Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 448-451 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 448-451 (2553)

การปรับปรุงคุณภาพการสีของข้าวเปลือกที่ผ่านการเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่น้ำร่วมกับการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการเทมเปอร์ริ่ง

An improvement of milling quality of storage-paddy using soaking, infrared drying and tempering

จักรมาส เลาหวณิช[1] **และ เสรี วงส์พิเชษฐ์**[2]
Juckamas Laohavanich[1] and Seree Wongpichet[2]

Abstract

This is a study of quality improvement method for storage-paddy which deteriorated on storage stage. The aim of the study was to find the appropriate method for decreasing broken grain before milling. The paddy was soaked in water 4 hours at 40 – 60°C. It was then dried using infrared ray for 0–16 minutes. Last process was to be tempered at 0 – 60 minutes. In order to compare the outcome results, the qualities of milling, head rice yield (HRY) and whiteness index (WT), were considered. Then an appropriated condition for improving milling qualities of storage-paddy was analyzed, based on response surface methodology (RSM). Comparing to the socking temperature method, the result showed that paddy heating by infrared drying and tempering had slightly impact on the qualities of milling. In conclusion, an appropriate method for improving milling qualities of storage-rice was recommended to soak for 4 hours in water at temperature around 50 – 53 °C. The result of this method increases HRY about 7%,compared with the reference rice.

Key word: storage-paddy, soaking, infrared drying

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพข้าวเปลือกที่เสื่อมคุณภาพจากการเก็บรักษา มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการลดปริมาณการแตกหักของข้าวก่อนนำมาสี โดยทำการทดสอบด้วยวิธีการแช่น้ำ 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40 - 60 °C ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นเวลา 0 - 16 นาที แล้วจึงนำไปเทมเปอร์ริ่งต่อ 0 - 60 นาที เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพข้าวที่เกิดขึ้นทั้งปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและค่าดัชนีความขาวซึ่งผลการวิเคราะห์หารูปแบบการปรับปรุงคุณภาพข้าวที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง พบว่าการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดและการเทมเปอร์ริ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเพียงเล็กน้อยเท่านั้นส่วนการแช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 50 - 53°C สามารถทำให้ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 7 % เมื่อเทียบกับข้าวอ้างอิง โดยที่ค่าดัชนีความขาวยังคงสูงกว่าค่าอ้างอิง

คำสำคัญ ข้าวเปลือกเก็บรักษา, การแช่, การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

คำนำ

ข้าวเปลือกที่เก็บรักษารอการแปรสภาพเป็นข้าวสารในไซโลมักเกิดการเสื่อมคุณภาพได้จากสาเหตุต่างๆ อาทิ สภาพสถานที่เก็บรักษาไม่เหมาะสม หรือเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน มีแมลงศัตรูทำลายข้าวเปลือก เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปก่อนการจำหน่ายออก สามารถทำการปรับปรุงคุณภาพข้าวได้เพียงการทำความสะอาดใหม่เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนและข้าวที่เสื่อมคุณภาพออก อย่างไรก็ดีข้าวเปลือกดังกล่าวเมื่อนำมาทำการสีเป็นข้าวสารอาจมีปริมาณข้าวแตกหักมากทำให้เกิดการสูญเสียทางมูลค่าข้าวไป แนวทางหนึ่งที่อาจสามารถเพิ่มปริมาณข้าวสารเต็มเมล็ดลดปัญหาการแตกหักได้คือการนำข้าวเปลือกมาปรับปรุงคุณภาพก่อนโดยเทคนิคการใช้คล้ายกับกระบวนการทำข้าวนึ่งแต่จะยังคงรักษาคุณสมบัติความเป็นข้าวสารไว้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการลดปริมาณการแตกหักของข้าวก่อนนำมาสี โดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล ด้วยวิธีการแช่น้ำร่วมกับการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการเทมเปอร์ริ่ง

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150
[1] Faculty of Engineering, Maha Sarakham University, Thailand, 44150
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
[2] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Thailand, 40002.

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ชุดทดสอบการแช่ข้าวเปลือก สามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำระหว่าง 30 – 80 °C ชุดทดสอบการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดแบบ Gas-fired burner ชุดทดสอบการเทอมเปอร์ริ่งประกอบด้วยตู้อบควบคุมอุณหภูมิ และขวดโหลแก้วพร้อมฝาปิดผนึก และ Satake Testing Dryer รุ่น TDR24E สำหรับเป่าลดความชื้นด้วยลมธรรมชาติ โดยมีอุปกรณ์วัดและเก็บข้อมูล ประกอบด้วย เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง เครื่องวัดและเก็บข้อมูลอุณหภูมิ (YOKOGAWA model DX200) และตู้อบตัวอย่างข้าวเปลือกทดสอบเพื่อหาความชื้น ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพการสีข้าว ประกอบด้วยเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก SATAKE รุ่น THU35Aเครื่องขัดขาว SATAKE รุ่น TM 05 และเครื่องวัดความขาว Kett รุ่น C-300

วิธีการและเงื่อนไขทดสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวเปลือกที่เก็บรักษารอการสีโดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล มีการดำเนินการดังแสดงกระบวนการใน Figure 1 ประกอบด้วยการนำข้าวเปลือกที่ผ่านการเก็บรักษามาเพิ่มความชื้นเพื่อทำให้ระดับความชื้นข้าวเปลือกมีเพียงพอต่อการเกิด Gelatinization ของ starch (Araullo et al., 1976; Juliano, 1985) จากนั้นนำไปให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด ก่อนนำมาเทมเปอร์ริ่ง เพื่อทำให้เกิดสภาวะความร้อนและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงของ starch แล้วจึงนำไปลดความชื้นด้วยการเป่าลมธรรมชาติจนเหลือความชื้นประมาณ 16%d.b. ซึ่งพันธะที่เกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่จะทำให้รอยแตกหักในข้าวสารลดลงในที่สุด โดยปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ทดสอบประกอบด้วย การแช่น้ำ 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 °C ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด 0 4 8 12 และ 16 นาที แล้วนำไปใส่ขวดโหลปิดผนึกเพื่อเทมเปอร์ริ่งต่อ 0 30 และ 60 นาทีที่ระดับอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเมล็ดจากขั้นตอนการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดแล้วจึงนำมาเป่าให้แห้งด้วยลมธรรมชาติ แล้วเก็บรักษาไว้ 7 วัน ก่อนนำมาตรวจสอบคุณภาพการสีโดยวิธีการตรวจสอบที่อ้างอิงตามวิธีมาตรฐานของสถาบันวิจัยข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รวมถึงปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานของบริษัทซาทาเก้ (Satake Corporation, Japan) เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพข้าวที่เกิดขึ้นทั้งปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและค่าดัชนีความขาวเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกอ้างอิงที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเพื่อวิเคราะห์ผลต่อไป

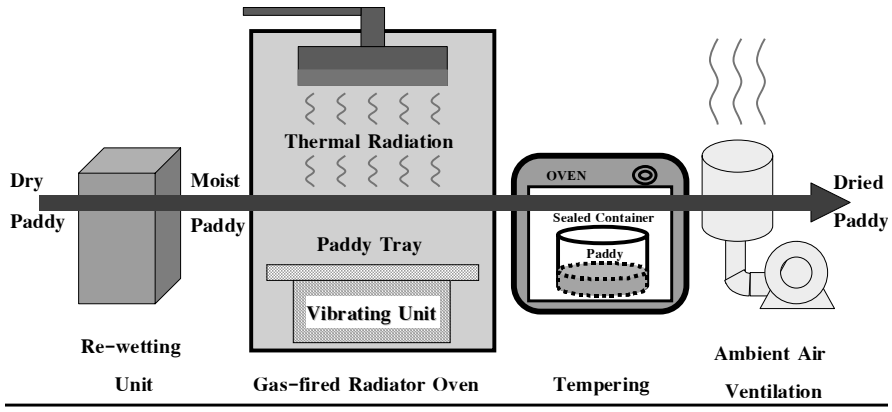

Figure 1 The testing process: Re-wetting by soaking, Heating by infrared drying and tempering

การศึกษาใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial design) ทดสอบ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการการปรับปรุงคุณภาพข้าวที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองแสดงผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการสีข้าวจากการกระทำของปัจจัยทดสอบระดับต่างๆ โดยคุณภาพการสีจะแสดงเป็นค่า ปริมาณต้นข้าว และค่าดัชนีความขาวซึ่งเป็นค่าตอบสนองที่สังเกต (Response variable, Y) จะมีความสัมพันธ์แปรผันตามตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา (Working variables, x_i, i= 1,…,n) ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะสมการเชิงเส้นโค้งกำลังสอง หรือ Quadratic equation (Khuri, 1985; Cornell, 1987) ดังนี้

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i x_i + \sum_{i=1}^{n} a_{ii} x^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i+1}^{n} a_{ij} x_i x_j \qquad (1)$$

เมื่อ a_0 คือ ค่าคงที่, a_i คือ ค่าคงที่ของผลเชิงเส้นตรง (Linear effects), a_{ii} ค่าคงที่ของผลเชิงเส้นโค้ง (Quadratic effects) และ a_{ij} ค่าคงที่ของผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction effect)

ลักษณะการตอบสนองต่อปัจจัยดังกล่าวสามารถอธิบายผลตอบสนองโดยการสร้างกราฟ Contour ซึ่งความลาดชันของเส้นโค้งในกราฟจะแสดงให้เห็นว่าปัจจัยหรือตัวแปรต้น (x_i) ทั้ง อุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือก เวลาในการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด และเวลาในการเทมเปอร์ริ่ง มีอิทธิพลต่อค่าชี้ผลต่างๆ (Y) ซึ่งในที่นี้คือค่าคุณภาพการสีข้าวอย่างไร โดยวิธีการนี้มักนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีหลายปัจจัยและหลายค่าชี้ผลเพื่อหาเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมที่สุด จากการพิจารณาหลายกราฟพร้อมกัน โดยวิธีการซ้อนทับกราฟ (Contour Overlay) เพื่อหาพื้นที่ซึ่งแสดงถึงค่าชี้ผลที่มีค่าเหมาะสม ซึ่งหมายถึง คุณภาพการสีที่เทียบเท่าหรือดีกว่าค่าอ้างอิง ทั้งนี้วิธีการซ้อนทับกราฟเพื่อแสดงคุณภาพการสี จะต้องปรับค่าในแต่ละแกนของกราฟก่อน ซึ่งตัวแปรต้นทุกตัว (X_i) จะถูกปรับให้เป็นค่ารหัส (Coded value, x_i) มีค่าปัจจัยต่ำสุดและสูงสุดอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 จาก

$$x_i = \frac{X_i - X_{i(mean)}}{X_{i(mean)} - X_{i(\min)}} \quad (2)$$

เมื่อ X_i หมายถึง ปัจจัยที่ศึกษาซึ่งเป็นตัวแปรต้นมีจำนวนเท่ากับ i ปัจจัย
$X_{i(mean)}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของปัจจัย i นั้นๆ คำนวณจากค่าระดับสูงสุดและต่ำสุด
$X_{i(min)}$ หมายถึง ค่าระดับต่ำสุดของปัจจัย i

ผลการศึกษา

คุณภาพการสีข้าวภายหลังการทดสอบสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพการสีข้าวภายหลังการเตรียมและแสดงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสัมพัทธ์ (RHY) และ ดัชนีความขาวสัมพัทธ์ (RW) เทียบกับค่าคุณภาพข้าวอ้างอิง โดยนำมาวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง ซึ่งจะวิเคราะห์ความถดถอยของตัวแปรต้น (x_i) ที่ปรับให้เป็นค่ารหัสต่อตัวแปรตาม (RHY และ RW) ได้แก่ ค่าอุณหภูมิน้ำที่ใช้แช่ข้าวเปลือก (x_1) เท่ากับ 40, 50 และ 60°C โดยแทนค่าเป็น -1, 0 และ 1 ตามลำดับ ค่าเวลาในการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด (x_2) เท่ากับ 0, 4, 8, 12 และ 16 นาที แทนด้วยรหัส -1, -0.333, 0.333 และ1 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรต้นท้ายสุดที่นำมาปรับให้เป็นค่ารหัสคือเวลาในการเทมเปอร์ริ่ง (x_3) ได้แก่ เวลา 0, 30 และ 60 นาที ซึ่งปรับเป็นรหัส -1 0 และ1 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความถดถอยแสดงสมการความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือ ปริมาณต้นข้าวสัมพัทธ์ (RHY) และดัชนีความขาวสัมพัทธ์ (RW) สามารถนำมาสร้างกราฟแสดงผลตอบสนองต่อปริมาณต้นข้าวและค่าดัชนีความขาวจากการกระทำของตัวแปรต้นต่างๆ ดังแสดงเป็นกราฟสามมิติใน Figure 2 และ Figure 3 ตามลำดับ

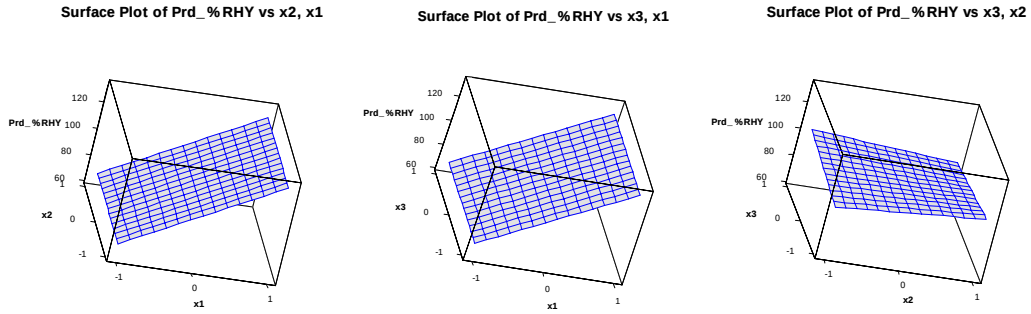

Figure 2 Surface plot of percentage relative head rice yield (%RHY)

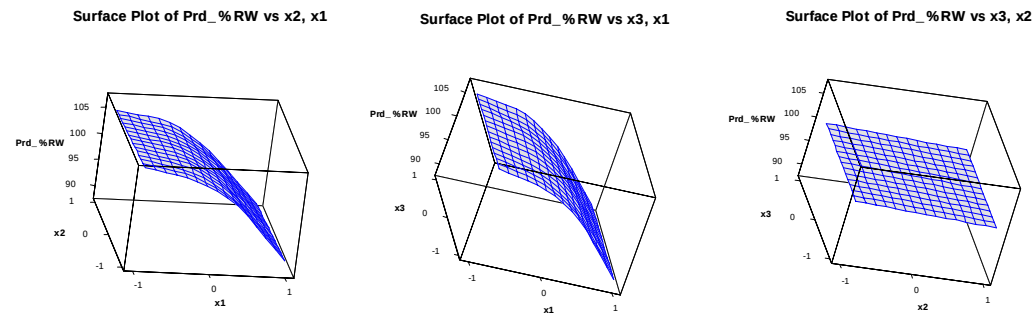

Figure 3 Surface plot of percentage relative whiteness (%RW)

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพการสีข้าวภายหลังการเตรียมและแสดงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสัมพัทธ์ (RHY) และดัชนีความขาวสัมพัทธ์ (RW) เทียบกับค่าคุณภาพข้าวอ้างอิง จากกราฟจะเห็นได้ว่า ขั้นตอนการเพิ่มความชื้นข้าวเปลือก (x_1) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลหลักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ส่วนอิทธิพลของเวลาการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด (x_2) และเวลาในการเทมเปอร์ริ่ง (x_3) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยมากเมื่อเทียบกับ (x_1) ทั้งนี้ค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสัมพัทธ์ (RHY) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าดัชนีความขาวสัมพัทธ์ (RW) จะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิน้ำที่ใช้แช่ข้าวเพิ่มขึ้น

การพิจารณาหาว่าเงื่อนไขการเตรียมข้าวเปลือกแบบใดเหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพข้าวเปลือกนั้น สามารถทำได้โดยการพิจารณากราฟ Contour แสดงระดับของตัวแปรตามหรือคุณภาพการสีจากผลของตัวแปรต้น x_1, x_2 และ x_3 ซึ่งเทคนิคการหาเงื่อนไขการเตรียมข้าวเปลือกที่เหมาะสมนั้นคือ การซ้อนทับกราฟ เพื่อศึกษาแนวโน้มของตัวแปรตามในฟังก์ชั่นของตัวแปรต้นต่างๆ โดยสร้างกราฟแสดงค่าปริมาณต้นข้าวสัมพัทธ์และดัชนีความขาวจากตัวแปร 2 ตัว ซึ่งเลือกสร้างจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในที่นี้คือ x_1 และ x_2 โดยจากการที่ระดับอุณหภูมิน้ำที่ใช้แช่ข้าวเปลือกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงทำให้เส้นกราฟแสดงลักษณะคุณภาพการสีข้าวที่เปลี่ยนแปลงเฉพาะแกน x_1 นี้ดังแสดงใน Figure 4 เมื่อนำกราฟ RHY และ RW มาซ้อนทับ จะทำให้สามารถหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวเปลือกได้ โดยพื้นที่ที่แรเงานั้นแสดงค่าปริมาณต้นข้าวสัมพัทธ์และค่าดัชนีความขาวสัมพัทธ์ใกล้เคียงหรือมากกว่าค่าอ้างอิงจากกราฟ ทั้งนี้สังเกตได้ว่าพื้นที่ดังกล่าวครอบคลุมทุกระดับเวลาในการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลน้อย ส่วนระดับอุณหภูมิน้ำสำหรับแช่ข้าวเปลือกซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการสีสูง พบว่าควรแช่ที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 50 - 53°C ซึ่งจะทำให้ต้นข้าวสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นได้ประมาณ 7% สัมพัทธ์ โดยที่ค่าดัชนีความขาวยังคงสูงกว่าค่าอ้างอิง

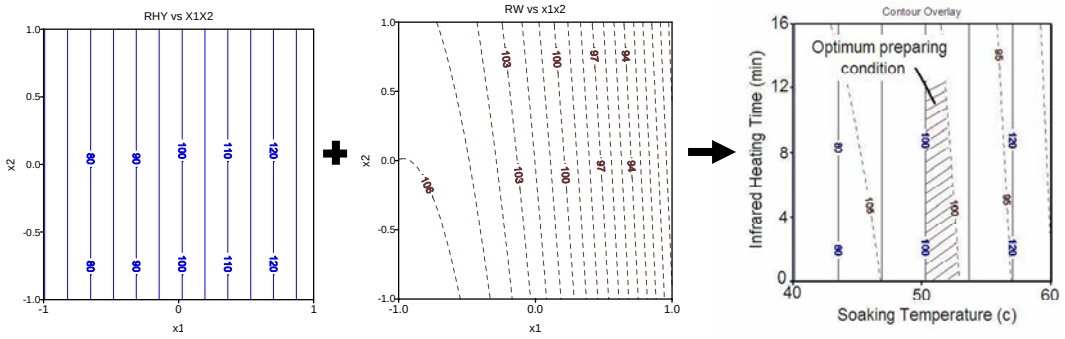

Figure 4 Overlay contour plot of RHY and RW of x_1 and x_2 to determine the optimum preparing conditions

สรุป

จากการปรับปรุงคุณภาพข้าวเปลือกพบว่าการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดและการเทมเปอร์ริ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับผลจากอุณหภูมิน้ำที่ใช้แช่ข้าว โดยที่อุณหภูมิ 50 - 53°C สามารถทำให้ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 7 % เมื่อเทียบกับข้าวอ้างอิง โดยที่ค่าดัชนีความขาวยังคงสูงกว่าค่าอ้างอิง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Araullo, E.V., De Padua, D.B., Graham, M. 1976. Rice: Post Harvest Technology. Ottawa: International Development Research Centre.

Juliano, B.O. 1985. Rice: Chemistry and Technology. 2nd ed. Minnesota: The American Association Cereal Chemists Inc.

Khuri A.Z., Cornell J.A. 1987. Response surface design and analysis. New York: Marcel Dekker