็นมูลค่าประมาณ 5,046 ล้านดอลลาร์ สหรัฐ [1] เพราะข้าวไทยมีคุณภาพดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวหอมมะลิที่เป็นที่รู้จักของคนทั่วโลก สร้างรายได้แก่ประเทศไทยอย่างมาก ดังนั้นข้าวจึงเป็นสินค้าที่สำคัญต่อเศรษฐกิจไทย

กระบวนการสีข้าวโดยทั่วไป เริ่มจากการอบแห้งข้าวเปลือก เพื่อให้ความชื้นลดลงมาเหลือประมาณ 14% จากนั้นนำข้าวเปลือก มาทำความสะอาดด้วยตะกรang ทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบสั่น จำนวน 3 ครั้ง แล้วไปทำการแยกหินออกจากข้าวเปลือกเพื่อทำการกระเทาะเปลือกออก ก่อนผ่านตัวแยกกลบเพื่อถึงกลบออกไม่ใช่เมล็ด เนื่องจากน้ำฝนเข้าเครื่องกระเทาะข้าวเปลือกเพื่อทำการกระเทาะเปลือกออก โดยข้าวเปลือกที่ยังไม่กระเทาะจะถูกนำไปกระเทาะอีกครั้งหนึ่ง ส่วนข้าวกล้องจะนำไปขัดขาวที่เครื่องขัดขาว จำนวน 3 ครั้ง และนำไปขัดมันด้วยเครื่องขัดมัน จากนั้นทำการคัดแยกข้าวตัน แยกปลาบข้าวตามด้วยตะกรang เหลือข้าวเปลือก 8 ส่วนขั้นไป หักใหญ่ เต็มเม็ดแบ่งเป็น 10 ส่วนโดยข้าวตันมีขนาด 8 ส่วนขั้นไป

หักกลวงและหักเล็กจะถูกคัดด้วยตะกรangกลมขนาดเบอร์ต่างๆ แล้วส่งไปผ่านเครื่องยิงสีเพื่อกำจัดสิ่งปลอมปนออกไป ก่อนส่งไปบรรจุต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 1

กระบวนการสีข้าวที่ทำให้เกิดการแตกหักมากที่สุด คือกระบวนการขัดขาวและกระบวนการกระเทาะเปลือก แต่ผู้ประกอบการโรงสีข้าวจะสนใจเฉพาะกระบวนการขัดขาว เนื่องจากความชำนาญด้านนี้วัดในการซื้อขายข้าวสาร ส่วนกระบวนการกระเทาะเปลือกจะไม่คำนึงถึง ดังนั้นกระบวนการกระเทาะเปลือกจึงมีการแตกหักสูง [2] โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวหอมมะลิ เพราะข้าวตันมีราคา 30 บาท/กิโลกรัม ส่วนข้าวหักมีราคา 15 บาท/กิโลกรัม ซึ่งมีส่วนต่างราคาถึง 15 บาท/กิโลกรัม [3] ดังนั้นการลดการแตกหักที่กระบวนการกระเทาะเปลือกจึงหมายถึงการเพิ่มคุณภาพข้าวสารด้วย

กระบวนการกระเทาะเปลือกคือการกระเทาะเอาเปลือกออกจากข้าวเปลือก โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อที่เป็นรำและทำให้เม็ดข้าวกลองเกิดการแตกหักน้อยที่สุด เครื่องกระเทาะที่นิยมใช้คือชนิดลูกกลิ้งยาง แต่ไม่สามารถถอดกระเทาะข้าวเปลือกให้ได้เป็นข้าวกลองและเป็นกลบทั้งหมดได้เต็ม 100% เพราะจะทำให้ข้าวเกิดการแตกหักสูง โดยอัตราการกระเทาะที่เหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ 9:1 หรือ 8:2 (ข้าวจะถูกกระเทาะ 90% หรือ 80% นอกนั้นอีก 10% หรือ 20% จะยังคงรูปเป็นข้าวเปลือกอยู่ ซึ่งจะต้องทำการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกลองต่อไป) [2]



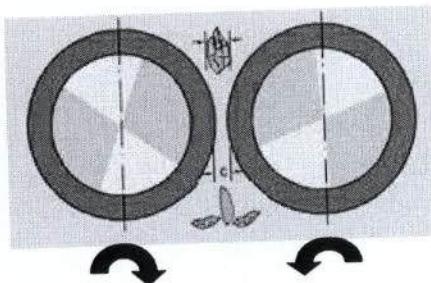
รูปที่ 1 กระบวนการสีข้าวโดยทั่วไป



จากการศึกษาของกูลวุฒิ [2] และ ผดุงศักดิ์ [4] พบว่า อุณหภูมิในเครื่องกะเทาะเปลือกมีผลกับการแตกหักของข้าว โดย เมื่อทำการสืบ้ำในช่วงกลางคืนการแตกหักของข้าวต่ำกว่าการสืบ้ำในช่วงกลางวันที่มีอุณหภูมิภายนอกสูงกว่า แต่ข้าวไม่มีมันวิจัย ได้ทำการสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องกะเทาะเปลือก โดยตรง ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ลด อุณหภูมิอากาศในเครื่องกะเทาะเปลือก และทำการศึกษาอิทธิพล ของอุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งที่มีผลต่อการแตกหักของข้าว เพื่อหาความคุ้มค่าในการลงทุนต่อไป เพราะการลดอุณหภูมิอากาศ ในเครื่องกะเทาะเปลือก มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้านอุปกรณ์และ ด้านพลังงานไฟฟ้าที่ต้องเพิ่มเข้าไปในระบบด้วย

2. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศในเครื่อง กะเทาะเปลือก

เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกชนิดลูกกลิ้งยาง ประกอบไปด้วย ลูกกลิ้งยาง 2 ถูก โดยลูกกลิ้งยางด้านซ้ายจะถูกติดตั้งอยู่บนเพลาที่ หมุนอยู่ทับที่ ส่วนลูกกลิ้งยางด้านขวาจะถูกติดตั้งอยู่บนเพลาที่ สามารถปรับเว้า - ออกได้ เพื่อบรรบประหางระหว่างลูกกลิ้งยาง ลูกกลิ้งยางทั้งสองถูกนี้จะหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน โดยที่ลูกกลิ้ง ยางที่อยู่บนเพลาเคลื่อนที่ได้มีความเร็วข้ากกับลูกยางที่หมุนอยู่ กันที่ (รอบเร็ว 1,050 รอบ/นาที, รอบช้า 865 รอบ/นาที) [2] รูปแบบการทำงานที่ลูกกลิ้ง 2 ถูกหมุนด้วยความเร็วรอบที่ต่างกันมี ผลทำให้ความเร็วเชิงสันต่างกันไปด้วย เมื่อข้าวเปลือกถูกปล่อย ลงไปในช่องระหว่างลูกกลิ้งยางทั้งสองถูก เมล็ดข้าวเปลือกจะถูก แรงบีบจากลูกกลิ้งยางและผลจากความเร็วเชิงสันของลูกกลิ้งยาง ที่ต่างกัน ทำให้เกิดแรงเฉือนกระทำที่เมล็ดข้าวเปลือกดังแสดงใน รูปที่ 2 ทำให้เปลือกถูกแยกออกจากเมล็ดข้าว แต่เมื่อเครื่อง กะเทาะเปลือกทำงานระยะหนึ่งจะเกิดความร้อนจากเสียงดี ส่งผล ให้อุณหภูมิลูกยางกะเทาะสูงขึ้น ซึ่งเมื่อข้าวได้รับความร้อนจะเกิด การแตกหักง่ายกว่าการกะเทาะที่อุณหภูมิต่ำ ลักษณะของลูกกลิ้ง ยางกะเทาะในงานจริงแสดงในรูปที่ 3

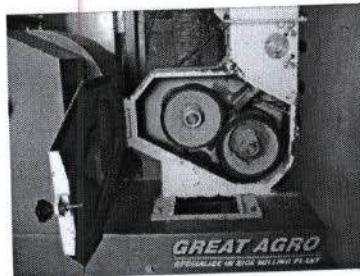


รูปที่ 2 หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะ

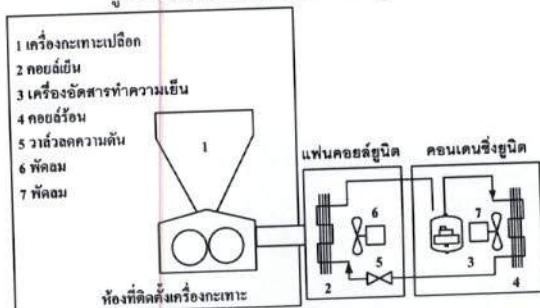
ผู้จัดได้เลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นอุปกรณ์ ลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องกะเทาะเปลือก เพราะเป็นระบบที่หาซื้อ ง่ายในท้องตลาด ราคาไม่แพง การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยากและ สามารถติดตั้งได้ง่าย โดยมีผังการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศ

ในเครื่องกะเทาะเปลือก ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยเป็นระบบปรับ อากาศขนาด 24,000 Btu/hr ซึ่งประกอบด้วย 1) เครื่องอัดสารทำ ความเย็น ที่มี inverter ควบคุมการทำงาน 2) คอมเพรสเซอร์ 3) ถังเก็บ สารทำความเย็น 4) ตัวกรอง 5) วาล์วลดความดัน และ 6) คอมเพ รเซอร์เย็น ส่วนตำแหน่งของเครื่องกะเทาะที่นำอากาศเย็นจากอุปกรณ์ลด อุณหภูมิอากาศเข้ามา แสดงในรูปที่ 5

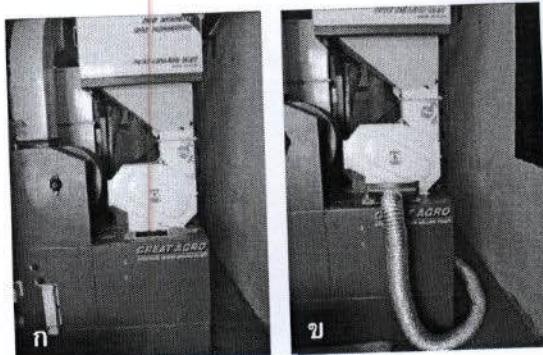
การทำงานของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องกะเทาะ เปเลือกไก่เดียวที่บรรบบปรับอากาศที่ว่าไป แตกต่างตรงที่ตำแหน่ง ของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบ โดย อุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องกะเทาะเปลือกวางแผนเซ็นเซอร์วัด อุณหภูมิไว้ในเครื่องกะเทาะเปลือก ส่วนระบบปรับอากาศวางไว้ที่ คอมเพรสเซอร์ การควบคุมอุณหภูมิในเครื่องกะเทาะเปลือก ทำได้ด้วย การตั้งค่าที่ร์โมทดลองใน



รูปที่ 3 เครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยาง



รูปที่ 4 ผังการติดตั้งเครื่องลดอุณหภูมิอากาศใน เครื่องกะเทาะเปลือก



รูปที่ 5 เครื่องกะเทาะเปลือก ก) ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิ ข) หลังติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิ



มีการตรวจสอบอุณหภูมิอากาศในเครื่องกะเทาเปลือกอย่างต่อเนื่องด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เครื่องบันทึกข้อมูลของ Campbell Scientific's datalogger ความแม่นยำ $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ($30 - 40^{\circ}\text{C}$) วัดค่าการใช้ไฟฟ้าด้วยเครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า Chauvin Arnoux รุ่น 8332 ส่วนการซึ่งน้ำหนักข้าวใช้เครื่องซึ่งที่มีความละเอียด 0.001 กรัม

3. การทดสอบผลของอุณหภูมิอากาศต่อการแตกหักและการกะเทาในเครื่องกะเทา

ทำการรวมข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 ที่เก็บเกี่ยวจากเขตพื้นที่ด้าบสูน อ่าเภอกันทรารมย์ จังหวัดเชียงใหม่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552 ประมาณ 20 ตัน ทำการลดความชื้นให้เหลือประมาณ 14-15 % มาตรฐานแห้ง ซึ่งหากความชื้นในเมล็ดข้าวตามวิธีของ AOAC (2000) [5] โดยอนแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 103°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาซึ่งน้ำหนักเพื่อหัวน้ำหนักข้าวแห้ง การรวมรวมข้าวเปลือกจากพื้นที่เดียวกัน ทำเพื่อหลีกเลี่ยงคุณภาพข้าวเปลือกที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลให้ปริมาณการแตกหักของข้าวในระหว่างการสีข้าวแตกต่างกันด้วย จากนั้นนำข้าวเปลือกไปทำการกะเทาเปลือกด้วยเครื่องกะเทาเปลือก Great agro ขนาดกำลังการผลิต 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 วันๆ ละ 4 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 10.30 น. - 14.30 น. ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องน้อย แล้วทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งที่มีผลต่อการแตกหักของข้าว ด้วยการตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่คงต่อ ตามรายละเอียดดังนี้

วันที่ 1

เวลา 10.30 น. - 11.30 น. อุณหภูมิไม่เปิด
เครื่องลดอุณหภูมิอากาศ
เวลา 11.30 น. - 12.30 น. อุณหภูมิ 40.5°C
เวลา 12.30 น. - 13.30 น. อุณหภูมิ 40.0°C
เวลา 13.30 น. - 14.30 น. อุณหภูมิ 39.5°C

วันที่ 2

เวลา 10.30 น. - 11.30 น. อุณหภูมิ 39.0°C
เวลา 11.30 น. - 12.30 น. อุณหภูมิ 38.5°C
เวลา 12.30 น. - 13.30 น. อุณหภูมิ 38.0°C
เวลา 13.30 น. - 14.30 น. อุณหภูมิ 37.5°C

ในการทดลองแต่ละอุณหภูมิ ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) อุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งด้วยสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K
- 2) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิ
- 3) เปรอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวที่หาด้วยตะแกรงกลม เมอร์ 7 (TRG type, Satake Co., Higashihiroshima, Japan) ที่

ทำการปรับนุ่มนิ่งของตะแกรงให้เหมาะสมในการทดสอบการแตกหักของข้าว ซึ่งมีวิธีการหาดังนี้

- เก็บตัวอย่างข้าวได้เครื่องกะเทา โดยใช้กระจาดเก็บตัวอย่าง
- ทำการผัดเอาแกลนอออก ด้วยเครื่องแยกแกลน
- ทำการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง ด้วยตะแกรงไอยกข้าวกล้อง
- นำเศษข้าวกล้องมาทำการซึ่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวกล้องโดยซึ่งน้ำหนัก 100 กรัม
- ใส่ข้าวตัวอย่างลงในกรวยด้านบนของเครื่องตะแกรงกลม เมอร์ 7 และทำการเปิดเครื่อง เพื่อทำการคัดแยกเป็นเวลา 240 วินาที จะได้หัวหักก้อนอยู่บนถาดด้านบน ส่วนข้าวเต็มเม็ดอยู่บนถาดด้านล่าง
- นำหัวหักบนถาดไปคำนวณการแตกหักจากการกะเทาตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{สมมุติ} \text{ น้ำหนักข้าวหักบนถาด} = 20 \text{ กรัม}$$

$$\text{กำหนดให้น้ำหนักตัวอย่าง} = 100 \text{ กรัม}$$

$$\therefore \text{ เปอร์เซ็นต์การแตกหัก} = (20/100) \times 100 = 20 \%$$

4) เปรอร์เซ็นต์การกะเทาของข้าวที่หาด้วยตะแกรงกลม เมอร์ 7 (TRG type, Satake Co., Higashihiroshima, Japan) ที่ทำการปรับนุ่มนิ่งของตะแกรงให้เหมาะสมในการทดสอบการกะเทาของข้าว ซึ่งมีวิธีการหาดังนี้

- เก็บตัวอย่างข้าวได้เครื่องกะเทา โดยใช้กระจาดเก็บตัวอย่าง
- ทำการผัดเอาแกลนอออก ด้วยเครื่องแยกแกลน และจะเหลือเศษข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ยังไม่กะเทาเท่านั้น
- ทำการซึ่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ยังไม่กะเทา โดยซึ่งน้ำหนัก 100 กรัม
- ใส่ข้าวตัวอย่างลงในกรวยด้านบนของเครื่องตะแกรงกลม เมอร์ 7 และทำการเปิดเครื่อง เพื่อทำการคัดแยกเป็นเวลา 240 วินาที จะได้ข้าวกล้องอยู่บนถาดด้านบน ส่วนข้าวเปลือกที่ยังไม่กะเทา อยู่บนถาดด้านล่าง
- นำข้าวกล้องบนถาดไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาจากการกะเทาตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{สมมุติ} \text{ น้ำหนักข้าวกล้องบนถาด} = 80 \text{ กรัม}$$

$$\text{กำหนดให้น้ำหนักตัวอย่าง} = 100 \text{ กรัม} \therefore$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทา} = (80/100) \times 100 = 80 \%$$

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศในเครื่องกะเทาที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในกระบวนการกะเทาแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 6 ซึ่งพบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศลดลง เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในกระบวนการกะเทาลดลงตาม เพราะที่อุณหภูมิอากาศต่ำ สมบัติของยางกะเทาจะเสียหายมากกว่าที่อุณหภูมิอากาศสูง เช่น สมบัติความแข็งและความยืดหยุ่น เป็นต้น



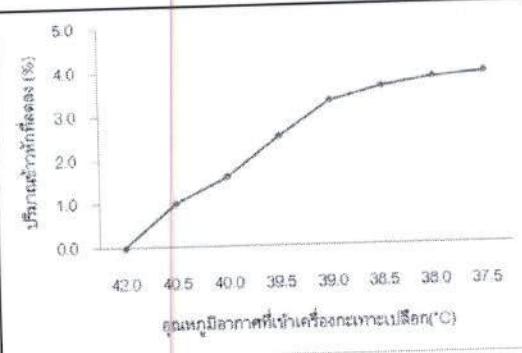
นอกจากนี้สมบัติทางกลของเมล็ดข้าวที่อุณหภูมิอากาศต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิของเมล็ดข้าวต่ำกว่า 40°C [6] เมล็ดข้าวจะมีความต้านทานการแตกหักได้สูง แต่เมื่ออุณหภูมิอากาศลดลงต่ำกว่า 39°C ปริมาณการแตกหักที่ลดลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างกว่าช่วงอุณหภูมิอากาศมากกว่า 39°C ดังแสดงในรูปที่ 6 awan แนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้ากับอุณหภูมิอากาศในเครื่องแกงเป็นไปอย่างที่คาดคิด คือ มีลักษณะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง ตามอุณหภูมิอากาศในเครื่องแกงที่ลดลง (รูปที่ 7)

ผลการทดลองอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศในเครื่องแกงที่มีผลต่อปรอร์เซ็นต์การแกงของข้าวในกระบวนการกระเทาะแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 8 ซึ่งพบว่า เมื่ออุณหภูมิลดลง ปรอร์เซ็นต์การแกงของข้าวในกระบวนการกระเทาะเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อข้าวเปลือกที่ถูกปลดล็อกไปในช่องว่างระหว่างถุงยางหั้งสองถุง เมล็ดข้าวเปลือกจะถูกแรงบีบจากถุงยาง ทำให้เปลือกข้าวถูกแกงออก กรณีใช้เครื่องแกงในสภาพที่มีอุณหภูมิอากาศสูง สมบัติของถุงยางแกงจะเสื่อมสภาพได้ร้าย ทำให้ไม่สามารถแกงเปลือกเมล็ดข้าวได้เหมือนกับใช้งานในสภาพที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำ [7]

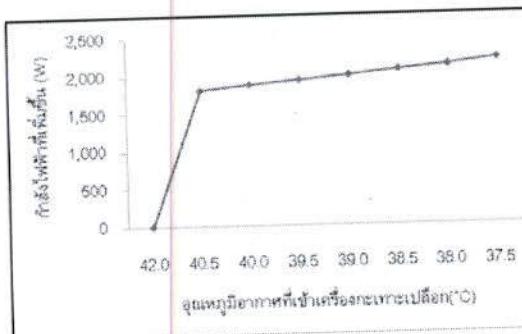
การคำนวณจุดคุ้มทุนของเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องแกงเปลือกเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวตันที่อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องแกงเปลือกต่างๆ แสดงในตารางที่ 3 ที่เป็นการคำนวณกับเครื่องแกงเปลือกที่มีกำลังการผลิต 500 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อชั่วโมง มีการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และคิดราคาข้าวตันสูงกว่าข้าวหัก 15 บาทต่อกิโลกรัม พบว่า เครื่องลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องแกงเปลือกเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวตันมีความคุ้มทุนเร็วมากในเวลาไม่ถึงเดือน ไม่ว่าจะใช้ที่อุณหภูมิอากาศเท่าใดก็ตาม

ตารางที่ 1 ปรอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวที่อุณหภูมิในเครื่องแกงต่างกันในช่วง $37.5 - 42.0^{\circ}\text{C}$

อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องแกงเปลือก ($^{\circ}\text{C}$)	ปริมาณข้าวหัก (%)			กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (W)
	ก่อน	หลัง	ลดลง	
42.0	11.6	11.6	0.0	0
40.5	11.6	10.6	1.0	1,810
40.0	11.6	10.0	1.6	1,883
39.5	11.6	9.1	2.5	1,940
39.0	11.6	8.3	3.3	1,996
38.5	11.6	8.0	3.6	2,062
38.0	11.6	7.8	3.8	2,117
37.5	11.6	7.7	3.9	2,194



รูปที่ 6 ปริมาณปรอร์เซ็นต์ข้าวหักที่อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องแกงเปลือกต่างๆ



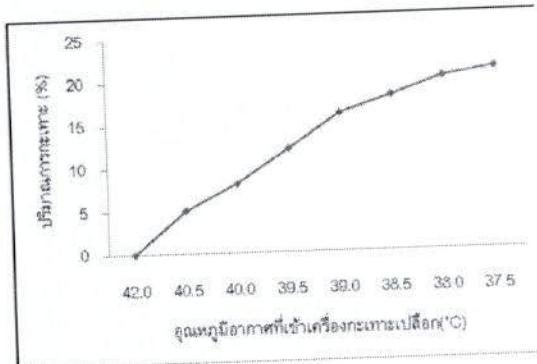
รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าของระบบที่เพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องแกงเปลือกต่างๆ

ตารางที่ 2 ปรอร์เซ็นต์การแกงของข้าวที่อุณหภูมิในเครื่องแกงต่างกันในช่วง $37.5 - 42.0^{\circ}\text{C}$

อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องแกงเปลือก ($^{\circ}\text{C}$)	ปริมาณการกระเทาะ (%)		
	ก่อน	หลัง	เพิ่มขึ้น
42.0	70	70	0
40.5	70	75	5
40.0	70	78	8
39.5	70	82	12
39.0	70	86	16
38.5	70	88	18
38.0	70	90	20
37.5	70	91	21

* หมายถึง กรณียังไม่เปิดเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องแกง

* หมายถึง กรณียังไม่เปิดเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องแกง



รูปที่ 8 ปริมาณเปลือร์เซ็นต์การระเหยที่อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องหมายเปลือกต่างๆ

ตารางที่ 3 แสดงการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องหมายเปลือก (°C)	มูลค่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/วัน)	ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (บาท/วัน)	จุดคุ้มทุน (วัน)
42.0	0	0	-
40.5	3,000	43	13.5
40.0	4,800	45	8.4
39.5	7,200	47	5.6
39.0	9,600	48	4.2
38.5	10,800	49	3.7
38.0	12,000	51	3.3
37.5	12,600	53	3.2

หมายเหตุ :

- 1) * หมายถึง กรณียังไม่เปิดเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องหมาย
- 2) ราคาเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในกระบวนการระเหย เป็นล้อเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวตัน 40,000 บาท

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โรงเรียนการเกษตรราชภัฏพะเยา จังหวัดเชียงราย ที่ได้ออferเพื่อเครื่องหมายเปลือก สกัดที่และตะแกรงกลมสำหรับคัดข้าวคึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพาณิชย์ ครอบคลุมสินค้าหมวด HS 100610 100620 100630 และ 100640 (2553).
- [2] กลุ่มพิจฉานน้อย. 2550. โรงงานแปรรูปข้าวเปลือกและโรงงานปรับปรุงคุณภาพข้าว. ภาควิชาศิลปกรรมและมหาวิทยาลัยอนแก่น, ขอนแก่น, หน้า 43-50.
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, หน้า 3.
- [4] ผดุงศักดิ์ วนิชชัย. 2544. การตัดการโรงสีข้าว. ภาควิชาเกษตรกล้วน คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ฉะเชิงเทรา, หน้า 102-119.
- [5] AOAC. 2000. Official methods of analysis. Association of official Analytical Chemists. Washington, DC.
- [6] James E. W. 1983. Technical handbook for the paddy rice postharvest industry in developing countries. International rice research institute, Philippines.
- [7] Harry T.L. 1981. Grain post-harvest processing technology. Pustaka IPB, Philippines.

5. สรุป

สำหรับเครื่องหมายเปลือกแบบถูกยาง เมื่อทำการติดตั้งเครื่องลดอุณหภูมิอากาศในเครื่องหมายเปลือก พบร้า เมื่ออุณหภูมิอากาศในเครื่องหมายลดลง เปอร์เซ็นต์การระเหยของข้าวในกระบวนการระเหยเพิ่มขึ้น และการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เมื่อคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถต้นทุนได้ในเวลาภายใน 1 เดือน ในทุกค่าอุณหภูมิอากาศ ในเครื่องหมาย