RMUTP Research Journal Special Issue
The 5th Rajamangala University of Technology National Conference

การวิจัยและพัฒนาเครื่องล้างข้าวเปลือกสำหรับเครื่องสีข้าวระดับครัวเรือน
Research and Development on Paddy Washing Machine for Households Rice Milling Machines

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง[1] ใจทิพย์ วานิชชัง[1] และ เพียงขวัญ วานิชชัง[2*]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110

[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิทย์-คณิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเครื่องล้างข้าวเปลือกสำหรับเครื่องสีข้าวระดับครัวเรือน ถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการวิจัยสู่ชุมชนเพื่อให้ชุมชนเข้มแข็ง เพื่อให้สามารถนำผลงานวิจัยสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จากผลการวิจัยพบว่า การล้างข้าวเปลือกเหมาะกับการใช้ข้าวเปลือกความชื้นสูงระหว่าง 20-25 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาล้าง 1-3 นาทีจะได้รับคุณภาพการสีดีกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำ ในการทดสอบเครื่องที่พัฒนาขึ้นโดยตะแกรงหมุนด้วยความเร็ว 35 รอบต่อนาที ที่มุมเอียง 1, 2 และ 3 องศา โดยใช้ข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 มีความชื้น 21.60 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีอัตราการทำงานประมาณ 150-200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คุณภาพการสีมีความแตกต่างกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการล้างน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าวเปลือกที่ได้มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และได้รับข้าวต้นเพิ่มขึ้นประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการขัดเดียวกัน

จากผลการทดสอบพอสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มมุมเอียงของตะแกรงทรงกระบอกหมุนจะทำให้เครื่องมีอัตราการทำงานเพิ่มขึ้น ใช้ปริมาณน้ำในการล้างน้อยลง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นมุมเอียงที่เหมาะสมควรใช้มุม 3 องศาซึ่งจะได้ประสิทธิภาพสูงและประหยัดน้ำ การล้างข้าวเปลือกจะทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความสะอาดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มคุณภาพการสีโดยเฉพาะปริมาณข้าวต้นที่ได้รับสูงขึ้นข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำจะมีคุณภาพด้านสีไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการล้างน้ำที่อัตราการขัดขาวเดียวกัน

Abstract

The objectives of this study were to develop the paddy washing machine for community rice milling machines, to extend this technology to rural community and introduce to commercial production. The experiments were conducted at the Department of Agricultural Engineering and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangpra Campus, Sriracha, Chonburi. The results showed that paddy washing machine was suitable for high moisture content paddy between 20-25 % and washing for 1-3 minutes demonstrated better milling quality than unwashed paddy. Performance test of this developed paddy washing machine using drum speed at 35 rpm, drum slopes of 1, 2 and 3 degree, and 21.60 % MC KDML 105 paddy could reach capacity about 150-200 kg/hr. The milling quality was significantly different at 95% confidence level from unwashed paddy. Furthermore, this machine provided 1% better in purity and 11% better head rice yield at the same milling degree.

From the study, it can be concluded that increasing drum slope gave higher capacity, higher power efficiency, and lower water usage. The best condition was working with drum slope of 3 degree. The paddy washing process gave higher purity of paddy, head yield and power efficiency of washing process while the color property was not significantly different from unwashed paddy at the same milling degree.

คำสำคัญ : เครื่องล้างข้าวเปลือก
Keywords : Paddy Washing Machine

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ pwanitchang@yahoo.com โทร. 08 1945 2926

1. บทนำ

การซื้อขายข้าวเปลือกในปัจจุบันโรงสีจะต้องตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือกก่อนการตกลงราคาซื้อขายถ้าข้าวเปลือกมีปริมาณสิ่งเจือปนมากก็จะถูกตัดราคาของข้าวเปลือกลงตามสัดส่วนของปริมาณสิ่ง เจือปน เนื่องจากข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวมาขายจะยังมีสิ่งเจือปนอยู่หลายชนิดทั้งสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ เช่นเศษฟาง ก้อนดิน เศษเชือก สิ่งเจือปนขนาดเล็ก เช่น กรวด ทราย เมล็ดวัชพืช แมลง สิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบา เช่นฝุ่น ละอองคายข้าว (ผดุงศักดิ์, 2544) เมื่อนำมาแปรรูปจะทำให้มีปัญหาสิ่งแวดล้อมมีการฟุ้งกระจายสร้างความรำคาญ และเกิดการติดขัดในเครื่องจักรโดยเฉพาะเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่ใช้สีข้าวในครัวเรือน หรือใช้สีข้าวเพื่อผลิตเป็นสินค้าประจำตำบลซึ่งเริ่มมีการนำมาใช้แพร่หลายมากขึ้น เครื่องสีข้าวครัวเรือนซึ่งเป็นเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจึงไม่มีอุปกรณ์ในการทำความสะอาด ทำให้ขณะทำการสีเกิดการอุดตันบ่อยๆทำให้การใช้งานไม่สะดวกและเสียเวลา ขณะเดียวกันขณะสีก็จะมีฝุ่นฟุ้งสร้างความรำคาญและทำให้ภายในบ้านสกปรก การทำความสะอาดเบื้องต้นจะสามารถลดปัญหาการอุดตันในเครื่องจักรระหว่างการสีแปรรูปได้ แต่ข้าวเปลือกจะยังคงมีฝุ่นและละอองคายข้าวที่สร้างความรำคาญจากการฟุ้งกระจายซึ่งเครื่องทำความสะอาดไม่สามารถแยกออกได้ แม้จะใช้ลมดูดออกก็ยังคงมีฝุ่นเหลืออยู่กับเมล็ด(Van Ruiten,1985) แต่ถ้าใช้การล้างน้ำซึ่งสามารถทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกจนไม่มีฝุ่นและละอองคายข้าวติดอยู่กับเมล็ด นอกจากนั้นที่ผิวของเมล็ดข้าวยังอาจมีสารเคมีจากการฉีดพ่นกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่อาจจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ซึ่งการทำความสะอาดปกติไม่สามารถแยกออกได้ แต่ถ้าใช้การล้างน้ำซึ่งสามารถทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกจนไม่มีฝุ่นละอองคายข้าวและสารเคมีติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือกก่อนนำไปแปรรูป กระบวนการล้างข้าวโดยการนำเมล็ดข้าวแช่ในน้ำ กวนในช่วงเวลาสั้นๆ หรือการฉีดพ่นน้ำล้างข้าว(ใจทิพย์,2544) กระบวนการล้างข้าวโดยการนำเมล็ดข้าวแช่ในน้ำ กวนในช่วงเวลาสั้นๆ จะสามารถแยกฝุ่นแป้งที่เกาะบนผิวเมล็ดข้าวออกได้ แต่จะทำให้เมล็ดเปียกน้ำมีความชื้นสูงขึ้นจึงต้องมีการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยในการเก็บรักษาที่ความชื้นประมาณ 14-15 เปอร์เซ็นต์(Yamashita,1993) การล้างน้ำจะสามารถแยกฝุ่นแป้งและสารเคมีที่เกาะบนผิวเมล็ดข้าวออกได้ ในระหว่างการแช่จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้เมล็ดเกิดการแตกร้าวระหว่างการล้างเมล็ดข้าวแต่การที่เมล็ดถูกน้ำเปียกอาจทำให้เกิดการแตกร้าวภายในเนื้อแป้ง(Satake.1990) ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาและออกแบบให้เครื่องล้างข้าวเปลือกสามารถแยกฝุ่นคายข้าวออกจากเมล็ดโดยไม่ทำให้เกิดการแตกร้าว ก็จะสามารถล้างข้าวเปลือกให้สะอาดปราศจากฝุ่นคายข้าว สารเคมี และสามารถนำข้าวเปลือกมาใช้กับเครื่องสีข้าวขนาดเล็กในครัวเรือนโดยไม่มีฝุ่นฟุ้งกระจายสร้างความรำคาญระหว่างการแปรรูป นอกจากนั้นยังจะสร้างโอกาสในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เช่น ข้าวเปลือกสะอาดบรรจุกล่อง หรือถุงขนาดเล็กสำหรับจำหน่ายคู่กับเครื่องสีข้าวครัวเรือนที่เริ่มได้รับความสนใจแปรรูปบริโภคเองในครัวเรือน หรือจัดจำหน่ายเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ผลิตได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาเครื่องล้างข้าวเปลือกสำหรับเครื่องสีข้าวระดับครัวเรือน
2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการวิจัยสู่ชุมชนเพื่อให้ชุมชนเข้มแข็ง
3. เพื่อให้สามารถนำผลงานวิจัยสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

2. วิธีการทดลอง

การวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 พัฒนาเครื่องล้างข้าวเปลือก ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอกหมุนให้ข้าวไหลอย่างต่อเนื่อง ระหว่างการล้างหัวฉีดจะพ่นน้ำล้างข้าวโดยมีปั้มไหลเวียนน้ำผ่านไส้กรองน้ำเพื่อทำความสะอาดน้าด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

2.2 ตรวจสอบพื้นข้าวเปลือกชื้นที่ใช้ในการทดสอบโดยชั่งข้าวเปลือก 250 กรัม กะเทาะเอาเปลือกออกด้วยเครื่องทดสอบการกะเทาะลูกยาง (ไม่เกิน 3 รอบ) ได้ข้าวกล้องชั่งน้ำหนักข้าวกล้องแล้วนำไปขัดขาวด้วยเครื่องทดสอบขัดขาวลูกหิน 1 นาที ได้ข้าวขาวชั่งน้ำหนักข้าวขาวแล้วนำไปคัดขนาดด้วยตะแกรงกลมเป็นเวลา 1 นาที ชั่งน้ำหนักข้าวต้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้รับ โดยใช้สูตร เปอร์เซ็นต์ผลผลิต = น้ำหนักผลผลิต x 100/250

2.3 นำข้าวต้นไปวัดคุณภาพด้านสี ความขาว ความใส อัตราการขัดขาว โดยใช้เครื่องวัดความขาวซาตาเก้ และวัดค่า L ,a,b โดยเครื่อง Hunter color meter

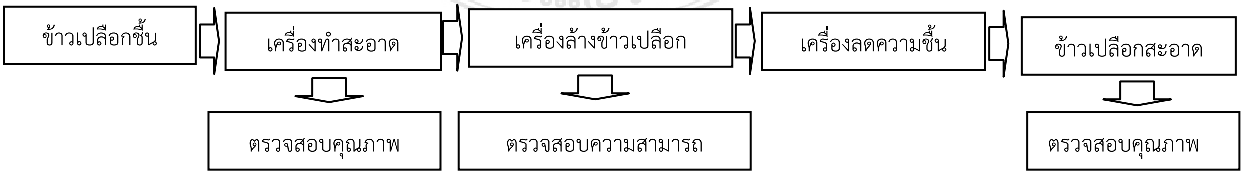
2.4 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างข้าวเปลือก โดยชั่งข้าวเปลือกชื้นหลังการเก็บเกี่ยว 10 กิโลกรัม วัดความชื้น ทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดแบบพัดลมดูดและตะแกรงก่อนนำมาใช้ในการทดสอบล้างน้ำด้วยเครื่องที่พัฒนาขึ้น ปรับตั้งความเร็วรอบการหมุนของตะแกรงที่ 35 รอบต่อนาที ปรับความเอียง 1 องศา ป้อนข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม ลงตะแกรงหมุนล้างด้วยน้ำที่ฉีดพ่นขณะหมุนไปตามตะแกรง จับเวลาตั้งแต่ป้อนข้าวจนข้าวหมดถังป้อน และจนข้าวไหลออกจากถังจนหมด วัดกระแสไฟฟ้า บันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้าง ตรวจคุณภาพน้ำก่อนและหลังการล้าง นำข้าวเปลือกไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบถังแบนสลับกับการพักจนแห้งมีความชื้น 14% ทำการทดลองซ้ำ 5 ซ้ำ

2.5 คำนวณหาความสามารถในการทำงาน การใช้ไฟฟ้า ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

2.6 ตรวจสอบ คุณภาพการสี คุณภาพด้านสีของข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำ โดยสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก 100 กรัม จำนวน 5 ซ้ำไปตรวจสอบความสะอาด และสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก 250 กรัม จำนวน 5 ซ้ำไปตรวจสอบคุณภาพการสี คุณภาพด้านสีที่ผ่านการล้างน้ำเช่นเดียวกับ 2.2-2.3

2.7 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.2-2.6 โดยเปลี่ยนมุมเอียงของตะแกรงเป็น 2 และ 3 องศา โดยยังใช้ความเร็วรอบตะแกรงที่ 35 รอบต่อนาที

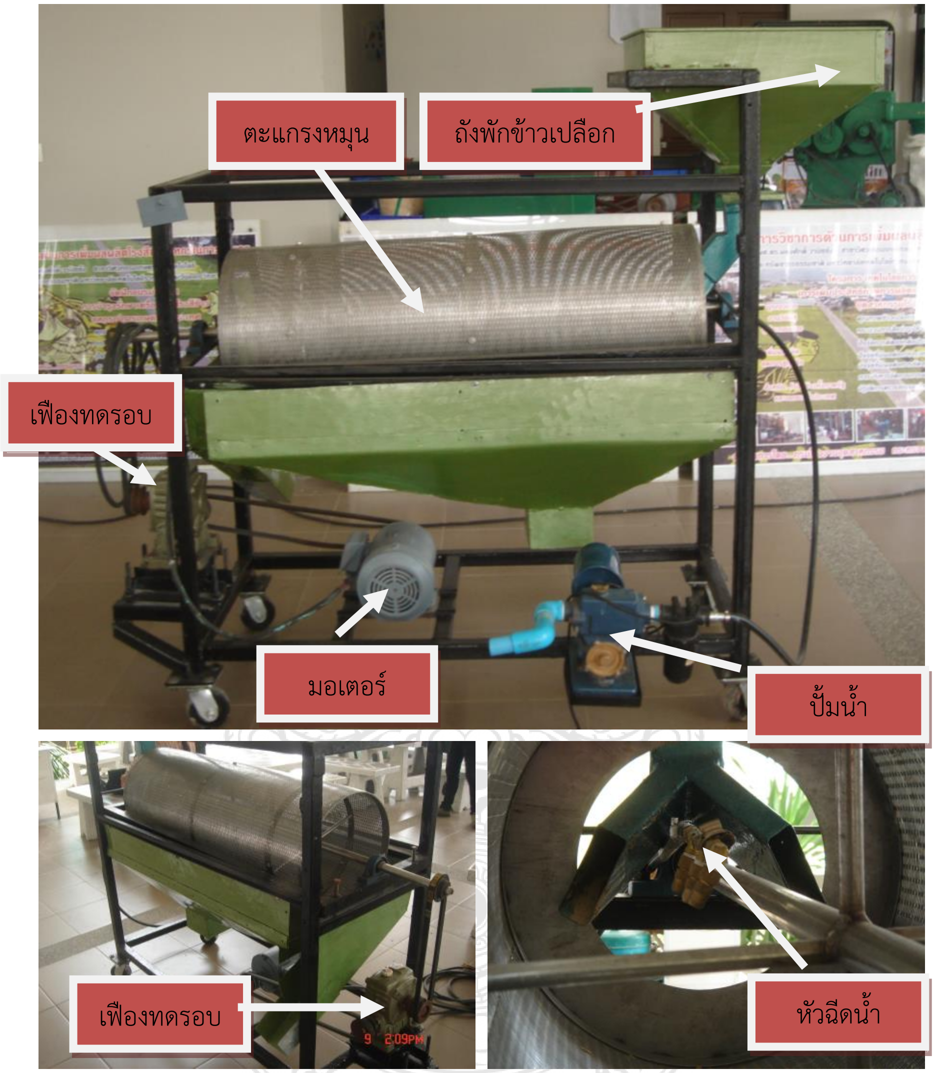
2.8 นำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต



แผนผังการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างข้าวเปลือก

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ส่วนประกอบ และหลักการทำงานของเครื่องล้างข้าวเปลือกสำหรับเครื่องสีข้าวครัวเรือน



รูปที่ 1 ลักษณะและส่วนประกอบเครื่องล้างข้าวเปลือกสำหรับเครื่องสีข้าวครัวเรือน

รูปที่ 2 การทำงานของเครื่องล้างข้าวเปลือกสำหรับเครื่องสีข้าวครัวเรือน

เครื่องล้างข้าวเปลือก ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ คือ ถังพักข้าวเปลือกมีลิ้นเปิดข้าวอยู่ด้านล่างเพื่อเปิดป้อนข้าวเข้าเครื่อง ตะแกรงทรงกระบอกหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร ขนาดรูตะแกรง 1.5x20 มิลลิเมตร หมุนด้วยความเร็ว 35 รอบต่อนาที หรือ 0.54 เมตรต่อวินาที ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า และเฟืองทดรอบ 1 ต่อ 40 สามารถปรับมุมเอียงเพื่อปรับอัตราการไหลและเวลาที่ข้าวเปลือกถูกล้างด้วยน้ำระหว่าง 0-5 องศา และระบบฉีดน้ำล้างข้าวซึ่งเป็นหัวฉีดรูปกรวยกลวง 3 หัวฉีด พ่นน้ำเป็นละอองฝอยโดยใช้ปั้มน้ำขนาด 0.5 แรงม้า (รูปที่ 1) ข้าวเปลือกจะถูกป้อนจากถังป้อนที่สามารถปรับอัตราป้อนได้เข้าในตะแกรงทรงกระบอกที่หมุนพาข้าวให้ไหลลงตามความเอียงของตะแกรง ปั้มน้ำจะส่งน้ำให้หัวฉีดพ่นน้ำเพื่อล้างข้าวเปลือกขณะไหลตามความเอียงของตะแกรงซึ่งสามารถปรับมุมเอียงเพื่อให้ข้าวเปลือกถูกล้างจนสะอาด ถ้ามุมเอียงน้อยข้าวเปลือกจะไหลช้าทำให้ถูกล้างนานขึ้น แต่ถ้าปรับมุมเอียงมากข้าวเปลือกจะไหลเร็วจึงถูกล้างน้อยลง จากนั้นข้าวเปลือกจะถูกแยกน้ำออกระหว่างหมุนไปตามความเอียงของตะแกรงแยกไหลออกทางปลายอีกด้านของตะแกรงทรงกระบอกหมุนได้ข้าวเปลือกที่สะอาด แต่ยังคงมีความชื้นสูงจึงต้องนำไปลดความชื้นต่อจนแห้งก่อนนำไปสีแปรรูป (รูปที่ 2)

3.2 ประสิทธิผลการคัดแยกของเครื่องล้างข้าวเปลือกสำหรับเครื่องสีข้าวครัวเรือน

จากตารางที่ 1 จากผลการทดสอบล้างข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเพิ่มมุมเอียงของตะแกรงทรงกระบอกจาก 1, 2 และ 3 องศา อัตราการป้อนข้าวเปลือกเข้าเครื่องมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 231.44, 218.22 และ 246.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องล้างข้าวเปลือกมีอัตราการทำงานไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 157.80, 161.14 และ 173.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ มีปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าลดลงเล็กน้อยคือ 5.64, 5.46 และ 5.22 ลิตร ตามลำดับ ใช้กำลังงานไฟฟ้าในการทำงาน 0.34, 0.34 และ 0.34 กิโลวัตต์ โดยมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 464.11, 473.94 และ 510.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง. กิโลวัตต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มมุมเอียงของตะแกรงทรงกระบอกหมุนจะทำให้เครื่องมีอัตราการทำงานเพิ่มขึ้น ใช้ปริมาณน้ำในการล้างน้อยลง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นมุมเอียงที่เหมาะสมควรใช้มุม 3 องศาซึ่งจะได้ประสิทธิภาพสูง และประหยัดน้ำ

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องล้างข้าวเปลือกที่มุมเอียงต่างๆ

มุมเอียง องศา	อัตราการป้อน กก./ชม.	อัตราการทำงาน กก./ชม.	ปริมาณน้ำที่ใช้ ลิตร	ไฟฟ้า กิโลวัตต์	ประสิทธิภาพ กก./ชม. กิโลวัตต์
1	$231.44^a \pm 21.97$	$157.80^a \pm 6.00$	$5.64^a \pm 0.52$	$0.34^a \pm 0.00$	$464.11^a \pm 17.64$
2	$218.22^a \pm 34.36$	$161.14^a \pm 14.99$	$5.46^a \pm 1.00$	$0.34^a \pm 0.00$	$473.94^a \pm 44.10$
3	$246.06^a \pm 43.36$	$173.54^a \pm 18.19$	$5.22^a \pm 0.58$	$0.34^a \pm 0.00$	$510.43^a \pm 53.51$

หมายเหตุ พยัญชนะภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 2 จากผลการทดสอบล้างข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเพิ่มมุมเอียงของตะแกรงทรงกระบอกจาก 1, 2 และ 3 องศา กำหนด เวลาในการขัดขาวเท่ากัน ข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำมีความสะอาดไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่ามากกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ คือ 93.94, 94.45, 93.83 และ 93.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ได้ปริมาณข้าวกล้องไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 76.92, 76.96, 77.09 และ76.87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ได้รับปริมาณข้าวสารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้าง คือ 66.75, 66.06, 66.07 และ 63.80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ได้รับปริมาณข้าวต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างมากถึงประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ คือ 59.92, 59.10, 60.38 และ 48.35 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่เมื่อเทียบที่อัตราการขัดขาวเท่ากัน ข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำมีความสะอาดไม่แตกต่างกัน

ทางสถิติแต่มีค่ามากกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน คือ 93.94, 94.45, 93.83 และ 92.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ได้ปริมาณข้าวกล้องไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 76.92, 76.96, 77.09 และ76.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ได้รับปริมาณข้าวสารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกับข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้าง คือ 66.75, 66.06, 66.07 และ 67.04 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ได้รับปริมาณข้าวต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างมากถึงประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน คือ 59.92, 59.10, 60.38 และ 48.35 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่า การล้างข้าวเปลือกจะทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความสะอาดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มคุณภาพการสีโดยเฉพาะปริมาณข้าวต้นที่ได้รับสูงขึ้นสอดคล้องกับ Bautista ที่กล่าวว่าเมื่อเพิ่มความชื้นของข้าวเปลือกในการแช่น้ำจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเมล็ดลดลงทำให้ได้รับปริมาณต้นข้าวเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณภาพการสีของข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ล้างน้ำด้วยเครื่องล้างข้าวเปลือกที่มุมเอียงต่างๆ

มุมเอียง องศา	เวลาขัดขาว วินาที	ความสะอาด (%)	ข้าวกล้อง (%)	ข้าวสาร (%)	ข้าวต้น (%)
C60	60	93.00 ^{a}±1.83	76.87 ^{ab}±0.18	63.80 ^{a}±0.84	48.35^{a}±0.74
C50	50	92.47 ^{a}±0.38	76.53 ^{a}±0.38	67.04^{c}±0.49	48.83^{a}±0.97
1	60	93.94^{b}±0.85	76.92 ^{ab}±0.40	66.75 ^{bc}±0.96	59.92^{b}±1.40
2	60	94.45 ^{b}±0.64	76.96 ^{ab}±0.41	66.06 ^{b}±1.03	59.10^{b}±1.59
3	60	93.83^{b}±0.81	77.09^{b}±1.81	67.07 ^{c}±1.09	60.38 ^{b}±1.27

หมายเหตุ พยัญชนะภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 3 จากผลการทดสอบล้างข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเพิ่มมุมเอียงของตะแกรงทรงกระบอกจาก 1, 2 และ 3 องศา กำหนด เวลาในการขัดขาวเท่ากัน ข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำมีความขาวไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าน้อยกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำ คือ 44.25, 45.62, 44.74 และ 49.38 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าความใสไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 3.72, 3.58, 3.65 และ 3.74 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าอัตราการขัดไม่แตกต่างกันแต่มีค่าน้อยกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำ คือ 125.36, 126.15, 122.52 และ 144.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 69.78, 68.58, 69.56 และ 72.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่ามากกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำ คือ -0.04, -0.12, -0.04 และ -0.34 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยข้าวเปลือกที่ล้างน้ำมีค่าสีเหลืองมากกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำ คือ 11.31, 11.69, 11.73 และ 11.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่เมื่อเทียบที่อัตราการขัดขาวเท่ากันข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำและข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำมีความขาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 44.25, 45.62, 44.74 และ 44.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้าวเปลือกที่ล้างน้ำมีค่าความใสไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าสูงกว่าข้าวที่ไม่ล้างน้ำ คือ 3.72, 3.58, 3.65 และ 3.32 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำและข้าวเปลือกที่ไม่ได้ล้างน้ำมีค่าอัตราการขัดไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 125.36, 126.15, 122.52 และ 120.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 69.78, 68.58, 69.56 และ 71.18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ -0.04, -0.12, -0.04 และ -0.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 11.31, 11.69, 11.73 และ 11.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่า ที่อัตราการขัดขาวเดียวกันข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำจะมีคุณภาพด้านสีไม่แตกต่างกันข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำยังมีความขาวเหมือนกับข้าวที่ไม่ได้ล้างน้ำ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณภาพด้านสีของข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ล้างน้ำด้วยเครื่องล้างข้าวเปลือกที่มุมเอียงต่างๆ

มุมถัง องศา	ความขาว (%)	ความใส (%)	อัตราขัด (%)	L	a	b
C60	$49.38^{b}\pm0.55$	$3.74^{c}\pm0.11$	$144.00^{c}\pm2.65$	$72.60^{a}\pm0.50$	$-0.34^{a}\pm0.07$	$11.01^{a}\pm0.20$
C50	$44.78^{a}\pm1.20$	$3.32^{a}\pm0.20$	$120.60^{a}\pm6.50$	$71.18^{a}\pm0.70$	$-0.14^{b}\pm0.09$	$11.85^{c}\pm0.24$
1	$44.25^{a}\pm0.91$	$3.72^{bc}\pm0.14$	$125.36^{b}\pm4.01$	$69.78^{a}\pm3.78$	$-0.04^{c}\pm0.06$	$11.31^{b}\pm0.19$
2	$45.62^{a}\pm1.17$	$3.58^{b}\pm0.14$	$126.16^{b}\pm5.61$	$68.58^{a}\pm10.01$	$-0.12^{bc}\pm0.13$	$11.69^{c}\pm0.26$
3	$44.74^{a}\pm0.67$	$3.65^{bc}\pm0.14$	$122.52^{ab}\pm2.80$	$69.56^{a}\pm0.67$	$-0.04^{c}\pm0.09$	$11.73^{c}\pm0.20$

หมายเหตุ พยัญชนะภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. สรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

1. เมื่อเพิ่มมุมเอียงของตะแกรงทรงกระบอกหมุนจะทำให้เครื่องมีอัตราการทำงานเพิ่มขึ้น ใช้ปริมาณน้ำในการล้างน้อยลง มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นมุมเอียงที่เหมาะสมควรใช้มุม 3 องศาซึ่งจะได้ประสิทธิภาพสูง และประหยัดน้ำ

2. การล้างข้าวเปลือกจะทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความสะอาดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มคุณภาพการสีโดยเฉพาะปริมาณข้าวต้นที่ได้รับสูงขึ้น

3. ข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำจะมีคุณภาพด้านสีไม่แตกต่างกันที่อัตราการขัดขาวเดียวกัน โดยข้าวเปลือกที่ผ่านการล้างน้ำยังมีความขาวเหมือนกับข้าวที่ไม่ได้ล้างน้ำ

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำผลการวิจัยไปพัฒนาต่อยอดเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นอีก เพื่อนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มผลิตภาพการสีแปรรูป โดยเพิ่มให้มีขนาดโตขึ้น และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับภาคเอกชน

2. ควรส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเปลือกสะอาดในบรรจุภัณฑ์สมัยใหม่เพื่อเพิ่มโอกาสทางการตลาด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

ใจทิพย์ วานิชชัง. 2544. **การเก็บรักษาผลผลิตเกษตร.** คณะเกษตรศาสตร์บางพระ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล , ชลบุรี. 239 น.

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. 2544. **การจัดการโรงสีข้าว.** ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ชลบุรี. 234 น.

Satake, Toshihiko. 1990. **Modern Rice Milting Technology**. University of Tokyo Press, Japan.

Van Ruiten. H.Th.L 1979. **Rice Milling Equipment Operation and Maintenance**. Food and Agricultural Organization United Nation , Rome

Yamashita, Ritsuya. 1993. **New Technology in Grain Post harvesting**. Farm Machinery Industrial Research Corp. Tokyo, Japan.