การออกแบบและทดสอบเครื่องผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชน
Design and Test of Accelerated Aging Rice Machinery for Community Rice Mill.

ภิญโญ ชุมมณี[1] วีระชาติ จริตงาม[2] ธนรัตน์ ศรีรุ่งเรือง[2] และ วัชระ ชัยสงคราม[2]
Pinyo Chummanee[1], Weerachat Jaritngam[2], Tanarat Srirungruang[2] and Watchara Chaisongkram[2]

Abstract

The objective of this paper was to design and test an aging-induce rice machinery for community rice mill. A prototype was designed and fabricated for community rice mill. The machine fed 750 kg/h of paddy in opposite direction of the injected hot steam into the system. Product quality after processing also has been taken into consideration. The experimental results showed that after the accelerated aging precesses the paddy properties were equivalent to 6 months stored paddy. The qualities of rice were analyzed in terms of volume expansion ratio and water absorption ratio when cooking rice. The qualities of the processed rice were compared with those of the natural aging storage for 0 month and 6 months. The results showed expansion volume ratios were 2.25, 2.75 and 2.7, respectively while water absorption ratios were 2, 2.36 and 2.30, respectively.The treated paddy was in the system about 4 minutes. The steam temperatures used were about 70-80 ^{o}C; the speed of conveyor system was 600 rpm (revolutions per minute); electric power used was 17.3 kW. Accelerated aging rice cost was 0.185 baht/kg, fixed cost for machine building was 0.016 baht/kg based on 5 years machine life. Energy cost was 0.069 baht/kg and operating cost was 0.1 baht/kg when used the machine 8 h/day.

Keywords: accelerated aging rice, hot steam, community rice mill

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบเครื่องผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชน โดยใช้เทคนิคการพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่อง ซึ่งการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตข้าวเก่าที่กำลังผลิต 750 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยต้องคำนึงถึงคุณภาพของข้าวเก่าหลังการพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้อยู่ในเกณฑ์ดี เพื่อต้องการให้เป็นเครื่องผลิตข้าวเก่าต้นแบบสำหรับโรงสีข้าวชุมชน ซึ่งมีข้อดีและข้อได้เปรียบพอที่จะแนะนำให้โรงสีข้าวชุมชนสามารถออกแบบสร้างและดำเนินการทดลองใช้งานได้จริง พบว่า การผลิตข้าวเก่าโดยใช้เทคนิคพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่อง สามารถเร่งข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่าที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับข้าวเก่าที่เก็บไว้นาน 6 เดือน โดยใช้วิธีตรวจสอบคุณสมบัติข้าวเก่าทางกายภาพด้วยการหุงเปรียบเทียบค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรที่เพิ่มขึ้นและค่าปริมาณการดูดซึมน้ำในรูปของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองข้าวใหม่,ข้าวเก่าที่เก็บไว้นาน 6 เดือน และข้าวจากเครื่องผลิตข้าวเก่า มีอัตราการขยายตัว 2.25, 2.75 และ 2.7 เท่า สำหรับค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ 2, 2.36 และ 2.30 เท่า ซึ่งการผลิตข้าวเก่าจะกำหนดให้ข้าวเปลือกใหม่อยู่ในเครื่องผลิตข้าวเก่านานประมาณ 4 นาที โดยใช้อุณหภูมิไอน้ำร้อนชื้นพ่นให้กับข้าวเปลือกอยู่ในช่วงประมาณ 70-80 °C ความเร็วรอบของระบบลำเลียงข้าวเปลือกในห้องผลิตข้าวเก่า 600 รอบต่อนาที อัตราใช้กำลังไฟฟ้า 17.3 กิโลวัตต์ หากมีการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตข้าวเก่าเป็น 0.185 บาทต่อกิโลกรัม แยกเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องผลิตข้าวเก่า 0.016 บาทต่อกิโลกรัม คิดอายุการใช้งานของเครื่องผลิตข้าวเก่า 5 ปี ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 0.069 บาทต่อกิโลกรัม และเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 0.1 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: การเร่งให้เป็นข้าวเก่า ไอน้ำร้อน โรงสีชุมชน

คำนำ

ข้าวเป็นผลิตผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย งามชื่น (2547) รายงานว่ากลุ่มเกษตรกรในชุมชนได้นำข้าวมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์กันอย่างแพร่หลาย เช่น การทำขนมจีน การทำเส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 6000
[1]Division of Energy Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, 60000
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เครื่องกล การผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 6000
[2]Division of Electromechanic Manufacturing Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, 60000

ซึ่งข้าวที่เหมาะสมเป็นข้าวที่มีอมิโลสไม่ต่ำกว่า 27% และควรเป็นข้าวเก่า 3-4 เดือนขึ้นไป และจากพฤติกรรมผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่ นิยมซื้อหา และรับประทานข้าวเก่ามากกว่าข้าวใหม่ เพราะข้าวเก่าเมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วจะได้ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้น หรือเหนียวเกาะติดน้อยลง และมีผลให้ข้าวสุกขยายปริมาตรรวมได้มากขึ้นหรือขึ้นหม้อดีขึ้น ซึ่งข้าวเก่าคือข้าวที่เก็บไว้นานค้างปีหรือเก็บเกี่ยวมากกว่า 4-6 เดือน แล้วจึงค่อยนำมาขัดสี เมล็ดข้าวจะมีสีขาวขุ่นสวย มีรอยการแตกหักบ้างเล็กน้อยเท่านั้น กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวพิษณุโลก (2551) พบว่าข้าวเก่าเมื่อนำมาหุงต้มจะหุงขึ้นหม้อหรือขยายปริมาตรได้มากกว่าข้าวใหม่ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้น และใช้เวลาในการหุงต้มให้สุกนานขึ้น Liaquat (2004) รายงานว่าการเก็บรักษาข้าวเก่าตามธรรมชาติทำให้เสียเวลาในการเก็บรักษา ทำให้เกิดปัญหาด้านพื้นที่ในการเก็บรักษา และเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาข้าวเปลือก ในการวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและทดสอบเครื่องผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชน โดยใช้เทคนิคการพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่อง ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่าที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้กลุ่มเกษตรกรเพิ่มมูลค่าข้าวที่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้มีราคาสูงขึ้นได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเร่งความเก่าข้าวด้วยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวใหม่ ภูมิสิทธิ์ (2545) พบว่า การใช้อุณหภูมิสูงอบข้าวเปลือกเพื่อเร่งให้คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้งเปลี่ยนจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า ใช้เวลาอบน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ โดยข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 24.64 %w.b. ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาอบเพื่อเร่งให้ข้าวเกิดความเก่าได้ คือ อุณหภูมิ 55, 60, 65 และ 70°C เวลาที่ใช้อบ 26, 13, 8 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับทำให้ได้ข้าวที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน งานวิจัยนี้ทดลองโดยการพ่นไอน้ำร้อนชื้นไหลต่อเนื่องให้กับข้าวเปลือกหอมปทุมธานีที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆของเกษตรกรในพื้นที่ ตำบลหนองยายดา อำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี จากนั้นทำการเตรียมข้าวเปลือกที่ใช้ในงานวิจัยโดยการชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกให้ได้ชุดทดลองอย่างละ 750 กิโลกรัม โดยเตรียมข้าวเปลือกให้มีค่าความชื้นก่อนเข้าเครื่องผลิตข้าวเก่าเท่ากับ 25 %w.b. แล้วทำการเร่งความเก่าข้าวด้วยเครื่องผลิตข้าวเก่า โดยใช้เทคนิคการพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่องที่ได้สร้างเอาไว้ หลังจากผ่านกรรมวิธีการเร่งความเก่าข้าวแล้ววัดความชื้น และอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80-100°C จนเหลือความชื้น 14 %w.b. ในการทดลองอบข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ของ ดลฤดี (2550) พบว่า ลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 6-8 ชั่วโมง จะทำให้ข้าวมีคุณสมบัติการหุงต้มใกล้เคียงข้าวเก่าอายุ 6 เดือน แล้วนำไปตรวจสอบคุณสมบัติข้าวเก่าทางกายภาพ ด้วยการหุงข้าวเปรียบเทียบค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และค่าปริมาณการดูดซึมน้ำในรูปของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเป็นข้าวเก่าของข้าวหอมมะลิ มัทนียา (2548) รายงานว่า อุณหภูมิอบแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ 150 °C ความชื้นเริ่มต้น 24.9 %w.b. เก็บในที่อับอากาศ 120 นาที ซึ่งข้าวที่ได้จะมีค่าอัตราการยืดตัว, การขยายปริมาตร และการดูดซับน้ำของข้าวสุกเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับข้าวที่เก็บตามธรรมชาติเป็นระยะเวลา 6 เดือน

ผล

การออกแบบเครื่องผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชนโดยใช้เทคนิคพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่อง มีกำลังผลิต 750 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Figure 1) โดยเริ่มต้นศึกษาข้อมูลสภาพข้าวเปลือกใหม่อย่างละเอียด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการคำนวณทางวิศวกรรมในส่วนต่างๆ เช่น การออกแบบหม้อต้มไอน้ำ ระบบต้นกำลังไฟฟ้า เกลียวลำเลียง เป็นต้น

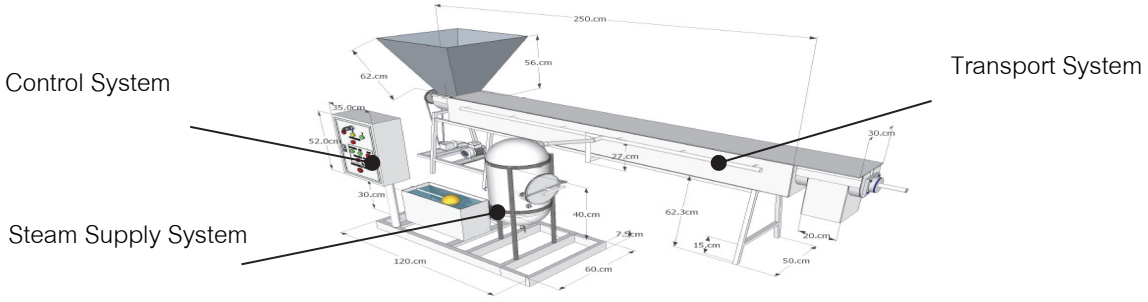

Figure 1 Design and test of the aging-induce rice machinery for community rice mill.

การสร้างและทดสอบเครื่องผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชนโดยใช้เทคนิคพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่อง (Figure 2) ซึ่งได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่มีกำลังผลิต 750 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพื่อใช้ในการเร่งความเก่าข้าวเปลือกหอมปทุมธานี พบว่า สามารถผลิตข้าวเก่าที่กำลังผลิต 750 กิโลกรัมต่อชั่วโมงได้อย่างต่อเนื่อง และการเร่งความเก่าด้วยเครื่องผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชนอยู่ในเกณฑ์ดี

Figure 2 Aging-induce rice machinery for community rice mill.

การเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายตัวของข้าว (Volume expansion) ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งพิจารณาจากการตรวจสอบค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรข้าว ในแต่ละช่วงเวลาของการพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่องด้วยเครื่องผลิตข้าวเก่าในทุกๆระยะเวลาการทดสอบมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่าจากค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตร 2.25 เท่าขึ้นไปที่ค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรเท่ากับ 2.7 เท่า (Figure 3) โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในเครื่องผลิตข้าวเก่านานประมาณ 4 นาที โดยใช้ความเร็วของมอเตอร์ในการระบบลำเลียงข้าวเปลือกประมาณ 600 รอบต่อนาที สำหรับอุณหภูมิไอน้ำร้อนชื้นที่ใช้ในการผลิตข้าวเก่าอยู่ในช่วงประมาณ 80 °C พบว่า ข้าวเปลือกอยู่ในเครื่องผลิตข้าวเก่านาน 4 นาที มีค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 2.7 เท่า

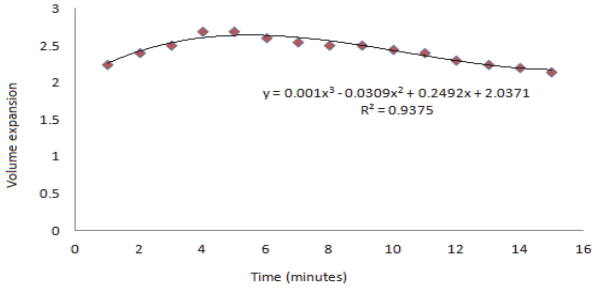

Figure 3 Volume expansion ratios of cooked rice samples from different steaming period.

การเปรียบเทียบเปรียบเทียบค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรที่เพิ่มขึ้นและค่าปริมาณการดูดซึมน้ำในรูปของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากข้าวใหม่, ข้าวเก่าที่เก็บไว้นาน 6 เดือน และข้าวจากเครื่องผลิตข้าวเก่า พบว่า การทดลองข้าวใหม่, ข้าวเก่าที่เก็บไว้นาน 6 เดือน และข้าวจากเครื่องผลิตข้าวเก่า มีอัตราการขยายตัว 2.25, 2.75 และ 2.7 เท่า สำหรับค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ 2, 2.36 และ 2.30 เท่า (Figure 4)

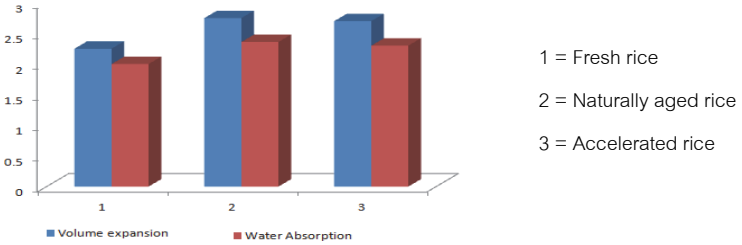

Figure 4 Comparison of volume expansion and water absorption ratios.

วิจารณ์ผล

การออกแบบและทดสอบเครื่องผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชนโดยใช้เทคนิคพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่อง โดยได้ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตข้าวเก่าที่มีกำลังผลิต 750 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่า สามารถผลิตข้าวเก่าที่กำลังผลิต 750 กิโลกรัมต่อชั่วโมงได้อย่างต่อเนื่อง และมีคุณภาพของข้าวเก่าหลังจากผ่านกรรมวิธีการเร่งความเก่าโดยใช้เทคนิคพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่องอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งมีข้อดีและข้อได้เปรียบพอที่จะแนะนำให้โรงสีข้าวชุมชนสามารถทำการออกแบบ สร้างและดำเนินการทดลองใช้งานได้จริง

การเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรข้าว ซึ่งพิจารณาจากการทดสอบค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรก่อนเข้าเครื่องผลิตข้าวเก่าเท่ากับ 2.25 เท่า โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในเครื่องผลิตข้าวเก่านานประมาณ 4 นาที โดยใช้ความเร็วของมอเตอร์ในการระบบลำเลียงข้าวเปลือกประมาณ 600 รอบต่อนาที สำหรับอุณหภูมิไอน้ำร้อนชื้นที่ใช้ในการ

ผลิตข้าวเก่าอยู่ในช่วงประมาณ 80 °C พบว่า ข้าวเปลือกอยู่ในเครื่องผลิตข้าวเก่านาน 4 นาที มีค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 2.7 เท่า ซึ่งคุณภาพของข้าวใกล้เคียงกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือนที่เก็บไว้ตามธรรมชาติ

การเปรียบเทียบเปรียบเทียบค่าอัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรที่เพิ่มขึ้นและค่าปริมาณการดูดซึมน้ำในรูปของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากข้าวใหม่, ข้าวเก่าที่เก็บไว้นาน 6 เดือน และข้าวจากเครื่องผลิตข้าวเก่า พบว่า การทดลองข้าวใหม่, ข้าวเก่าที่เก็บไว้นาน 6 เดือน และข้าวจากเครื่องผลิตข้าวเก่า มีอัตราการขยายตัว 2.25, 2.75 และ 2.7 เท่า สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พลากร (2553) รายงานว่า การศึกษาการเร่งความเก่าด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับอุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 5 นาที พบว่า อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวดังกล่าวใกล้เคียงกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน สำหรับค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ 2, 2.36 และ 2.30 เท่า สอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติศักดิ์ (2554) รายงานว่าการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคการอบลดความชื้นแบบเมล็ดข้าวไหลคลุกเคล้า พบว่าการเร่งความเก่าจะเพิ่มอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวสุก และปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับสูงกว่าข้าวเก่าตามธรรมชาติ ส่วนการศึกษาของไกรสีห์ (2552) มีวิเคราะห์ปัจจัยการเร่งอายุข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพที่ได้ทำการเปรียบเทียบกับข้าวที่เก็บรักษาตามแบบธรรมชาติเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าสมบัติทางเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่ได้จากข้าวที่ผ่านกาเร่งอายุ เช่น การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกก็ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษานี้เช่นกัน ซึ่งการที่อัตราการขยายตัวในรูปของปริมาตรที่เพิ่มขึ้นและค่าปริมาณการดูดซึมน้ำในรูปของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนั้นพิจารณาได้ว่ามาจากสาเหตุ 2 ประการ คือ การพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าได้ และระยะเวลาในการพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกเป็นตัวแปรผันโดยตรงกับคุณสมบัติทางเคมี

สรุป

การผลิตข้าวเก่าสำหรับโรงสีข้าวชุมชนโดยใช้เทคนิคพ่นไอน้ำร้อนชื้นให้กับข้าวเปลือกที่ไหลต่อเนื่อง สามารถผลิตข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าได้ โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกใหม่อยู่ในเครื่องผลิตข้าวเก่านานประมาณ 4 นาที โดยใช้อุณหภูมิไอน้ำร้อนชื้นพ่นให้กับข้าวเปลือกอยู่ในช่วงประมาณ 70-80 °C ความเร็วรอบของระบบลำเลียงข้าวเปลือกในห้องผลิตข้าวเก่า 600 รอบต่อนาที อัตราใช้กำลังไฟฟ้า 17.3 กิโลวัตต์ หากมีการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตข้าวเก่าเป็น 0.185 บาทต่อกิโลกรัม แยกเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องผลิตข้าวเก่า 0.016 บาทต่อกิโลกรัม คิดอายุการใช้งานของเครื่องผลิตข้าวเก่า 5 ปี ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 0.069 บาทต่อกิโลกรัม และเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 0.1 บาทต่อกิโลกรัม

คำขอบคุณ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ ขอขอบคุณ สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการอุดมศึกษา ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณดำเนินการจนโครงการประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. ปทุมธานี. 130 หน้า.

กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวพิษณุโลก. 2551. ความรู้ที่ไม่ลับ นำสู่การเพิ่มศักยภาพทางธุรกิจ.กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 51:52-57

ภูมิสิทธิ์ วรรณชารี. 2545. การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยเร่ง. สาขาวิชาเครื่องจักรกลการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 104.

ดลฤดี ใจสุทธิ์ และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2550. การเร่งความเก่าข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ. การประชุมวิชาการด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ : 1-9 หน้า.

มัทนียา เชี่ยวเวช . 2548. การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคในการอบแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับเทมเปอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พลากร สำรีราษฎร์. 2553. การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 196.

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์. 2554. การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคการลดความชื้นแบบเมล็ดข้าวไหลคลุกเคล้า. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. เชียงใหม่. หน้า 116.

ไกรสีห์ พิสิษฐ์กุล. 2552. สมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพการหุงต้มของข้าวใหม่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อถูกทำให้เก่าด้วยปัจจัยการเร่งอายุ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 131.

Ali L., A. Ali, M.A. Karim, S.S. Ali and G. Hassan. 2004. Influence of aging on culinary and chemical properties of basmati 385 rice grain. Pakistan Journal of Agricultural Engineering Research 18: 37-39.