

# ผลของความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดระดับห้องปฏิบัติการต่อการปนเปื้อนราบางชนิด และคุณภาพของเมล็ดข้าวเปลือก

## Effects of Laboratory Scale Fluidized Bed Heat Treatment on Some Fungal Contamination and Quality of Paddy Seeds

เกวาลิน คุณาศักดากุล<sup>1,4</sup> กัลยา บุญสง่า<sup>2</sup> เกศกนก เอี่ยมสอาด<sup>1</sup>  
วิบูลย์ ช่างเรือ<sup>3,4</sup> และ เยาวลักษณ์ จันทรบ่าง<sup>1,2,4\*</sup>  
Kaewalin Kunasakdakul<sup>1,4</sup>, Kunlayaa Boonsa-nga<sup>2</sup>, Ketkanok Aamsaard<sup>1</sup>,  
Viboon Changrue<sup>3,4</sup> and Yaowaluk Chanbang<sup>1,2,4\*</sup>

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>1</sup>ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup>Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>3</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>4</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

<sup>4</sup>Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

\*Corresponding author, Email: Yoawaluk.c@cmu.ac.th

(Received: 14 November 2023; Accepted: 14 May 2024)

**Abstract:** The investigation of paddy seed cv. Khao Dawk Mali 105 after harvesting in 2019 season detected various seed-borne fungi, *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus niger*, *A. flavus* and *Penicillium* sp. with total infection of 92.25% while germination rate was 93.50%. The effects of heat fluidized bed (FDB) on the reduction of seed-borne fungi on paddy seed were studied using laboratory heat fluidized bed facility (Christison Scientific, UK). The FDB unit was set to a blower speed of 3.7 m/s and then varied combinations of temperature from 60°C -100 °C (5-degree intervals), time periods of 90, 120 seconds and seed loads of 200 g. The results found that, the increasing temperature level was able to significantly reduce the percentage of fungal contamination on the paddy seeds and cause the germination percentage to decrease as well. Using a paddy seed weight of 200 grams, temperature of 65°C for a period of 120 seconds was the most appropriate trial. This treatment effectively decreased contamination by over 20 % without causing seed germination to be below standard. However, the temperature above 70°C, the seed germination rate was below 80%, which was not acceptable for the standard germination rate. These results were confirmed in a similar experiment with paddy seed cv. Pathum Thani 1. Additionally, the trial at

a temperature above 85°C reduced some milling qualities from very good to good on the seed. The effects of FDB on various levels of *A. niger* contamination including 25%, 50%, 75% and 100% on paddy seed cv. Khao Dawk Mali 105 were established. The results revealed 50% decreasing of fungal contamination on the seed after treatment with 75-80°C at all contamination levels. While, *Curvularia* sp. and *Fusarium* sp. were more sensitive to FDB than *A. niger*, the use of 60°C exhibited a 50% reduction in contamination in all trials.

**Keywords:** heat fluidized bed, decreasing of fungal contamination, paddy seed

**บทคัดย่อ:** การตรวจสอบราที่ติดมากับเมล็ดข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 หลังการเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2562 พบเชื้อรา *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus niger*, *A. flavus* และ *Penicillium* sp. คิดเป็นร้อยละการติดเชื้อรวมทุกเชื้อ 92.25 และเมล็ดมีความงอกร้อยละ 93.50 เมื่อทดสอบผลของการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดระดับห้องปฏิบัติการ (Christison scientific, UK) ต่อปริมาณการปนเปื้อนราบางชนิดและความงอกของเมล็ดข้าว โดยตั้งค่าเครื่องมือที่ระดับความแรงลม 3.7 เมตร/วินาที กำหนดชุดการทดลอง โดยตั้งค่าระดับอุณหภูมิ ช่วงห่าง 5 °C ที่ 60-100 °C ระยะเวลา 90 และ 120 วินาที ใช้น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 200 กรัม พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นสามารถลดร้อยละการปนเปื้อนราบนเมล็ดข้าวเปลือกได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำให้เมล็ดข้าวมีร้อยละความงอกลดลงด้วย การใช้น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 200 กรัม อุณหภูมิที่ 65°C เป็นระยะเวลา 120 วินาทีเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด สามารถลดการปนเปื้อนได้มากกว่าร้อยละ 20 โดยยังคงความงอกของเมล็ดไว้ไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนอุณหภูมิที่ระดับ 70 °C ขึ้นไปทำให้ความงอกของเมล็ดลดลงต่ำกว่าร้อยละ 80 ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ดี ซึ่งการทดลองกับเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ให้ผลที่สอดคล้องกัน และยังพบว่า การใช้อุณหภูมิสูงกว่า 85 °C ทำให้คุณภาพการสีของเมล็ดข้าวเปลือกลดลงจากเดิมมากเป็นดี และจากการปลูกเชื้อรา *A. niger* ในระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ลงบนเมล็ดข้าวเปลือก และนำไปผ่านเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าอุณหภูมิที่ 75-80 °C สามารถลดอัตราการปนเปื้อนรา *A. niger* ได้สูงกว่าร้อยละ 50 ในทุกระดับร้อยละของการปลูกเชื้อ ขณะที่การทดสอบเพื่อลดเชื้อรา *Curvularia* sp. และ *Fusarium* sp. พบว่าราทั้งสองชนิดทนต่อการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดได้น้อยกว่า รา *A. niger* โดยการใช้อุณหภูมิที่ 60 °C สามารถลดการปนเปื้อนได้มากกว่าร้อยละ 50 ในทุกระดับร้อยละของการปลูกเชื้อ

**คำสำคัญ:** ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด การลดการปนเปื้อนรา เมล็ดข้าวเปลือก

## คำนำ

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวข้าว โดยเฉพาะการจัดการด้านความชื้น มีความสำคัญต่อคุณภาพของทั้งเมล็ดข้าวเปลือกที่จะนำไปใช้เป็นเมล็ดพันธุ์เพื่อการเพาะปลูก และเมล็ดที่จะใช้สีเป็นข้าวสารจำหน่ายในท้องตลาด โดยทั่วไป เมื่อชาวนาเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว มักนำข้าวเปลือกมากองรวมกัน ทำให้บริเวณกองข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากเมล็ดมีการหายใจ และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในกองข้าวเหมาะสมต่อ

การเจริญของราแทบทุกชนิด ส่งผลเสียต่อคุณภาพการสี และการสูญเสียความงอกของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้น ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกจึงจำเป็นต้องลดความชื้นให้เหลือประมาณร้อยละ 14 จะทำให้สามารถเก็บเมล็ดข้าวไว้ได้ 2-3 เดือน แต่หากต้องการเก็บเกินกว่า 3 เดือน ควรลดความชื้นเมล็ดให้เหลือต่ำกว่าร้อยละ 12 การลดความชื้นของข้าวเปลือกที่มีการปฏิบัติกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การตาก ใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนทำให้ความชื้นของเมล็ดภายในเมล็ดลดลง เป็นวิธีการที่ประหยัดไม่ยุ่งยาก แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถควบคุมคุณภาพข้าว

ได้ และการใช้เครื่องอบ สามารถลดความชื้นให้อยู่ในระดับตามต้องการ และสามารถควบคุมป้องกันความเสียหายต่อคุณภาพข้าวได้ เครื่องอบเพื่อลดความชื้นข้าวที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ เครื่องเป่าแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบต (fluidized bed dryer) ซึ่งใช้กระแสลมและความร้อนทำให้เมล็ดพืชลอยอยู่ในอากาศคล้ายกับของไหล และมีผลให้น้ำระเหยจากผิวเมล็ดได้อย่างรวดเร็วภายใน 1-2 นาทีที่มีประสิทธิภาพในลดความชื้นของผลผลิตเกษตรที่มีลักษณะเป็นเมล็ด ความเร็วสูงของลมช่วยคลุกเคล้าเมล็ดพืชทำให้มีความสามารถในการกระจายความร้อนในมวลเมล็ดพืชได้อย่างทั่วถึง ประกอบกับอุณหภูมิสูงทำให้ช่วยลดเวลาในการทำแห้งผลผลิตได้ดีขึ้น (Jittanit et al., 2013) และจากรายงานของ Karbassi and Mehdizadeh (2008) พบว่า การใช้เครื่องเป่าแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบตที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 2 นาที มีผลกระทบทางลบต่อคุณภาพบางประการของข้าวหลังการสี สำหรับในประเทศไทยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการเป่าแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบตจนเป็นที่ยอมรับในภาคอุตสาหกรรม มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในโรงสีขนาดใหญ่หลายแห่ง เช่น โรงสีข้าวอรุณพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์ และบริษัทโรงสีข้าวเจริญผล จำกัด จังหวัดนครราชสีมา ใช้ความร้อนจากระบบฟลูอิดไดซ์เบตในการอบข้าวเปลือกเมื่อแรกเข้าโรงสีเป็นความร้อนที่ 42-65 °C ระยะเวลา 5-10 นาที เป็นต้น ในขณะเดียวกัน มีรายงานการใช้เทคนิคนี้เพื่อควบคุมหรือลดปริมาณแมลงศัตรูในเมล็ดข้าวได้ แต่ยังไม่พบรายงานการใช้ในการควบคุมหรือลดปริมาณราหลังการเก็บเกี่ยวของเมล็ดข้าว รวมทั้งผลกระทบต่อความงอกซึ่งเป็นคุณสมบัติด้านการใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของเทคนิคนี้ในการลดปริมาณราในเมล็ดข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 เพื่อเป็นแนวทางในการลดความเสียหายที่เกิดจากราในระหว่างการเก็บรักษา

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การปนเปื้อนราบนเมล็ดข้าวเปลือก

สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ของเกษตรกร ที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี พ.ศ. 2562 นำมาตรวจวัด

ความชื้น และความงอกของเมล็ด ด้วยวิธีการเพาะบนกระดาษขึ้น (blotter method) โดยเติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรอง Whatman No.1 ในชุดจานแก้วเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 4 ชุด วางเรียงเมล็ดบนกระดาษกรอง จำนวน 25 เมล็ด/จาน ปิดฝา บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน ตรวจบันทึกร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวเปลือก และนำเมล็ดที่มีการเจริญของรามาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo และ compound ตรวจนับร้อยละของเมล็ดที่พบการปนเปื้อนรา บันทึกลักษณะการเจริญของราและจำแนกสกุลด้วยการตรวจดูลักษณะเส้นใยและสปอร์ ใช้ในการทดลองต่อไป

### การเตรียมสปอร์แขวนลอยของรา

คัดเลือกราที่เป็นสาเหตุสำคัญของโรคเมล็ดพันธุ์ และโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่ตรวจพบมากจากการแยกได้จากเมล็ดข้าวเปลือกจากวิธีการข้างต้น จำนวน 3 ชนิด มาแยกเชื้อบริสุทธิ์ ด้วยวิธีการแยกสปอร์เดี่ยว โดยใช้เข็มเย้าย้ายเขี่ยนำมาขีดลงบนผิวหน้าอาหาร WA บ่มเชื้อไว้ 1-2 วัน ก่อนนำมาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo และย้ายสปอร์เดี่ยวของราที่กำลังออกมาเลี้ยง และตรวจสอบการปนเปื้อน ก่อนนำเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้ไปเพิ่มปริมาณในอาหาร PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง จนเชื้อเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จึงนำเชื้อแต่ละชนิดไปเตรียมสปอร์แขวนลอย โดยนำน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เทลงในจานเลี้ยงเชื้อ ใช้หัวเขี่ยเชื้อขูดผิวหน้าโคโลนีของเชื้อให้ทั่วจานอาหาร จากนั้น สปอร์แขวนลอยที่ได้ไปกรองด้วยผ้าขาวบาง และตรวจนับและปรับความเข้มข้นด้วย hemacytometer ที่ความเข้มข้น  $1 \times 10^4$  สปอร์/มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

### ผลของสภาวะฟลูอิดไดซ์เบตต่อการลดปริมาณการปนเปื้อนราและความงอกของเมล็ดข้าว

สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ของเกษตรกร ในพื้นที่ จ. เชียงราย จำนวน 1 ราย จากน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกรวม 100 กิโลกรัม ที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี พ.ศ. 2562 มาผ่านการทดสอบด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบตระดับห้องปฏิบัติการ (Christison Scientific, UK) โดยตั้งระดับความแรงลม (blower speed) ระดับ 10 ซึ่งมีความแรงลม (velocity) เท่ากับ 3.7 เมตร/

วินาที ใช้น้ำหนักเมล็ด 200 กรัม ซึ่งทำให้น้ำหนักข้าวเปลือกที่กำหนดมีความเหมาะสมของระดับการลอยตัวอย่างสม่ำเสมอในสภาวะฟลูอิดไดซ์เบด และมีความสม่ำเสมอในการได้รับความร้อน กำหนดกรรมวิธีทดสอบ ใช้ระดับอุณหภูมิ 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 และ 100 °C ระยะเวลา 90 และ 120 วินาที จากนั้นนำเมล็ดมาเพาะด้วยวิธี bolter method เช่นเดียวกับวิธีข้างต้น ใช้จำนวนเมล็ด ข้าวละ 100 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ/กรรมวิธี รวม 400 เมล็ด ตามเกณฑ์ของ International Seed Testing Association (2023) ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่พบการปนเปื้อนราและจำนวนเมล็ดที่งอกเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านสภาวะฟลูอิดไดซ์เบด นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หรือลดการปนเปื้อนราและความงอกของเมล็ด และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย least significant difference (LSD) และเมื่อได้กรรมวิธีที่ดีที่สุดที่เหมาะสมจึงนำมาทดสอบกับข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี 2563

### ผลของสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวเปลือก

สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ของเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี พ.ศ. 2563 มาผ่านการทดสอบด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดระดับห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น จากนั้นตรวจสอบคุณภาพบางประการทางกายภาพ การสี และทางเคมี ของเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด วิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบข้อมูลค่าเฉลี่ยที่วัดได้ด้วย LSD

### ผลของสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดต่อการลดปริมาณราบนเมล็ดข้าวที่ได้รับการปลูกเชื้อ

สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ของเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี พ.ศ. 2563 มาทดสอบโดยนำเมล็ดข้าวเปลือกมาแช่ในสารละลายไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที ซับน้ำกลั่นให้แห้ง จากนั้นแช่เมล็ดข้าวเปลือกลงในสปอร์แขวนลอยของรา ความเข้มข้น  $1 \times 10^4$  สปอร์/มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 ชั่วโมง แล้วล้างเมล็ดด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 1

ครั้ง จากนั้นซับเมล็ด ผึ่งให้แห้ง นำเมล็ดที่ได้รับการปลูกเชื้อแล้ว ไปรวมกับเมล็ดข้าวเปลือกที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อ ให้มีการปนเปื้อนของจำนวนเมล็ดข้าวที่ได้รับการปลูกเชื้อที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 จากนั้นนำไปทดสอบด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 200 กรัม ความเร็วลมระดับ 10 ที่อุณหภูมิ 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 และ 100 °C ระยะเวลา 120 วินาที จากนั้นนำเมล็ดมาเพาะด้วยวิธี bolter method เช่นเดียวกับวิธีข้างต้น ใช้จำนวนเมล็ด 100 เมล็ด/ซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ/กรรมวิธี รวม 400 เมล็ด ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่พบการปนเปื้อนราแต่ละชนิด หลังเพาะบนกระดาษขึ้น เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านสภาวะฟลูอิดไดซ์เบด นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หรือลดการปนเปื้อนรา และวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย LSD

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### การปนเปื้อนราบนเมล็ดข้าวเปลือก

จากการตรวจความชื้นตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 หลังเก็บเกี่ยว พบว่า มีความชื้นถึงร้อยละ 28 และพบการปนเปื้อนราสูงถึงร้อยละ 92.25 และตรวจพบเมล็ดที่แสดงอาการของโรคเมล็ดต่าง หลังนำเมล็ดข้าวเพาะบนกระดาษขึ้นตรวจพบการเจริญของราหลายสกุล โดยราที่เป็นสาเหตุโรคในสภาพแปลงปลูก ได้แก่ *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. และ *Pyricularia* sp. และราสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ *Penicillium* sp., *Aspergillus niger* และ *A. flavus* (Diba et al., 2007) (Figure 1) โดยพบสกุล *Aspergillus* มากกว่าสกุลอื่นสอดคล้องกับรายงานของ Mheen et al. (1982) และจากการแยกเชื้อบริสุทธิ์ สามารถคัดเลือกรา 3 ชนิดได้แก่ *A. niger*, *Curvularia* sp. และ *Fusarium* sp. เพื่อใช้ในการทดสอบขั้นตอนต่อไป

### ผลของสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดต่อการปนเปื้อนราและความงอกของเมล็ดข้าว

จากผลการทดสอบตามกรรมวิธีที่ผ่านเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบด ณ ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ร้อยละการปนเปื้อนราบน

เมล็ดข้าวจะลดลงตามลำดับ และเมล็ดข้าวมีอัตราการงอกลดลงด้วยเช่นกัน (Table 1) โดยเมล็ดข้าวที่ได้รับอุณหภูมิที่ 70-100 °C มีร้อยละความงอกต่ำกว่าร้อยละ 80 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ดี และที่ระยะเวลาที่ 120 วินาที สามารถลดการปนเปื้อนราได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ใช้เวลา 90 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่สามารถลดการปนเปื้อนราและยังคงมาตรฐานความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ได้ที่ร้อยละ 82.00 คือที่ระดับอุณหภูมิ 65 °C ระยะเวลา 120 วินาที สามารถลดการปนเปื้อนราลงไปได้ร้อยละ 20.00 เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีร้อยละการปนเปื้อนราเท่ากับ 92.25 อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลเชิงสถิติของการปนเปื้อนราแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านระดับอุณหภูมิและระยะเวลา มีผลต่อร้อยละของการปนเปื้อนราอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทั้ง 2 ปัจจัยดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงสถิติ โดยที่การใช้อุณหภูมิและเวลาที่มากขึ้นมีความสอดคล้องกันในการส่งผลต่อการลดลงของการปนเปื้อนราและความงอกของเมล็ดข้าวหลังจากผ่านสภาวะฟลูอิดไดซ์เบต

จากการนำปัจจัยที่เหมาะสมด้านน้ำหนักเมล็ดและเวลาจากการทดลองข้างต้นมาทดสอบกับพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกโดยทั่วไปในพื้นที่ภาคกลางของประเทศ โดยนำข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ของเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี 2563 มาผ่านเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบตในระดับห้องปฏิบัติการ ความเร็วลมระดับ 10 ใช้น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 200 กรัม เวลา 120 วินาที หลังการเพาะตัวอย่างเมล็ด ด้วยวิธี blotter method แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน พบว่า สามารถลดการปนเปื้อนราและความชื้นของเมล็ดข้าวได้ในทำนองเดียวกันกับการทดลองกับเมล็ดข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ของเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี พ.ศ. 2562 คือ ที่ระดับอุณหภูมิ 60 และ 65 °C สามารถลดการปนเปื้อนรา และ ไม่ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกสูญเสียความงอกตามมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ที่ดี (Table 2)

### ผลของสภาวะฟลูอิดไดซ์เบตต่อคุณภาพของข้าวเปลือก

เมื่อตรวจสอบคุณภาพบางประการทางกายภาพการสี และทางเคมี ของเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบต พบว่า ข้าวเปลือกมีสีฟาง

ข้าวกลี้ยงมีสีขาว ความยาวเมล็ดอยู่ระหว่าง 7.33-7.54 มิลลิเมตร กว้าง 2.10-2.21 มิลลิเมตร หน้า 1.69-1.78 มิลลิเมตร รูปร่างเมล็ดเรียวยาว (กว้าง/ยาว) 3.38-3.51 มิลลิเมตร ค่าท้องไข่น้อย อยู่ระหว่าง 0.02-0.51 ที่อุณหภูมิ 60-85 °C คุณภาพการสีมีระดับดีมาก ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวอยู่ระหว่างร้อยละ 50.02-53.39 อุณหภูมิ 90 °C คุณภาพการสีระดับดี ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวร้อยละ 44.39 อุณหภูมิ 95 °C สำหรับคุณภาพทางเคมี และคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน พบว่า ปริมาณอะมิโลสของข้าวแต่ละอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน (Table 3) จัดเป็นข้าวอะมิโลสต่ำ อยู่ระหว่างร้อยละ 15.84-16.89 ความคงตัวแป้งสุกก่อน ระยะทางการไหลของแป้งสุกอยู่ระหว่าง 80-90 มิลลิเมตร ค่าสลายเมล็ดในด่าง (1.7% KOH) ต่ำ มีค่าระหว่าง 6.5-7.0 ข้าวสายนุ่ม มีกลิ่นหอมอ่อน

### ผลของสภาวะฟลูอิดไดซ์เบตต่อการลดปริมาณราบนเมล็ดข้าวที่ได้รับการปลูกเชื้อ

จากผลการทดลองปลูกเชื้อรา *A. niger*, *Curvularia* sp. และ *Fusarium* sp. ในระดับร้อยละต่าง ๆ ลงในเมล็ดข้าวเปลือก และนำไปผ่านเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบตในระดับห้องปฏิบัติการ เมื่อตรวจสอบการปนเปื้อน พบว่า สามารถลดการปนเปื้อนรา *A. niger* ซึ่งเป็นราที่พบได้มากหลังการเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระดับอุณหภูมิ โดยสามารถลดการปนเปื้อนราชนิดนี้ได้ในอัตราร้อยละ 50 เมื่อใช้อุณหภูมิที่ 75 °C ซึ่งผลการลดการปนเปื้อนราชนิดนี้ในกรรมวิธีที่มีการปนเปื้อนของเมล็ดข้าวที่ได้รับการปลูกเชื้อที่ระดับร้อยละ 25, 50 และ 75 มีความสอดคล้องกัน ส่วนกรรมวิธีที่ระดับร้อยละ 100 นั้น มีแนวโน้มการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยต้องใช้ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 80 °C จึงสามารถลดการปนเปื้อนได้มากกว่าร้อยละ 50 ในทำนองเดียวกัน การลดการปนเปื้อนรา *Curvularia* sp. และ *Fusarium* sp. ซึ่งเป็นราสาเหตุโรคสำคัญที่ถ่ายทอดโรคผ่านเมล็ดพันธุ์ เมื่อนำเมล็ดข้าวผ่านการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบต สามารถลดปริมาณราทั้ง 2 ชนิดนี้ได้ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Table 4) และยังพบว่ารา *Curvularia* sp. และ *Fusarium* sp มีแนวโน้มอ่อนแอต่อการได้รับความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบตมากกว่ารา *A. niger*

Table 1. Fungal contamination and germination percentages of paddy seed cv. Khao Dawk Mali 105 after exposure to fluidized bed heat treatment with various combinations of temperatures and exposure times with blotter method incubating for 5 days

| Temperature (°C)   | Exposure time (sec.) | Contamination <sup>1</sup> (%) | Germination (%) <sup>1</sup> | Seed moisture (%) |
|--------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Control            | -                    | 92.25                          | 93.50                        | 28.0              |
| 60                 | 90                   | 85.75                          | 92.25                        | NA                |
|                    | 120                  | 81.25                          | 88.50                        | 21.10             |
| 65                 | 90                   | 76.50                          | 83.00                        | NA                |
|                    | 120                  | 72.25                          | 82.00                        | 19.90             |
| 70                 | 90                   | 69.27                          | 25.50                        | NA                |
|                    | 120                  | 65.50                          | 25.50                        | 19.60             |
| 75                 | 90                   | 54.75                          | 14.75                        | NA                |
|                    | 120                  | 51.25                          | 11.00                        | 19.10             |
| 80                 | 90                   | 50.50                          | 6.25                         | NA                |
|                    | 120                  | 46.75                          | 4.75                         | 19.20             |
| 85                 | 90                   | 47.25                          | 2.00                         | NA                |
|                    | 120                  | 42.50                          | 1.50                         | 18.00             |
| 90                 | 90                   | 38.00                          | 1.25                         | NA                |
|                    | 120                  | 35.25                          | 1.25                         | 18.50             |
| 95                 | 90                   | 30.25                          | 1.25                         | NA                |
|                    | 120                  | 27.75                          | 0.75                         | 17.80             |
| 100                | 90                   | 26.25                          | 1.00                         | NA                |
|                    | 120                  | 20.25                          | 0.75                         | 18.30             |
| Temperature (F1)   |                      |                                |                              |                   |
| F-test             |                      | **                             | **                           |                   |
| LSD                |                      | 2.34                           | 1.81                         |                   |
| Exposure time (F2) |                      |                                |                              |                   |
| F-test             |                      | **                             | **                           |                   |
| LSD                |                      | 1.10                           | 0.86                         |                   |
| F1*F2              |                      |                                |                              |                   |
| F-test             |                      | ns                             | ns                           |                   |
| <i>P</i>           |                      | 0.92                           | 0.25                         |                   |
| C.V. (%)           |                      | 9.30                           | 15.01                        |                   |

<sup>1</sup> Significantly different between treatments by LSD test at  $P \leq 0.01$ <sup>NA</sup> Not applicable<sup>ns</sup> Not significant

Table 2. Fungal contamination and germination percentages of paddy seed cv. Pathum Thani 1 after exposure to fluidized bed heat treatment with various temperatures with the blotter method incubating for 5 days

| Temperature (°C) | Contamination (%) <sup>1</sup> | Germination (%) <sup>1</sup> | Seed moisture (%) |
|------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Control          | 84.00 <sup>a</sup>             | 97.50 <sup>a</sup>           | 23.8              |
| 60               | 77.25 <sup>b</sup>             | 96.75 <sup>a</sup>           | 14.40             |
| 65               | 71.00 <sup>c</sup>             | 93.25 <sup>a</sup>           | 14.40             |
| 70               | 68.00 <sup>cd</sup>            | 22.75 <sup>b</sup>           | 14.90             |
| 75               | 63.75 <sup>d</sup>             | 12.25 <sup>c</sup>           | 14.90             |
| 80               | 69.25 <sup>d</sup>             | 2.75 <sup>d</sup>            | 13.80             |
| 85               | 50.00 <sup>e</sup>             | 0.00 <sup>d</sup>            | 13.80             |
| 90               | 45.25 <sup>e</sup>             | 0.00 <sup>d</sup>            | 13.50             |
| 95               | 38.00 <sup>f</sup>             | 0.00 <sup>d</sup>            | 13.20             |
| 100              | 34.00 <sup>f</sup>             | 0.00 <sup>d</sup>            | 12.90             |
| LSD              | 5.82                           | 4.78                         | -                 |
| C.V. (%)         | 6.79                           | 10.18                        | -                 |

<sup>1</sup> Means followed by the same letter within column are not significant difference from each other by LSD test at  $P \leq 0.01$

Table 3. Grain quality parameters of rice cv. Pratum Thani 1 when exposed to fluidized bed heat treatment at various temperatures and exposure times

| Grain qualities                              | Temperature (°C) |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                              | 60               | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
| Moisture content (%)                         | 24.0             | 23.2  | 22.4  | 19.9  | 20.7  | 18.6  | 18.4  | 18.2  | 18.6  |
| Paddy seed color                             | straw            | straw | straw | straw | straw | straw | straw | straw | straw |
| Brown rice color                             | white            | white | white | white | white | white | white | white | white |
| Whole kernels and head rice (%) <sup>1</sup> | 50.44            | 51.47 | 51.38 | 53.39 | 52.58 | 50.02 | 44.39 | 35.75 | 1.02  |
| Amylose content (%) <sup>2</sup>             | 16.19            | 15.84 | 16.16 | 16.53 | 16.66 | 16.10 | 16.67 | 16.89 | 15.99 |

<sup>1</sup> Whole kernels and head rice (%): < 31 = low, 31-40 = medium, 41-50 = good, > 50 = very good

<sup>2</sup> Amylose content (%): < 20 = low, 20-25 = medium, > 25 = high

Table 4. Percentages of *Aspergillus niger* (Asp.), *Curvularia* sp. (Cur.) and *Fusarium* sp. (Fus.) found on the inoculated paddy seed cv. Khao Dawk Mali 105, after exposure to fluidized bed heat

| Temp.(°C) | Inoculated paddy seed (%) <sup>1</sup> |                     |                   |                    |                    |                   |                    |                    |                   |                    |                    |                    |
|-----------|----------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|           | 25%                                    |                     |                   | 50%                |                    |                   | 75%                |                    |                   | 100%               |                    |                    |
|           | Asp.                                   | Cur.                | Fus.              | Asp.               | Cur.               | Fus.              | Asp.               | Cur.               | Fus.              | Asp.               | Cur.               | Fus.               |
| 60        | 20.5 <sup>a3</sup>                     | 11.0 <sup>a</sup>   | 9.7 <sup>a</sup>  | 41.75 <sup>a</sup> | 23.3 <sup>ab</sup> | 16.0 <sup>a</sup> | 55.0 <sup>a</sup>  | 38.7 <sup>a</sup>  | 32.0 <sup>a</sup> | 77.5 <sup>a</sup>  | 48.0 <sup>a</sup>  | 35.0 <sup>a</sup>  |
| 65        | 18.5 <sup>b</sup>                      | 5.7 <sup>b</sup>    | 7.0 <sup>b</sup>  | 37.75 <sup>b</sup> | 24.3 <sup>b</sup>  | 13.7 <sup>a</sup> | 49.5 <sup>b</sup>  | 32.0 <sup>b</sup>  | 20.3 <sup>b</sup> | 70.5 <sup>b</sup>  | 45.0 <sup>ab</sup> | 27.7 <sup>b</sup>  |
| 70        | 15.5 <sup>c</sup>                      | 4.7 <sup>c</sup>    | 3.7 <sup>c</sup>  | 30.5 <sup>c</sup>  | 13.0 <sup>c</sup>  | 7.7 <sup>b</sup>  | 40.75 <sup>c</sup> | 29.3 <sup>bc</sup> | 9.7 <sup>c</sup>  | 63.75 <sup>c</sup> | 39.0 <sup>b</sup>  | 27.0 <sup>bc</sup> |
| 75        | 13.5 <sup>d</sup>                      | 4.3 <sup>bcd</sup>  | 3.7 <sup>c</sup>  | 27.25 <sup>d</sup> | 11.0 <sup>cd</sup> | 7.3 <sup>b</sup>  | 36.25 <sup>d</sup> | 28.0 <sup>c</sup>  | 7.7 <sup>cd</sup> | 50.5 <sup>d</sup>  | 32.0 <sup>c</sup>  | 23.0 <sup>c</sup>  |
| 80        | 10.75 <sup>e</sup>                     | 3.6 <sup>bcd</sup>  | 3.0 <sup>d</sup>  | 21.25 <sup>e</sup> | 8.0 <sup>d</sup>   | 4.0 <sup>c</sup>  | 28.0 <sup>e</sup>  | 25.7 <sup>d</sup>  | 7.3 <sup>cd</sup> | 45.75 <sup>e</sup> | 23.3 <sup>d</sup>  | 18.3 <sup>d</sup>  |
| 85        | 9.5 <sup>f</sup>                       | 2.7 <sup>cdef</sup> | 2.3 <sup>de</sup> | 17.5 <sup>ef</sup> | 6.0 <sup>ef</sup>  | 3.3 <sup>c</sup>  | 22.25 <sup>f</sup> | 13.0 <sup>e</sup>  | 7.0 <sup>cd</sup> | 36.0 <sup>f</sup>  | 22.3 <sup>de</sup> | 12.0 <sup>e</sup>  |
| 90        | 6.25 <sup>g</sup>                      | 2.0 <sup>def</sup>  | 1.7 <sup>de</sup> | 12.75 <sup>f</sup> | 3.3 <sup>f</sup>   | 3.0 <sup>c</sup>  | 16.75 <sup>g</sup> | 11.0 <sup>e</sup>  | 3.3 <sup>cd</sup> | 29.75 <sup>g</sup> | 16.3 <sup>ef</sup> | 4.3 <sup>f</sup>   |
| 95        | 5.5 <sup>h</sup>                       | 1.3 <sup>ef</sup>   | 1.3 <sup>e</sup>  | 12.0 <sup>f</sup>  | 3.3 <sup>f</sup>   | 2.3 <sup>c</sup>  | 10.75 <sup>h</sup> | 7.7 <sup>f</sup>   | 2.7 <sup>d</sup>  | 25.25 <sup>h</sup> | 10.0 <sup>f</sup>  | 4.0 <sup>f</sup>   |
| 100       | 4.75 <sup>i</sup>                      | 1.0 <sup>g</sup>    | 1.0 <sup>e</sup>  | 7.75 <sup>g</sup>  | 2.7 <sup>f</sup>   | 2.3 <sup>c</sup>  | 7.0 <sup>i</sup>   | 2.7 <sup>f</sup>   | 2.7 <sup>d</sup>  | 24.5 <sup>h</sup>  | 4.7 <sup>g</sup>   | 4.0 <sup>f</sup>   |
| LSD       | 0.92                                   | 2.52                | 2.40              | 1.93               | 3.21               | 2.70              | 3.15               | 4.83               | 6.73              | 2.32               | 6.93               | 4.48               |
| CV        | 5.64                                   | 23.41               | 24.68             | 5.83               | 15.39              | 18.87             | 7.34               | 13.99              | 33.77             | 3.4                | 15.35              | 14.63              |

<sup>1</sup>Percent of fungi (1x10<sup>4</sup> spores/ml) inoculated seed that were mixed with the uninoculated seed before exposing to the treatments.<sup>2</sup>Means followed by the same letter within column are not significant from each other by LSD test at P ≤ 0.01

## สรุป

การให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดด้วยเครื่องมือระดับห้องปฏิบัติการ ที่ระดับความแรงลม 3.7 เมตร/วินาที ชุดการทดลองดีที่สุดในการลดการติดเชื้อและยังคงมาตรฐานความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ได้คือที่ น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าว 200 กรัม ให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่อุณหภูมิ 65°C เป็นระยะเวลา 120 วินาที ซึ่งสามารถลดการติดเชื้อของเมล็ดข้าวเปลือกได้ร้อยละ 20 และคงความงอกไว้ได้ที่ร้อยละ 82.00 สำหรับการทดลองลดปริมาณการปนเปื้อนราหลังการ-

ปลูกเชื้อ พบว่าสามารถลดการปนเปื้อนรา *A. niger* ได้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 เมื่อใช้อุณหภูมิ 75 °C ขึ้นไป ขณะที่ รา *Curvularia* sp. และ รา *Fusarium* sp. สามารถทนต่อการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดได้น้อยกว่า รา *A. niger* นอกจากนั้น การให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดสามารถลดความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกในระยะต้นหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างชัดเจนถึงร้อยละ 7-9 อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิสูงกว่า 85 °C ทำให้คุณภาพการสีของเมล็ดข้าวเปลือกลดลงจากดีมากเป็นดี แต่ไม่ส่งผลต่อลักษณะภายนอกของเมล็ด



## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลัง  
การเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัย  
และนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนทุนศึกษาวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- Diba, K., P. Kordbacheh, S.H. Mirhendi, S. Rezaie  
and M. Mahmoudi. 2007. Identification of  
*Aspergillus* species using morphological  
characteristics. Pakistan Journal of  
Medical Sciences 23(6): 867-872.
- International Seed Testing Association. 2023.  
International Rules for Seed Testing.  
(Online). Available: <https://www.seedtest.org/api/rm/TSC9G9KXWC668E/ista-rules-2023-02-sampling-final.pdf>. ( February  
15, 2023).
- Jittanit, W., G. Srzednicki and R.H. Driscoll. 2013.  
Comparison between fluidized bed and  
spouted bed drying for seeds. Drying  
Technology 31(1): 52-56.
- Karbassi, A. and Z. Mehdizadeh. 2008. Drying  
rough rice in a fluidized bed dryer. Journal  
of Agricultural Science and Technology  
10: 233-241.
- Mheen, T.I., H.S. Cheigh, A.N. Ragunathan and  
K.S. Majumder. 1982. Studies on the fungi  
in stored rice. Microbiology and  
Biotechnology Letters 10(3): 191-196.
-