

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ
ของข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะสุญญากาศ
Changes in Total Phenolic Content, Anthocyanin Content and Antioxidant Activity of
Germinated Rice (Rice Berry) During Storage under Vacuum Condition

พัชรี คุณจันทร์สมบัติ¹ วรณชิตา เสวตบวร² ศรีเวียง ทิพกานนท์³ นาฏกาญจน์ ชินศรี³ วรณรดา กรังไกร² และ วรณวิศา ทองทิพย์²
Patcharee Kunchansombat¹, Wanticha Savedboworn², Sriwiang Thipakanon³, Nattakan Chinnasri³, Wanrada Krungkri² and
Wanwisa Thongtip²

Abstract

The germinated rice (Rice Berry; *Oryza Sativa* L.), the paddy rice was germinated, steamed, dried and dehulled respectively. The nutrition of germinated rice berry is higher than germinated brown rice. This study investigated the total phenolic content, anthocyanin content and antioxidant activity of germinated rice (Rice Berry) during storage under vacuum condition at 37°C for 4 months. The results show that total phenolic content and anthocyanin content of germinated rice (Rice Berry) significantly decreased ($P \leq 0.05$) as storage time increased. Total phenolic content and anthocyanin content decreased 21.62% (from 85.51 mg GAE/ 100 g to 67.02 mg GAE/ 100 g) and 78.01% (from 493.36 mg/g to 108.45 mg/g) respectively while, the antioxidant activity tested by DPPH assay increased in the 2 and 3 months storage but decreased in the 4th month to the same level as the beginning.

Keywords: total phenolic compounds, anthocyanin, antioxidant activity

บทคัดย่อ

ข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่; *Oryza Sativa* L.) เป็นข้าวที่ได้จากการนำเอาข้าวเปลือกมาแช่น้ำแล้วบ่มให้เกิดกระบวนการงอก จากนั้นนำไปนึ่ง ทำแห้ง และกระเทาะเปลือกออกแบบข้าวกล้อง ข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวกล้องงอก งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการบางประการของข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และสมบัตินอกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะสุญญากาศ ผลการทดลองพบว่าข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในเดือนที่ 4 ข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลลดลง 21.62% (จากเริ่มต้น 85.51 mg GAE/ 100 g ลดเหลือ 67.02 mg GAE/ 100 g) และปริมาณแอนโทไซยานินลดลง 78.01% (จากเริ่มต้น 493.36 mg/g ลดเหลือ 108.45 mg/g) จากปริมาณเริ่มต้น ในขณะที่กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ในข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) เพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 และ 3 แต่ลดลงในเดือนที่ 4 จนมีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น

คำสำคัญ: สารประกอบฟีนอลทั้งหมด, แอนโทไซยานิน, กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่; *Oryza Sativa* L.) เป็นข้าวที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเทียบกับข้าวกล้องทั่วไป เนื่องจากกระบวนการผลิตข้าวฮางอกนั้นประกอบด้วยขั้นตอนการเพาะงอกข้าวเปลือก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สารอาหารจากเปลือกข้าวซึมเข้าไปในเมล็ดข้าว และเกิดกระบวนการสังเคราะห์สารอาหารที่สำคัญขึ้น ขั้นตอนถัดมาคือการ

¹ สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรจจุบันบุรี 25230

¹ Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi, 25230

² สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรจจุบันบุรี 25230

² Department of Agro-Industry Technology and management, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi, 25230

³ สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนผลผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรจจุบันบุรี 25230

³ Department of Innovation and Technology of Product Development, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi, 25230

นี้ด้วยไอน้ำ ทำแห้ง กระเพาะเปลือกแบบข้าวกล้อง และบรรจุแบบสุญญากาศ สารอาหารที่สำคัญในข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ได้แก่ สารกาบา สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานิน และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น ปัจจุบันข้าวฮางอกได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการผลิตเพื่อจำหน่าย ซึ่งโดยปกติข้าวกล้องบรรจุแบบสุญญากาศจะมีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 4-6 เดือน โดยการบรรจุแบบสุญญากาศจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและชะลอการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฮางอกระหว่างการเก็บรักษาได้ แต่อย่างไรก็ตามระหว่างการผลิตข้าวฮางอกมีการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในข้าวฮางอกได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการบางประการของข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ได้แก่ ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะสุญญากาศ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้บริโภคหรือผู้ที่รักสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

วิธีการทำข้าวฮางอกคือ นำข้าวเปลือก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) มาเพาะงอก เป็นเวลา 62 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งในหม้อหนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 40 นาที ทำแห้ง กระเพาะเปลือก และบรรจุแบบสุญญากาศ นำไปเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยทุกๆ 1 เดือนจะทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะสุญญากาศ

นำตัวอย่างข้าวฮางอกที่บดละเอียด 2 กรัม ผสมกับ 80% เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปสกัดด้วยเครื่องเขย่าที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ความเร็วที่ 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 15 นาทีที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการตรวจสอบหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดได้โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric Method ตามวิธีของ Inchuen *et al.* (2010) โดยดัดแปลงเล็กน้อยด้วยการนำสารสกัดข้าว ฮางอกปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร เติม 10% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 4 นาที และเติม 5% sodium carbonate ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะสุญญากาศ

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินโดยดัดแปลงตามวิธีของ Abdel-Aal and Hucl (1999) ทำการสกัดแอนโทไซยานินในข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) โดยนำผงในข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ปริมาณ 2 กรัม ผสมกับสารละลายที่ประกอบไปด้วย 1.0 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก และเมทานอล (ในอัตราส่วน 85 ต่อ 15 v/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แยกตะกอน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

4. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะสุญญากาศ

วิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging activity assay ดัดแปลงตามวิธีของ Brand-William *et al.* (1995) โดยนำสารสกัดข้าวฮางอกปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับเอทานอลปริมาตร 5.2 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 0.8% DPPH ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลานาน 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

ผล

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ ผลการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างข้าวฮางอกเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 85.51 mg GAE/ 100 g เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (เดือนที่ 4) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวฮางอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เหลือ 67.02 mg

GAE/ 100 g คิดเป็น 21.62% (ดังตารางที่ 1) รวมทั้งพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวฮางอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยในเดือนที่ 4 ของระยะเวลาการเก็บรักษา ข้าวฮางอกมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลง 78.01% (จากปริมาณเริ่มต้นเท่ากับ 493.36 mg/g ลดเหลือ 108.45 mg/g) ในขณะที่กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) ในข้าวฮางอกเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 และ 3 แต่ลดลงในเดือนที่ 4 จนมีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณค่าทางโภชนาการบางประการของข้าวฮางอกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

Table 1 Changes in total phenolic content, anthocyanin content and antioxidant activity (DPPH assay) of germinated rice (Rice Berry) during storage under vacuum condition at 37°C for 4 months.

Storage period (Months)	Total Phenolic Content (mg GAE/ 100 g)	Anthocyanin Content (mg/g)	DPPH assay (mg trolox equivalent/ 100 g)
0	85.51±8.03 ^a	493.36±10.19 ^a	124.98±18.59 ^c
1	72.89±4.25 ^b	158.53±2.81 ^b	139.69±7.55 ^b
2	84.02±1.4 ^a	173.86±17.80 ^b	155.10±2.25 ^b
3	81.11±1.6 ^a	129.71±8.74 ^c	188.71±10.89 ^a
4	67.02±2.17 ^b	108.45±10.20 ^d	130.46±9.97 ^c

The values represent the means ± SD of these experiments. Means within the same column followed by different superscripts are significantly different ($P \leq 0.05$)

วิจารณ์ผล

ข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) มีคุณค่าทางโภชนาการบางประการ (ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานิน) ลดลง ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ โดยการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดนั้นมีสาเหตุมาจากสารประกอบฟีนอลิกถูกทำลายระหว่างกระบวนการเก็บรักษา เนื่องจากสภาวะในการเก็บรักษาใช้ระดับอุณหภูมิสูง (37 องศาเซลเซียส) โดยยิ่งระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นข้าวฮางอกยิ่งสูญเสียสารประกอบ ฟีนอลิกเพิ่มมากขึ้น เพราะความร้อนจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาช่วยเร่งให้สารประกอบฟีนอลิกเกิดการสลายตัวจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ถึงแม้ว่าข้าวจะถูกบรรจุแบบสุญญากาศ แต่ยังคงมีการซึมผ่านของออกซิเจนผ่านพื้นผิวบรรจุภัณฑ์ได้บางส่วน ดังนั้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในเซลล์พืชกับออกซิเจน และมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็นออร์โท-ไดฟีนอล (o-diphenol) สารดังกล่าวจะถูกรีดออกซิไดส์ต่อไปเป็นออร์โท-ควิโนน (o-quinone) ซึ่งสารควิโนนนี้จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ (นิลียา, 2549) ซึ่งอาจทำให้เกิดการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhou *et al.* (2014) ที่พบว่าข้าวกล้องมีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเกิดการสลายตัวด้วยความร้อนจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา ในส่วนของปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวฮางอกนั้นพบว่าปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสารแอนโทไซยานินเกิดการสลายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ถูกเร่งด้วยความร้อนจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา โดยในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินได้เร็วมากยิ่งขึ้น และสัมพันธ์กับการศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินใน canned red raspberries ที่เก็บในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 21 และ 38 องศาเซลเซียส เก็บเป็นเวลา 0, 30, 60, และ 90 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงและการเก็บรักษาในระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแอนโทไซยานินลดลงมากขึ้น (Darravingas and Cain, 1965) และสารแอนโทไซยานินในน้ำองุ่นเกิดการสลายตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการให้ความร้อนและการทำให้เข้มข้น (Hillman *et al.*, 2011) ในขณะที่กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) ในข้าวฮางอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปริมาณเริ่มต้นในสามเดือนแรก แต่อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กล่าวคือกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวฮางอกในเดือนที่ 4 ไม่แตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการบรรจุข้าวฮางอกด้วยระบบสุญญากาศจึงช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และชะลอการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระรวมถึงสารอาหารอื่นๆ ด้วย

สรุป

ข้าวฮางอก (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 เดือน เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานิน โดยมีปริมาณลดลงจากตัวอย่างเริ่มต้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเก็บรักษาข้าวฮางอกไว้ที่อุณหภูมิสูงทำให้สารดังกล่าวเกิดการสลายตัวไป เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ขณะที่มีการรวมต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากตัวอย่างเริ่มต้นแต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ดังนั้นการเลือกบริโภคข้าวฮางอกที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาสั้นจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวฮางอกที่มีระยะเวลาการเก็บรักษานาน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย เพื่อเพื่อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 316-333 น.
- Abdel – Aal, E.-S. M. and P. Hucl. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry* 76 (3): 350-354.
- Brand-Williams W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.* 28: 25–30.
- Darravingas, G. and R.F. Cain. 1965. Changes in the anthocyanin pigment of raspberries during processing and storage. *J. Food Sci.* 30: 400-405.
- Hillman, C.R., V.M. Burin and M.T. Bordignon-Luiz. 2011. Thermal degradation kinetics of anthocyanins in grape juice and concentrate. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 1997-2000.
- Inchuen, S., W. Narkrugsa and P. Pornchaloempong. 2010. Effect of drying methods on Chemical composition, color and antioxidant properties of Thai red curry paste. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 44: 142-151.
- Zhou, Z., C. Xiaoshan, M. Zhang and C. Blanchard. 2014. Phenolics, flavonoids, proanthocyanidin and antioxidant activity of brown rice with different pericarp colors following storage. *Journal of Stored Products Research* 59: 120-125.