

อิทธิพลของการอบแห้งของข้าวเปลือกเริ่มงอกต่อสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน

Effect of Drying on Antioxidant Activity of Germinated Paddy Using Fluidization Technique

กฤตณัย แก้วยศ,¹ ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์^{2*}

Krittana Kaewyot,¹ Chaiyong Taechapairoj^{2*}

Received: 15 October 2012 ;Accepted: 10 December 2012

บทคัดย่อ

ข้าวกล้องงอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ แต่ยังมีข้อเสียอยู่เนื่องจากการผลิตข้าวกล้องงอกในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่เกิดการแตกร้าว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการอบแห้งข้าวเปลือกเริ่มงอกด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชันแบบลมร้อนที่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพการหุงต้มและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องงอก โดยอบแห้งข้าวเปลือกสายพันธุ์พิษณุโลก 2 อุณหภูมิอากาศร้อน 110 - 150°C ที่ความชื้นเริ่มต้น 46.21% d.b. ให้ได้ความชื้นหลังการอบแห้งประมาณ 19 - 21% d.b. จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ร้อยละต้นข้าว เวลาในการหุงต้ม และปริมาณการดูดซับน้ำสูงขึ้น ส่วนปริมาณของแข็งละลายในน้ำและอัตราการขยายปริมาตรมีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณ 1.343 - 1.368 mg GAE/g ปริมาณ FRAP มีค่า 26.86 - 27.92 $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g}$ และ % Inhibition ของ DPPH มีค่า 78.11 - 80.90% ซึ่งค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับข้าวอ้างอิง

คำสำคัญ: การอบแห้ง ข้าวเปลือกเริ่มงอก สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Germinated brown rice is a nutrition-added product. However, one of the disadvantages due to the current processing of germinated brown rice caused is cracking. Therefore, the purpose of this work was to investigate the effect of drying on physical quality, cooking quality and antioxidant activity of germinated paddy using a fluidization technique. The germinated brown rice (Phitsanulok 2) with the initial moisture content of 46.2% db. was dried with the hot-air temperature of 110 - 150°C to the moisture content approximately of 19 - 21% db. The experimental results showed that head rice yield, cooking time and water uptake increased with higher drying temperature, while solid loss and volume expansion decreased. The total phenolic content, ferric reducing antioxidant power (FRAP) and DPPH radical scavenging activity of germinated brown rice were in the range of 1.343 - 1.368 mgGAE/g, 26.86 - 27.92 $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g}$ and 78.11 - 80.90%, respectively. The antioxidant activity of germinated brown rice decreased slightly when compared with that obtained from the reference rice.

Keywords: Antioxidant, Drying, Germinated Paddy

¹ นักศึกษาปริญญาโท, ² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

¹ Master degree student, ² Assist. Prof., Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Sanamchandra Palace Campus, Muang District, Nakhon Pathom 73000, Thailand

* Corresponding author; Chaiyong Taechapairoj, Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Sanamchandra Palace Campus, Muang District, Nakhon Pathom 73000, Thailand. chaiyong_t@yahoo.com,

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และคนไทยยังบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ซึ่งข้าวเป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีมูลค่าการส่งออกทางเศรษฐกิจเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ และยังมีผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้สูงกว่าข้าวขาว โดยมีปริมาณของสารอาหารที่มากกว่า แต่ข้อเสียของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอก ก็คือ กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกในปัจจุบันใช้เวลาในการทำแห้งข้าวนานและยังเกิดรอยแตก ร้าวภายในเมล็ดข้าว ซึ่งอาจจะส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการหรือคุณค่าทางมูลค่าที่เสียไป

ดังนั้นการนำข้าวเปลือกมาผ่านกระบวนการงอกเพื่อแปรรูปข้าวกล้องเป็นข้าวกล้องงอก นอกจากจะทำให้ข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นแล้วโดยเฉพาะสาร Gamma amino-n-butyric acid (GABA) ยังสามารถลดรอยแตก ร้าวภายในเมล็ดได้มากกว่าข้าวกล้องที่นำไปแช่น้ำ โดยข้าวเปลือกหลังจากนำมาผ่านกระบวนการงอกจนเกิดการงอกแล้ว ข้าวเปลือกเริ่มงอกจะมีความชื้นที่สูง และจะมีปริมาณของจุลินทรีย์ที่สูง ซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวของข้าวเปลือกเนื่องมาจากการแช่น้ำในกระบวนการงอก ดังนั้นข้าวเปลือกเริ่มงอกจึงต้องนำมาผ่านกระบวนการอบแห้ง เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และลดความชื้นภายในข้าวกล้องงอก เพื่อให้สามารถนำมาเก็บรักษาได้นานขึ้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เทคนิคการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน โดยใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิสูง ให้อัตราการอบแห้งที่สูง และคุณภาพของข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ หากนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ น่าจะช่วยทำให้คุณภาพของข้าวกล้องสูงขึ้น โดยเฉพาะคุณภาพเชิงสุขภาพ อาทิเช่น สารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ได้แก่ Total phenolic content, DPPH radical scavenging เป็นต้น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งข้าวเปลือกเริ่มงอก (สายพันธุ์พิษณุโลก 2) ด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชันแบบลมร้อนที่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ การหุงต้มและสารต้านอนุมูลอิสระ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ทดลองในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องฟลูอิดไดเซชันแบบวงวนโดยใช้อากาศร้อน แผนภาพของอุปกรณ์ชุดนี้แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งมีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ ห้องอบแห้งตัวให้ความร้อน และพัดลมแบบหนีศูนย์กลาง

วิธีการอบแห้ง

นำข้าวเปลือก (พันธุ์พิษณุโลก 2) ที่ผ่านการแช่น้ำจนกระทั่งงอกที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 46% db. (1.4 kg) จากนั้นนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชัน ความสูงเบด 10 cm อุณหภูมิที่ใช้เท่ากับ 110, 130 และ 150°C โดยใช้ความเร็วอากาศ 2.5 m/s และอากาศหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 80 จากนั้นนำไปเป่าด้วยอากาศแวดล้อมจนความชื้นลดลงเหลือประมาณ 16% db. จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ต่อไป

สำหรับการหาความชื้นของข้าวเปลือกจะเก็บตัวอย่างครั้งละประมาณ 50 กรัม ไปอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ร้อยละต้นข้าว

การวิเคราะห์ร้อยละต้นข้าว (Head rice yield) โดยชั่งน้ำหนักข้าวเปลือก 250 g หลังจากนั้นกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือก จากนั้นแยกข้าวกล้องเต็มเมล็ดด้วยเครื่องคัดแยกแบบตะแกรงกลม แล้วจึงคำนวณหาร้อยละต้นข้าวกล้อง ทั้งนี้ ต้นข้าวอ้างอิงได้จากการนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นเดียวกันกับที่อบแห้งด้วยอากาศร้อนมาอบแห้งโดยการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมจนเหลือความชื้น 16% db.

การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม

เวลาในการหุงสุก (Cooking time)²

นำข้าวที่ผ่านกระบวนการคัดแยกข้าวเมล็ดเต็มมาแล้วมา 2 g ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นใส่หลอดทดลอง 20 ml นำไปต้มในน้ำเดือดประมาณ 10 นาที จากนั้นนำเมล็ดข้าวมากด โดยใช้กระบอกใส 2 แผ่นกดลงบนเมล็ดข้าวที่ต้มแล้วทำการกดทุก ๆ 1 นาที จนสังเกตได้ว่าเมล็ดข้าวที่กดนั้นไม่มีแกนสีขาวเหลืออยู่และตรงนั้นคือ ระยะเวลาในการหุงต้ม (Cooking time)

การหาปริมาณการดูดซับน้ำ (Water uptake)²

ซึ่งเมล็ดข้าวมาจำนวน 2 g ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 20 ml ลงในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดจนถึงเวลา cooking time ยกหลอดขึ้นจากน้ำเดือดทันที รอให้เย็นและนำข้าวที่หุงสุกแล้วไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำมาคำนวณหา Water uptake ดังสมการ (1)

$$\text{Water uptake (\%)} = \left(\frac{W_c - W_{uc}}{W_{uc}} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_c = น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ผ่านการหุง (g)

W_{uc} = น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ยังไม่ผ่านการหุง (g)

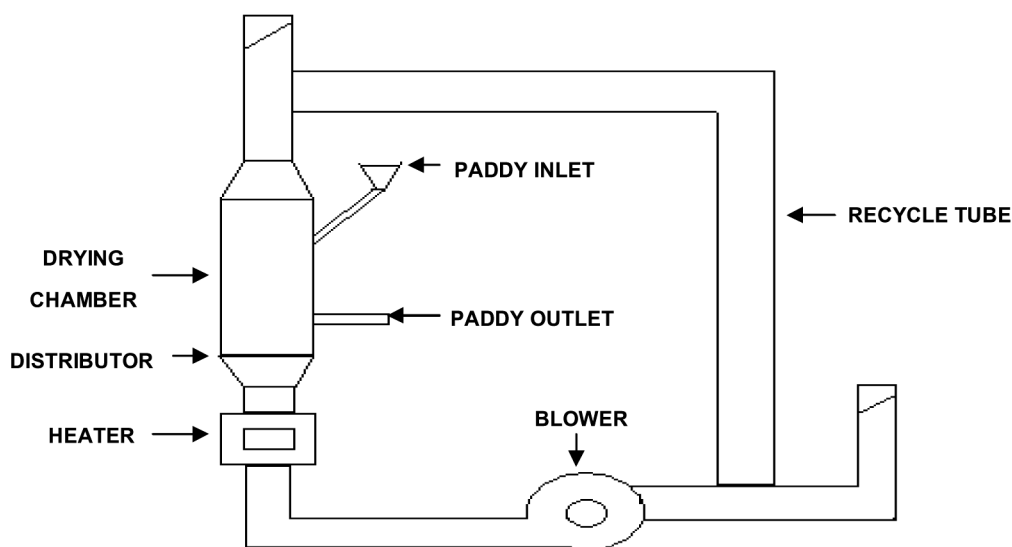


Figure 1 Schematic diagram of a fluidized bed dryer

การหาปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Solid loss)²

ซังเมล็ดข้าวจำนวน 2 g ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 20 ml ลงในหลอดทดลอง แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด จนถึงเวลา cooking time จากนั้นเทน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวใส่ภาชนะที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน รอให้เย็นแล้วนำน้ำนั้นไปอบที่ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 45 นาที ซังน้ำหนักของภาชนะหลังอบแล้วนำมาคำนวณหา Solid loss ดังสมการ (2)

Solid loss (%) =

$$\frac{(\text{น้ำหนักภาชนะหลังอบ} - \text{น้ำหนักภาชนะเริ่มต้น}) \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวตัวอย่าง}} \quad (2)$$

การขยายปริมาตร (Volume expansion)³

ซังเมล็ดข้าวมาจำนวน 2 g ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 20 ml ลงในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดจนถึงเวลา cooking time จากนั้นวัดความสูงของข้าวก่อนหุงและหลังหุงต้ม แล้วนำมาคำนวณหา volume expansion ดังสมการ

$$\text{Volume expansion (\%)} = \frac{(x_2 - x_1)}{x_1} \times 100$$

เมื่อ x_1 = ความสูงข้าวก่อนหุง (cm)

x_2 = ความสูงข้าวหลังหุง (cm)

การวิเคราะห์ด้านเคมี

การสกัดตัวอย่างข้าวเพื่อหาปริมาณ antioxidant activity⁴

การสกัดตัวอย่างข้าวทำได้โดย นำแบ่งข้าว 5 g ผสม 70% Ethanol 25 ml จากนั้นนำไปกวน 20 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3500 g นาน 10 นาที เก็บส่วนใสแล้วนำตะกอนที่เหลือสกัดซ้ำ แล้วนำส่วนใสมารวมกัน จากนั้นกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No.5 ทำการระเหยตัวทำละลายด้วย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C ให้เหลือปริมาตรสุดท้าย 5 ml

การวิเคราะห์หาปริมาณ Total phenolic content (TPC)⁵

นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัด 0.5 ml เติม Folin-Ciocalteu's reagent (เจือจาง 10 เท่า) 2.5 ml ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเติม 7.5% (w/v) Na_2CO_3 2.0 ml แล้วนำไป incubate ที่ 50°C นาน 5 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 nm โดยรายงานผลเป็น mg GAE/g

การวิเคราะห์หาปริมาณ Ferric reducing antioxidant power (FRAP)⁶

นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัด 50 μl เติม FRAP reagent (acetate buffer pH 3.6 + FeCl_3 + TPTZ) ที่อุณหภูมิ 37°C นาน 15 นาที ปริมาตร 950 μl จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 nm โดยรายงานผลเป็น $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g}$

การวิเคราะห์ DPPH radical scavenging activity⁷

นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัด 0.1 ml ผสม 6×10^{-5} M DPPH ปริมาตร 3.9 ml เก็บไว้ในที่มืดนาน 2 ชั่วโมง อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 nm โดยรายงานผลเป็น IC_{50} คำนวณได้จาก

$$\% \text{Inhibition} = \frac{(A_0 - A_{ext})}{A_0} \times 100$$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ 0 นาที

A_{ext} = ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ 2 ชม.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จลนพลศาสตร์การอบแห้ง

จากรูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกเริ่มอบที่อุณหภูมิ 110 - 150°C พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถลดความชื้นได้รวดเร็วมากกว่าการอบแห้งอุณหภูมิต่ำ นั่นคืออัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง โดยการเพิ่มขึ้นของอัตราการอบแห้งเกิดอันเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของเมล็ดและอุณหภูมิในการอบแห้ง ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนจึงมีค่าสูงกว่าทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิดังกล่าวระเหยนน้ำได้เร็วกว่า

ร้อยละต้นข้าว

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละต้นข้าวกับอุณหภูมิในการอบแห้งที่ความชื้นต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ร้อยละต้นข้าวจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และยังมีปริมาณสูงกว่าข้าวอ้างอิงซึ่งร้อยละต้นข้าวที่เพิ่มขึ้นเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นนั้นซึ่งเกิดมาจากการเกิด เจลาติไนซ์ (gelatinization) ในเมล็ดข้าวเปลือก โดยข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งแล้วมีอุณหภูมิของเมล็ดสูงกว่าจะเกิดเจลาติไนซ์ได้ดี ทำให้ได้ปริมาณของต้นข้าวมากกว่า เนื่องจากเมื่อแป้งได้รับความร้อน ส่วนที่เป็นแอมิโลสจะละลายและดูดซับน้ำได้มาก ทำให้เกิดการพองตัวได้มากขึ้นโมเลกุลจะเข้ามาใกล้ชิดกันและยึดเข้าด้วยกันทำให้โครงสร้างภายในโมเลกุลแข็งแรงขึ้น ส่งผลให้รอยร้าวหรือรอยแตกภายในเมล็ดข้าวสามารถประสานกันอย่างสนิท⁸ แต่เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิในการอบแห้งเดียวกัน พบว่าความชื้นภายในเมล็ดที่ต่ำกว่า 21% db. จะส่งผลให้ร้อยละต้นข้าวต่ำลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดเป็นความแตกต่างของความชื้นที่บริเวณผิวและแกนกลางของเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความเค้นภายในเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งนำไปสู่การเกิดรอยแตกร้าวและหัก เมื่อนำไปสีจึงได้ร้อยละต้นข้าวที่ลดลง

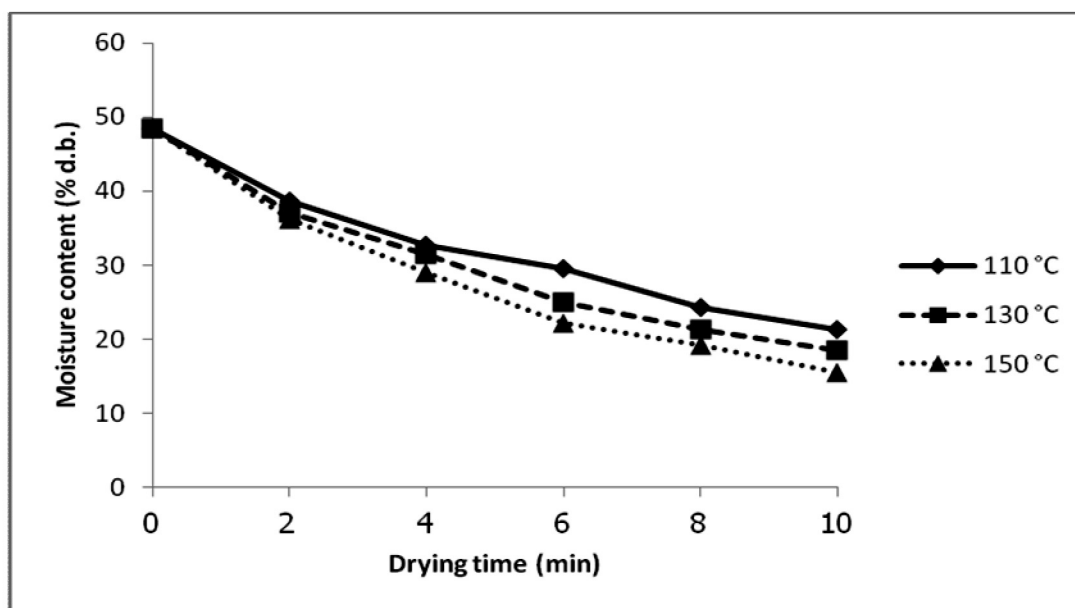


Figure 2 Drying curves of GBR dried by a fluidized bed dryer

คุณภาพการหุงต้ม

จากตารางที่ 1 แสดงเวลาในการหุงต้ม ปริมาณในการดูดซับน้ำ และปริมาณของแข็งละลายในน้ำของข้าวที่ผ่านการอบแห้ง พบว่าเวลาในการหุงต้มของข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่าสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง

สำหรับปริมาณในการดูดซับน้ำ พบว่าปริมาณการดูดซับน้ำของข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่าน้อยกว่าข้าวอ้างอิง เนื่องจากเกิดเจลลาติไนซ์ภายในเมล็ดแป้ง ส่งผลให้โครงสร้างภายในผลึกหนาแน่น ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในได้น้อยกว่าข้าวอ้างอิง

ส่วนปริมาณของแข็งละลายในน้ำ พบว่า เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายออกมาของข้าวที่ผ่านการอบแห้งต่ำกว่าข้าวอ้างอิง เนื่องจากการเกิดเจลลาติไนซ์ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ strength และ tightness ในเมล็ดข้าว⁹ และอัตราการขยายปริมาตรของข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่าต่ำกว่าข้าวอ้างอิงเพียงเล็กน้อย

ในส่วนของร้อยละการแตกร้าวดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ร้อยละการแตกร้าวลดน้อยลง เนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งส่งผลทำให้เกิดเจลลาติไนซ์ภายในเมล็ดแป้ง ซึ่งทำให้โครงสร้างภายในเมล็ดแป้งมีการประสานกันได้สนิทขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อร้อยละต้นข้าวที่เพิ่มขึ้น

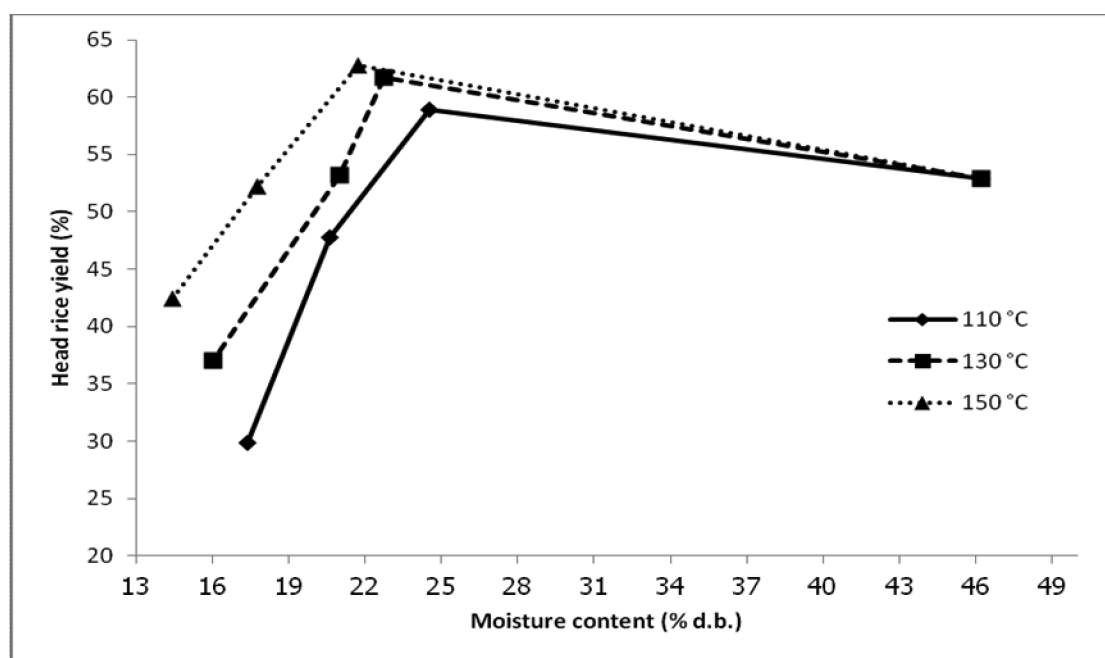


Figure 3 Effects of drying temperatures and moisture contents after a fluidized bed drying on the head rice yield

Table 1 Cooking time, water uptake, solid loss and volume expansion of GBR after the processing

Drying Temperature	Cooking time (min)	Water uptake (%)	Solid loss (%)	Volume expansion (%)
Reference rice	25	207.17±3.90	2.17±0.58	446.67±46.19
Drying 110 °C	29	176.33±4.04	2.00±0.50	433.33±11.55
Drying 130 °C	30	177.83±6.75	1.83±0.29	430.36±15.65
Drying 150 °C	32	181.83±11.86	1.67±0.29	426.67±23.09

Table 2 Percentage of fissured kernels of PLK2 after the processing

Drying Temperature	Fissured grain (%)
Reference rice	3.17±1.61
Drying 110 °C	2.17±1.04
Drying 130 °C	1.67±1.04
Drying 150 °C	1.33±0.29

Table 3 Total content, %inhibition DPPH[•] radical and FRAP value of GBR after the processing

Drying Temperature	Total phenolic content (mg GAE/g)	% Inhibition DPPH radical	FRAP (mmol FeSO ₄ /g)
Reference rice	1.467±0.027	79.42±3.66	26.90±3.61
Drying 110 °C	1.343±0.016	80.68±6.73	26.86±1.72
Drying 130 °C	1.361±0.010	80.90±5.98	27.92±3.91
Drying 150 °C	1.368±0.018	78.11±0.74	26.99±3.79

Total phenolic content (TPC)

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 แสดง Total phenolic content พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่าต่ำกว่าข้าวอ้างอิงเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ที่ 1.361-1.368 mg GAE/g ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งที่ส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าลดลง

DPPH radical scavenging activity (IC₅₀)

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 แสดงค่า %Inhibition ที่เกิดจากปฏิกิริยาของ DPPH พบว่า ค่า %Inhibition ของข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่าไม่แตกต่างกับข้าวอ้างอิง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการอบแห้งไม่ส่งผลต่อ %Inhibition ซึ่งผลการทดลองยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา⁹

Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

ปริมาณ FRAP แสดงในตารางที่ 3 พบว่าปริมาณ FRAP ของข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่าไม่แตกต่างกับข้าวอ้างอิง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 26.86-27.92 µmol FeSO₄/g นั่นคือเกิดปฏิกิริยา reduction ของ Fe³⁺ ที่อยู่ในรูป Fe³⁺-TPTZ เมื่อถูกรีดิวซ์จะเกิดเป็น Fe²⁺-TPTZ ซึ่งถ้าเกิด Fe²⁺-TPTZ มาก แสดงว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี⁶ และยังพบว่าอุณหภูมิไม่ส่งผลต่อปริมาณ FRAP

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งข้าวเปลือกเริ่มงอก (พันธุ์พิษณุโลก 2) ด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชันพบว่า อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ใช้อบแห้งเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะสั้นลง ทั้งนี้จึงส่งผลถึงร้อยละต้นข้าวที่เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น จากผลการทดสอบคุณภาพการหุงต้มพบว่า เวลาในการหุงต้มและปริมาณการดูดซับน้ำของข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของแข็งละลายในน้ำและอัตราการขยายปริมาตรมีค่าลดลง ส่วนร้อยละการแตกร้าวมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น และจากการทดสอบคุณภาพทางเคมี คือปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีปริมาณต่ำกว่าข้าวอ้างอิงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ค่า %Inhibition และปริมาณ FRAP มีค่าไม่แตกต่างกับข้าวอ้างอิง ซึ่งคุณภาพโดยรวมของข้าวเปลือกเริ่มงอกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชันยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย และสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้งบประมาณสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Swasdisevi T, Sriariyakula W, Tia W, Soponronnarit S. Effect of pre-steaming on production of partially-parboiled rice using hot-air fluidization technique. *Journal of Food Engineering* 2010;96:455–462.
2. Sdoponronnarit S, Chiawwet M, Prachayawarakorn S, Tungtrakul P, Taechapairoj C. Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. *Journal of Food Engineering* 2008;85:268–276.
3. Tian S, Nakamura K, Cui T, Kayahara H. High-performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in rice. *Journal of Chromatography A* 2005;1063:121–128.
4. Skerget M, Kotnik P, Hadolin M, Hras AR, Simoncic M, Knez Z. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry* 2005;89:191–198.
5. Benzie Iris FF, Strain JJ. The ferric reducing ability of Plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 1996;239:787–799.
5. Maisuthisakul P, Suttajit M, Pongsawatmanit R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chemistry* 2007;100:1409–1418.
6. ณัฐพล ภูมิสะอาด. การจัดการข้าวเปลือกขึ้นโดยการอบแห้งแบบเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน การเก็บในที่อับอากาศ และการเป่าด้วยอากาศแวดล้อม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุณหภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 36-42. 2540.
7. Butsat S, Siriamornpun S. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry* 2010;119: 606–613.