

ผลของสภาวะการอบแห้งและการเก็บรักษาที่หลากหลายต่อการก่อตัวของกรดไขมันอิสระของข้าวเหนียวดำ
Effect of Various Drying and Storage Conditions on Free Fatty Acid Formation of Purple Rice

นิตยา จันกา¹, เฉลิมชัย วงษ์อารี², พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย², ธรรมนุญ พลสิทธิ์²,
ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย³ และ ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล⁴
Nittaya Junka¹, Chalermchai Wongs-Aree², Panida Boonyariththongchai², Thummanoon Ponsit²,
Chanakan Thebault Prom-u-thai³ and Chaiwat Rattanamechaiskul⁴

Abstract

This research was focused on finding effect of drying; high temperature (100, 130 and 150°C) fluidization technique, and packaging; no bag, laminated bag with and without oxygen absorber conditions, on inhibition of total free fatty acid (FFA) formation of purple rice during storage for 90 days. The results analyzed by Approved Method of the American Association of Cereal Chemists showed that FFA content of reference sample increased from 46.7 to 166.7 mg/100 g dry matter during 90 day storage. The dried rice had lower formation of FFA content than the reference sample, which was dried by ventilation. During the storage time; the FFA decreased with increasing of drying temperature. When the FFA content at the same drying temperature was compared, the content in laminated bag with oxygen absorber was the lowest, except in the result of drying temperature at 150°C. The high temperature drying was effective to suppress FFA formation caused by hydrolytic rancidity while laminated bag with oxygen absorber packaging was effective to suppress the formation caused by oxidative rancidity. In the storage period of 90 days, sample dried at 150°C and packed by laminated bag had the lowest FFA content of 49.3 mg/100 g dry matter.

Keywords: free fatty acid, purple rice, storage

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิสูง (100 130 และ 150°C) โดยเทคนิคฟลูอิดไรเซชันร่วมกับบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ ถุงลามิเนตที่ใส่ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์ และถุงลามิเนตที่ไม่ใส่ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์ต่อการยับยั้งก่อตัวของกรดไขมันอิสระทั้งหมดของข้าวเหนียวดำในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 90 วัน ผลการทดสอบตามวิธีการของ Approved Method of the American Association of Cereal Chemists or AACC (1995) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา 90 วัน ทริตเมนต์ควบคุมมีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจาก 46.7 เป็น 166.7 mg/100 g dry matter ข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าทริตเมนต์ควบคุมซึ่งลดความชื้นด้วยอากาศแวดล้อม แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งมีผลต่อการก่อตัวของปริมาณกรดไขมันอิสระ การก่อตัวมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิอบแห้งเดียวกัน ตัวอย่างที่บรรจุในถุงลามิเนตและใส่ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุดยกเว้นผลการทดสอบที่อุณหภูมิอบแห้ง 150°C การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งการเกิดขึ้นของกรดไขมันอิสระที่มีสาเหตุจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของลิพิด ในขณะที่การใช้ถุงลามิเนตร่วมกับการใส่ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์ มีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งกรดไขมันอิสระที่มีสาเหตุจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด ตัวอย่างที่ถูกอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C และบรรจุในถุงลามิเนตมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุดที่ 49.3 mg/100 g dry matter เมื่อเก็บรักษานาน 90 วัน

คำสำคัญ: กรดไขมันอิสระ, ข้าวเหนียวดำ, การเก็บรักษา

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

²Division of Crop production Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000

³หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

⁴Postharvest technology program, School of Bioresource and Technology, King Mongkut's University Technology Thonburi, Bangkok 10150

³ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

³Plant Science and Natural Resources Department, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

⁴สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

⁴Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

คำนำ

การสลายตัวของลิวตินในข้าวเหนียวดำนั้นเกิดขึ้นเนื่องจาก การทำงานของเอนไซม์ไลเพสและเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสซึ่งจะก่อให้เกิดกรดไขมันอิสระขึ้น ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของลิวตินและปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิวติน (Liu *et al.*, 2013) ในระหว่างการเก็บรักษาข้าว ก่อให้เกิดความสูญเสียในด้านคุณภาพของข้าวที่ลดลงและอีกทั้งยังทำให้เกิดความสูญเสียในด้านเศรษฐกิจ

การอบแห้งเป็นเทคนิคที่สามารถช่วยยืดอายุข้าวภายหลังจากการเก็บรักษา โดยการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไรเซชันที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้เอนไซม์ไลเพสหยุดการทำงานในปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของลิวติน ซึ่งทำให้เกิดการยับยั้งการเกิดขึ้นของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในข้าวให้มีค่าลดลง และสำหรับการเกิดกลิ่นเหม็นหืนที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสนั้น Tsuzuki *et al.* (2014) พบว่าการใช้ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์ในข้าวสารมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดกลิ่นเหม็นหืนดังกล่าวได้ดีแม้เก็บในที่อุณหภูมิสูง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นทำการศึกษาผลของการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไรเซชันร่วมกับการใช้ ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์เพื่อลดการเกิดกลิ่นเหม็นหืนและยืดอายุการเก็บรักษาของข้าวเหนียวดำ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาข้าวเหนียวดำได้นานยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวเปลือกที่ทำการศึกษาทดลองเป็นสายพันธุ์เก่าโดยสะกัด ถูกเก็บเกี่ยวจากภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ความชื้นเริ่มต้นหลังการเก็บเกี่ยวที่ 33.3 % (d.b.) ข้าวเปลือกถูกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไรเซชันดังแสดงใน Figure 1 ที่อุณหภูมิ 100 130 และ 150°C เป็นระยะเวลา 6 4 และ 3 นาที ตามลำดับ ที่ระยะเวลาดังกล่าวความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกลดลงเหลือ 22.0 % (d.b.) จึงนำข้าวเปลือกออกมาจากห้องอบแห้งและเป่าด้วยอากาศแวดล้อมจนความชื้นลดลงเหลือ 11.0-14.0 % (d.b.) ตามวิธีการของ Junka *et al.* (2015) สำหรับข้าวเปลือกอ้างอิงคือข้าวเปลือกที่ลดความชื้นด้วยอากาศแวดล้อมที่อุณหภูมิ 30°C จนความชื้นลดลงเหลือ 11.0-14.0 % (d.b.) ภายหลังจากกระบวนการลดความชื้น ทำการกะเทาะเปลือกตัวอย่างข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไรเซชันที่อุณหภูมิต่างๆ และตัวอย่างข้าวอ้างอิง ได้เป็นข้าวเหนียวดำ จากนั้นทำการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ ได้แก่ การไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ (NB) การใช้ถุงลามิเนตที่ไม่ใส่ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์ (LB) และการใช้ถุงลามิเนตที่ใส่ออกซิเจนแอ็บซอร์บเบอร์ (Oxygen absorber, S-10, บริษัท เจนจรัสเคมีซัพพลาย จำกัด) (LBOA) นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 90 วัน (วิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำทุกๆ 15 วัน) ตามวิธีการของ Approved Method of the American Association of Cereal Chemists or AACC (AACC, 1995)

ผล

ข้าวเหนียวดำอ้างอิงเก็บรักษาที่สภาวะ NB มีปริมาณ FFA เริ่มต้นที่ 46.7 mg/100 g dry matter เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 15 วัน ปริมาณ FFA มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นประมาณ 2 เท่า แนวโน้มดังกล่าวยังเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับข้าวเหนียวดำที่เก็บรักษาที่สภาวะ NB แต่ผ่านการอบแห้ง ปริมาณ FFA มีแนวโน้มการก่อตัวที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงใน Figure 2

Figure 3 และ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ FFA ที่เก็บรักษาด้วยสภาวะ NB LB และ LBOA ของข้าวเหนียวดำอ้างอิงและข้าวเหนียวดำที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 150°C (ที่ 100 และ 130°C ไม่ได้ถูกแสดง) พบว่าปริมาณ FFA ของข้าวเหนียวดำอ้างอิงทุกสภาวะการเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลา 90 วัน อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 15 วัน พบการก่อตัวดังกล่าวเมื่อเก็บรักษาด้วย LB ปริมาณ FFA มีแนวโน้มลดลงและลดลงมากที่สุดหากเก็บรักษาด้วย LBOA สำหรับข้าวเหนียวดำที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 150°C ปริมาณ FFA ในทุกสภาวะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน ปริมาณ FFA ที่สภาวะ LB และ LBOA มีปริมาณน้อยกว่าการเก็บรักษาที่สภาวะ NB อย่างมีนัยสำคัญ

Figure 5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ FFA ของข้าวเหนียวดำอ้างอิงที่เก็บรักษาด้วยสภาวะ LBOA และข้าวเหนียวดำที่ผ่านการอบแห้งและเก็บรักษาด้วยสภาวะ NB ทุกสภาวะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ที่ระยะเวลา 90 วันข้าวเหนียวดำอ้างอิงที่เก็บรักษาด้วยสภาวะ LBOA มีปริมาณ FFA น้อยกว่าข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่ 100°C อย่างไรก็ตาม

ตามข้าวเหนียวดำที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิสูงที่ 130 และ 150°C แม้เก็บที่สภาวะ NB ปริมาณ FFA ยังคงมีน้อยกว่าข้าวเหนียวดำอ้างอิงที่เก็บรักษาด้วยสภาวะ LBOA อย่างมีนัยสำคัญ

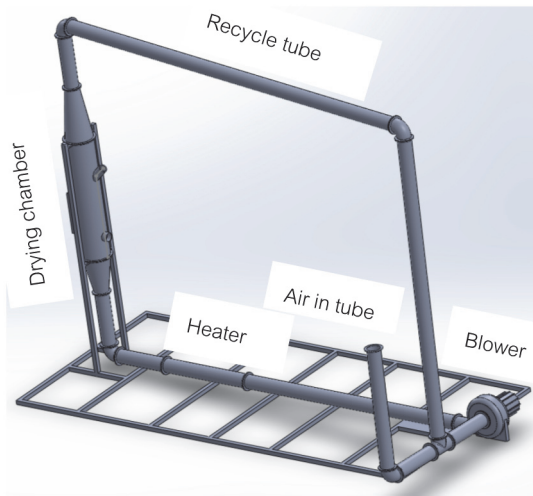


Figure 1 Fluidized bed dryer

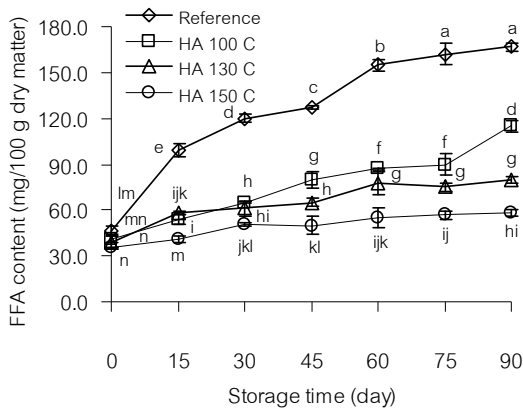


Figure 2 Accumulations of no bag FFA content of reference and dried samples during storage

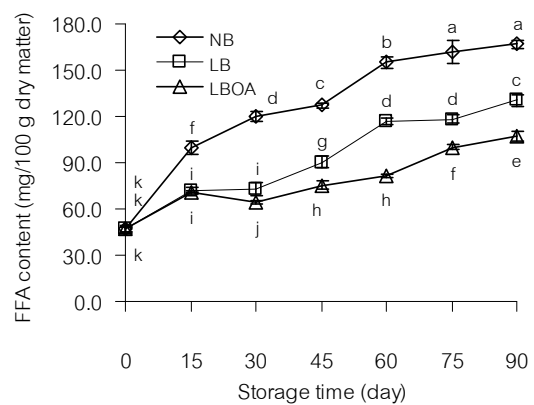


Figure 3 Accumulations of FFA content of reference sample under various storage conditions

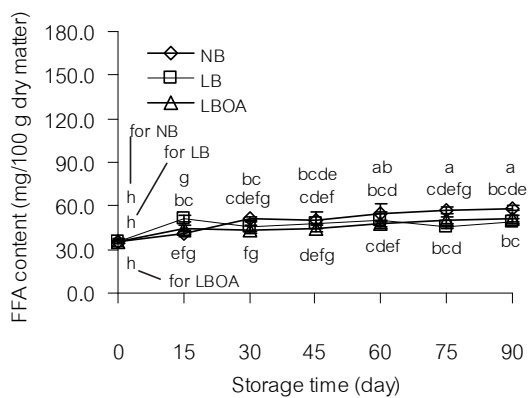


Figure 4 Accumulations of FFA content of dried sample at 150°C under various storage conditions

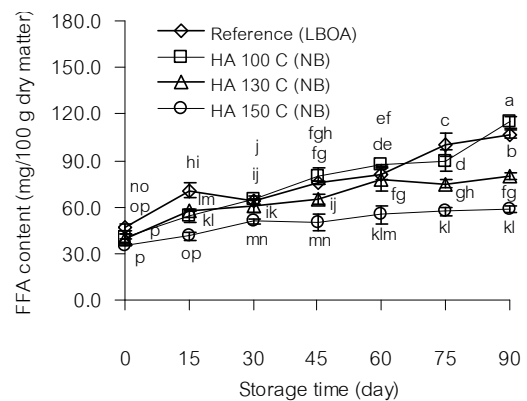


Figure 5 FFA content comparison of reference sample packed by LB with OA and NB sample dried by various drying temperatures

วิจารณ์ผล

ปริมาณ FFA ของข้าวเหนียวดำอ้างอิงเก็บที่สภาวะ NB มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของลิพิดจากการทำงานของเอนไซม์ลิเพสและปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดจากเอนไซม์ลิพอกซีจีเนส (Liu *et al.*, 2013) ไม่ได้ถูกยับยั้ง ปริมาณ FFA ของข้าวเหนียวดำที่ผ่านการอบแห้งมีแนวโน้มการก่อตัวที่ลดลงตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้นจากการที่ความร้อนสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิเพสได้บางส่วน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim *et al.* (2014) ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิเพสในรำข้าว ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน ในการใช้กระบวนการทางความร้อนประเภทและสภาวะต่างๆ การนึ่งรำข้าวด้วยไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นระยะเวลา 20 นาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิเพสได้ ทำให้ปริมาณ FFA ในรำข้าวมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน

ปริมาณ FFA ของข้าวเหนียวดำอ้างอิงที่สภาวะการเก็บรักษา LB มีแนวโน้มลดลงและลดลงมากที่สุดเมื่อเก็บรักษาด้วย LBOA เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดถูกยับยั้ง จากการที่ข้าวเหนียวดำไม่สัมผัสกับออกซิเจนโดยตรง ส่วนออกซิเจนบางส่วนที่ได้ซึมผ่าน LB จะถูกดูดซับโดยออกซิเจนแอ็บซอร์เบอร์ อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่สภาวะ LBOA นั้นไม่ส่งผลในการยับยั้งปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของลิพิดโดยมีเอนไซม์ลิเพสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นข้าวเหนียวดำอ้างอิงแม้ถูกเก็บที่สภาวะ LBOA ปริมาณ FFA ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Tsuzuki *et al.*, 2014) นอกจากนี้แม้ข้าวเหนียวดำถูกอบแห้งที่อุณหภูมิสูง 150°C ยังมีความจำเป็นที่ต้องเก็บตัวอย่างที่สภาวะ LB เนื่องจากเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดมีระยะเวลาการอบแห้งที่รวดเร็ว การอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C 3 นาที ส่งผลให้อุณหภูมิเมล็ดข้าวในห้องอบแห้งมีอุณหภูมิเพียง 106°C (Junka *et al.*, 2015) ซึ่งที่อุณหภูมิเมล็ดข้าวดังกล่าวยังไม่สูงพอต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิเพสได้อย่างสมบูรณ์

การอบแห้งที่ 100°C เก็บที่สภาวะ NB มีปริมาณ FFA มากกว่าข้าวเหนียวดำอ้างอิง ผลดังกล่าวตรงข้ามกับข้าวเหนียวดำที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิสูงที่ 130 และ 150°C แม้เก็บที่สภาวะ NB ปริมาณ FFA ยังคงมีน้อยกว่าข้าวเหนียวดำอ้างอิงเก็บที่สภาวะ LBOA ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิเพสอย่างมีประสิทธิภาพ มีอิทธิพลกว่าการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมีกระบวนการทำปฏิกิริยาช้ากว่าปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (Galliard, 1994)

สรุป

ในการรักษาเสถียรภาพของข้าวเหนียวดำจากปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นหืน ควรใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอุณหภูมิสูงที่ 150°C นาน 3 นาที อบแห้งตัวอย่างข้าวที่ความชื้นหลังการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุตัวอย่างในถุงลามิเนตก่อนการเก็บรักษา

คำขอขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- AACC. 1995. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists. Ninth ed. Saint Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists Incorporation.
- Galliard, T. 1994. Rancidity in cereal products. pp. 141-159. *In*: J. Allen and R. Hamilton (Eds.). Rancidity in foods (3rd ed). London: Blackoe Academic & Professional.
- Junka N., C. Wongs-Aree, C. Rattanamechaiskul, S. Kanlayanarat, P. Boonyaritthongchai, C.T. Prom-u-thai. 2015. Effect of high-temperature fluidized bed drying on quality of 'Kum Doi Saket' variety of purple rice. *International Food Research Journal* 22 (2): 593-597.
- Kim, S. M., H.J. Chung and S.T. Lim. 2014. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. *Journal of Cereal Science* 60: 243-248.
- Liu, L., D.L.E. Waters, T.J. Rose, J. Bao and G.J. King. 2013. Phospholipids in rice: significance in grain quality and health benefits a review. *Food Chemistry* 139: 1133-1145.
- Tsuzuki, T., Y. Suzuki, S. Yamada, S. Kano, H. Ohnishi, T. Fujimoto and A. Horigane. 2014. Effect of oxygen absorber on accumulation of free fatty acids in brown rice and whole grain wheat during storage. *LWT - Food Science and Technology* 58: 222-229.