

การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวสารโดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ

Quality inspection of rice grain using image processing techniques

กันตพงษ์ แซ่โล^{1,2,3*}, กิตติพงษ์ ลาลูน^{1,2,3} และ ชัยยันต์ จันทร์ศิริ^{1,2,3}

Kantapong Khaeso^{1,2,3*}, Kittipong Laloon^{1,2,3} and Chaiyan Junsiri^{1,2,3}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

¹ Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering Khon Kaen University 40002

² ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² Agricultural Machinery and Postharvest Technology Center, Khon Kaen University, Khon Kaen Province 40002, Thailand.

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 10400

³ Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation 10400, Thailand.

บทคัดย่อ : ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวแตกหักเป็นตัวบ่งชี้สำคัญในการบ่งบอกคุณภาพทางกายภาพและมูลค่าในการซื้อขายข้าวในประเทศไทย ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพเข้ามาใช้หาปริมาณข้าวเมล็ดแตกหักเพื่อยกระดับกระบวนการตรวจวัดคุณภาพข้าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือต้นแบบโดยใช้วิธีการประมวลผลด้วยภาพ และพัฒนาฟังก์ชันประมวลผลภาพเพื่อประเมินคุณภาพของเมล็ด โดยออกแบบเครื่องต้นแบบที่มีขนาด 51x28x30 (กว้างxยาวxสูง) ซม. พื้นที่คัดแยก (ฉากถ่ายภาพ) 1,400 ตร.ซม. ขอบเขตการมองเห็นของกล้องถ่ายภาพ 78 องศา และความสูง 30 ซม. ใช้เมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ความชื้น 14.32 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียกสำหรับการทดสอบ ทำการคัดแยกเมล็ดข้าวสารออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เต็มเมล็ด (และต้นข้าว) ข้าวหัก และปลายข้าวสีวัน ด้วยเครื่องคัดแยกมาตรฐาน (SATAKE) จากนั้นนำไปตรวจวัดขนาดมิติเพื่อสร้างเป็นข้อมูลภาพอ้างอิง สร้างฟังก์ชันวิเคราะห์ขนาดมิติของเมล็ดข้าวผ่านโปรแกรม โดยพัฒนาฟังก์ชันให้มีลำดับการทำงานคือ 1) การแปลงภาพถ่ายเป็นภาพขาวดำ 2) การตรวจจับขอบของวัตถุ 3) การเขียนเส้นขอบ 4) การคำนวณพื้นที่ในเส้นขอบและวัดขนาดแกน 5) การสร้างกรอบระบุวัตถุ 6) การนับจำนวนกรอบวัตถุ และ 7) คำนวณร้อยละของลักษณะของเมล็ดข้าวในแต่ละกลุ่ม ทดสอบเครื่องต้นแบบที่น้ำหนักตัวอย่างข้าว 5-70 ก. โดยใช้ค่าขีดคือเวลาและความแม่นยำ ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้เฉลี่ย 8-13 วินาทีต่อตัวอย่างภาพถ่ายน้ำหนักเมล็ดที่เหมาะสม 5-20 กรัมต่อครั้ง เฉลี่ยความแม่นยำ 91.63-99.57% จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการประเมินคุณภาพของเมล็ดข้าวได้อย่างแม่นยำ วิธีนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับแนวทางการพัฒนาการประเมินคุณภาพเมล็ดข้าวในด้านของการคัดแยกขนาดเมล็ด เพื่อกำหนดราคาซื้อขายที่เหมาะสมตามความเป็นจริงในอนาคต

คำสำคัญ: คุณภาพข้าว; การตรวจวัดคุณภาพข้าวสาร; การประมวลผลภาพ

ABSTRACT: The number of whole kernels, head rice and broken rice are important indicators of the physical quality and value of rice trading in Thailand. Currently, there has been developing image processing technology to determine the number of broken grains to enhance the rice quality inspection process. Therefore, this research aimed to developmentally fabricate a prototype machine by using an image processing method and develop a function for image processing programs to measure the quality of rice grains. The prototype machine was designed with a size of 51x28x30 (width x length x height) cm, with a sorting area (image stage) of 1,400 cm², with a field of view of the camera of 78° at a height of 30 cm. Khao Dawk Mali 105 cultivar at 14.32 %w.b. was chosen as a sample for inspection. The rice grains were separated into 3 groups viz whole kernels (and head rice), broken rice, and small broken C1 by using a standard sorting machine (SATAKE). Then, the three were measured in the three-dimension to

* Corresponding author: kkantapong@kkumail.com

create reference image data. The function was created by using the program. Developed functions have a procedure that operates as follows: 1) photo conversion to grayscale, 2) object edge detection, 3) contour writing, 4) border area calculation and axis measurement, 5) object box detection, 6) box counting, and 7) calculation of the characteristics of each group's rice grains as a percentage. The prototype machine was used for rice quality inspection at 5-70 g using the indicator as time and accuracy. The results showed that the prototype machine was run with an average of 8-13 seconds per image. The optimum weight of grains was 5-20 grams per time. It has an average accuracy of 91.63-99.57%. This suggests that the developed prototype machine accurately assessed the quality of rice grains. This method will be useful for guiding the development of sorting the grain quality in terms of rice grains sorting to determine a reasonable price in the future.

Keywords: rice quality; rice quality measurement; image processing

บทนำ

การตรวจสอบคุณภาพของข้าว เป็นการกำหนดราคาซื้อขายเพื่อรักษามาตรฐานด้านคุณภาพของข้าวเชิงพาณิชย์ (กระทรวงพาณิชย์, 2559; สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2562) คุณภาพของข้าวที่ประเทศไทยส่งออกสามารถจำแนกได้ 3 ระดับตามชั้นคุณภาพ ได้แก่ 1) ข้าวคุณภาพสูง เป็นข้าวที่มีคุณภาพดีที่สุด มีลักษณะเป็นข้าวขาว 100% (ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว 100%) และข้าวขาว 5% (มีข้าวหักปนได้ไม่เกิน 5%) 2) ข้าวคุณภาพปานกลาง คือ มีลักษณะเป็นข้าวขาว 10-15% (มีข้าวหักปนได้ 10-15%) และ 3) ข้าวคุณภาพต่ำมีลักษณะเป็นข้าวขาวที่มีเมล็ดหักปนมากกว่า 20% (กระทรวงพาณิชย์, 2559; สุชาติ และคณะ, 2559) ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดหรือต้นข้าวและข้าวแตกหักจึงเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญ ซึ่งบอกถึงคุณภาพและมูลค่าของข้าวสารได้เป็นอย่างดี การประเมินลักษณะของข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว พิจารณาจากขนาดความยาวของเมล็ดข้าวที่ต้องมีความยาวตั้งแต่ 8 ส่วนขึ้นไป หรือ มีความยาวของเมล็ดข้าวสารมากกว่าหรือเท่ากับ 80% ของความยาวข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนได้แตกหัก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ส่วนวิธีการหาปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ปัจจุบันใช้เครื่องมือคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวแบบตะแกรงหลุมกลมในการคัดตรวจสอบ

เครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวแบบตะแกรงหลุมกลม เป็นเครื่องแยกเมล็ดข้าวสารที่หักออกจากข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวโดยใช้ความยาวของเมล็ดข้าวเป็นเกณฑ์คัดแยก (Buus, 2013; Kim and Park, 2013) จากการศึกษาเครื่องคัดแยกข้าวหักแบบตะแกรงหลุมกลมของ Lee et al. (2009) ที่ทำการทดสอบคัดแยกข้าวหักออกจากข้าวเต็มเมล็ด โดยใช้ข้าวที่ปลูกในประเทศเกาหลีจำนวน 41 พันธุ์ ผลจากการศึกษาพบว่า พันธุ์ข้าว มุมของถาดรับข้าวหัก และขนาดของรูตะแกรง มีผลต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำของเครื่องคัดคล่องกับผลการศึกษาของ Aghayeghazvini et al. (2009) ที่พบว่า การทำงานของเครื่องคัดแยกข้าวหักแบบตะแกรงหลุมกลม ข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักจะเกิดการซ้อนทับกันระหว่างคัดแยก ทำให้ไม่สามารถแยกข้าวทั้งสองชนิดออกจากกันได้ทั้งหมด ดังนั้นการคัดแยกข้าวหักจำเป็นต้องปรับขนาดหลุมตะแกรงและมุมเอียงของถาดรับข้าวหักให้เหมาะสมกับพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ซึ่งมีขนาดเมล็ดแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การคัดแยกหาปริมาณข้าวเมล็ดแตกหักโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ สามารถประเมินหาปริมาณข้าวได้แม่นยำและชัดเจนกว่าการใช้เครื่องคัดแยก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Yadav and Jinda (2001) ซึ่งได้ทดสอบหาปริมาณต้นข้าว (Head Rice Yield, HRY) ด้วยการใช้ภาพถ่าย โดยพิจารณาจากอัตราส่วนมิติของภาพเมล็ดข้าว (Characteristic Dimension Ratio, CDR) ซึ่งประกอบด้วย ความยาว เส้นรอบวง และพื้นที่ฉาย ของเมล็ดข้าวหักและเมล็ดต้นข้าว ผลการศึกษาพบว่า HRY มีความสัมพันธ์กับลักษณะทุกมิติของภาพ เมื่อเปรียบเทียบค่า HRY ที่ประเมินได้จากภาพกับผลลัพธ์ที่ประเมินได้จากเครื่องคัดแยกพบว่ามีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นตรง ($R^2=0.994$) ซึ่งหมายถึงการประเมินหาปริมาณต้นข้าวเพื่อตรวจสอบคุณภาพข้าวสาร สามารถใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีหลักการทำงานแบบประมวลผลภาพแทนการใช้เครื่องคัดแยกข้าวหักได้

การพัฒนาระบบหรือเทคนิคประมวลผลภาพที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณสมบัติหรือคุณภาพข้าวนั้นมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง การพัฒนาระบบประมวลผลภาพเพื่อประเมินหาปริมาณข้าวท้องไข (Chang et al., 2010; Parveen et al., 2017; Yao et al., 2009) การพัฒนาระบบประมวลผลภาพเพื่อประเมินหาขนาดมิติของเมล็ดข้าว (Ajay et al., 2013; Bandyopadhyay, 2016; Desai et al., 2015; Nikhade et al., 2017) การพัฒนาระบบประมวลผลภาพเพื่อแยกข้าวหักออกจากต้นข้าว (Aulakh and Banga, 2012) การพัฒนาระบบประมวลผลภาพเพื่อประเมินหาน้ำหนักของเมล็ดข้าว (Fang et al., 2015) การพัฒนาระบบประมวลผล

ภาพเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (Ali et al., 2017; Lloyd et al., 2001) สำหรับการพัฒนาระบบประมวลผลภาพในประเทศไทยก็มีการศึกษาอย่างแพร่หลายเช่นกันตัวอย่างเช่น ประสิทธิ์ และคณะ (2554) พัฒนาระบบประมวลผลภาพเพื่อหาขนาดและพื้นที่เมล็ดข้าวสำหรับประเมินหาเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก สกุล และชม (2560) เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงภาพเพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว วุฒิพงษ์ และทิพา (2557) พัฒนาอัลกอริทึมวัดขนาดเมล็ดข้าว สุชาติ และคณะ (2559) พัฒนาอัลกอริทึมจำแนกกลุ่มเมล็ดข้าวตามลักษณะพื้นข้าว จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัย พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับจำแนกลักษณะเมล็ดข้าวต่างลักษณะออกจากกัน ส่วนเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาล้วนเป็นเพียงอุปกรณ์ที่ถูกประกอบขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการซึ่งมีขนาดใหญ่ เครื่องมือที่จะสามารถต่อยอดไปใช้งานจริงในภาคสนามนั้นไม่ปรากฏ

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องตรวจวัดคุณภาพเมล็ดข้าวสารในด้านความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว ที่แบ่งจากความยาวของเมล็ด เพื่อแบ่งกลุ่มเมล็ดข้าวสารออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เต็มเมล็ด (และต้นข้าว) ข้าวหัก และปลายข้าวสีวัน คุณภาพโดยใช้หลักการประมวลผลด้วยภาพที่มีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายจะสะดวก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ทดสอบต่อยอดทำงานจริงในภาคสนามได้

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

การพัฒนาต้นแบบเครื่องตรวจวัดคุณภาพเมล็ดข้าวสารจากการกระบวนกรสีข้าวด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ จะทำการแบ่งการออกแบบเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบโครงสร้าง และระบบช่วยในการถ่ายภาพ โดยชุดอุปกรณ์ทดสอบต้นแบบตรวจวัดคุณภาพข้าวสาร มีขนาดภายนอกกว้าง 280 มม. ยาว 510 มม. และสูง 300 มม. ภายในประกอบด้วยระบบช่วยในการถ่ายภาพ ด้วยการใช้หลอดไฟส่องสว่าง LED ปรับระดับความสว่างได้ กับ มอเตอร์สั่น DC 12V สามารถปรับระดับการสั่นเพื่อช่วยในการกระจายเมล็ดข้าว เพื่อให้ได้ตัวอย่างภาพที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ ใช้กล้อง Webcam รุ่น Logitech C922 PRO HD STREAM WEBCAM ความละเอียดสูงสุด: 1080p/30 fps มุมมองภาพแนวทแยงมุม (dFoV): 78° ในการบันทึกภาพ ติดตั้งที่ตำแหน่งฐานรองกล้อง ระยะห่างจากตำแหน่งการจัดวางเมล็ดข้าว 31 ซม. (Figure 1, 2) การทดสอบนี้ทำการทดสอบกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ความชื้น 14.32 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ผ่านการกะเทาะและคัดแยกตัวอย่างเมล็ดข้าวสารออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เต็มเมล็ด (และต้นข้าว) ข้าวหัก และปลายข้าวสีวัน ตามมาตรฐานสินค้าข้าวหอมไทย ท้ายประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมไทย พ.ศ. 2559 (กรมการค้าต่างประเทศ, 2559) ด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรง ทรงกระบอก SATAKE รุ่น TRG 05A

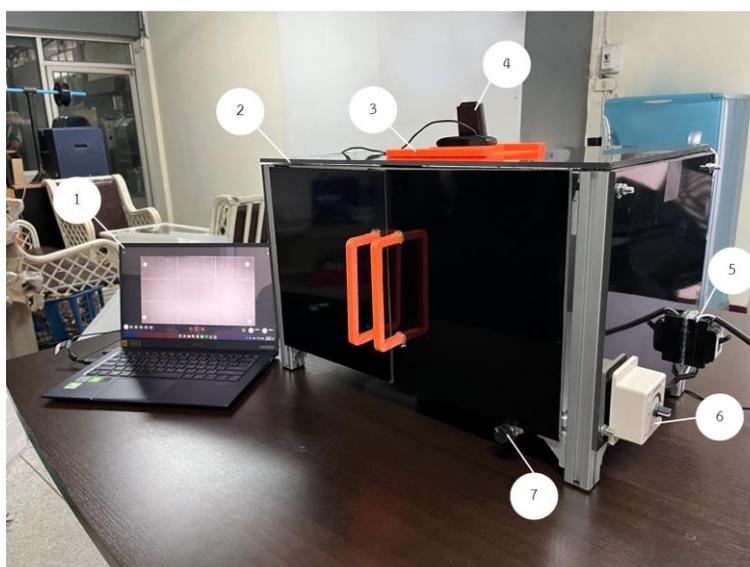


Figure 1 A prototype to measure quality inspection of rice using image processing techniques.

(1) Laptop, (2) A prototype box, (3) Webcam base, (4) Webcam, (5) Breaker, (6) Adjust brightness, and (7) Adjust vibration motor

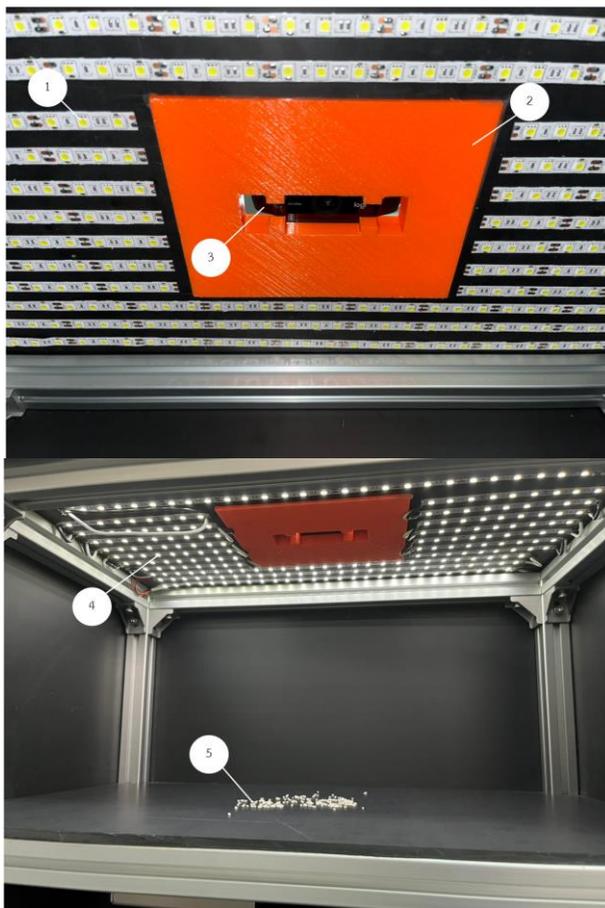


Figure 2 Inside a prototype box

(1) Brightness Off, (2) Camera base, (3) Webcam, (4) Brightness On, (5) Rice Seeds

การวิเคราะห์ภาพ (Image processing)

กระบวนการทำงานของอัลกอริทึมที่ใช้ประมวลผลภาพ เริ่มจากนำเข้าภาพถ่ายเมล็ดข้าวเข้ามายังคอมพิวเตอร์ เข้าประมวลผลผ่านโปรแกรม Anaconda 3 โดยการเขียนใช้เป็นภาษา Python เนื่องจาก Python นั้นมีเครื่องมือและความสามารถในการวิเคราะห์ภาพถ่าย รวมถึงมีความสำเร็จรูปและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ในการประมวลผลวิเคราะห์ภาพนั้น ทำการตัดแยกคุณลักษณะบางประการของภาพที่บ่งชี้ถึงความแตกต่างของเมล็ดข้าว เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์สำหรับตัดแยกโดยพิจารณาจากขนาดมิติของเมล็ดข้าว ตัวแปรดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ตัดแยกกลุ่มตัวอย่างในภาพถ่าย โดยจะกำหนดโปรแกรมแสดงผลเมล็ดข้าวทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลภาพที่ตัดแยกแล้วก็จะนับจำนวนพิกเซลของภาพเมล็ดข้าวที่แสดงเทียบกับจำนวนพิกเซลของภาพเมล็ดข้าวทั้งหมดก่อนการตัดแยก ทำการตรวจสอบความแม่นยำในการวิเคราะห์ และทำนายน้ำหนักของเมล็ดข้าวจากภาพถ่าย จึงได้กระบวนการทำงานของอัลกอริทึมที่กล่าวมามีลำดับการทำงาน คือ 1) การแปลงภาพถ่ายเป็นภาพขาวดำ 2) การตรวจจับขอบของวัตถุ 3) การเขียนเส้นขอบ 4) การคำนวณพื้นที่ในเส้นขอบและวัดขนาดแกน 5) การสร้างกรอบระบุวัตถุ 6) การนับจำนวนกรอบวัตถุ และ 7) คำนวณร้อยละของลักษณะของเมล็ดข้าวในแต่ละกลุ่ม (Figure 3)

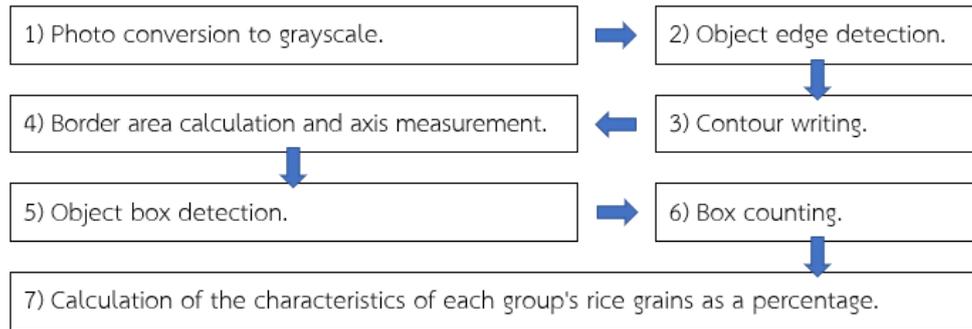


Figure 3 Algorithm workflow for inspection of rice grain quality

การทดสอบความแม่นยำของอัลกอริทึม ด้วยตัวอย่างอ้างอิง 100 เมล็ด

เมื่อได้อัลกอริทึมที่ใช้สำหรับประมวลผลภาพแล้ว จะทำการทดสอบความแม่นยำเบื้องต้นของอัลกอริทึม โดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างข้าวออกเป็น 3 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ 1) ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว G1, 2) ข้าวหัก G2, และ 3) ปลายข้าวสีวัน G3 สุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มจำนวน 100 เมล็ด มาวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดข้าว และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิทัล เพื่อเป็นข้อมูลในการอ้างอิงภาพถ่าย ที่จะใช้ในการจัดกลุ่มของการวิเคราะห์ภาพ (Figure 4, Table 1)

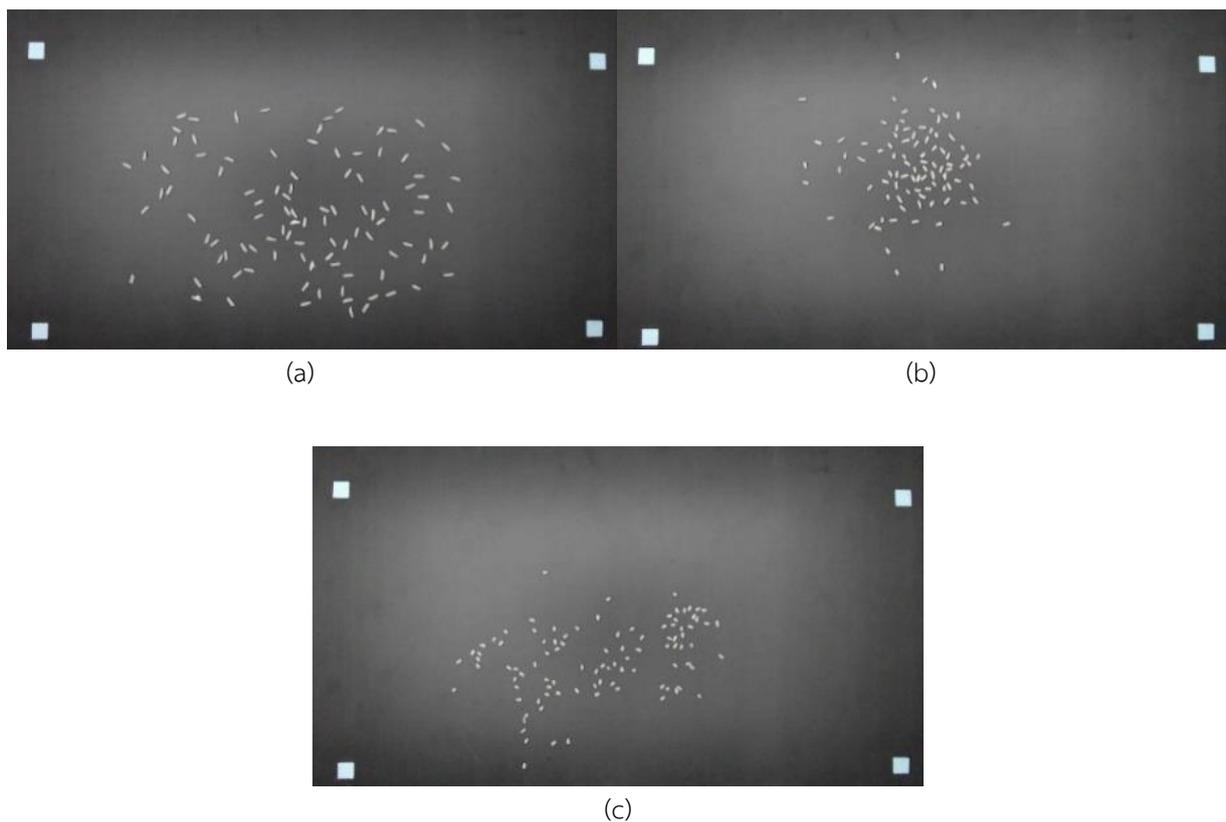


Figure 4 Reference photo example (100 seeds)

(a) G1: Whole kernels and head rice, (b) G2: Broken rice, and (c) G3: Small broken C1

Table 1 Physical characteristics of rice seed (Sample data)

Group	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	Weight 100 seeds (g)
G1	1.768	6.614	1.526	1.6226
G2	1.706	4.423	1.467	1.2853
G3	1.709	3.074	1.471	0.8745

เนื่องจากลักษณะการวิเคราะห์ของโปรแกรม จะเป็นการใช้ข้อมูลอ้างอิงประกอบกับการตัดสินใจในการแบ่งกลุ่มของ อัลกอริทึม หากเข้าเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้จะถูกบันทึกค่าลงในกลุ่มเดียวกัน หากนอกเหนือจากค่าที่กำหนดไว้จะไม่สามารถจัดกลุ่มได้ ซึ่งผลที่ได้ในการวิเคราะห์จะออกมาในลักษณะจำนวนนับ Count (n) และ Error (n) จึงทำการวิเคราะห์ความแม่นยำตามสมการที่ 1 (นวกัทร และทวีพล, 2555) และนอกจากความแม่นยำ ยังทำการกำหนดคำสั่งให้โปรแกรมทำการเปรียบเทียบน้ำหนักเมล็ดจากจำนวน พิกเซลในภาพถ่าย เพื่อนำมาประเมินน้ำหนักเบื้องต้น ก่อนจะนำข้อมูลมาใช้พัฒนาโปรแกรมต่อไป

$$\%Accuracy = 100 - Error (\%) \quad (1)$$

การทดสอบปริมาณที่เหมาะสมในการใช้งานของเครื่องต้นแบบ

เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องต้นแบบ จึงทำการออกแบบการทดลอง ด้วยการเตรียมตัวอย่างเมล็ดข้าวสาร 30, 25, 20, 15, 10, และ 5 ก. และทำการทดสอบกับเครื่องต้นแบบ

การทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิม

เป็นการเปรียบเทียบการทดสอบการตรวจวัดคุณภาพข้าวด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ เครื่องต้นแบบ, เครื่องคัดแยกมาตรฐาน, และแรงงานคน โดยจะทำการใช้ตัวอย่างข้าวสาร 70 ก. ในการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำและเวลาในการคัดแยก เพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลสำหรับการประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้อุปกรณ์ และพัฒนาต่อยอดต่อไป

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบความแม่นยำของอัลกอริทึม ด้วยตัวอย่างอ้างอิง 100 เมล็ด

จากการทดสอบการจำแนกเมล็ดข้าวโดยการใช้อัลกอริทึมที่ออกแบบไว้ ด้วยวิธีการตรวจสอบความแม่นยำของตัวอย่างภายในภาพ โดยให้คำสั่งทำการแบ่งตัวอย่างเมล็ดข้าวออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (G1), ข้าวหัก (G2), และปลายข้าวสีวัน (G3) ทำการถ่ายภาพตัวอย่างเดิม 5 รูปแบบการจัดวาง และถ่าย 5 ซ้ำ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบความแม่นยำการคัดแยกของแต่ละกลุ่ม และความแม่นยำการวัดน้ำหนัก ระหว่างข้อมูลที่วัดได้จริงตามเครื่องมือกับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ (Figure 5, Table 2)

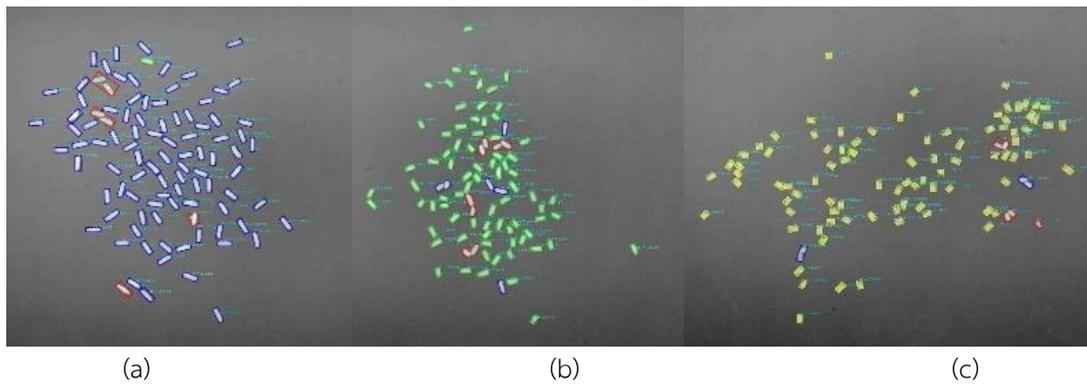


Figure 5 Image processing reference photo example (100 seeds)

(a) G1: Blue box, (b) G2: Green box, (c) G3: Yellow box, and Error (n): Red box

Table 2 Result of Image processing reference photo example (100 seeds)

Group	Count (n)	Error (n)	Accuracy (%)	Real Weight (g)	Processing Weight (g)	Weight discrepancy (%)
G1-1	90	8	91.11	1.6226	1.5226	6.16
G1-2	87	8	90.80	1.6226	1.5373	5.26
G1-3	90	6	93.33	1.6226	1.6046	1.11
G1-4	90	5	94.44	1.6226	1.5102	6.93
G1-5	92	4	95.65	1.6226	1.6670	2.74
G2-1	93	5	94.62	1.2858	1.2331	4.10
G2-2	80	1	98.75	1.2858	1.3488	4.90
G2-3	83	0	100.00	1.2858	1.3813	7.43
G2-4	94	10	89.36	1.2858	1.1693	9.06
G2-5	97	4	95.88	1.2858	1.1882	7.59
G3-1	88	3	96.59	0.8745	0.8543	2.31
G3-2	94	0	100.00	0.8745	0.8050	7.95
G3-3	93	0	100.00	0.8745	0.9383	7.30
G3-4	88	1	98.86	0.8745	0.8094	7.44
G3-5	88	3	96.59	0.8745	0.8005	8.46
Average	89.80	3.87	95.73	1.2610	1.2247	5.92

Note: G1: Whole kernels and head rice, G2: Broken rice, and G3: Small broken C1

ผลการทดสอบ พบว่า เครื่องตรวจวัดคุณภาพเมล็ดข้าวสารจากการกระบวนการสีข้าวด้วยเทคนิคประมวลผลภาพต้นแบบสามารถวัดและแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้แก่ ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (G1), ข้าวหัก (G2), และปลายข้าวสีวัน (G3) ที่ถูกต้องโดยเฉลี่ย 89.90 ตำแหน่ง ผิดพลาดโดยเฉลี่ย 3.87 ตำแหน่ง เมื่อทำการคำนวณเป็นความแม่นยำ (%Accuracy) คิดเป็น 95.73% ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากตัวอย่างในภาพถ่ายมีความชัดเจน (ขอบวัตถุในภาพติดกัน) จะทำให้โปรแกรมไม่สามารถระบุกลุ่มของตัวอย่างได้ จึงแสดงออกมาเป็นกรอบสีแดง Error (n) ดังนั้น การจัดการตัวอย่างในภาพถ่ายจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในส่วนของการเปรียบเทียบน้ำหนัก เกิดความคลาดเคลื่อน 5.92% เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบจากพิกเซลของภาพถ่าย ซึ่งเป็นการคำนวณจากภาพมุ่มสูงที่เป็น 2 มิติ ทำให้ได้ความคลาดเคลื่อนสูง

เมื่อทำการนำกลุ่มตัวอย่างข้าว 100 เมล็ด ทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (G1), ข้าวหัก (G2), และปลายข้าวสีวัน (G3) มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัว เพื่อใช้ทำนายค่าน้ำหนักเมล็ด ได้สมการทำนายน้ำหนักเมล็ด ดังสมการที่ 2 และผลข้อมูลการวิเคราะห์สมการถดถอย ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ (Figure 6, Table 3-5)

$$Y = -0.000404069A + 0.00196044B + 0.003068491C - 0.000481072 \quad (R^2=0.70) \quad (2)$$

โดยที่	Y	คือ น้ำหนักเมล็ดข้าว (ก.)
	A	คือ ความกว้างของเมล็ด (มม.)
	B	คือ ความยาวของเมล็ด (มม.)
	C	คือ ความหนาของเมล็ด (มม.)

Table 3 SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.837621354
R Square	0.701609533
Adjusted R Square	0.698585305
Standard Error	0.002005845
Observations	300

Table 4 ANOVA-1

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	0.00280025	0.000933417	231.9962651	0.00
Residual	296	0.00119093	4.02341E-06		
Total	299	0.003991181			

Table 5 ANOVA-2

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-0.000481072	0.002181047	-0.220569402	0.825579786	-0.004773396	0.003811252
A	-0.000404069	0.001209611	-0.334049045	0.738579093	-0.002784597	0.001976458
B	0.00196044	8.05815E-05	24.32866981	1.40508E-72	0.001801854	0.002119025
C	0.003068491	0.001286229	2.385650096	0.017677768	0.00053718	0.005599803

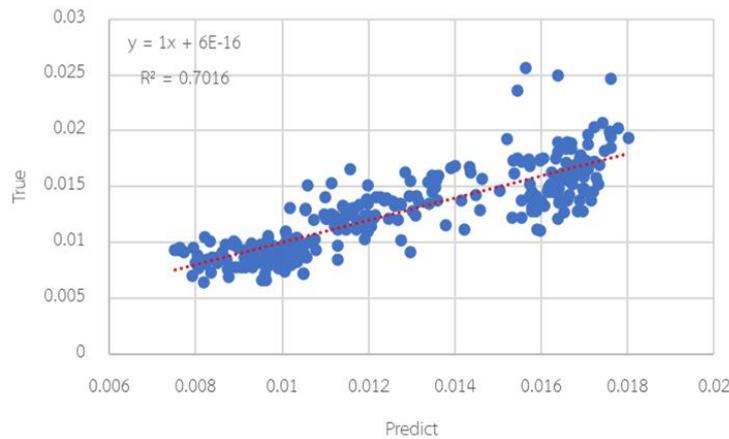


Figure 6 Relationship between the predicted value and the actual value of seeds weight

จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นำมาใช้ทำนาย ได้แก่ ความกว้างของเมล็ด (มม.), ความยาวของเมล็ด (มม.), และความหนาของเมล็ด (มม.) เพื่อนำมาใช้ทำนายค่า Y ซึ่งก็คือ น้ำหนักของเมล็ดข้าว (ก.) พบว่า แนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มีความสัมพันธ์กันแบบแปรผันตรงซึ่งกันและกัน เมื่อขนาดของมิติเมล็ดข้าวมาก ก็ส่งผลให้น้ำหนักของเมล็ดข้าวสูงขึ้นตาม แต่อาจเนื่องจากความหนาแน่นของเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ดนั้นไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้ความสัมพันธ์ของสมการได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.70 เนื่องจากน้ำหนักของข้าวขึ้นขึ้นอยู่กับมิติทั้ง 3 ด้าน (กว้าง ยาว หนา) และปริมาณแป้งภายในซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่น ดังนั้น หากจำเป็นต้องพัฒนาเครื่องมือการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการซื้อขาย ควรมีการพัฒนาฟังก์ชันในการสรรหาตัวแปรที่จะใช้ทำนายเพิ่ม หรือสามารถปรับปรุงสมการให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่สูงขึ้น

ผลการทดสอบปริมาณที่เหมาะสมในการใช้งานของเครื่องต้นแบบ

การศึกษาปริมาณตัวอย่างการถ่ายภาพที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพด้วยเครื่องต้นแบบ ทำการทดสอบปริมาณตัวอย่าง 6 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 ก. ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ (Table 6, Figure 7)

Table 6 The right amount for the prototype

Seed (g)	Count (n)	Error (n)	Accuracy (%)	Processing Weight (g)	Weight discrepancy (%)
5.00	465	2	99.57	5.47	9.31
10.00	789	21	97.34	10.92	9.22
15.00	1118	49	95.62	16.40	9.36
20.00	992	83	91.63	18.20	8.99
25.00	1488	159	89.31	27.35	9.40
30.00	2085	469	77.51	25.43	15.24

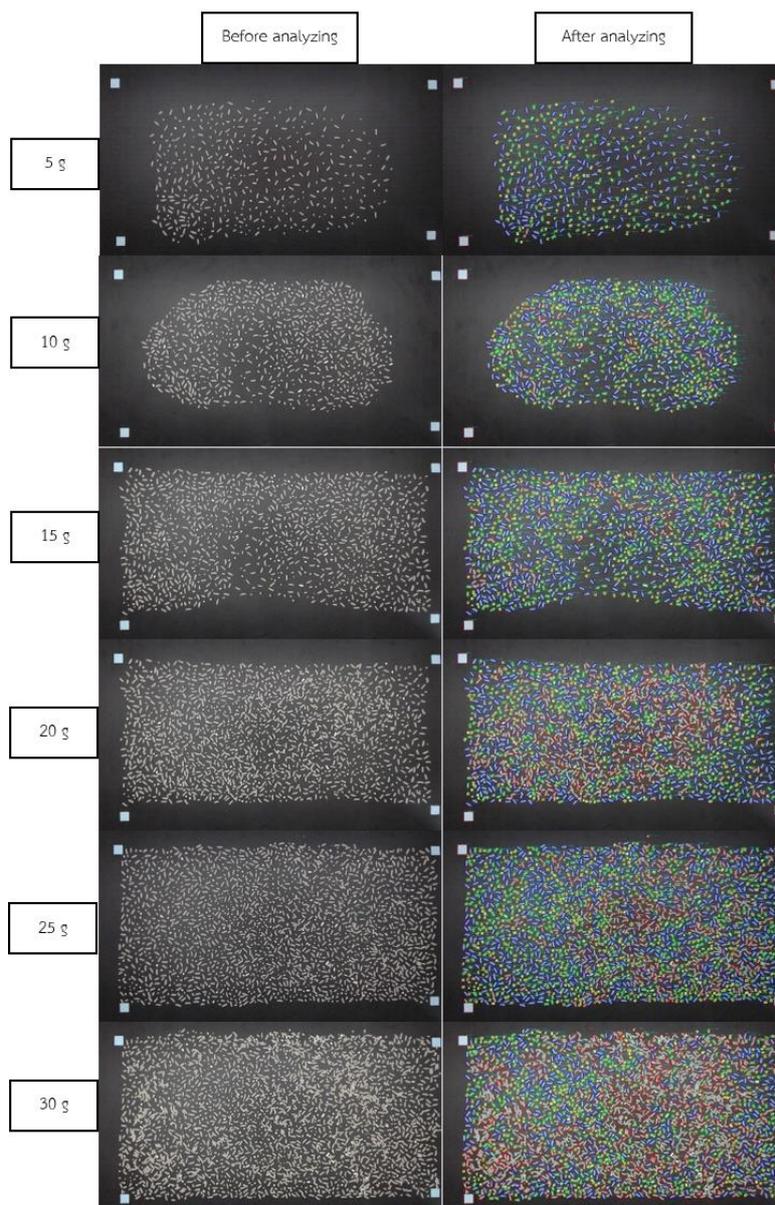


Figure 7 Image Processing Prototyping Analysis

จากการทดสอบ พบว่า เมื่อปริมาณตัวอย่างในภาพถ่ายนั้นมีปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้เมล็ดข้าวนั้นมีความแออัดและชิดกันมากยิ่งขึ้น ทำให้การวิเคราะห์ของโปรแกรมทำการอ่านได้ผิดพลาดสูงขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำแปรผกผันกับน้ำหนักตัวอย่าง วิเคราะห์ ได้ค่าการวิเคราะห์ที่ 99.57, 97.34, 95.62, 91.63, 89.31, และ 77.51% ซึ่งเป็นค่าของน้ำหนักตัวอย่าง 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 ก. ตามลำดับ นอกจากความแม่นยำลดลงตามจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้นแล้ว การทำนายน้ำหนัก-ของโปรแกรมก็มีความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบการกระจายเมล็ดข้าวให้ได้ประสิทธิภาพ เพื่อช่วยในการจัดองค์ประกอบในภาพถ่ายให้ได้ตัวอย่างเมล็ดข้าวที่ไม่ชิดกัน รวมทั้งเพิ่มการติดตั้งโหนดเซลล์หรือเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก เพื่อเป็นตัวช่วยในการบันทึกข้อมูลน้ำหนักของตัวอย่างให้มีประสิทธิภาพ เหมาะแก่การใช้งานและพัฒนาต่อยอดต่อไป

ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิม

เมื่อนำคำสั่งที่พัฒนาขึ้นมา ทำการทดสอบเปรียบเทียบในการหาคุณภาพของเมล็ดข้าวสารในด้านของชั้นเมล็ดข้าวที่แบ่งจากความยาวของเมล็ด จากกลุ่มตัวอย่างทดสอบถ่ายภาพด้วย 3 วิธีการ ได้แก่ 1) หาด้วยวิธีการใช้เครื่องมือคัดแยก 2) หาด้วยวิธีการคัดแยกด้วยแรงงานคน และ 3) หาด้วยวิธีการใช้เครื่องต้นแบบประมวลผลภาพที่พัฒนาขึ้น เพื่อตรวจสอบข้อมูลประสิทธิภาพของวิธีการ โดยจะ

ทำการเปรียบเทียบในด้านของเวลาในการทำงาน (วินาที) และความแม่นยำในการตัดแยกข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (G1) ซึ่งจะใช้เกณฑ์ของเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรง ทรงกระบอก SATAKE รุ่น TRG 05A เป็นตัวอ้างอิงความแม่นยำ ได้ข้อมูลการทดสอบดังนี้ (Table 7)

Table 7 Test results compared to traditional methods

Rep.	Sorting time (seconds)			Accuracy (%)		
	Standard tools	Manual labor	Prototypes	Standard tools	Manual labor	Prototypes
1	341.25	5,432.10	32.01	100.00	98.90	75.56
2	355.54	5,840.35	25.50	100.00	95.80	68.55
3	330.25	5,600.50	23.50	100.00	89.80	70.53
4	331.60	5,525.28	25.65	100.00	92.63	65.83
5	348.50	5,421.52	35.52	100.00	95.75	72.30
Average	341.43	5,563.95	28.44	100.00	94.58	70.55

จากการเปรียบเทียบข้อมูลประสิทธิภาพการหาคุณภาพข้าวสารด้วยวิธีการต่างๆ พบว่า เมื่อมีตัวอย่างข้าวสารในปริมาณที่เท่ากันนั้น (เฉลี่ยที่ 70 ก.) เครื่องต้นแบบประมวลผลภาพสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วที่สุด เฉลี่ยที่ 28.44 วินาที รองลงมาคือใช้เครื่องมือคัดขนาดเมล็ดแบบตะแกรงกลม เฉลี่ยที่ 341.43 วินาที หรือ 5.41 นาที และใช้เวลามากที่สุดคือแรงงานคน เฉลี่ยที่ 5,563.95 วินาที หรือ 1 ชั่วโมง 32 นาที ถึงแม้เครื่องต้นแบบประมวลผลภาพที่พัฒนาขึ้น ยังไม่สามารถให้ความแม่นยำได้มากที่สุด เฉลี่ยความแม่นยำที่ 70.55% แต่เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถลดระยะเวลาในการคัดแยกกลุ่มหาคุณภาพข้าวสารเมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานคัดขนาดเมล็ดแบบตะแกรงกลม (SATAKE) ได้ถึง 12 เท่า เหมาะสำหรับการพัฒนาต่อยอดให้ได้ประสิทธิภาพการคัดแยกที่สูงขึ้นและเป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์ เพื่อใช้ในการตรวจวัดคุณภาพข้าวสารในวงการอุตสาหกรรมข้าวต่อไป

สรุป

จากการทดสอบต้นแบบเครื่องตรวจวัดคุณภาพเมล็ดข้าวสารจากการกระบวนการสีข้าว พบว่า ปริมาณของข้าว ส่งผลต่อจำนวนเมล็ดข้าวในภาพถ่าย เมื่อมีปริมาณมากในขนาดพื้นที่ที่มีจำกัดทำให้เกิดการขีดกันและทับซ้อน ทำให้โปรแกรมทำการมองเป็นวัตถุขึ้นเดียวกัน ส่งผลให้ค่าตำแหน่งผิดพลาดสูงขึ้น แนวโน้มความแม่นยำการคัดแยกแปรผกผันกับปริมาณข้าวสารในภาพถ่าย โดยปริมาณตัวอย่างที่ให้ความแม่นยำสูงสุดคือ 5 กรัมต่อครั้ง ซึ่งได้ความแม่นยำในการคัดแยก 99.57% มีค่าความคลาดเคลื่อนการวัดน้ำหนัก 9.31% หรือ จาก 5.00 ก. สามารถวัดได้ 5.47 ก. ซึ่งเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่คลาดเคลื่อนสูง สอดคล้องกับที่ได้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรในการทำน้าหนัก เนื่องจากการที่จะทำน้าหนักของเมล็ดข้าวได้นั้น จำเป็นต้องมีตัวแปรที่ครอบคลุมทั้งด้านของมิติ (กว้าง ยาว หนา) และความหนาแน่นที่ครอบคลุม แต่ถึงอย่างไรในการวิเคราะห์ด้วยการประมวลผลภาพที่ศึกษา ได้เวลาในการวิเคราะห์เฉลี่ยที่ 8 วินาทีต่อรูปภาพ และมีความแม่นยำในการคัดแยก 97.34, 95.62, 91.63, 89.31, และ 77.51% ซึ่งเป็นค่าความแม่นยำจากการวิเคราะห์ภาพที่ปริมาณตัวอย่าง 10, 15, 20, 25, และ 30 ก. ตามลำดับ โดยมีแนวทางในการพัฒนาเครื่องต่อไปคือเพิ่มเซนเซอร์ตรวจวัดน้ำหนัก เพื่อให้ได้ค่าอ้างอิงเพื่อการชั่งรับรองมาตรฐานให้ในการตรวจวัดคุณภาพข้าวในเชิงพาณิชย์ พร้อมทั้งสามารถนำต้นแบบเครื่องประมวลผลภาพไปประยุกต์ใช้กับโครงการวิจัยที่จำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเพื่อจำแนกขนาดได้ต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการสนับสนุนวิจัยจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 10400 และ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนสถานที่รวมถึงสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2559. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมไทย พ.ศ. 2559. แหล่งข้อมูล:
<https://www.dft.go.th/th-th/Detail-Law/ArticleId/8075/2112559103>. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2565.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. แหล่งข้อมูล:
http://library.ricethailand.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=37. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2565.
- กระทรวงพาณิชย์. 2559. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2559. แหล่งข้อมูล:
<https://dl.parliament.go.th/handle/20.500.13072/513869>. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2565.
- นวกัทธา หนูนาค และทวีพล ชื่อสัตย์. 2555. Accuracy / ความถูกต้อง ความแม่นยำ. แหล่งข้อมูล:
www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4289/accuracy-ความถูกต้อง-ความแม่นยำ. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2565.
- ประสิทธิ์ นครราช, จุริรัตน์ อ้วนศรีเมือง และนภภรณ์ มั่นนัง. 2554. การศึกษาการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวโดยการประมวลผลภาพดิจิทัลเมล็ดข้าวสาร. ประชุมวิชาการ มอว. วิจัย ครั้งที่ 5. 5(1): 194–202.
- วุฒิมิพัชร์ พิชิตวงศ์ และทิพา กองศรีมา. 2557. การจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล จากกล้องซีซีดี. วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 7(2): 40–49.
- สกุล คำนวนชัย และชม กิมปาน. 2560. ระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพวิธีการ SURF กรณีศึกษา ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรี. การประชุมวิชาการระดับชาติปัญญาภิวัฒน์ ครั้งที่ 7. 181–194.
- สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2562. รายงานสถานการณ์ส่งออกข้าว แนวโน้มและทิศทางการส่งออกข้าวไทย ปี 2562. แหล่งข้อมูล:
<http://www.thairiceexporters.or.th/Press%20release/2019/TREA%20Press%20Release%20Thai%20Rice%20Situation%20&%20Trend%20Year%202019-30012019.pdf>. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2565.
- สุชาติ แยมเม่น, ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์ และโชครัตน์ ฤทธิ์เย็น. 2559. การจำแนกประเภทเมล็ดข้าวขาวด้วยการประมวลผลภาพ. วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 10(1): 1–14.
- Aghayeghazvini, H., Afzal, A., Heidarisoltanabadi, M., Malek, S., and Mollabashi, L. 2009. Determining percentage of broken rice by using image analysis. *Computer and Computing Technologies in Agriculture II*. 2: 1019–1027.
- Ajay, G., M. Suneel, K. K. Kumar, and P. S. Prasad. 2013. Quality evaluation of rice grains using morphological methods. *International Journal of Soft Computing and Software Engineering (IJSCE)*. 2(6): 35–37.
- Ali, S. F., H. Jamil, R. Jamil, I. Torij, and S. Naz. 2017. Low cost solution for rice quality analysis using morphological parameters and its comparison with standard measurements. pp. 1-6. In *Proceedings of the 2017 International Multi-Topic Conference (INMIC) 24-26 November 2017*. Lahore, Pakistan.
- Aulakh, J. S., and V. K. Banga. 2012. Grading of rice grains by image processing. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 1(4): 1-4.
- Bandyopadhyay, Y. 2016. Determination of physical quality of rice using image processing. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*. 3(8): 70–72.
- Buus, O. T. 2013. Analysis of the Indented Cylinder by the use of Computer Vision. PhD Thesis. Aarhus University. Denmark.

- Chang, R., W. Zhang, J. Cui, Y. Wang, Y. Wei, and Y. Liu. 2010. Research of rice-quality based on computer vision and near infrared spectroscopy. pp. 523–531. In Proceedings of the Computer and Computing Technologies in Agriculture III 14-17 October 2009. Beijing, China.
- Desai, D., Prof. N. Gamit, and K. Mistree. 2015. Grading of rice grains quality using image processing. National Journal of System and Information Technology. 8(1): 9-16.
- Fang, C., X. Hu, C. Sun, B. Duan, L. Xie, and P. Zhou. 2015. Simultaneous determination of multi rice quality parameters using image analysis method. Food Analytical Methods. 8(1): 70–78.
- Kim, M., and S. Park. 2013. Analysis of broken rice separation efficiency of a laboratory indented cylinder separator. Journal of Biosystems Engineering. 38(2): 95-102.
- Lee, C.-K., J. Song, J.-T. Yun, J.-H. Seo, J.-E. Lee, J.-T. Kim, G.-H. Jeong, and C.-K. Kim. 2009. The optimum operating conditions of indented-cylinder length grader to remove broken rice based on varietal characteristics. Korean Journal of Crop Science. 54(4): 366-374.
- Lloyd, B., A. Cnossen, and T. Siebenmorgen. 2001. Evaluation of two methods for separating head rice from brokens for head rice yield determination. Applied Engineering in Agriculture. 17(5): 643-648.
- Nikhade, P., H. More, K. Manekar, and S. T. Kho. 2017. Analysis and identification of rice granules using image processing and neural network. International Journal of Electronics and Communication Engineering. 10(1): 25–33.
- Parveen, Z., M. A. Alam, and H. Shakir. 2017. Assessment of quality of rice grain using optical and image processing technique. pp. 265–270. In Proceedings of the 2017 International Conference on Communication Computing and Digital Systems (C-CODE) 08-09 March 2017. Islamabad, Pakistan.
- Yadav, B. K., and V. K. Jindal. 2001. Monitoring milling quality of rice by image analysis. Computers and Electronics in Agriculture. 33(1): 19–33.
- Yao, Q., J. Chen, Z. Guan, C. Sun, and Z. Zhu. 2009. Inspection of rice appearance quality using machine vision. pp. 274-279. In Proceedings of the 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems 19-21 May 2009. Xiamen, China.