วารสารเกษตรนเรศวร
ISSN : 0859-3027
ISSN (Online) : 2730-356X

บทความวิจัย

ผลของสภาวะการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพข้าวหอมมะลิแดง

ปริตา ธนสุกาญจน์[1,2] พิชญานิน เพชรล้อมทอง[2] นลัทพร รัตนตรัยวงศ์[2] อรอินทุ์ ประไชโย[1,2] และ ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์[1,2*]

[1]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
[2]สถานที่ปรึกษาอุตสาหกรรมอาหารภูมิภาคอาเซียน-อเมริกา มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
*Corresponding author: puntarikar@nu.ac.th
(Received January 28, 2021; Revised April 4, 2021; Accepted April 15, 2021)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาหอมมะลิแดงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารที่มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัชและคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นจุดเด่นของข้าวที่มีรงควัตถุสี โดยคัดเลือกตัวอย่างข้าวหอมมะลิแดงจากจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดพิจิตร เก็บรักษาในกระสอบป่านที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบที่ 0, 3 และ 6 เดือน ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารที่มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัช คุณค่าทางโภชนาการ และองค์ประกอบทางเคมี ผลการวิจัยพบว่า เมื่อสภาวะการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ปริมาณแกมม่า-โอรีซานอล ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริก ของข้าวหอมมะลิแดงเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ฤทธิ์ทางโภชนเภสัช ที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS และวิตามินอีของข้าวหอมมะลิแดงมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ปริมาณความชื้นอยู่ในค่ามาตรฐาน และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ข้าวหอมมะลิแดง, สภาวะการเก็บ, คุณภาพ, คุณค่าทางโภชนาการ, ฤทธิ์ทางโภชนเภสัช

NARESUAN AGRICULTURE JOURNAL
ISSN : 0859-3027
ISSN (Online) : 2730-356X

Research Article

Effect of Storage Conditions on Qualities of Red Jasmine Rice (*Oryza sativa* L.)

Parita Thanasukarn[1,2], Pitchayanin Petlomtnog[2], Nalatporn Ratanatriwong[2], Ornin Prachaiyo[1,2], Puntarika Ratanatriwong[1,2]*

[1]Department of Agro-Industry Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

[2]Naresuan University ASEAN-AMERICAN Industrial Food Consulting Center, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author: puntarikar@nu.ac.th

(Received January 28, 2021; Revised April 4, 2021; Accepted April 15, 2021)

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of storage condition on qualities, nutrition values and nutraceutical compounds of pigmented mild rice. Red Jasmine rice (*Oryza sativa* L.) was selected in Sukhothai and Phitchit province of Thailand. Samples were then stored at room temperature (30 degree Celsius) for 6 months in hemp sack. The results showed that, as storage times increased the gamma-oryzanol, peroxide value and thiobarbituric acid value (TBA) significantly increased. In contrast, as storage time increased the nutraceutical compounds as measured by DPPH, ABTS assays and Vitamin E decreased. However, the moisture content not exceeding to Standard Thailand Rice and slightly changed of color value during storage.

Keywords: Red Jasmine Rice, Storage time, Qualities, Nutrition values, Nutraceutical compounds

บทนำ

ข้าวหอมมะลิแดง (Red Jasmine Rice) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. อยู่ในวงศ์ Poaceae เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีรงควัตถุสี โดยมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงเข้ม อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินอี ช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือด และลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ โดยพบว่ามีปริมาณสูงกว่าข้าวกล้องทั่วไปถึง 11.2 เท่า มีธาตุเหล็ก 1.2 มิลลิกรัมต่อ100กรัม โดยธาตุเหล็กเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่หลากหลาย เช่น เบต้าแคโรทีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตา ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ช่วยให้กระดูก ผม ฟัน และเหงือกแข็งแรง เป็นต้น (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2551) จากการศึกษาข้าวหอมมะลิแดงหุงสุกพบว่า มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงถึง 1.41 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (พนิตตรา และอารยา, 2554) นอกจากนี้ผลการศึกษาระดับน้ำตาลกลูโคสในข้าวหอมมะลิแดง พบว่า มีปริมาณดัชนีน้ำตาลกลูโคสเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าข้าวเจ้าทั่วไป เหมาะกับการส่งเสริมให้ผู้บริโภคที่อยู่ในภาวะปกติหรือผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 สามารถรับประทานได้ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2551) อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาข้าวเปลือกโดยทั่วไป วิธีที่เกษตรกรนิยมใช้จะเก็บในสภาพปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เช่น เก็บในยุ้งฉาง เนื่องจากมีการลงทุนน้อย และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่มีโอกาสการเกิดความเสียหายในด้านปริมาณและคุณภาพ ซึ่งการเก็บรักษาข้าวเปลือกในกระสอบป่านก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ โอกาสการเกิดความเสียหายน้อยกว่า และสามารถเก็บรักษาข้าวได้ในระยะเวลานานขึ้น ด้วยจุดเด่นอันเป็นเอกลักษณ์ที่สำคัญของข้าวหอมมะลิแดงต่อคุณสมบัติของสารที่มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัช รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายที่สามารถนำมาเป็นจุดขายในการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลทางการศึกษาสภาวะการเก็บรักษาของข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดง ต่อการเปลี่ยนแปลงของสารที่มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัชและคุณค่าทางโภชนการยังมีข้อมูลไม่ปรากฏแพร่หลายมากนัก

ดังนั้นผู้วิจัยสนใจศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดงต่อการเปลี่ยนแปลงของสารที่มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัชและคุณค่าทางโภชนการที่สำคัญ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงลึกประกอบการสร้างจุดเด่นของข้าวมีรงควัตถุสี อันเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพทางการตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์สุขภาพมูลค่าเพิ่มจากข้าวสำหรับตลาดเฉพาะทางได้ โดยเพิ่มโอกาสทางการตลาดที่หลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์ และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบได้มากขึ้น และส่งผลถึงการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของข้าวที่มีรงควัตถุสี เช่น ข้าวหอมมะลิแดง เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารที่มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัชและคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นจุดเด่นของข้าวที่มีรงควัตถุสี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดง (*Oryza sativa* L.) จากเกษตรกรในจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดพิจิตร ทำการบรรจุข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดงในกระสอบป่าน จำนวน 30 กิโลกรัมต่อกระสอบ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 6 เดือน ในสภาวะปกติ โดยเก็บรักษาข้าวไว้ที่โรงสีสิริวัฒนาและกลุ่มเครือข่ายปลูกข้าว ตำบลบ้านสวน รวมถึงกลุ่มเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนตำบลหนองโสน อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ที่บรรจุใน

กระสอบป่านในระยะเต็มเมล็ด จำนวน 2 กิโลกรัม มาทำการสีให้เป็นข้าวกล้องสำหรับวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางโภชนเภสัช ของข้าวหอมมะลิแดงในระหว่างการเก็บรักษา

นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการสี จากการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดงที่เก็บในกระสอบป่านที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่าง 3 ซ้ำ จากนั้นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านคุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางโภชนเภสัช และองค์ประกอบทางกายภาพของตัวอย่าง โดยทำการศึกษาคุณลักษณะทั้งหมด ดังนี้

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2005)

เตรียมตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ใน moisture can ที่ปรับและบันทึกน้ำหนักคงที่ นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่าง 3 ซ้ำ คำนวณหาปริมาณน้ำหนักที่หายไป

ค่าสี (Color value)

วิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE ค่า *L*, a*, b*, hue angle* และ *chroma* ด้วยเครื่อง Color reader model CR-10 (Konica Minolta sensing Inc., Osaka, Japan) ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ค่า *L** เข้าใกล้ 0 แสดงว่า ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ

ค่า *a** ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง แต่ค่า *a** ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว

ค่า *b** เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง ค่า *a** ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน

ค่า *C* (Chroma) คือ ค่าความเข้มหรือความอิ่มตัวของสี

ค่า *h* (Hue angel) คือ ตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา ถ้า $h = 0°$ แสดงว่าเป็นสีแดง $h = 90°$ แสดงว่าเป็นสีเหลือง $h = 180°$ แสดงว่าเป็นสีเขียว $h = 270°$ แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ปริมาณวิตามินอีทั้งหมด (Total Vitamin E) และปริมาณสารแกมมา-โอรีซานอล (γ-Oryzanol) ตามวิธีการของ Bucci et al. (2003) นำตัวอย่าง 5 กรัมที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอล วิเคราะห์วิตามินอีและปริมาณสารแกมมา-โอรีซานอล ด้วยเครื่อง HPLC ยี่ห้อ SHIMADZU (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) คอลัมน์ C_{18} 5 ไมโครเมตร ขนาด 4.6 × 250 นาโนเมตร ตรวจวัดปริมาณปริมาณวิตามินอี และปริมาณสารแกมมา-โอรีซานอล ด้วย UV detecter ที่ความยาวคลื่น 292 และ 315 นาโนเมตร ตามลำดับ เป็นเวลา 60 นาที ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่าง 3 ซ้ำ คำนวณปริมาณวิตามินอีปริมาณสารแกมมา-โอรีซานอลจากพื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่างเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี (Sigma, USA) ที่แปรผันระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้กราฟ

การวิเคราะห์การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปริมาณเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2000) เตรียมตัวอย่าง 5 กรัม เติมตัวทำละลายผสม (กรดอะซีติกผสมกับคลอโรฟอร์ม) เติมโฟแทส เซียมไอโอไดด์ 0.5 มิลลิลิตร เก็บในที่มืด 1 นาที เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตจนสารละลายเกือบไม่มีสี จากนั้นเติมสารละลายน้ำแป้งปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไตเตรตอีกครั้งด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตจนถึงจุดยุติ โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก (TBA) ตามวิธีของ Sen (2000) เตรียมตัวอย่าง 1 กรัม เติมสารละลายผสมระหว่างกรดไตรคลอโรอะซีติก และกรดไทโอบารบิทิวริก 10 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง นำหลอดทดลองไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที ทำการปั่นเหวี่ยง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ฤทธิ์ทางโภชนเภสัช

ทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ตามวิธีการของ Mensor (2001) เตรียมสารสกัดตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติม DPPH 0.3 mM ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 20 นาที และนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณหาค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารทดสอบกับความเข้มข้นของ Trolox

ทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ตามวิธีการของ Re et al. (1999) เตรียมสารละลาย ABTS กับสารละลายโฟแทสเซียม เฟอร์ซัลเฟต ตั้งทิ้งไว้ 12-16 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้ จากนั้นเตรียมสารตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1000 ppm ในเอทานอล ปิเปตสารตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร เติม ABTS ที่ได้จากการผสมและตั้งทิ้งไว้ก่อนหน้านี้ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 6 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณหาค่าการขจัดอนุมูล ABTS เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารทดสอบกับความเข้มข้นของ Trolox ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่แสดงฤทธิ์เท่ากัน (Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของตัวอย่างและเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Ducan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS version17)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณแกมม่า-โอรีซานอล ค่าเปอร์ออกไซด์ กรดไทโอบาร์บิทิวริก และปริมาณความชื้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS และปริมาณวิตามินอี (อัลฟ่า-โทโคฟีรอล) มีแนวโน้มลดลง ปริมาณแกมม่า-โอรีซานอลในข้าวหอมมะลิแดง (Figure 1) โดยทั่วไปปริมาณแกมม่า-โอรีซานอลอยู่ในส่วนของรำข้าว เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้นจนถึงเดือนที่ 6 พบว่ามีปริมาณแกมม่า-โอรีซานอล เพิ่มขึ้นจาก 5.39, 14.62 และ 380.93 mg/kg ซึ่งสูงถึง 71 เท่า มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพในการปรับปรุงไขมันในพลาสมา ลดคอเลสเตอรอลในเลือดทั้งหมด

Table 1 Moisture content and color value of Red Jasmine Rice at room temperature (30 C) during storage time

Storage time (month)	Moisture content (%)	Color value				
		*L**	*a**	*b**	C	*h*
0	6.77±0.12[b]	31.83±0.21[a]	0.27±0.06[a]	18.47±0.15[a]	18.47±0.15[a]	90.83±0.15[b]
3	9.01±0.29[a]	31.63±0.06[a]	0.17±0.12[a]	18.20±0.10[b]	18.20±0.10[b]	90.53±0.40[b]
6	9.14±0.82[a]	31.00±0.00[b]	0.80±0.10[b]	17.93±0.06[c]	17.93±0.06[c]	92.47±0.40[a]

*Different Vertical letters indicated significant differences ($p<0.05$)

เพิ่มไขมันชนิดความหนาแน่นสูง (HDL) หรือไขมันชนิดดี ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด (Cicero & Gaddi, 2001) และมีรายงานว่าปริมาณแกมม่า-โอรีซานอลมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Saenjum et al., 2012; Kim et al.,1995; Hiramitsu & Armstrong, 1991; Xu et al., 2001;Juliano et al., 2005; Sugano & Tsuji, 1997; Vorarat et al., 2010) ยิ่งไปกว่านั้น สารแกมม่า-โอรีซานอลมีความสำคัญมากในผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ และเครื่องสำอาง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินอีถึง 6 เท่า นอกจากนี้ ยังช่วยปรับความสมดุลของระดับฮอร์โมนในสตรีวัยทอง ป้องกันแสงยูวี ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น ต้านการอักเสบ และต้านการเกิดเนื้องอก เป็นต้น (Cho et al., 2012) ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อสภาวะการเก็บรักษานานขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 2.80, 3.33 และ 3.87 mEq/kg ตามลำดับ (Figure 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Perdon et al. (1997) และ Ying et al. (1998) ที่พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลต่อค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยกล่าวเพิ่มเติมว่าระยะเวลาการเก็บรักษาและอุณหภูมิส่งผลต่อค่าเปอร์ออกไซด์ โดยเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาข้าวสูงขึ้น ยิ่งส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของข้าวได้เร็วยิ่งขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และไม่ส่งผลในทางลบต่อกลิ่นของข้าวกล้องแต่อย่างใด สำหรับค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริก (Figure 3) ของข้าวหอมมะลิแดงในระหว่างการเก็บรักษา มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเปอร์ออกไซด์ โดยมีค่า 0.29, 0.32 และ0.40 mg MDA/kg ตามลำดับ ค่าปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีปริมาณความชื้น 6.77% ในช่วงระยะเริ่มต้นของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้น เป็น 9.01% และ 9.14% ตามลำดับ ในเดือนที่ 3 และเดือนที่ 6 (Table 1) อย่างไรก็ตามข้าวกล้องหอมมะลิแดงคงมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย คือ 14% (กระทรวงพาณิชย์, 2556) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน มีปริมาณความชื้นเป็นไปตามค่ามาตรฐานและมีความปลอดภัยต่อการบริโภคและปลอดภัยจากการเสื่อมคุณภาพจากเชื้อจุลินทรีย์ และผลการวิเคราะห์ค่าสี (Table 1) พบว่าค่าสีของข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยโดยมีสีคล้ำขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา จากการศึกษาของ Soponronnarit et al. (2008) กล่าวว่าข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานที่อุณหภูมิสูงจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ นอกจากนี้ ภัทรพร (2540) กล่าวเพิ่มเติมว่าหากเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงส่งผลให้แบคทีเรียและเชื้อราเจริญเติบโตได้ดีและทำให้เมล็ดข้าวมีสีคล้ำยิ่งขึ้น การเก็บตัวอย่างในรูปข้าวเปลือกจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของค่าสีและความชื้น เนื่องจากช่วยลดอัตราการหายใจของข้าว และป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา ช่วยป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดข้าวได้

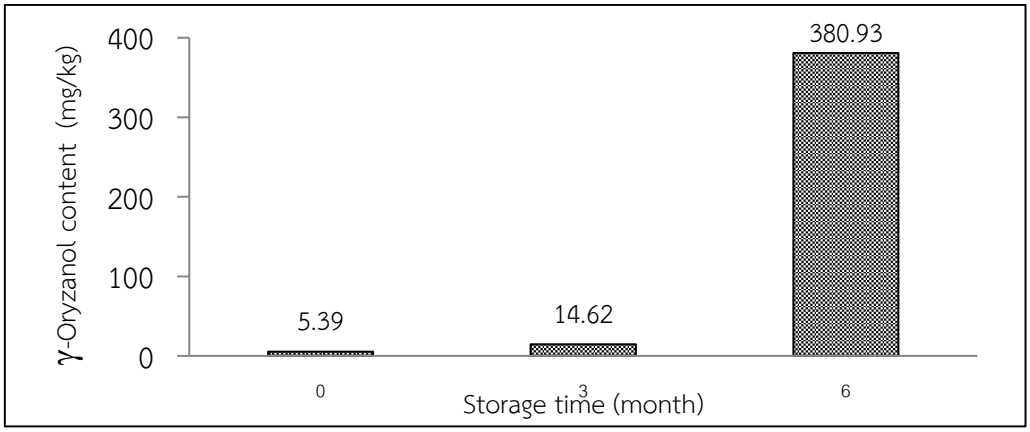

Figure 1 γ-Oryzanol content of Red Jasmine Rice at room temperature (30 C) during storage time

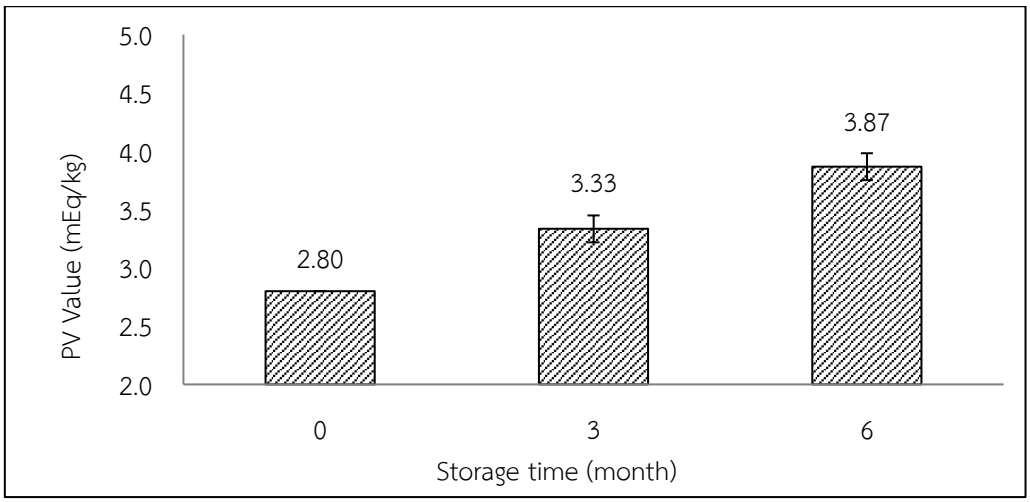

Figure 2 Peroxide value of Red Jasmine Rice at room temperature (30 C) during storage time

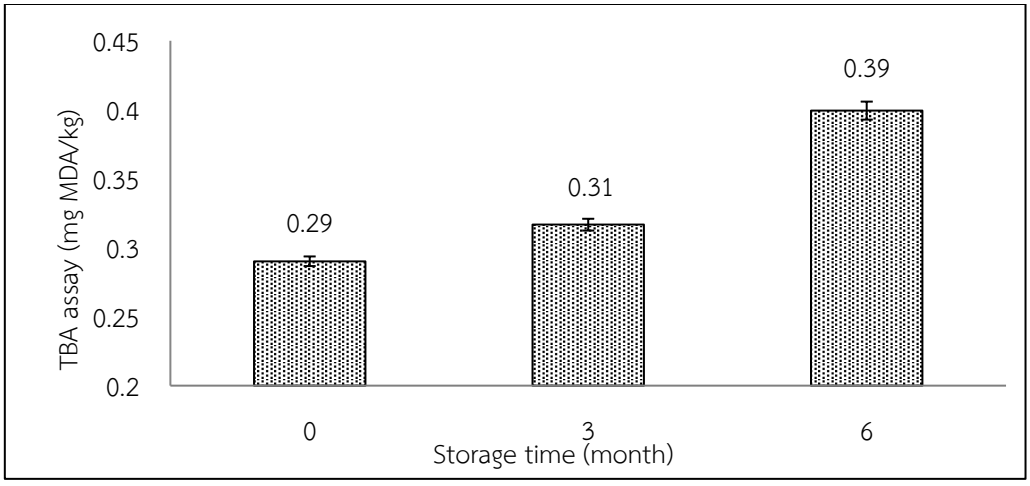

Figure 3 TBA assay of Red Jasmine Rice at room temperature (30 C) during storage time

ในทางตรงข้ามการทดสอบฤทธิ์ทางโภชนเภสัช โดยการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (Figure 4) และ ABTS (Figure 5) และปริมาณวิตามินอี (อัลฟ่า-โทโคฟีรอล) (Figure 6) ของข้าวหอมมะลิแดง ในระหว่างการเก็บรักษามีแนวโน้มลดลง โดยจากการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS พบว่า มีปริมาณสูงถึง 87.51–91.53% และ 60.06-72.84 μg/mL ตามลำดับ (Table 3) โดยแนวโน้มของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น พบว่า มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการลดลงดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยาการเสื่อมสลายทางเคมีในระหว่างการเก็บรักษา (Norkaew et al., 2017) สำหรับปริมาณวิตามินอี (อัลฟ่า-โทโคฟีรอล) ในข้าวหอมมะลิแดง มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งการลดลงดังกล่าวส่งผลต่อการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงตามไปด้วย โดยลดลงจาก 0.33, 0.13 และ 0.00 mg/100 g ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณวิตามินอีที่พบในข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีปริมาณ 0.33 mg/100 g สูงกว่าข้าวกล้องทั่วไปถึง 11.2 เท่า ช่วยบรรเทาอาการอ่อนเพลีย ขยายเส้นเลือด ต้านการแข็งตัวของเลือด ลดความสามารถในการจับตัวเป็นลิ่มเลือด และลดอัตราเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือด สมอง หัวใจ บำรุงตับ ช่วยระบบสืบพันธุ์ เซลล์ประสาท และกล้ามเนื้อให้ทำงานได้ตามปกติ (วิโรจน์, 2551) นอกจากนี้วิตามินอียังสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่ส่งผลต่อการเกิดกลิ่นหืนได้อีกด้วย โดยในเมล็ดข้าวจะมีไขมันที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (อรอนงค์, 2550) เมื่อถูกทิ้งไว้นานๆ แสง ความร้อน จะเป็นปัจจัยกระตุ้นให้พันธะคู่ถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจน ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) เกิดกลิ่นเหม็นหืน ส่งผลต่อรสชาติและคุณภาพของข้าว (ศรมน, 2559) โดยทั่วไปในระหว่างการเก็บรักษาข้าวเปลือก นอกจากปัจจัยด้านระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นแล้วนั้น ความแตกต่างของสายพันธุ์ข้าว ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ การดูแลรักษาแปลงข้าว วิธีการเก็บเกี่ยว ตลอดจนกระบวนการสีข้าว ล้วนแต่ส่งผลต่อปริมาณวิตามินอี (อัลฟ่า-โทโคฟีรอล) ด้วย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นจากการหืนของข้าวหอมมะลิแดงในระหว่างการเก็บรักษา และผลการศึกษาเห็นได้ว่าข้าวหอมมะลิแดงเป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางโภชนเภสัชที่สามารถต้านอนุมูลอิสระสูง อย่างไรก็ตามปริมาณที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษายังคงเหลืออยู่ในเมล็ดข้าวและไม่ส่งผลต่อการบริโภคของผู้บริโภค

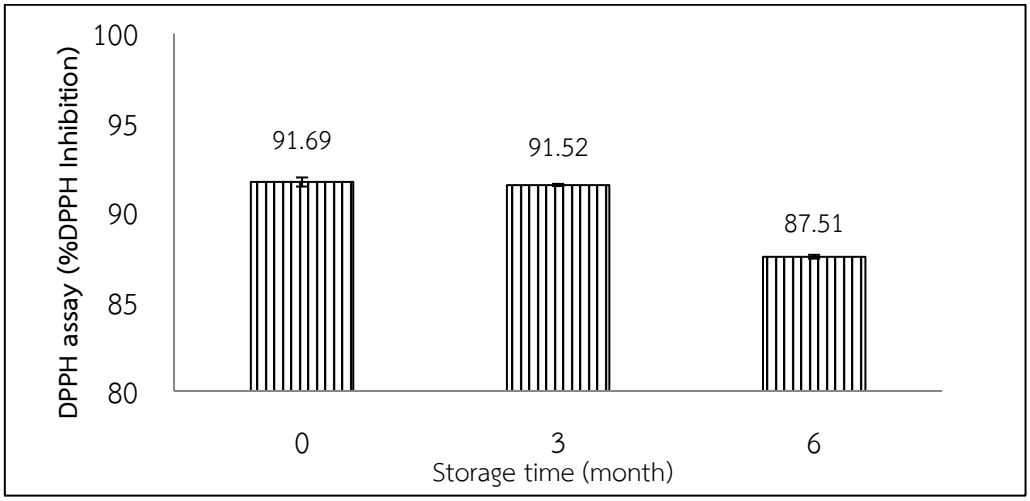

Figure 4 DPPH assay of Red Jasmine Rice at room temperature (30 C) during storage time

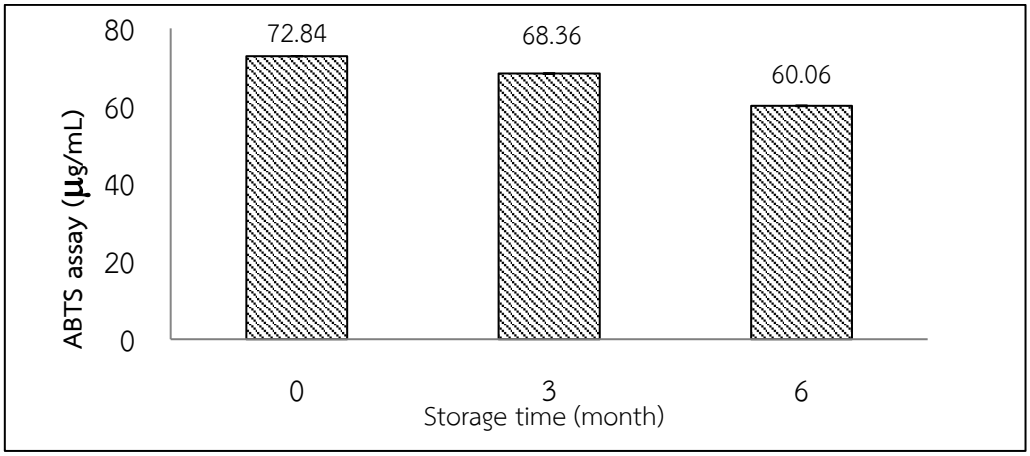

Figure 5 ABTS assay of Red Jasmine Rice at room temperature (30 C) during storage time

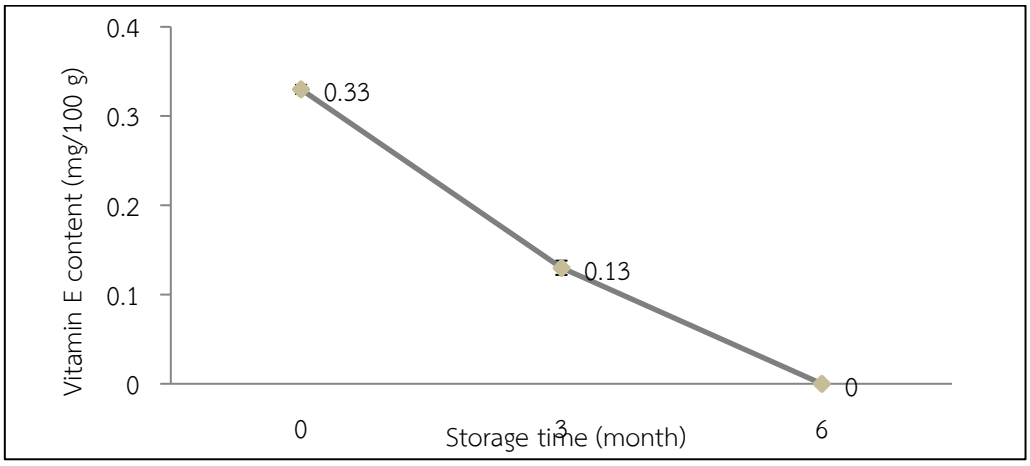

Figure 6 Vitamin E content of Red Jasmine Rice at room temperature (30 C) during storage time

สรุป

คุณภาพของข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดงที่ทำการเก็บรักษาในกระสอบป่านจำนวน 30 กิโลกรัมต่อกระสอบ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อนำมาสีและวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารที่มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัช คุณค่าทางโภชนาการ และองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน โดยข้าวกล้องหอมมะลิแดงยังคงมีคุณภาพดี คงคุณค่าทางโภชนาการ มีฤทธิ์ทางโภชนเภสัช และปริมาณแกมม่า-โอรีซานอลในปริมาณสูง ตลอดจนไม่มีกลิ่นเหม็นหืน ดังนั้น เกษตรกรสามารถเก็บข้าวเปลือกหอมมะลิแดงในกระสอบป่านที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีเพียงเล็กน้อย ไม่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ทางโภชนเภสัช และกลิ่นของข้าว ทั้งนี้องค์ความรู้ด้านการศึกษาคุณภาพของข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อเกษตรกรในการจัดการกระบวนการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิแดง และยังสามารถประยุกต์ใช้ในการจัดการการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร และการพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพชนิดใหม่ที่ได้จากข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2560 ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยโครงการการศึกษาคุณสมบัติทางโภชนเภสัชและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวที่มีรงควัตถุในแต่ละระยะการเจริญเพื่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์สุขภาพมูลค่าเพิ่ม และผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่อสารโภชนเภสัช สัญญาเลขที่ R2559B010 อีกทั้งสถานที่ปรึกษาอุตสาหกรรมอาหารภูมิภาคอาเซียน–อเมริกา อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือตอนล่าง (AAIF) และภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์. (2556). *ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 2)*. สืบค้น 12 เมษายน 2558, จาก www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2556/E/014/10.PDF

พนิตตรา ชำนาญศิลป์ และอารยา อารมณ์ฤทธิ์. (2554). การเปลี่ยนแปลงระดับการสุก ปริมาณแกมมาโอไรซานอลและกิจกรรมการต้านนออกซิเดชันของข้าวมีสีหลังจากการให้ความร้อน. *The Graduate Reseach Conference ครั้งที่ 12* (หน้า 750-756). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภัทรพร ธัญญาวินิชกุล. (2540). *ผลของภาชนะบรรจุและสภาพการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวสาร* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรมน สุทิน. (2559). วิตามินกับอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 2(1), 80-92

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). (2551). *ข้าว! อาหารมหัศจรรย์ของโลก*. สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2563. จาก, https://www.thaihealth.or.th/node/5663

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2551). *ข้าวหอมแดง (Red Hawn Rice)*. สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2557. จาก, http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.phpfile=content.php&id=90.htm

วิโรจน์ สุ่มใหญ่. (2551). *วิตามินและโภชนบำบัดศาสตร์มหัศจรรย์ชะลอความแก่ (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550). *ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 326 หน้า

อภิวัฒน์ อินทร์นก, พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, และอรประภา เทพศิลปะวิสุทธิ์. (2559). ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 5(3), 233-245.

A.O.A.C. (2000). Official Method 965.33 Peroxide value in oils and fats/Pearson's composition and analysis of food. 17th edition, Association of Officiating Analytical Chemists, USA: Washington DC.

A.O.A.C. (2005). Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, USA: Washington DC.

Bucci, R., Magri, A. D., Magri, A. L., & Marini, F. (2003). Comparison of three spectrophotometric methods for the determination of gamma-oryzanol in rice bran oil. *Analytical Bioanalytical Chemistry*, 375(8), 1254-1259

Cicero, A. F. G. & Gaddi, A. (2001). Rice bran oil and γ-oryzanol in the treatment of hyperlipoproteinemias and other conditions. *Phytotherapy Research*, 15, 277-289

Cho, J. Y., Lee, H. J., Kim, G. A., Kim, G. D., Lee, Y. S., Shin, S. C., ... & Moon, J. H. (2012). Quantitative analyses of individual γ-oryzanol (steryl ferulates) in conventional and organic brown rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Cereal Science*, 55, 337–343.

Juliano, B. O. (1985). Rice: chemistry and technology, 2nd ed. Minnesota: American Association of Cerial Chemists. Inc., p.18.

Juliano, C., Cossu, M., Alamanni, M.C. & Piu, L. (2005). Antioxidant activity of gamma-oryzanol: Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. *International Journal of Pharmaceutics*., 299, 146-154.

Hiramitsu, T. & Armstrong, D. (1991). Preventive effect of antioxidants on lipid peroxidation in the retina. *Ophthalmic Research*, 23, 196-203.

Kim, J.S., Han, D., Moon, K.D. & Rhee, J. S. (1995). Measurement of superoxide dismutase-like activity of natural antioxidants. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 59, 822-826.

Goufo, P., & Trindade, H. (2014). Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ-oryzanol, and phytic acid. *Food Science and Nutrition*, 2(2), 75–104.

Mensor L. I., Menezes, F.S., Leitao, G. G., Reis, A. S., Santos, T., Coube, C. S. & Leitao S. (2001). Screening of Brazilian plants extracts for antioxidants activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15, 127-130.

Muramatsu, Y., Tagawa, A., Sakaguchic, E. and Kasai, T. (2007). Prediction of thermal conductivity of kernels and a packed bed of brown rice. *Food Engineering*, 80, 241–248.

Norkaew, O., Boontakham, P., Dumri, K., Noenplab, A.N.L., Sookwong, P. & Mahatheeranont, S. (2017). Effect of Post-Harvest Treatment on Bioactive Phytochemicals of Thai Black Rice. *Food Chemistry*, 217, 98-105.

Perdon, A. A., Marks, B. P., Siebenmorgen, T. J. & Reid, N. B. (1997). Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium-grain rice cv. Bengal. *Cereal Chemistry*, 74(6), 864–867.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-7.

Saenjum, C., Chaiyasut, C., Chansakaow, S., Suttajit, M. and Sirithunyalug, B. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory activities of gamma-oryzanol rich extracts from Thai purple rice bran. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(6), 1070-1077.

Sen, C. K., Packer, L., Hänninen, O. (2000). *Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise*. Netherland: Amsterdam.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P., & Taechapairoj, C. (2008). Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 268–276.

Sugano, M. & Tsuji, E. (1997). Rice bran oil and cholesterol metabolism. *Journal of Nutrition*, 127, 521S-524S.

Tamura, H. & Shibamoto, T. (1991). Antioxidative activity measurement in lipid peroxidation systems with malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68, 941–943.

Vorarat, S., Managit, C., Iamthanakul, L., Soparat, W. & Kamkaen, N. (2010). Examination of antioxidant activity and development of rice bran oil and gamma-oryzanol microemulsion. *Journal of Health Research*, 24(2), 67-72.

Xu, Z., Hua, N. & Godber, J. S. (2001). Antioxidant activity of tocopherol, tocotrienols, and gamma-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2′-azobis(2- methylpropionamidine) dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2077-2081.

Ying, G., Jianxm, Y., Shenbm, L., Huachang, Z., Shuanglm, W. & Lan, C. (1998). Effects of temperature on rice quality and mass loss. *Proceedmqs of the 7th International Worktng Conference on Stored-product Protection - Volume 2* (pp. 1413–1421). China: Beijing.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. & Blanchard, C., (2002). Ageing of stored rice:changes in chemical and physical attributes. *Journal of Cereal Science*, 35, 65-78.